



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**MONOGRAFÍAS SÍSMICAS ESTATALES**

**TESIS**

Que para obtener el título de

**INGENIERA GEOFÍSICA**

**P R E S E N T A**

KATHERINE HINOJOSA MOLINA

**DIRECTOR DE TESIS**

MTRO. JONATÁN ARREOLA MANZANO



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2024

*A Feli, Minos, Jenny y Carito:  
Por todo el apoyo y amor incondicional que me dan, por ser una gran inspiración para  
mí. Los amo con todo mi corazón.*

*A Miguel:  
Por siempre confiar en mí y alentarme a ser mejor. Por todo tu amor y por  
acompañarme en esta travesía, te amo muchísimo.*

# Agradecimientos

A mi director de tesis, el Mtro. Jonatán Arreola Manzano, muchas gracias por confiar en mí y por la oportunidad de ser su tesista. Agradezco infinitamente todo su apoyo y paciencia a lo largo de este proceso.

A mi asesora externa, la Ing. Alejandra Robles Mendoza, muchas gracias por ser mi tutora, por todo el apoyo brindado, toda la paciencia y los consejos. Siempre estaré agradecida con usted.

Fue un gusto enorme haber sido su alumna y tutorada, muchas gracias por su gran apoyo y por inspirarme a ser mejor.

A mis papás, Feliciano y Mirna no me alcanzan las palabras para agradecerles profundamente todo lo que han hecho por mí. Muchas gracias por todo el amor que me dan siempre, por motivarme y estar para mí incondicionalmente. Este logro también es suyo.

Muchas gracias también, a mis hermanitas: Jenny y Carol. Siempre me inspiran a ser mejor. Siempre estaré agradecida por todo lo que han hecho por mí, por apoyarme e impulsarme a lograr mis objetivos. Este logro igualmente es suyo.

A Miguel, por hacer que este camino fuera más ligero y bonito. Por todas esas horas estudiando juntos, por todo tu apoyo incondicional, por recordarme siempre lo capaz que soy, por todo tu amor y la gran inspiración que me das. Una parte de este logro también es tuya.

Por todos los hermosos momentos compartidos, todas las horas estudiando juntas para exámenes y tareas, por esas pláticas y por la inspiración que siempre me han dado: Liz y Mariana. Qué hermoso haber coincidido.

Gracias también a Emma por siempre escucharme, por los consejos, las pláticas y los

buenos momentos.

Gracias a Mariely, por alentarme y estar siempre, desde 2014 y pa' siempre.

Agradezco a mi alma máter, la Universidad Nacional Autónoma de México, no sólo por brindarme una carrera universitaria, sino también por haberme dado la oportunidad de conocer a las personas más increíbles en esta bella etapa.

Al Centro Nacional de Prevención de Desastres, por abrirme las puertas y permitirme ser su tesista.

A mis sinodales: el Mtro. Sergio Salinas, la Mtra. Thalia Reyes, el M.C. Juan Carlos Jimenez y el M.C. David Escobedo; muchas gracias por aceptar ser parte de mi comité de titulación y por su apoyo.

Y por último, muchas gracias a mí. Sí se pudo Kat. Todo lo que comienza en algún momento se tiene que acabar. Y de ahí, nace otro comienzo.

## Resumen

La sismicidad es un fenómeno natural de tipo geológico que ha dejado una profunda huella en la historia de México. Nuestro país está ubicado en una región potencialmente sísmica, en la que los sismos causaron eventos y sucesos que cambiaron su cultura y sociedad. Desde el sismo histórico del 28 de marzo de 1787 en las costas de Guerrero y Oaxaca (el de mayor magnitud del que tenemos conocimiento hasta el día de hoy), pasando por el devastador sismo del 19 de septiembre de 1985, que afectó enormemente a la Ciudad de México, Ciudad Guzmán, Jalisco y las costas de Michoacán, hasta los sismos menos conocidos pero igual de impactantes en regiones remotas. La sismicidad, indudablemente es una fuerza que influye diariamente en la vida de las y los mexicanos.

El presente trabajo se adentra en el extenso contexto de la sismicidad mexicana con el objetivo de comprender en términos generales la actividad sísmica de cada estado del país. Se colectó y sistematizó la información básica disponible de diferentes fuentes públicas sobre el fenómeno sísmico en las 32 entidades federativas. En un esfuerzo por ofrecer un panorama amplio y detallado se elaboraron alrededor de 500 mapas en el sistema de información geográfica QGIS, en los que se recopila información sobre la caracterización fisiográfica de cada estado, su sismicidad histórica y contemporánea, las zonas sismogénicas, los mapas de intensidad de Mercalli de sismos históricos, el peligro por tsunami, la velocidad de onda de corte en los primeros 30 metros ( $V_{s30}$ , USGS) y las referencias sobre estudios de peligro sísmico o sismología de la zona. Está dirigido principalmente al público general no especializado y servidores públicos de protección civil encargados de la elaboración de atlas de peligros y riesgos.

## **Abstract**

Seismicity is a natural geological phenomenon that has left a deep mark on the history of Mexico. Our country is located in a potentially seismic region, where earthquakes have caused events and occurrences that have changed its culture and society. From the historic earthquake on March 28, 1787, on the coasts of Guerrero and Oaxaca (the largest magnitude earthquake known to date), to the devastating earthquake on September 19, 1985, which greatly affected Mexico City, Ciudad Guzmán, Jalisco, and the coasts of Michoacán, to the lesser-known but equally impactful earthquakes in remote regions. Seismic activity is undoubtedly a force that influences the daily lives of Mexicans.

This work delves into the extensive context of Mexican seismicity with the aim of understanding, in general terms, the seismic activity of each state in the country. Basic information available from various public sources on the seismic phenomenon in the 32 federal entities was collected and systematized. In an effort to provide a broad and detailed overview, around 500 maps were created in the QGIS geographic information system, compiling information on the physiographic characterization of each state, its historical and contemporary seismicity, seismogenic zones, historical earthquake Mercalli intensity maps, tsunami hazard, shear wave velocity in the first 30 meters ( $V_{s30}$ , USGS), and references to seismic hazard or seismology studies in the area. It is mainly aimed at the general non-specialized public and civil protection public servants responsible for the preparation of hazard and risk atlases.

# Índice general

<b>Agradecimientos</b>	<b>ii</b>
<b>Índice de figuras</b>	<b>29</b>
<b>1 Introducción</b>	<b>55</b>
<b>2 Antecedentes</b>	<b>56</b>
§2.1 Contextualización de la sismicidad en México . . . . .	56
<b>3 Marco teórico</b>	<b>58</b>
§3.1 Localización y provincias fisiográficas . . . . .	61
§3.1.1 Localización . . . . .	61
§3.1.2 Provincias fisiográficas . . . . .	61
§3.1.3 Subprovincias fisiográficas . . . . .	61
§3.1.4 Provincias fisiográficas de México . . . . .	61
§3.1.5 Subprovincias fisiográficas de México . . . . .	62
§3.1.6 Rasgos geológicos estructurales . . . . .	66
§3.2 Zonas sismogénicas (sismotectónicas) . . . . .	66
§3.2.1 Zonas sismogénicas de acuerdo con Zúñiga et al., (2017) . . . . .	66
§3.2.2 Zonas sismogénicas someras ( $h < 40$ km) . . . . .	69
§3.2.3 Zonas sismogénicas de profundidad intermedia ( $h > 40$ km) . . . . .	70
§3.2.4 Zonas sismogénicas de acuerdo con la Comisión Federal de Electricidad (2015) . . . . .	71
§3.3 Sismicidad reportada por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) en el período 1900-2022 . . . . .	77
§3.4 Sismos históricos . . . . .	77
§3.5 Peligro por tsunami . . . . .	78

<i>ÍNDICE GENERAL</i>	2
§3.6 Información general de peligro sísmico . . . . .	79
§3.6.1 Global de intensidades . . . . .	79
§3.6.2 Regionalización sísmica de acuerdo con la CFE (2015) . . . . .	79
§3.6.3 Parámetro Vs30 (USGS) . . . . .	80
§3.6.4 Efectos de sitio . . . . .	81
§3.6.5 Peligro de deslizamiento por sismo . . . . .	81
§3.7 Secuencias sísmicas (enjambres) . . . . .	82
§3.8 Estaciones de registro sísmico en México . . . . .	82
<b>4 Metodología</b>	<b>83</b>
<b>I Resultados</b>	<b>86</b>
<b>5 Aguascalientes</b>	<b>87</b>
§5.1 Localización y provincias fisiográficas . . . . .	87
§5.1.1 Localización . . . . .	87
§5.1.2 Provincias fisiográficas . . . . .	87
§5.1.3 Subprovincias fisiográficas . . . . .	88
§5.1.4 Rasgos geológicos estructurales . . . . .	89
§5.2 Zonas sismogénicas (sismotectónicas) . . . . .	92
§5.2.1 Zonas sismogénicas de acuerdo con Zúñiga et al., (2017) . . . . .	92
§5.2.2 Zonas sismogénicas de acuerdo con la Comisión Federal de Electricidad (2015) . . . . .	93
§5.3 Sismicidad reportada por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) en el período 1900-2022 . . . . .	94
§5.4 Sismos históricos . . . . .	94
§5.4.1 11 de febrero de 1875, M 7.4 . . . . .	94
§5.4.2 7 de junio de 1911, M 7.6 . . . . .	95
§5.5 Peligro por tsunami . . . . .	96
§5.6 Información general de peligro sísmico . . . . .	96
§5.6.1 Global de intensidades . . . . .	96
§5.6.2 Regionalización sísmica de acuerdo con la CFE (2015) . . . . .	97
§5.6.3 Parámetro Vs30 (USGS) . . . . .	98

§5.6.4	Municipios con posible efecto de sitio . . . . .	99
§5.6.5	Municipios con peligro de deslizamiento por sismo . . . . .	100
§5.6.6	Municipios con reglamento de construcción de obras civiles . . . . .	101
§5.7	Secuencias sísmicas (enjambres) reportadas por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) . . . . .	101
§5.8	Estaciones de registro sísmico en el estado . . . . .	102
§5.9	Instituciones educativas que han realizado estudios en alguna zona del estado o en sus cercanías . . . . .	102
§5.10	Estudios de sismicidad o de peligro sísmico en alguna zona del estado . . . . .	103
<b>6</b>	<b>Baja California</b>	<b>104</b>
§6.1	Localización y provincias fisiográficas . . . . .	104
§6.1.1	Localización . . . . .	104
§6.1.2	Provincias fisiográficas . . . . .	104
§6.1.3	Subprovincias fisiográficas . . . . .	105
§6.1.4	Rasgos geológicos estructurales . . . . .	106
§6.2	Zonas sismogénicas (sismotectónicas) . . . . .	109
§6.2.1	Zonas sismogénicas de acuerdo con Zúñiga et al., (2017) . . . . .	109
§6.3	Sismicidad reportada por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) en el período 1900-2022 . . . . .	111
§6.4	Sismos históricos . . . . .	112
§6.5	Peligro por tsunami . . . . .	114
§6.6	Información general de peligro sísmico . . . . .	114
§6.6.1	Global de intensidades . . . . .	114
§6.6.2	Regionalización sísmica de acuerdo con la CFE (2015) . . . . .	115
§6.6.3	Parámetro Vs30 (USGS) . . . . .	116
§6.6.4	Municipios con posibles efectos de sitio . . . . .	117
§6.6.5	Municipios con peligro de deslizamiento por sismo . . . . .	118
§6.6.6	Municipios con reglamento de construcción de obras civiles . . . . .	119
§6.7	Secuencias sísmicas (enjambres) reportadas por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) . . . . .	120
§6.8	Estaciones de registro sísmico en el estado . . . . .	124

§6.9	Instituciones educativas que han realizado estudios en alguna zona del estado o en sus cercanías . . . . .	125
§6.10	Estudios de sismicidad o de peligro sísmico en alguna zona del estado . . . . .	126
<b>7</b>	<b>Baja California Sur</b>	<b>127</b>
§7.1	Localización y provincias fisiográficas . . . . .	127
§7.1.1	Localización . . . . .	127
§7.1.2	Provincias fisiográficas . . . . .	127
§7.1.3	Subprovincias fisiográficas . . . . .	128
§7.1.4	Rasgos geológicos estructurales . . . . .	129
§7.2	Zonas sismogénicas (sismotectónicas) . . . . .	130
§7.2.1	Zonas sismogénicas de acuerdo con Zúñiga et al., (2017) . . . . .	130
§7.2.2	Zonas sismogénicas de acuerdo con la Comisión Federal de Electricidad (2015) . . . . .	131
§7.3	Sismicidad reportada por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) en el período 1900-2022 . . . . .	132
§7.4	Sismos históricos . . . . .	133
§7.5	Peligro por tsunami . . . . .	134
§7.6	Información general de peligro sísmico . . . . .	135
§7.6.1	Global de intensidades . . . . .	135
§7.6.2	Regionalización sísmica de acuerdo con la CFE (2015) . . . . .	135
§7.6.3	Parámetro Vs30 (USGS) . . . . .	136
§7.6.4	Municipios con posibles efectos de sitio . . . . .	137
§7.6.5	Municipios con peligro de deslizamiento por sismo . . . . .	138
§7.6.6	Municipios con reglamento de construcción de obras civiles . . . . .	139
§7.7	Secuencias sísmicas (enjambres) reportadas por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) . . . . .	139
§7.8	Estaciones de registro sísmico en el estado . . . . .	141
§7.9	Instituciones educativas que han realizado estudios en alguna zona del estado o en sus cercanías . . . . .	142
§7.10	Estudios de sismicidad o de peligro sísmico en alguna zona del estado . . . . .	143
<b>8</b>	<b>Campeche</b>	<b>144</b>

§8.1	Localización y provincias fisiográficas . . . . .	144
§8.1.1	Localización . . . . .	144
§8.1.2	Provincias fisiográficas . . . . .	144
§8.1.3	Subprovincias fisiográficas . . . . .	145
§8.1.4	Rasgos geológicos estructurales . . . . .	146
§8.2	Zonas sismogénicas (sismotectónicas) . . . . .	147
§8.2.1	Zonas sismogénicas de acuerdo con Zúñiga et al., (2017) . . . . .	147
§8.2.2	Zonas sismogénicas de acuerdo con la Comisión Federal de Electricidad (2015) . . . . .	148
§8.3	Sismicidad reportada por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) en el período 1900-2022 . . . . .	149
§8.4	Sismos históricos . . . . .	149
§8.5	Peligro por tsunami . . . . .	150
§8.6	Información general de peligro sísmico . . . . .	150
§8.6.1	Global de intensidades . . . . .	150
§8.6.2	Regionalización sísmica de acuerdo con la CFE (2015) . . . . .	151
§8.6.3	Parámetro Vs30 (USGS) . . . . .	152
§8.6.4	Municipios con posibles efectos de sitio . . . . .	153
§8.6.5	Municipios con peligro de deslizamiento por sismo . . . . .	154
§8.6.6	Municipios con reglamento de construcción de obras civiles . . . . .	154
§8.7	Secuencias sísmicas (enjambres) reportadas por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) . . . . .	155
§8.8	Estaciones de registro sísmico en el estado . . . . .	155
§8.9	Instituciones educativas que han realizado estudios en alguna zona del estado o en sus cercanías . . . . .	155
§8.10	Estudios de sismicidad o de peligro sísmico en alguna zona del estado . . . . .	156
<b>9</b>	<b>Coahuila de Zaragoza</b> . . . . .	<b>157</b>
§9.1	Localización y provincias fisiográficas . . . . .	157
§9.1.1	Localización . . . . .	157
§9.1.2	Provincias fisiográficas . . . . .	157
§9.1.3	Subprovincias fisiográficas . . . . .	158
§9.1.4	Rasgos geológicos estructurales . . . . .	159

§9.2	Zonas sismogénicas (sismotectónicas) . . . . .	160
§9.2.1	Zonas sismogénicas de acuerdo con Zúñiga et al., (2017) . . . . .	160
§9.2.2	Zonas sismogénicas de acuerdo con la Comisión Federal de Electricidad (2015) . . . . .	161
§9.3	Sismicidad reportada por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) en el período 1900-2022 . . . . .	162
§9.4	Sismos históricos . . . . .	162
§9.5	Peligro por tsunami . . . . .	163
§9.6	Información general de peligro sísmico . . . . .	163
§9.6.1	Global de intensidades . . . . .	163
§9.6.2	Regionalización sísmica de acuerdo con la CFE (2015) . . . . .	164
§9.6.3	Parámetro Vs30 (USGS) . . . . .	164
§9.6.4	Municipios con posibles efectos de sitio . . . . .	165
§9.6.5	Municipios con reglamento de construcción de obras civiles . . . . .	166
§9.7	Secuencias sísmicas (enjambres) reportadas por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) . . . . .	167
§9.8	Estaciones de registro sísmico en el estado . . . . .	167
§9.9	Instituciones educativas que han realizado estudios en alguna zona del estado o en sus cercanías . . . . .	167
§9.10	Estudios de sismicidad o de peligro sísmico en alguna zona del estado . . . . .	168
<b>10</b>	<b>Colima</b> . . . . .	<b>169</b>
§10.1	Localización y provincias fisiográficas . . . . .	169
§10.1.1	Localización . . . . .	169
§10.1.2	Provincias fisiográficas . . . . .	169
§10.1.3	Subprovincias fisiográficas . . . . .	170
§10.1.4	Rasgos geológicos estructurales . . . . .	171
§10.2	Zonas sismogénicas (sismotectónicas) . . . . .	172
§10.2.1	Zonas sismogénicas de acuerdo con Zúñiga et al., (2017) . . . . .	172
§10.2.2	Zonas sismogénicas de acuerdo con la Comisión Federal de Electricidad (2015) . . . . .	174
§10.3	Sismicidad reportada por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) en el período 1900-2022 . . . . .	178

§10.4	Sismos históricos . . . . .	178
§10.5	Peligro por tsunami . . . . .	183
§10.6	Información general de peligro sísmico . . . . .	184
§10.6.1	Global de intensidades . . . . .	184
§10.6.2	Regionalización sísmica de acuerdo con la CFE (2015) . . . . .	185
§10.6.3	Parámetro Vs30 (USGS) . . . . .	186
§10.6.4	Municipios con posibles efectos de sitio . . . . .	187
§10.6.5	Municipios con peligro de deslizamiento por sismo . . . . .	187
§10.6.6	Municipios con reglamento de construcción de obras civiles . . . . .	188
§10.7	Secuencias sísmicas (enjambres) reportadas por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) . . . . .	189
§10.8	Estaciones de registro sísmico en el estado . . . . .	189
§10.9	Instituciones educativas que han realizado estudios en alguna zona del estado o en sus cercanías . . . . .	191
§10.10	Estudios de sismicidad o de peligro sísmico en alguna zona del estado . . . . .	192
<b>11</b>	<b>Chiapas</b>	<b>193</b>
§11.1	Localización y provincias fisiográficas . . . . .	193
§11.1.1	Localización . . . . .	193
§11.1.2	Provincias fisiográficas . . . . .	193
§11.1.3	Subprovincias fisiográficas . . . . .	194
§11.1.4	Rasgos geológicos estructurales . . . . .	195
§11.2	Zonas sismogénicas (sismotectónicas) . . . . .	197
§11.2.1	Zonas sismogénicas de acuerdo con Zúñiga et al., (2017) . . . . .	197
§11.2.2	Zonas sismogénicas de acuerdo con la Comisión Federal de Electricidad (2015) . . . . .	199
§11.3	Sismicidad reportada por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) en el período 1900-2022 . . . . .	203
§11.4	Sismos históricos . . . . .	204
§11.5	Peligro por tsunami . . . . .	206
§11.6	Información general de peligro sísmico . . . . .	207
§11.6.1	Global de intensidades . . . . .	207
§11.6.2	Regionalización sísmica de acuerdo con la CFE (2015) . . . . .	208

§11.6.3	Parámetro Vs30 (USGS) . . . . .	209
§11.6.4	Municipios con posible efecto de sitio . . . . .	210
§11.6.5	Municipios con peligro de deslizamiento por sismo . . . . .	211
§11.6.6	Municipios con reglamento de construcción de obras civiles . . . . .	212
§11.7	Secuencias sísmicas (enjambres) reportadas por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) . . . . .	213
§11.8	Estaciones de registro sísmico en el estado . . . . .	214
§11.9	Instituciones educativas que han realizado estudios en alguna zona del estado o en sus cercanías . . . . .	216
§11.10	Estudios de sismicidad o de peligro sísmico en alguna zona del estado . . . . .	216
<b>12</b>	<b>Chihuahua</b>	<b>218</b>
§12.1	Localización y provincias fisiográficas . . . . .	218
§12.1.1	Localización . . . . .	218
§12.1.2	Provincias fisiográficas . . . . .	218
§12.1.3	Subprovincias fisiográficas . . . . .	219
§12.1.4	Rasgos geológicos estructurales . . . . .	220
§12.2	Zonas sismogénicas (sismotectónicas) . . . . .	221
§12.2.1	Zonas sismogénicas de acuerdo con Zúñiga et al., (2017) . . . . .	221
§12.2.2	Zonas sismogénicas de acuerdo con la Comisión Federal de Electricidad (2015) . . . . .	222
§12.3	Sismicidad reportada por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) en el período 1900-2022 . . . . .	223
§12.4	Sismos históricos . . . . .	223
§12.5	Peligro por tsunami . . . . .	225
§12.6	Información general de peligro sísmico . . . . .	225
§12.6.1	Global de intensidades . . . . .	225
§12.6.2	Regionalización sísmica de acuerdo con la CFE (2015) . . . . .	226
§12.6.3	Parámetro Vs30 (USGS) . . . . .	227
§12.6.4	Municipios con posibles efectos de sitio . . . . .	228
§12.6.5	Municipios con peligro de deslizamiento por sismo . . . . .	229
§12.6.6	Municipios con reglamento de construcción de obras civiles . . . . .	230

§12.7	Secuencias sísmicas (enjambres) reportadas por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) . . . . .	231
§12.8	Estaciones de registro sísmico en el estado . . . . .	231
§12.9	Instituciones educativas que han realizado estudios en alguna zona del estado o en sus cercanías . . . . .	232
§12.10	Estudios de sismicidad o de peligro sísmico en alguna zona del estado . . . . .	232
<b>13</b>	<b>Ciudad de México</b>	<b>234</b>
§13.1	Localización y provincias fisiográficas . . . . .	234
§13.1.1	Localización . . . . .	234
§13.1.2	Provincias fisiográficas . . . . .	234
§13.1.3	Subprovincias fisiográficas . . . . .	235
§13.1.4	Rasgos geológicos estructurales . . . . .	236
§13.2	Zonas sismogénicas (sismotectónicas) . . . . .	237
§13.2.1	Zonas sismogénicas de acuerdo con Zúñiga et al., (2017) . . . . .	237
§13.2.2	Zonas sismogénicas de acuerdo con la Comisión Federal de Electricidad (2015) . . . . .	238
§13.3	Sismicidad reportada por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) en el período 1900-2022 . . . . .	239
§13.4	Sismos históricos . . . . .	239
§13.5	Peligro por tsunami . . . . .	241
§13.6	Información general de peligro sísmico . . . . .	241
§13.6.1	Global de intensidades . . . . .	241
§13.6.2	Regionalización sísmica de acuerdo con la CFE (2015) . . . . .	242
§13.6.3	Parámetro Vs30 (USGS) . . . . .	243
§13.6.4	Municipios con posibles efectos de sitio . . . . .	244
§13.6.5	Municipios con peligro de deslizamiento por sismo . . . . .	245
§13.6.6	Municipios con reglamento de construcción de obras civiles . . . . .	245
§13.7	Secuencias sísmicas (enjambres) reportadas por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) . . . . .	245
§13.8	Estaciones de registro sísmico en el estado . . . . .	247
§13.9	Instituciones educativas que han realizado estudios en alguna zona del estado o en sus cercanías . . . . .	248

§13.10 Estudios de sismicidad o de peligro sísmico en alguna zona del estado . . . . .	248
<b>14 Durango</b>	<b>251</b>
§14.1 Localización y provincias fisiográficas . . . . .	251
§14.1.1 Localización . . . . .	251
§14.1.2 Provincias fisiográficas . . . . .	251
§14.1.3 Subprovincias fisiográficas . . . . .	252
§14.1.4 Rasgos geológicos estructurales . . . . .	253
§14.2 Zonas sismogénicas (sismotectónicas) . . . . .	254
§14.2.1 Zonas sismogénicas de acuerdo con Zúñiga et al., (2017) . . . . .	254
§14.2.2 Zonas sismogénicas de acuerdo con la Comisión Federal de Elec- tricidad (2015) . . . . .	255
§14.3 Sismicidad reportada por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) en el período 1900-2022 . . . . .	256
§14.4 Sismos históricos . . . . .	256
§14.5 Peligro por tsunami . . . . .	258
§14.6 Información general de peligro sísmico . . . . .	258
§14.6.1 Global de intensidades . . . . .	258
§14.6.2 Regionalización sísmica de acuerdo con la CFE (2015) . . . . .	259
§14.6.3 Parámetro Vs30 (USGS) . . . . .	259
§14.6.4 Municipios con posibles efectos de sitio . . . . .	260
§14.6.5 Municipios con peligro de deslizamiento por sismo . . . . .	261
§14.6.6 Municipios con reglamento de construcción de obras civiles . . . . .	261
§14.7 Secuencias sísmicas (enjambres) reportadas por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) . . . . .	262
§14.8 Estaciones de registro sísmico en el estado . . . . .	262
§14.9 Instituciones educativas que han realizado estudios en alguna zona del estado o en sus cercanías . . . . .	263
§14.10 Estudios de sismicidad o de peligro sísmico en alguna zona del estado . . . . .	263
<b>15 Guanajuato</b>	<b>264</b>
§15.1 Localización y provincias fisiográficas . . . . .	264
§15.1.1 Localización . . . . .	264

§15.1.2 Provincias fisiográficas . . . . .	264
§15.1.3 Subprovincias fisiográficas . . . . .	265
§15.1.4 Rasgos estructurales . . . . .	266
§15.2 Zonas sismogénicas (sismotectónicas) . . . . .	267
§15.2.1 Zonas sismogénicas de acuerdo con Zúñiga et al., (2017) . . . . .	267
§15.2.2 Zonas sismogénicas de acuerdo con la Comisión Federal de Electricidad (2015) . . . . .	268
§15.3 Sismicidad reportada por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) en el período 1900-2022 . . . . .	269
§15.4 Sismos históricos . . . . .	269
§15.5 Peligro por tsunami . . . . .	271
§15.6 Información general de peligro sísmico . . . . .	272
§15.6.1 Global de intensidades . . . . .	272
§15.6.2 Regionalización sísmica de acuerdo con la CFE (2015) . . . . .	272
§15.6.3 Parámetro Vs30 (USGS) . . . . .	273
§15.6.4 Municipios con posibles efectos de sitio . . . . .	274
§15.6.5 Municipios con peligro de deslizamiento por sismo . . . . .	275
§15.6.6 Municipios con reglamento de construcción de obras civiles . . . . .	276
§15.7 Secuencias sísmicas (enjambres) reportadas por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) . . . . .	277
§15.8 Estaciones de registro sísmico en el estado . . . . .	277
§15.9 Instituciones educativas que han realizado estudios en alguna zona del estado o en sus cercanías . . . . .	278
§15.10 Estudios de sismicidad o de peligro sísmico en alguna zona del estado . . . . .	278
<b>16 Guerrero</b>	<b>279</b>
§16.1 Localización y provincias fisiográficas . . . . .	279
§16.1.1 Localización . . . . .	279
§16.1.2 Provincias fisiográficas . . . . .	279
§16.1.3 Subprovincias fisiográficas . . . . .	280
§16.1.4 Rasgos geológicos estructurales . . . . .	281
§16.2 Zonas sismogénicas (sismotectónicas) . . . . .	283
§16.2.1 Zonas sismogénicas de acuerdo con Zúñiga et al., (2017) . . . . .	283

§16.2.2 Zonas sismogénicas de acuerdo con la Comisión Federal de Electricidad (2015) . . . . .	285
§16.3 Sismicidad reportada por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) en el período 1900-2022 . . . . .	289
§16.4 Sismos históricos . . . . .	290
§16.5 Peligro por tsunami . . . . .	293
§16.6 Información general de peligro sísmico . . . . .	295
§16.6.1 Global de intensidades . . . . .	295
§16.6.2 Regionalización sísmica de acuerdo con la CFE (2015) . . . . .	296
§16.6.3 Parámetro Vs30 (USGS) . . . . .	297
§16.6.4 Municipios con posible efecto de sitio . . . . .	298
§16.6.5 Municipios con peligro de deslizamiento por sismo . . . . .	299
§16.6.6 Municipios con reglamento de construcción de obras civiles . . . . .	300
§16.7 Secuencias sísmicas (enjambres) reportadas por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) . . . . .	301
§16.8 Estaciones de registro sísmico en el estado . . . . .	302
§16.9 Instituciones educativas que han realizado estudios en alguna zona del estado o en sus cercanías . . . . .	304
§16.10 Estudios de sismicidad o de peligro sísmico en alguna zona del estado . . . . .	305
<b>17 Hidalgo</b>	<b>307</b>
§17.1 Localización y provincias fisiográficas . . . . .	307
§17.1.1 Localización . . . . .	307
§17.1.2 Provincias fisiográficas . . . . .	307
§17.1.3 Subprovincias fisiográficas . . . . .	308
§17.1.4 Rasgos estructurales . . . . .	309
§17.2 Zonas sismogénicas (sismotectónicas) . . . . .	310
§17.2.1 Zonas sismogénicas de acuerdo con Zúñiga et al., (2017) . . . . .	310
§17.2.2 Zonas sismogénicas de acuerdo con la Comisión Federal de Electricidad (2015) . . . . .	311
§17.3 Sismicidad reportada por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) en el período 1900-2022 . . . . .	312
§17.4 Sismos históricos . . . . .	312

§17.5 Peligro por tsunami . . . . .	314
§17.6 Información general de peligro sísmico . . . . .	315
§17.6.1 Global de intensidades . . . . .	315
§17.6.2 Regionalización sísmica de acuerdo con la CFE (2015) . . . . .	315
§17.6.3 Parámetro Vs30 (USGS) . . . . .	316
§17.6.4 Municipios con posibles efectos de sitio . . . . .	317
§17.6.5 Municipios con peligro de deslizamiento por sismo . . . . .	318
§17.6.6 Municipios con reglamento de construcción de obras civiles . . . . .	319
§17.7 Secuencias sísmicas (enjambres) reportadas por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) . . . . .	320
§17.8 Estaciones de registro sísmico en el estado . . . . .	322
§17.9 Instituciones educativas que han realizado estudios en alguna zona del estado o en sus cercanías . . . . .	323
§17.10 Estudios de sismicidad o de peligro sísmico en alguna zona del estado . . . . .	323
<b>18 Jalisco</b>	<b>325</b>
§18.1 Localización y provincias fisiográficas . . . . .	325
§18.1.1 Localización . . . . .	325
§18.1.2 Provincias fisiográficas . . . . .	325
§18.1.3 Subprovincias fisiográficas . . . . .	326
§18.1.4 Rasgos geológicos estructurales . . . . .	328
§18.2 Zonas sismogénicas (sismotectónicas) . . . . .	329
§18.2.1 Zonas sismogénicas de acuerdo con Zúñiga et al., (2017) . . . . .	329
§18.2.2 Zonas sismogénicas de acuerdo con la Comisión Federal de Electricidad (2015) . . . . .	331
§18.3 Sismicidad reportada por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) en el período 1900-2022 . . . . .	335
§18.4 Sismos históricos . . . . .	336
§18.5 Peligro por tsunami . . . . .	340
§18.6 Información general de peligro sísmico . . . . .	341
§18.6.1 Global de intensidades . . . . .	341
§18.6.2 Regionalización sísmica de acuerdo con la CFE (2015) . . . . .	342
§18.6.3 Parámetro Vs30 (USGS) . . . . .	343

§18.6.4 Municipios con posibles efectos de sitio . . . . .	344
§18.6.5 Municipios con peligro de deslizamiento por sismo . . . . .	345
§18.6.6 Municipios con reglamento de construcción de obras civiles . . . . .	346
§18.7 Secuencias sísmicas (enjambres) reportadas por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) . . . . .	347
§18.8 Estaciones de registro sísmico en el estado . . . . .	347
§18.9 Instituciones educativas que han realizado estudios en alguna zona del estado o en sus cercanías . . . . .	348
§18.10 Estudios de sismicidad o de peligro sísmico en alguna zona del estado . . . . .	349
<b>19 Estado de México</b>	<b>350</b>
§19.1 Localización y provincias fisiográficas . . . . .	350
§19.1.1 Localización . . . . .	350
§19.1.2 Provincias fisiográficas . . . . .	350
§19.1.3 Subprovincias fisiográficas . . . . .	351
§19.1.4 Rasgos estructurales . . . . .	352
§19.2 Zonas sismogénicas (sismotectónicas) . . . . .	353
§19.2.1 Zonas sismogénicas de acuerdo con Zúñiga et al., (2017) . . . . .	353
§19.2.2 Zonas sismogénicas de acuerdo con la Comisión Federal de Electricidad (2015) . . . . .	355
§19.3 Sismicidad reportada por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) en el período 1900-2022 . . . . .	357
§19.4 Sismos históricos . . . . .	357
§19.5 Peligro por tsunami . . . . .	358
§19.6 Información general de peligro sísmico . . . . .	358
§19.6.1 Global de intensidades . . . . .	358
§19.6.2 Regionalización sísmica de acuerdo con la CFE (2015) . . . . .	359
§19.6.3 Parámetro Vs30 (USGS) . . . . .	360
§19.6.4 Municipios con posibles efectos de sitio . . . . .	361
§19.6.5 Municipios con peligro de deslizamiento por sismo . . . . .	362
§19.6.6 Municipios con reglamento de construcción de obras civiles . . . . .	363
§19.7 Secuencias sísmicas (enjambres) reportadas por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) . . . . .	364

§19.8 Estaciones de registro sísmico en el estado . . . . .	364
§19.9 Instituciones educativas que han realizado estudios en alguna zona del estado o en sus cercanías . . . . .	365
§19.10 Estudios de sismicidad o de peligro sísmico en alguna zona del estado .	365
<b>20 Michoacán</b>	<b>366</b>
§20.1 Localización y provincias fisiográficas . . . . .	366
§20.1.1 Localización . . . . .	366
§20.1.2 Provincias fisiográficas . . . . .	366
§20.1.3 Subprovincias fisiográficas . . . . .	366
§20.1.4 Rasgos estructurales de Michoacán, México . . . . .	368
§20.2 Zonas sismogénicas (sismotectónicas) . . . . .	372
§20.2.1 Zonas sismogénicas de acuerdo con Zúñiga et al., (2017) . . . . .	372
§20.2.2 Zonas sismogénicas de acuerdo con la Comisión Federal de Electricidad (2015) . . . . .	374
§20.3 Sismicidad reportada por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) en el período 1900-2022 . . . . .	377
§20.4 Sismos históricos . . . . .	378
§20.5 Peligro por tsunami . . . . .	380
§20.6 Información general de peligro sísmico . . . . .	382
§20.6.1 Global de intensidades . . . . .	382
§20.6.2 Regionalización sísmica de acuerdo con la CFE (2015) . . . . .	382
§20.6.3 Parámetro Vs30 (USGS) . . . . .	383
§20.6.4 Municipios con posibles efectos de sitio . . . . .	384
§20.6.5 Municipios con peligro de deslizamiento por sismo . . . . .	385
§20.6.6 Municipios con reglamento de construcción de obras civiles . . . . .	386
§20.7 Secuencias sísmicas (enjambres) reportadas por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) . . . . .	387
§20.8 Estaciones de registro sísmico en el estado . . . . .	393
§20.9 Instituciones educativas que han realizado estudios en alguna zona del estado o en sus cercanías . . . . .	394
§20.10 Estudios de sismicidad o de peligro sísmico en alguna zona del estado .	395

<b>21 Morelos</b>	<b>397</b>
§21.1 Localización y provincias fisiográficas . . . . .	397
§21.1.1 Localización . . . . .	397
§21.1.2 Provincias fisiográficas . . . . .	397
§21.1.3 Subprovincias fisiográficas . . . . .	398
§21.1.4 Rasgos geológicos estructurales . . . . .	399
§21.2 Zonas sismogénicas (sismotectónicas) . . . . .	400
§21.2.1 Zonas sismogénicas de acuerdo con Zúñiga et al., (2017) . . . . .	400
§21.2.2 Zonas sismogénicas de acuerdo con la Comisión Federal de Electricidad (2015) . . . . .	402
§21.3 Sismicidad reportada por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) en el período 1900-2022 . . . . .	404
§21.4 Sismos históricos . . . . .	404
§21.5 Peligro por tsunami . . . . .	405
§21.6 Información general de peligro sísmico . . . . .	405
§21.6.1 Global de intensidades . . . . .	405
§21.6.2 Regionalización sísmica de acuerdo con la CFE (2015) . . . . .	406
§21.6.3 Parámetro Vs30 (USGS) . . . . .	407
§21.6.4 Municipios con posibles efectos de sitio . . . . .	408
§21.6.5 Municipios con peligro de deslizamiento por sismo . . . . .	409
§21.6.6 Municipios con reglamento de construcción de obras civiles . . . . .	410
§21.7 Secuencias sísmicas (enjambres) reportadas por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) . . . . .	411
§21.8 Estaciones de registro sísmico en el estado . . . . .	411
§21.9 Instituciones educativas que han realizado estudios en alguna zona del estado o en sus cercanías . . . . .	412
§21.10 Estudios de sismicidad o de peligro sísmico en alguna zona del estado . . . . .	412
<b>22 Nayarit</b>	<b>414</b>
§22.1 Localización y provincias fisiográficas . . . . .	414
§22.1.1 Localización . . . . .	414
§22.1.2 Provincias fisiográficas . . . . .	414
§22.1.3 Subprovincias fisiográficas . . . . .	415

§22.1.4 Rasgos geológicos estructurales . . . . .	416
§22.2 Zonas sismogénicas (sismotectónicas) . . . . .	417
§22.2.1 Zonas sismogénicas de acuerdo con Zúñiga et al., (2017) . . . . .	417
§22.2.2 Zonas sismogénicas de acuerdo con la Comisión Federal de Electricidad (2015) . . . . .	419
§22.3 Sismicidad reportada por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) en el período 1900-2022 . . . . .	423
§22.4 Sismos históricos . . . . .	423
§22.5 Peligro por tsunami . . . . .	427
§22.6 Información general de peligro sísmico . . . . .	428
§22.6.1 Global de intensidades . . . . .	428
§22.6.2 Regionalización sísmica de acuerdo con la CFE (2015) . . . . .	429
§22.6.3 Parámetro Vs30 (USGS) . . . . .	430
§22.6.4 Municipios con posibles efectos de sitio . . . . .	431
§22.6.5 Municipios con peligro de deslizamiento por sismo . . . . .	432
§22.6.6 Municipios con reglamento de construcción de obras civiles . . . . .	433
§22.7 Secuencias sísmicas (enjambres) reportadas por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) . . . . .	434
§22.8 Estaciones de registro sísmico en el estado . . . . .	434
§22.9 Instituciones educativas que han realizado estudios en alguna zona del estado o en sus cercanías . . . . .	435
§22.10 Estudios de sismicidad o de peligro sísmico en alguna zona del estado . . . . .	435
<b>23 Nuevo León</b>	<b>437</b>
§23.1 Localización y provincias fisiográficas . . . . .	437
§23.1.1 Localización . . . . .	437
§23.1.2 Provincias fisiográficas . . . . .	437
§23.1.3 Subprovincias fisiográficas . . . . .	438
§23.1.4 Rasgos geológicos estructurales . . . . .	439
§23.2 Zonas sismogénicas (sismotectónicas) . . . . .	440
§23.2.1 Zonas sismogénicas de acuerdo con Zúñiga et al., (2017) . . . . .	440
§23.2.2 Zonas sismogénicas de acuerdo con la Comisión Federal de Electricidad (2015) . . . . .	441

§23.3	Sismicidad reportada por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) en el período 1900-2022 . . . . .	442
§23.4	Sismos históricos . . . . .	442
§23.5	Peligro por tsunami . . . . .	443
§23.6	Información general de peligro sísmico . . . . .	443
§23.6.1	Global de intensidades . . . . .	443
§23.6.2	Regionalización sísmica de acuerdo con la CFE (2015) . . . . .	444
§23.6.3	Parámetro Vs30 (USGS) . . . . .	444
§23.6.4	Municipios con posibles efectos de sitio . . . . .	445
§23.6.5	Municipios con reglamento de construcción de obras civiles . . . . .	446
§23.7	Secuencias sísmicas (enjambres) reportadas por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) . . . . .	447
§23.8	Estaciones de registro sísmico en el estado . . . . .	447
§23.9	Instituciones educativas que han realizado estudios en alguna zona del estado o en sus cercanías . . . . .	448
§23.10	Estudios de sismicidad o de peligro sísmico en alguna zona del estado . . . . .	448
<b>24</b>	<b>Oaxaca</b>	<b>450</b>
§24.1	Localización y provincias fisiográficas . . . . .	450
§24.1.1	Localización . . . . .	450
§24.1.2	Provincias fisiográficas . . . . .	450
§24.1.3	Subprovincias fisiográficas . . . . .	451
§24.1.4	Rasgos geológicos estructurales . . . . .	452
§24.2	Zonas sismogénicas (sismotectónicas) . . . . .	454
§24.2.1	Zonas sismogénicas de acuerdo con Zúñiga et al., (2017) . . . . .	454
§24.2.2	Zonas sismogénicas de acuerdo con la Comisión Federal de Electricidad (2015) . . . . .	456
§24.3	Sismicidad reportada por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) en el período 1900-2022 . . . . .	460
§24.4	Sismos históricos . . . . .	461
§24.5	Peligro por tsunami . . . . .	469
§24.6	Información general de peligro sísmico . . . . .	470
§24.6.1	Global de intensidades . . . . .	470

§24.6.2 Regionalización sísmica de acuerdo con la CFE (2015) . . . . .	471
§24.6.3 Parámetro Vs30 (USGS) . . . . .	472
§24.6.4 Municipios con posible efecto de sitio . . . . .	473
§24.6.5 Municipios con peligro de deslizamiento por sismo . . . . .	474
§24.6.6 Municipios con reglamento de construcción de obras civiles . . . . .	475
§24.7 Secuencias sísmicas (enjambres) reportadas por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) . . . . .	475
§24.8 Estaciones de registro sísmico en el estado . . . . .	476
§24.9 Instituciones educativas que han realizado estudios en alguna zona del estado o en sus cercanías . . . . .	478
§24.10 Estudios de sismicidad o de peligro sísmico en alguna zona del estado . . . . .	479
<b>25 Puebla</b>	<b>481</b>
§25.1 Localización y provincias fisiográficas . . . . .	481
§25.1.1 Localización . . . . .	481
§25.1.2 Provincias fisiográficas . . . . .	481
§25.1.3 Subprovincias fisiográficas . . . . .	482
§25.1.4 Rasgos geológicos estructurales . . . . .	483
§25.2 Zonas sismogénicas (sismotectónicas) . . . . .	484
§25.2.1 Zonas sismogénicas de acuerdo con Zúñiga et al., (2017) . . . . .	484
§25.2.2 Zonas sismogénicas de acuerdo con la Comisión Federal de Elec- tricidad (2015) . . . . .	486
§25.3 Sismicidad reportada por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) en el período 1900-2022 . . . . .	488
§25.4 Sismos históricos . . . . .	489
§25.5 Peligro por tsunami . . . . .	492
§25.6 Información general de peligro sísmico . . . . .	492
§25.6.1 Global de intensidades . . . . .	492
§25.6.2 Regionalización sísmica de acuerdo con la CFE (2015) . . . . .	493
§25.6.3 Parámetro Vs30 (USGS) . . . . .	494
§25.6.4 Municipios con posibles efectos de sitio . . . . .	495
§25.6.5 Municipios con peligro de deslizamiento por sismo . . . . .	496
§25.6.6 Municipios con reglamento de construcción de obras civiles . . . . .	497

§25.7 Secuencias sísmicas (enjambres) reportadas por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) . . . . . 498

§25.8 Estaciones de registro sísmico en el estado . . . . . 498

§25.9 Instituciones educativas que han realizado estudios en alguna zona del estado o en sus cercanías . . . . . 499

§25.10 Estudios de sismicidad o de peligro sísmico en alguna zona del estado . . . . . 499

**26 Querétaro 501**

§26.1 Localización y provincias fisiográficas . . . . . 501

    §26.1.1 Localización . . . . . 501

    §26.1.2 Provincias fisiográficas . . . . . 501

    §26.1.3 Subprovincias fisiográficas . . . . . 502

    §26.1.4 Rasgos geológicos estructurales . . . . . 503

§26.2 Zonas sismogénicas (sismotectónicas) . . . . . 504

    §26.2.1 Zonas sismogénicas de acuerdo con Zúñiga et al., (2017) . . . . . 504

    §26.2.2 Zonas sismogénicas de acuerdo con la Comisión Federal de Electricidad (2015) . . . . . 505

§26.3 Sismicidad reportada por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) en el período 1900-2022 . . . . . 506

§26.4 Sismos históricos . . . . . 506

§26.5 Peligro por tsunami . . . . . 507

§26.6 Información general de peligro sísmico . . . . . 507

    §26.6.1 Global de intensidades . . . . . 507

    §26.6.2 Regionalización sísmica de acuerdo con la CFE (2015) . . . . . 508

    §26.6.3 Parámetro Vs30 (USGS) . . . . . 508

    §26.6.4 Municipios con posibles efectos de sitio . . . . . 509

    §26.6.5 Municipios con peligro de deslizamiento por sismo . . . . . 510

    §26.6.6 Municipios con reglamento de construcción de obras civiles . . . . . 510

§26.7 Secuencias sísmicas (enjambres) reportadas por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) . . . . . 511

§26.8 Estaciones de registro sísmico en el estado . . . . . 511

§26.9 Instituciones educativas que han realizado estudios en alguna zona del estado o en sus cercanías . . . . . 512

§26.10 Estudios de sismicidad o de peligro sísmico en alguna zona del estado . 512

**27 Quintana Roo 514**

§27.1 Localización y provincias fisiográficas . . . . . 514

    §27.1.1 Localización . . . . . 514

    §27.1.2 Provincias fisiográficas . . . . . 514

    §27.1.3 Subprovincias fisiográficas . . . . . 515

    §27.1.4 Rasgos geológicos estructurales . . . . . 516

§27.2 Zonas sismogénicas (sismotectónicas) . . . . . 517

    §27.2.1 Zonas sismogénicas de acuerdo con Zúñiga et al., (2017) . . . . . 517

§27.3 Sismicidad reportada por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) en el período 1900-2022 . . . . . 518

§27.4 Sismos históricos . . . . . 518

§27.5 Peligro por tsunami . . . . . 519

§27.6 Información general de peligro sísmico . . . . . 519

    §27.6.1 Global de intensidades . . . . . 519

    §27.6.2 Regionalización sísmica de acuerdo con la CFE (2015) . . . . . 519

    §27.6.3 Parámetro Vs30 (USGS) . . . . . 520

    §27.6.4 Municipios con posibles efectos de sitio . . . . . 521

    §27.6.5 Municipios con peligro de deslizamiento por sismo . . . . . 522

    §27.6.6 Municipios con reglamento de construcción de obras civiles . . . . . 522

§27.7 Secuencias sísmicas (enjambres) reportadas por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) . . . . . 523

§27.8 Estaciones de registro sísmico en el estado . . . . . 523

§27.9 Instituciones educativas que han realizado estudios en alguna zona del estado o en sus cercanías . . . . . 524

§27.10 Estudios de sismicidad o de peligro sísmico en alguna zona del estado . 524

**28 San Luis Potosí 525**

§28.1 Localización y provincias fisiográficas . . . . . 525

    §28.1.1 Localización . . . . . 525

    §28.1.2 Provincias fisiográficas . . . . . 525

    §28.1.3 Subprovincias fisiográficas . . . . . 526

§28.1.4 Rasgos geológicos estructurales . . . . .	527
§28.2 Zonas sismogénicas (sismotectónicas) . . . . .	528
§28.2.1 Zonas sismogénicas de acuerdo con Zúñiga et al., (2017) . . . . .	528
§28.2.2 Zonas sismogénicas de acuerdo con la Comisión Federal de Electricidad (2015) . . . . .	529
§28.3 Sismicidad reportada por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) en el período 1900-2022 . . . . .	530
§28.4 Sismos históricos . . . . .	530
§28.5 Peligro por tsunami . . . . .	531
§28.6 Información general de peligro sísmico . . . . .	531
§28.6.1 Global de intensidades . . . . .	531
§28.6.2 Regionalización sísmica de acuerdo con la CFE (2015) . . . . .	531
§28.6.3 Parámetro Vs30 (USGS) . . . . .	532
§28.6.4 Municipios con posibles efectos de sitio . . . . .	533
§28.6.5 Municipios con peligro de deslizamiento por sismo . . . . .	534
§28.6.6 Municipios con reglamento de construcción de obras civiles . . . . .	534
§28.7 Secuencias sísmicas (enjambres) reportadas por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) . . . . .	535
§28.8 Estaciones de registro sísmico en el estado . . . . .	536
§28.9 Instituciones educativas que han realizado estudios en alguna zona del estado o en sus cercanías . . . . .	536
§28.10 Estudios de sismicidad o de peligro sísmico en alguna zona del estado . . . . .	537
<b>29 Sinaloa</b>	<b>538</b>
§29.1 Localización y provincias fisiográficas . . . . .	538
§29.1.1 Localización . . . . .	538
§29.1.2 Provincias fisiográficas . . . . .	538
§29.1.3 Subprovincias fisiográficas . . . . .	539
§29.1.4 Rasgos geológicos estructurales . . . . .	540
§29.2 Zonas sismogénicas (sismotectónicas) . . . . .	541
§29.2.1 Zonas sismogénicas de acuerdo con Zúñiga et al., (2017) . . . . .	541
§29.2.2 Zonas sismogénicas de acuerdo con la Comisión Federal de Electricidad (2015) . . . . .	542

§29.3	Sismicidad reportada por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) en el período 1900-2022 . . . . .	543
§29.4	Sismos históricos . . . . .	544
§29.5	Peligro por tsunami . . . . .	544
§29.6	Información general de peligro sísmico . . . . .	545
§29.6.1	Global de intensidades . . . . .	545
§29.6.2	Regionalización sísmica de acuerdo con la CFE (2015) . . . . .	546
§29.6.3	Parámetro Vs30 (USGS) . . . . .	547
§29.6.4	Municipios con posibles efectos de sitio . . . . .	548
§29.6.5	Municipios con peligro de deslizamiento por sismo . . . . .	549
§29.6.6	Municipios con reglamento de construcción de obras civiles . . . . .	550
§29.7	Secuencias sísmicas (enjambres) reportadas por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) . . . . .	552
§29.8	Estaciones de registro sísmico en el estado . . . . .	552
§29.9	Instituciones educativas que han realizado estudios en alguna zona del estado o en sus cercanías . . . . .	553
§29.10	Estudios de sismicidad o de peligro sísmico en alguna zona del estado . . . . .	553
<b>30</b>	<b>Sonora</b>	<b>555</b>
§30.1	Localización y provincias fisiográficas . . . . .	555
§30.1.1	Localización . . . . .	555
§30.1.2	Provincias fisiográficas . . . . .	555
§30.1.3	Subprovincias fisiográficas . . . . .	556
§30.1.4	Rasgos geológicos estructurales . . . . .	557
§30.2	Zonas sismogénicas (sismotectónicas) . . . . .	558
§30.2.1	Zonas sismogénicas de acuerdo con Zúñiga et al., (2017) . . . . .	558
§30.2.2	Zonas sismogénicas de acuerdo con la Comisión Federal de Electricidad (2015) . . . . .	559
§30.3	Sismicidad reportada por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) en el período 1900-2022 . . . . .	560
§30.4	Sismos históricos . . . . .	561
§30.5	Peligro por tsunami . . . . .	562
§30.6	Información general de peligro sísmico . . . . .	563

§30.6.1 Global de intensidades . . . . .	563
§30.6.2 Regionalización sísmica de acuerdo con la CFE (2015) . . . . .	564
§30.6.3 Parámetro Vs30 (USGS) . . . . .	565
§30.6.4 Municipios con posibles efectos de sitio . . . . .	566
§30.6.5 Municipios con peligro de deslizamiento por sismo . . . . .	567
§30.6.6 Municipios con reglamento de construcción de obras civiles . . . . .	568
§30.7 Secuencias sísmicas (enjambres) reportadas por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) . . . . .	569
§30.8 Estaciones de registro sísmico en el estado . . . . .	569
§30.9 Instituciones educativas que han realizado estudios en alguna zona del estado o en sus cercanías . . . . .	570
§30.10 Estudios de sismicidad o de peligro sísmico en alguna zona del estado . . . . .	571
<b>31 Tabasco</b>	<b>572</b>
§31.1 Localización y provincias fisiográficas . . . . .	572
§31.1.1 Localización . . . . .	572
§31.1.2 Provincias fisiográficas . . . . .	572
§31.1.3 Subprovincias fisiográficas . . . . .	573
§31.1.4 Rasgos geológicos estructurales . . . . .	574
§31.2 Zonas sismogénicas (sismotectónicas) . . . . .	575
§31.2.1 Zonas sismogénicas de acuerdo con Zúñiga et al., (2017) . . . . .	575
§31.2.2 Zonas sismogénicas de acuerdo con la Comisión Federal de Electricidad (2015) . . . . .	577
§31.3 Sismicidad reportada por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) en el período 1900-2022 . . . . .	579
§31.4 Sismos históricos . . . . .	579
§31.5 Peligro por tsunami . . . . .	581
§31.6 Información general de peligro sísmico . . . . .	582
§31.6.1 Global de intensidades . . . . .	582
§31.6.2 Regionalización sísmica de acuerdo con la CFE (2015) . . . . .	583
§31.6.3 Parámetro Vs30 (USGS) . . . . .	584
§31.6.4 Municipios con posibles efectos de sitio . . . . .	585
§31.6.5 Municipios con peligro de deslizamiento por sismo . . . . .	586

§31.6.6 Municipios con reglamento de construcción de obras civiles . . . . .	586
§31.7 Secuencias sísmicas (enjambres) reportadas por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) . . . . .	586
§31.8 Estaciones de registro sísmico en el estado . . . . .	587
§31.9 Instituciones educativas que han realizado estudios en alguna zona del estado o en sus cercanías . . . . .	587
§31.10 Estudios de sismicidad o de peligro sísmico en alguna zona del estado .	588
<b>32 Tamaulipas</b>	<b>589</b>
§32.1 Localización y provincias fisiográficas . . . . .	589
§32.1.1 Localización . . . . .	589
§32.1.2 Provincias fisiográficas . . . . .	589
§32.1.3 Subprovincias fisiográficas . . . . .	590
§32.1.4 Rasgos geológicos estructurales . . . . .	591
§32.2 Zonas sismogénicas (sismotectónicas) . . . . .	592
§32.2.1 Zonas sismogénicas de acuerdo con Zúñiga et al., (2017) . . . . .	592
§32.2.2 Zonas sismogénicas de acuerdo con la Comisión Federal de Elec- tricidad (2015) . . . . .	593
§32.3 Sismicidad reportada por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) en el período 1900-2022 . . . . .	594
§32.4 Sismos históricos . . . . .	594
§32.5 Peligro por tsunami . . . . .	595
§32.6 Información general de peligro sísmico . . . . .	595
§32.6.1 Global de intensidades . . . . .	595
§32.6.2 Regionalización sísmica de acuerdo con la CFE (2015) . . . . .	595
§32.6.3 Parámetro Vs30 (USGS) . . . . .	596
§32.6.4 Municipios con posibles efectos de sitio . . . . .	597
§32.6.5 Municipios con reglamento de construcción de obras civiles . . . . .	598
§32.7 Secuencias sísmicas (enjambres) reportadas por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) . . . . .	599
§32.8 Estaciones de registro sísmico en el estado . . . . .	599
§32.9 Instituciones educativas que han realizado estudios en alguna zona del estado o en sus cercanías . . . . .	600

§32.10 Estudios de sismicidad o de peligro sísmico en alguna zona del estado . 600

**33 Tlaxcala 601**

§33.1 Localización y provincias fisiográficas . . . . . 601

    §33.1.1 Localización . . . . . 601

    §33.1.2 Provincias fisiográficas . . . . . 601

    §33.1.3 Subprovincias fisiográficas . . . . . 602

    §33.1.4 Rasgos geológicos estructurales . . . . . 603

§33.2 Zonas sismogénicas (sismotectónicas) . . . . . 604

    §33.2.1 Zonas sismogénicas de acuerdo con Zúñiga et al., (2017) . . . . . 604

    §33.2.2 Zonas sismogénicas de acuerdo con la Comisión Federal de Electricidad (2015) . . . . . 605

§33.3 Sismicidad reportada por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) en el período 1900-2022 . . . . . 606

§33.4 Sismos históricos . . . . . 606

§33.5 Peligro por tsunami . . . . . 607

§33.6 Información general de peligro sísmico . . . . . 607

    §33.6.1 Global de intensidades . . . . . 607

    §33.6.2 Regionalización sísmica de acuerdo con la CFE (2015) . . . . . 607

    §33.6.3 Parámetro Vs30 (USGS) . . . . . 608

    §33.6.4 Municipios con posibles efectos de sitio . . . . . 609

    §33.6.5 Municipios con reglamento de construcción de obras civiles . . . . . 610

§33.7 Secuencias sísmicas (enjambres) reportadas por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) . . . . . 610

§33.8 Estaciones de registro sísmico en el estado . . . . . 611

§33.9 Instituciones educativas que han realizado estudios en alguna zona del estado o en sus cercanías . . . . . 611

§33.10 Estudios de sismicidad o de peligro sísmico en alguna zona del estado . 611

**34 Veracruz 613**

§34.1 Localización y provincias fisiográficas . . . . . 613

    §34.1.1 Localización . . . . . 613

    §34.1.2 Provincias fisiográficas . . . . . 613

§34.1.3 Subprovincias fisiográficas . . . . .	614
§34.1.4 Rasgos geológicos estructurales . . . . .	615
§34.2 Zonas sismogénicas (sismotectónicas) . . . . .	616
§34.2.1 Zonas sismogénicas de acuerdo con Zúñiga et al., (2017) . . . . .	616
§34.2.2 Zonas sismogénicas de acuerdo con la Comisión Federal de Electricidad (2015) . . . . .	618
§34.3 Sismicidad reportada por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) en el período 1900-2022 . . . . .	620
§34.4 Sismos históricos . . . . .	621
§34.5 Peligro por tsunami . . . . .	624
§34.6 Información general de peligro sísmico . . . . .	625
§34.6.1 Global de intensidades . . . . .	625
§34.6.2 Regionalización sísmica de acuerdo con la CFE (2015) . . . . .	626
§34.6.3 Parámetro Vs30 (USGS) . . . . .	627
§34.6.4 Municipios con posibles efectos de sitio . . . . .	628
§34.6.5 Municipios con peligro de deslizamiento por sismo . . . . .	629
§34.6.6 Municipios con reglamento de construcción de obras civiles . . . . .	630
§34.7 Secuencias sísmicas (enjambres) reportadas por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) . . . . .	631
§34.8 Estaciones de registro sísmico en el estado . . . . .	631
§34.9 Instituciones educativas que han realizado estudios en alguna zona del estado o en sus cercanías . . . . .	632
§34.10 Estudios de sismicidad o de peligro sísmico en alguna zona del estado . . . . .	632
<b>35 Yucatán</b>	<b>634</b>
§35.1 Localización y provincias fisiográficas . . . . .	634
§35.1.1 Localización . . . . .	634
§35.1.2 Provincias fisiográficas . . . . .	634
§35.1.3 Subprovincias fisiográficas . . . . .	635
§35.1.4 Rasgos geológicos estructurales . . . . .	636
§35.2 Zonas sismogénicas (sismotectónicas) . . . . .	637
§35.2.1 Zonas sismogénicas de acuerdo con Zúñiga et al., (2017) . . . . .	637

§35.3	Sismicidad reportada por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) en el período 1900-2022 . . . . .	638
§35.4	Sismos históricos . . . . .	638
§35.5	Peligro por tsunami . . . . .	639
§35.6	Información general de peligro sísmico . . . . .	640
§35.6.1	Global de intensidades . . . . .	640
§35.6.2	Regionalización sísmica de acuerdo con la CFE (2015) . . . . .	640
§35.6.3	Parámetro Vs30 (USGS) . . . . .	641
§35.6.4	Municipios con posibles efectos de sitio . . . . .	642
§35.6.5	Municipios con peligro de deslizamiento por sismo . . . . .	643
§35.6.6	Municipios con reglamento de construcción de obras civiles . . . . .	643
§35.7	Secuencias sísmicas (enjambres) reportadas por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) . . . . .	644
§35.8	Estaciones de registro sísmico en el estado . . . . .	644
§35.9	Instituciones educativas que han realizado estudios en alguna zona del estado o en sus cercanías . . . . .	644
§35.10	Estudios de sismicidad o de peligro sísmico en alguna zona del estado . . . . .	645
<b>36</b>	<b>Zacatecas</b>	<b>646</b>
§36.1	Localización y provincias fisiográficas . . . . .	646
§36.1.1	Localización . . . . .	646
§36.1.2	Provincias fisiográficas . . . . .	646
§36.1.3	Subprovincias fisiográficas . . . . .	647
§36.1.4	Rasgos geológicos estructurales . . . . .	648
§36.2	Zonas sismogénicas (sismotectónicas) . . . . .	649
§36.2.1	Zonas sismogénicas de acuerdo con Zúñiga et al., (2017) . . . . .	649
§36.2.2	Zonas sismogénicas de acuerdo con la Comisión Federal de Electricidad (2015) . . . . .	650
§36.3	Sismicidad reportada por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) en el período 1900-2022 . . . . .	651
§36.4	Sismos históricos . . . . .	651
§36.5	Peligro por tsunami . . . . .	652
§36.6	Información general de peligro sísmico . . . . .	652

§36.6.1 Global de intensidades . . . . .	652
§36.6.2 Regionalización sísmica de acuerdo con la CFE (2015) . . . . .	653
§36.6.3 Parámetro Vs30 (USGS) . . . . .	654
§36.6.4 Municipios con posibles efectos de sitio . . . . .	655
§36.6.5 Municipios con peligro de deslizamiento por sismo . . . . .	656
§36.6.6 Municipios con reglamento de construcción de obras civiles . . . . .	657
§36.7 Secuencias sísmicas (enjambres) reportadas por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) . . . . .	657
§36.8 Estaciones de registro sísmico en el estado . . . . .	658
§36.9 Instituciones educativas que han realizado estudios en alguna zona del estado o en sus cercanías . . . . .	659
§36.10 Estudios de sismicidad o de peligro sísmico en alguna zona del estado .	660

## **II Discusión y conclusiones 661**

### **37 Discusión 662**

§37.1 Tabasco . . . . .	662
§37.2 Baja California Sur . . . . .	664
§37.3 Oaxaca . . . . .	665
§37.4 Sinaloa . . . . .	666

### **38 Conclusiones 667**

# Índice de figuras

3.1 Placas tectónicas de México [SSN, 2023]. . . . .	59
3.2 Placas tectónicas del mundo y tipos de bordes. Figura tomada de [Tarbuck et al., 2005]. . . . .	60
3.3 Provincias fisiográficas de México [INEGI, 2001] . . . . .	62
3.4 Mapa de las subprovincias fisiográficas de México [INEGI, 2001]. . . . .	65
3.5 Leyenda de las subprovincias fisiográficas de México. . . . .	65

<i>ÍNDICE DE FIGURAS</i>	30
3.6 Rasgos geológicos estructurales de México. [INEGI, 2002] . . . . .	66
3.7 Regiones sismogenéticas someras de México [Zúñiga et al., 2017]. . . . .	70
3.8 Regiones sismogenéticas de profundidad intermedia de México [Zúñiga et al., 2017]. . . . .	71
3.9 Regiones sismogenéticas de México: zonas generadoras de sismos superficiales. [CFE, 2015]. . . . .	73
3.10 Regiones sismogenéticas de México: Zonas generadoras de sismos de profundidad intermedia. [CFE, 2015]. . . . .	74
3.11 Regiones sismogenéticas de México: Zonas fuente de ocurrencia de sismos de subducción ( $M > 7$ ). [CFE, 2015]. . . . .	76
3.12 Regiones sismogenéticas de México: Zonas fuente de ocurrencia de sismos de subducción ( $M < 7$ ). [CFE, 2015]. . . . .	77
3.13 Peligro por tsunami en México [Cenapred, 2021]. . . . .	78
3.14 Global de intensidades de México [ANR-Cenapred, 2016]. . . . .	79
3.15 Regionalización sísmica de México [CFE, 2015]. . . . .	80
3.16 Velocidad de onda de corte Vs30 (USGS) de México [Heath et al., 2020].	81
5.1 Provincias fisiográficas del estado de Aguascalientes, México. [INEGI, 2001]	88
5.2 Subprovincias fisiográficas del estado de Aguascalientes, México. [INEGI, 2001] . . . . .	89
5.3 Fallas geológicas y fracturas de Aguascalientes, México. [CIFGGEA, 2023]	90
5.4 Zonas sismogenéticas someras ( $h < 40$ km) de Aguascalientes, México. [Zúñiga et al., 2017] . . . . .	92
5.5 Zonas generadoras de sismos superficiales de Aguascalientes, México. [CFE, 2015] . . . . .	93
5.6 Mapa de intensidades del sismo del 11 de febrero de 1875, M 7.4 [ANR-Cenapred, 2016]. . . . .	95
5.7 Mapa de intensidades del sismo del 7 de junio de 1911, M 7.6 [ANR-Cenapred, 2016]. . . . .	96
5.8 Global de intensidades de Aguascalientes, México [Cenapred, 2006]. . . .	97
5.9 Regionalización sísmica de Aguascalientes, México. [CFE, 2015] . . . . .	98
5.10 Mapa de velocidad de onda de corte Vs30 (USGS) de Aguascalientes, México [Heath et al., 2020] . . . . .	99

5.11 Municipios con posibles efectos de sitio en Aguascalientes, México. [Cenapred, 2020] . . . . .	100
5.12 Municipio con peligro de deslizamiento por sismo de Aguascalientes, México. [Cenapred, 2020] . . . . .	101
5.13 Estaciones de registro sísmico en Aguascalientes, México. [SSN, 2023]. . . . .	102
6.1 Provincias fisiográficas del estado de Baja California, México. [INEGI, 2001]	105
6.2 Subprovincias fisiográficas del estado de Baja California, México. [INEGI, 2001] . . . . .	106
6.3 Rasgos estructurales de Baja California, México. [INEGI, 2002] . . . . .	109
6.4 Zonas sismogénicas someras ( $h < 40$ km) de Baja California, México. [Zúñiga et al., 2017] . . . . .	110
6.5 Zonas generadoras de sismos superficiales de Baja California, México. [CFE, 2015] . . . . .	111
6.6 Sismos de magnitud mayor o igual a 6.0 en Baja California, México (1900-2022) [SSN, 2023]. . . . .	112
6.7 Mapa de intensidad del sismo del 4 de abril de 2010, M 7.2 [USGS, 2023].	113
6.8 Peligro por tsunami en Baja California, México [Cenapred, 2021]. . . . .	114
6.9 Global de intensidades de Baja California, México [ANR-Cenapred, 2016].	115
6.10 Regionalización sísmica de Baja California, México [CFE, 2015]. . . . .	116
6.11 Velocidad de onda de corte Vs30 (USGS) de Baja California, México [Heath et al., 2020]. . . . .	117
6.12 Municipios de Baja California con posibles efectos de sitio [Cenapred, 2020].	118
6.13 Municipios de Baja California con peligro de deslizamiento por sismo [Cenapred, 2020]. . . . .	119
6.14 Municipios de Baja California con reglamento de construcción [ANR-Cenapred, 2016]. . . . .	120
6.15 Sismicidad entre noviembre y diciembre de 2021 en Baja California, México [SSN, 2023]. . . . .	121
6.16 Secuencia sísmica del 10 al 12 de diciembre de 2019 en Baja California, México [SSN, 2023]. . . . .	122
6.17 Secuencia sísmica del 27 al 28 de julio de 2018 en Baja California, México [SSN, 2023]. . . . .	123

6.18	Secuencia sísmica del 25 al 28 de marzo de 2016 en Baja California, México [SSN, 2023]. . . . .	124
6.19	Estaciones de registro sísmico en Baja California, México [SSN, 2023], [CICESE, 2023]. . . . .	125
7.1	Provincias fisiográficas de Baja California Sur, México [INEGI, 2001]. . .	128
7.2	Subprovincias fisiográficas de Baja California Sur, México [INEGI, 2001].	129
7.3	Rasgos estructurales de Baja California Sur, México [INEGI, 2002]. . . .	130
7.4	Zonas sismogénicas someras de Baja California Sur, México [Zúñiga et al., 2017]. . . . .	131
7.5	Zonas sismogénicas someras de Baja California Sur, México [CFE, 2015].	132
7.6	Sismos de magnitud mayor o igual a 6.0 de Baja California Sur, México (1900-2022) [SSN, 2023]. . . . .	133
7.7	Mapa de intensidad del sismo del 4 de enero de 2006, M 6.6 [SSN, 2023], [USGS, 2023]. . . . .	134
7.8	Peligro por tsunami en Baja California Sur, México [Cenapred, 2021]. . .	135
7.9	Regionalización sísmica de Baja California Sur, México [CFE, 2015]. . . .	136
7.10	Velocidad de onda de corte Vs30 (USGS) de Baja California Sur, México [Heath et al., 2020]. . . . .	137
7.11	Municipio con posibles efectos de sitio de Baja California Sur, México [USGS, 2023]. . . . .	138
7.12	Municipios con peligro de deslizamiento por sismo de Baja California Sur, México [USGS, 2023]. . . . .	139
7.13	Enjambre sísmico del 21 al 23 de agosto de 2016 en Baja California Sur, México [SSN, 2023]. . . . .	140
7.14	Enjambre sísmico del 7 al 31 de julio de 2015 en Baja California Sur, México [SSN, 2023]. . . . .	141
7.15	Estaciones de registro sísmico en Baja California Sur, México [SSN, 2023], [CICESE, 2023] . . . . .	142
8.1	Provincias fisiográficas de Campeche, México [INEGI, 2001]. . . . .	145
8.2	Subprovincias fisiográficas de Campeche, México [INEGI, 2001]. . . . .	146
8.3	Rasgos estructurales de Campeche, México [INEGI, 2002]. . . . .	147

8.4 Zonas sismogénéticas someras ( $h < 40$ km) de Campeche, México [Zúñiga et al., 2017]. . . . .	148
8.5 Zonas sismogénéticas someras de Campeche, México [CFE, 2015]. . . . .	149
8.6 Peligro por tsunami en Campeche, México [Cenapred, 2021]. . . . .	150
8.7 Global de intensidades de Campeche, México [Cenapred, 2006]. . . . .	151
8.8 Regionalización sísmica de Campeche, México [CFE, 2015]. . . . .	152
8.9 Velocidad de onda de corte Vs30 (USGS) de Campeche, México [Heath et al., 2020]. . . . .	153
8.10 Municipios de Campeche con posibles efectos de sitio [Cenapred, 2020]. . . . .	154
8.11 Estaciones de registro sísmico en Campeche, México [SSN, 2023]. . . . .	155
9.1 Provincias fisiográficas de Coahuila de Zaragoza, México [INEGI, 2001]. . . . .	158
9.2 Subprovincias fisiográficas de Coahuila de Zaragoza, México [INEGI, 2001]. . . . .	159
9.3 Rasgos estructurales de Coahuila de Zaragoza, México [INEGI, 2002]. . . . .	160
9.4 Regiones sismogénéticas someras de Coahuila, México [Zúñiga et al., 2017]. . . . .	161
9.5 Regiones sismogénéticas someras de Coahuila, México [Zúñiga et al., 2017]. . . . .	162
9.6 Regionalización sísmica de Coahuila de Zaragoza, México [CFE, 2015]. . . . .	164
9.7 Velocidad de onda de corte Vs30 (USGS) de Coahuila de Zaragoza, México [Heath et al., 2020]. . . . .	165
9.8 Municipios de Coahuila de Zaragoza con posibles efectos de sitio [Cenapred, 2020]. . . . .	166
9.9 Estaciones de registro sísmico en Coahuila de Zaragoza, México [SSN, 2023]. . . . .	167
10.1 Provincias fisiográficas de Colima, México [INEGI, 2001]. . . . .	170
10.2 Subprovincias fisiográficas de Colima, México [INEGI, 2001]. . . . .	171
10.3 Rasgos estructurales de Colima, México [INEGI, 2002]. . . . .	172
10.4 Zonas sismogénéticas someras de Colima, México [Zúñiga et al., 2017]. . . . .	173
10.5 Zonas sismogénéticas de profundidad intermedia de Colima, México [Zúñiga et al., 2017]. . . . .	174
10.6 Zonas sismogénéticas someras de Colima, México [CFE, 2015]. . . . .	175
10.7 Zonas sismogénéticas de profundidad intermedia de Colima, México [CFE, 2015]. . . . .	176

10.8 Zonas fuente de grandes sismos de subducción $M >7$ en Colima, México [CFE, 2015]. . . . .	177
10.9 zonas fuente de grandes sismos de subducción $M <7$ en Colima, México [CFE, 2015]. . . . .	178
10.10 Mapa de intensidad del sismo del 3 de junio de 1932, $M$ 8.2 [SSN, 2023].	179
10.11 Mapa de intensidad del sismo del 18 de junio de 1932, $M$ 7.8 [SSN, 2023].	180
10.12 Mapa de intensidad del sismo del 22 de junio de 1932, $M$ 6.9 [SSN, 2023].	181
10.13 Mapa de intensidad del sismo del 9 de octubre de 1995, $M$ 8.0 [SSN, 2023].	182
10.14 Mapa de intensidad del sismo del 21 de enero de 2003, $M$ 7.6 [SSN, 2023].	183
10.15 Peligro por tsunami en Colima, México [Cenapred, 2021]. . . . .	184
10.16 Global de intensidades de Colima, México [ANR-Cenapred, 2016]. . . . .	185
10.17 Regionalización sísmica de Colima, México [CFE, 2015]. . . . .	186
10.18 Velocidad de onda de corte $V_{s30}$ (USGS) de Colima, México [Heath et al., 2020]. . . . .	187
10.19 Municipios de Colima con peligro de deslizamiento por sismo [Cenapred, 2020]. . . . .	188
10.20 Municipios de Colima con reglamentos de construcción [Cenapred, 2020].	189
10.21 Estaciones de registro sísmico en Colima, México [II, 2023]. . . . .	190
10.22 Estaciones de registro sísmico en Isla Socorro, Colima, México [SSN, 2023].	191
11.1 Provincias fisiográficas del estado de Chiapas, México. [INEGI, 2001] . . .	194
11.2 Subprovincias fisiográficas del estado de Chiapas, México. [INEGI, 2001]	195
11.3 Rasgos estructurales del estado de Chiapas, México [INEGI, 2002]. . . . .	196
11.4 Zonas sismogénicas someras ( $h <40$ km) de Chiapas, México [Zúñiga et al., 2017]. . . . .	198
11.5 Zonas sismogénicas de profundidad intermedia ( $h >40$ km) de Chiapas, México [Zúñiga et al., 2017]. . . . .	199
11.6 Zonas fuente de ocurrencia de sismos de subducción ( $M <7$ ) de Chiapas, México [CFE, 2015]. . . . .	200
11.7 Zonas fuente de ocurrencia de sismos de subducción ( $M >7$ ) de Chiapas, México [CFE, 2015]. . . . .	201
11.8 Zonas generadoras de sismos de profundidad intermedia de Chiapas, México [CFE, 2015]. . . . .	202

11.9 Zonas generadoras de sismos superficiales de Chiapas, México [CFE, 2015].	203
11.10 Sismos de magnitud mayor o igual a 6.0 en Chiapas, México (1900-2022) [SSN, 2023]. . . . .	204
11.11 Mapa de intensidad macrosísmica del sismo del 7 de septiembre de 2017, M 8.2 [SSN, 2023]. . . . .	205
11.12 Peligro por tsunami en Chiapas, México [Cenapred, 2021]. . . . .	207
11.13 Global de intensidades de Chiapas, México [Cenapred, 2006]. . . . .	208
11.14 Regionalización sísmica de Chiapas, México [CFE, 2015]. . . . .	209
11.15 Velocidad de onda de corte Vs30 (USGS) de Chiapas, México [Heath et al., 2020]. . . . .	210
11.16 Municipios de Chiapas con posibles efectos de sitio [Cenapred, 2020]. . .	211
11.17 Municipios de Chiapas con peligro de deslizamiento por sismo [Cenapred, 2020]. . . . .	212
11.18 Municipios con reglamento de construcción en Chiapas, México [ANR-Cenapred, 2016]. . . . .	213
11.19 Secuencia sísmica del 25 de diciembre de 2020 al 24 de marzo de 2021 en Chiapas, México [SSN, 2023]. . . . .	214
11.20 Estaciones de registro sísmico en Chiapas, México [SSN, 2023]. . . . .	215
12.1 Provincias fisiográficas del estado de Chihuahua, México. [INEGI, 2001] .	219
12.2 Subprovincias fisiográficas del estado de Chihuahua, México. [INEGI, 2001]	220
12.3 Rasgos estructurales del estado de Chihuahua, México [INEGI, 2002]. . .	221
12.4 Zonas sismogénicas someras de Chihuahua, México. [Zúñiga et al., 2017]	222
12.5 Zonas sismogénicas someras de Chihuahua, México. [CFE, 2015] . . . .	223
12.6 Mapa de intensidad del sismo del 1 de noviembre de 1928, M 6.3. [SSN, 2023]	225
12.7 Global de intensidades de Chihuahua, México [Cenapred, 2006]. . . . .	226
12.8 Regionalización sísmica de Chihuahua, México. [CFE, 2015] . . . . .	227
12.9 Velocidad de onda de corte Vs30 (USGS) de Chihuahua, México. [Heath et al., 2020] . . . . .	228
12.10 Municipios de Chihuahua con posibles efectos de sitio [Cenapred, 2020].	229
12.11 Municipios de Chihuahua con peligro de deslizamiento por sismo [Cenapred, 2020]. . . . .	230

12.12Municipios de Chihuahua con reglamento de construcción de obras civiles [ANR-Cenapred, 2016]. . . . .	231
12.13Estaciones de registro sísmico en Chihuahua, México [SSN, 2023]. . . . .	232
13.1 Provincias fisiográficas de la Ciudad de México [INEGI, 2001]. . . . .	235
13.2 Subprovincias fisiográficas de la Ciudad de México [INEGI, 2001]. . . . .	236
13.3 Rasgos geológicos estructurales de la Ciudad de México [ANR-Cenapred, 2016]. . . . .	237
13.4 Zonas sismogénicas someras de la Ciudad de México [Zúñiga et al., 2017].	238
13.5 Zonas sismogénicas someras de la Ciudad de México [CFE, 2015]. . . . .	239
13.6 Mapa de intensidad del sismo del 19 de septiembre de 1985, M 8.1 [ANR-Cenapred, 2016]. . . . .	240
13.7 Mapa de intensidad del sismo del 19 de septiembre de 2017, M 7.1 [ANR-Cenapred, 2016]. . . . .	241
13.8 Global de intensidades de la Ciudad de México [ANR-Cenapred, 2016]. . .	242
13.9 Regionalización sísmica de la Ciudad de México [CFE, 2015]. . . . .	243
13.10Velocidad de onda de corte Vs30 (USGS) de la Ciudad de México [Heath et al., 2020]. . . . .	244
13.11Alcaldías de la CDMX con posibles efectos de sitio [Cenapred, 2020]. . .	245
13.12Estaciones de registro sísmico en la Ciudad de México [SSN, 2023], [II, 2023], [Cenapred, 2014]. . . . .	248
14.1 Provincias fisiográficas de Durango, México [INEGI, 2001]. . . . .	252
14.2 Subprovincias fisiográficas de Durango, México [INEGI, 2001]. . . . .	253
14.3 Rasgos estructurales de Durango, México [INEGI, 2002]. . . . .	254
14.4 Zonas sismogénicas de Durango, México [Zúñiga et al., 2017]. . . . .	255
14.5 Zonas sismogénicas de Durango, México [CFE, 2015]. . . . .	256
14.6 Mapa de intensidad del sismo del 1 de noviembre de 1928, M 6.3. [SSN, 2023]	257
14.7 Global de intensidades de Durango, México [ANR-Cenapred, 2016]. . . . .	258
14.8 Regionalización sísmica de Durango, México [CFE, 2015]. . . . .	259
14.9 Velocidad de onda de corte Vs30 (USGS) de Durango, México [Heath et al., 2020]. . . . .	260
14.10Municipios de Durango con posibles efectos de sitio [Cenapred, 2020]. . .	261

14.11 Estaciones de registro sísmico en Durango, México [SSN, 2023]. . . . .	262
15.1 Provincias fisiográficas de Guanajuato [INEGI, 2001]. . . . .	265
15.2 Subprovincias fisiográficas de Guanajuato [INEGI, 2001]. . . . .	266
15.3 Rasgos geológicos estructurales de Guanajuato, México [INEGI, 2002]. . . . .	267
15.4 Zonas sismogénicas someras de Guanajuato, México [Zúñiga et al., 2017].	268
15.5 Zonas generadoras de sismos superficiales en Guanajuato, México. [CFE, 2015]. . . . .	269
15.6 Mapa de intensidad del sismo del 19 de septiembre de 1985, M 8.1 [ANR-Cenapred, 2016]. . . . .	270
15.7 Mapa de intensidad del sismo del 19 de junio de 1858, M 7.6 [ANR-Cenapred, 2016]. . . . .	271
15.8 Global de intensidades de Guanajuato, México [ANR-Cenapred, 2016]. . . . .	272
15.9 Regionalización sísmica de Guanajuato, México [CFE, 2015]. . . . .	273
15.10 Velocidad de onda de corte Vs30 (USGS) de Guanajuato, México [Heath et al., 2020]. . . . .	274
15.11 Municipios de Guanajuato con posibles efectos de sitio [Cenapred, 2020].	275
15.12 Municipios de Guanajuato con peligro de deslizamiento por sismo [Cenapred, 2020]. . . . .	276
15.13 Municipios de Guanajuato con reglamentos de construcción de obras civiles [ANR-Cenapred, 2016]. . . . .	277
15.14 Estaciones de registro sísmico en Guanajuato, México [SSN, 2023]. . . . .	278
16.1 Provincias fisiográficas del estado de Guerrero, México. [INEGI, 2001] . . . . .	280
16.2 Subprovincias fisiográficas del estado de Guerrero, México. [INEGI, 2001]	281
16.3 Rasgos estructurales del estado de Guerrero, México. [INEGI, 2001] . . . . .	282
16.4 Regiones sismogénicas someras de Guerrero, México. [Zúñiga et al., 2017]	284
16.5 Regiones sismogénicas de profundidad intermedia de Guerrero, México. [Zúñiga et al., 2017] . . . . .	285
16.6 Zonas de fuerte ocurrencia de sismos de subducción ( $M > 7$ ) de Guerrero, México. [CFE, 2015] . . . . .	286
16.7 Zonas de fuerte ocurrencia de sismos de subducción ( $M < 7$ ) de Guerrero, México. [CFE, 2015] . . . . .	287

16.8 Zonas generadoras de sismos de profundidad intermedia en Guerrero, México. [CFE, 2015]	288
16.9 Zonas generadoras de sismos superficiales en Guerrero, México. [CFE, 2015]	289
16.10 Sismos de magnitud mayor o igual a 6.0 en Guerrero, México (1900-2022). [SSN, 2023]	290
16.11 Mapa de intensidad del sismo del 16 de enero de 1902, M 7.0 [ANR-Cenapred, 2016]	291
16.12 Mapa de intensidad del sismo del 28 de julio de 1902, M 7.8 [ANR-Cenapred, 2016]	292
16.13 Peligro por tsunami en Guerrero, México [Cenapred, 2021]	295
16.14 Global de intensidades de Guerrero, México [ANR-Cenapred, 2016].	296
16.15 Regionalización sísmica de Guerrero, México [CFE, 2015].	297
16.16 Velocidad de onda de corte Vs30 (USGS) de Guerrero, México [Heath et al., 2020].	298
16.17 Municipios con posibles efectos de sitio de Guerrero, México [Cenapred, 2020].	299
16.18 Municipios con peligro de deslizamiento por sismo de Guerrero, México [Cenapred, 2020].	300
16.19 Enjambre sísmico del 6 de octubre de 2013 en Guerrero, México. [SSN, 2023].	301
16.20 Enjambre sísmico del 21 al 24 de octubre de 2019 en Guerrero, México. [SSN, 2023].	302
16.21 Estaciones de registro sísmico en Guerrero, México. [SSN, 2023].	304
17.1 Provincias fisiográficas de Hidalgo [INEGI, 2001].	308
17.2 Subprovincias fisiográficas de Hidalgo [INEGI, 2001].	309
17.3 Rasgos estructurales de Hidalgo [INEGI, 2002].	310
17.4 Zonas sismogenéticas de Hidalgo, México [Heath et al., 2020].	311
17.5 Zonas generadoras de sismos superficiales en Hidalgo, México [CFE, 2015].	312
17.6 Mapa de intensidad del sismo del 19 de noviembre de 1912, M 6.9 [ANR-Cenapred, 2016].	313
17.7 Mapa de intensidad del sismo del 25 de marzo de 1976, M 5.1 [Heath et al., 2020].	314
17.8 Global de intensidades de Hidalgo, México [Cenapred, 2006].	315

17.9 Regionalización sísmica de Hidalgo, México [CFE, 2015]. . . . .	316
17.10 Velocidad de onda de corte Vs30 (USGS) de Hidalgo, México [Heath et al., 2020]. . . . .	317
17.11 Municipios de Hidalgo con posibles efectos de sitio [Cenapred, 2020]. . . . .	318
17.12 Municipios de Hidalgo con peligro de deslizamiento por sismo [Cenapred, 2020]. . . . .	319
17.13 Municipios con reglamento de construcción de obras civiles en Hidalgo, México [ANR-Cenapred, 2016]. . . . .	320
17.14 Secuencia sísmica del 17 al 18 de septiembre de 2013 en Hidalgo, México [SSN, 2023]. . . . .	321
17.15 Secuencia sísmica del 18 al 21 de mayo de 2010 en Hidalgo, México [SSN, 2023]. . . . .	322
17.16 Estaciones de registro sísmico en Hidalgo, México [SSN, 2023]. . . . .	323
18.1 Provincias fisiográficas de Jalisco, México [INEGI, 2001]. . . . .	326
18.2 Subprovincias fisiográficas de Jalisco, México [INEGI, 2001]. . . . .	328
18.3 Rasgos estructurales de Jalisco, México [INEGI, 2002]. . . . .	329
18.4 Regiones sismogénicas someras de Jalisco, México [Zúñiga et al., 2017].	330
18.5 Regiones sismogénicas de profundidad intermedia de Jalisco, México [Zúñiga et al., 2017]. . . . .	331
18.6 Regiones sismogénicas de Jalisco: Zonas generadoras de sismos superfi- ciales. [CFE, 2015]. . . . .	332
18.7 Regiones sismogénicas de Jalisco: Zonas generadoras de sismos de pro- fundidad intermedia. [CFE, 2015]. . . . .	333
18.8 Regiones sismogénicas de Jalisco: Zonas fuente de ocurrencia de sismos de subducción ( $M > 7$ ). [CFE, 2015]. . . . .	334
18.9 Regiones sismogénicas de Jalisco: Zonas fuente de ocurrencia de sismos de subducción ( $M < 7$ ). [CFE, 2015]. . . . .	335
18.10 sismos de magnitud mayor o igual a 6.0 en Jalisco, México [SSN, 2023]. .	336
18.11 Mapa de intensidad del sismo del 3 de junio de 1932, M 8.2 [USGS, 2023],[SSN, 2023]. . . . .	337
18.12 Mapa de intensidad del sismo del 18 de junio de 1932, M 7.8 [USGS, 2023],[SSN, 2023]. . . . .	338

18.13	Mapa de intensidad del sismo del 22 de junio de 1932, M 6.9 [USGS, 2023],[SSN, 2023]. . . . .	339
18.14	Mapa de intensidad del sismo del día 9 de octubre de 1995, M 8.0 [USGS, 2023],[SSN, 2023]. . . . .	340
18.15	Peligro por tsunami en Jalisco, México [Cenapred, 2021]. . . . .	341
18.16	Global de intensidades de Jalisco, México [ANR-Cenapred, 2016]. . . . .	342
18.17	Regionalización sísmica de Jalisco, México [CFE, 2015]. . . . .	343
18.18	Velocidad de onda de corte Vs30 (USGS) de Jalisco, México [Heath et al., 2020]. . . . .	344
18.19	Municipios de Jalisco con posibles efectos de sitio [Cenapred, 2020]. . . . .	345
18.20	Municipios de Jalisco con peligro de deslizamiento por sismo [Cenapred, 2020]. . . . .	346
18.21	Municipios de Jalisco con reglamentos de construcción [Cenapred, 2020]. . . . .	347
18.22	Estaciones de registro sísmico en Jalisco, México [SSN, 2023], [II, 2023]. . . . .	348
19.1	Provincias fisiográficas del Estado de México [INEGI, 2001]. . . . .	351
19.2	Subprovincias fisiográficas del Estado de México [INEGI, 2001]. . . . .	352
19.3	Rasgos estructurales de Estado de México [ANR-Cenapred, 2016]. . . . .	353
19.4	Zonas sismogénicas del Estado de México [Heath et al., 2020]. . . . .	354
19.5	Regiones sismogénicas de profundidad intermedia del Estado de México. [Zúñiga et al., 2017] . . . . .	355
19.6	Zonas generadoras de sismos superficiales en el Estado de México [CFE, 2015]. . . . .	356
19.7	Zonas generadoras de sismos de profundidad intermedia en el Estado de México. [CFE, 2015] . . . . .	357
19.8	Mapa de intensidad del sismo del 19 de noviembre de 1912, M 6.9 en el Estado de México [ANR-Cenapred, 2016]. . . . .	358
19.9	Global de intensidades del Estado de México, México [Cenapred, 2006]. . . . .	359
19.10	Regionalización sísmica del Estado de México [CFE, 2015]. . . . .	360
19.11	Velocidad de onda de corte Vs30 (USGS) del Estado de México [Heath et al., 2020]. . . . .	361
19.12	Municipios del Estado de México con posibles efectos de sitio [Cenapred, 2020]. . . . .	362

19.13 Municipios del Estado de México con peligro de deslizamiento por sismo [Cenapred, 2020]. . . . .	363
19.14 Estaciones de registro sísmico en el Estado de México [SSN, 2023], [II, 2023].	364
20.1 Provincias fisiográficas de Michoacán, México. [INEGI, 2001]. . . . .	367
20.2 Subprovincias fisiográficas de Michoacán, México. [INEGI, 2001]. . . . .	368
20.3 Rasgos estructurales de Michoacán, México. [INEGI, 2001]. . . . .	369
20.4 Fallas geológicas de Morelia, Michoacán, México. [INEGI, 2001]. . . . .	371
20.5 Regiones sismogénicas someras ( $h < 40$ km) de Michoacán, México. [Zúñiga et al., 2017]. . . . .	373
20.6 Regiones sismogénicas de profundidad intermedia ( $h > 40$ km) de Mi- choacán, México. [Zúñiga et al., 2017]. . . . .	374
20.7 Zonas de fuerte ocurrencia de sismos de subducción ( $M > 7$ ) de Michoacán, México. [CFE, 2015]. . . . .	375
20.8 Zonas generadoras de sismos de profundidad intermedia de Michoacán, México [CFE, 2015]. . . . .	376
20.9 Zonas generadoras de sismos superficiales de Michoacán, México [CFE, 2015].	377
20.10 Sismos de magnitud mayor o igual a 6.0 en Michoacán, México [SSN, 2023].	378
20.11 Mapa de intensidad del sismo del 19 de septiembre de 1985, M 8.1 [ANR-Cenapred, 2016]. . . . .	379
20.12 Mapa de intensidad del sismo del 19 de septiembre de 2022, M 7.7 [USGS, 2023]. . . . .	380
20.13 Peligro por tsunami en Michoacán, México [Cenapred, 2021]. . . . .	381
20.14 Global de intensidades de Michoacán, México [ANR-Cenapred, 2016]. . .	382
20.15 Regionalización sísmica de Michoacán, México [CFE, 2015]. . . . .	383
20.16 Regionalización sísmica de Michoacán, México [Heath et al., 2020]. . . . .	384
20.17 Municipios de Michoacán con posibles efectos de sitio [Cenapred, 2020]. .	385
20.18 Municipios de Michoacán con peligro de deslizamiento por sismo [Cenapred, 2020]. . . . .	386
20.19 Municipios con reglamentos de construcción en Michoacán, México [ANR-Cenapred, 2016]. . . . .	387
20.20 Secuencia sísmica del 26 y 27 de abril de 2016 [SSN, 2023]. . . . .	388
20.21 Secuencia sísmica del 18 al 22 de agosto de 2017 [SSN, 2023]. . . . .	389

20.22	Secuencia sísmica del 5 de enero al 10 de marzo de 2020 [SSN, 2023]. . . . .	390
20.23	Secuencia sísmica del 30 de mayo al 3 de septiembre de 2021 [SSN, 2023]. . . . .	391
20.24	Secuencia sísmica de Los Reyes, Michoacán [SSN, 2023]. . . . .	392
20.25	Secuencia sísmica del 15 al 21 de marzo de 2023 [SSN, 2023]. . . . .	393
20.26	Estaciones de registro sísmico de Michoacán, México [SSN, 2023]. . . . .	394
21.1	Provincias fisiográficas del estado de Morelos [INEGI, 2001]. . . . .	398
21.2	Subprovincias fisiográficas del estado de Morelos [INEGI, 2001]. . . . .	399
21.3	Rasgos geológicos estructurales del estado de Morelos [ANR-Cenapred, 2016]. . . . .	400
21.4	Zonas sismogénicas del estado de Morelos [Heath et al., 2020]. . . . .	401
21.5	Regiones sismogénicas de Profundidad Intermedia del estado de Morelos. [Zúñiga et al., 2017] . . . . .	402
21.6	Zonas generadoras de sismos superficiales en el estado de Morelos [CFE, 2015]. . . . .	403
21.7	Zonas generadoras de sismos de profundidad intermedia en el estado de Morelos. [CFE, 2015] . . . . .	404
21.8	Mapa de intensidad del sismo del 19 de septiembre de 2017, M 7.1 [ANR-Cenapred, 2016]. . . . .	405
21.9	Global de intensidades del estado de Morelos [ANR-Cenapred, 2016]. . . . .	406
21.10	Regionalización sísmica del estado de Morelos [CFE, 2015]. . . . .	407
21.11	Velocidad de onda de corte Vs30 (USGS) del estado de Morelos [Heath et al., 2020]. . . . .	408
21.12	Municipios de Morelos con posibles efectos de sitio [Cenapred, 2020]. . . . .	409
21.13	Municipios de Morelos con peligro de deslizamiento por sismo [Cenapred, 2020]. . . . .	410
21.14	Municipios de Morelos con reglamentos de construcción de obras civiles [ANR-Cenapred, 2016]. . . . .	411
21.15	Estaciones de registro sísmico en el estado de Morelos [SSN, 2023]. . . . .	412
22.1	Provincias fisiográficas de Nayarit, México [INEGI, 2001]. . . . .	415
22.2	Subprovincias fisiográficas de Nayarit, México [INEGI, 2001]. . . . .	416
22.3	Rasgos estructurales de Nayarit, México [INEGI, 2002]. . . . .	417
22.4	Regiones sismogénicas someras de Nayarit, México [Zúñiga et al., 2017]. . . . .	418

22.5 Regiones sismogénéticas de profundidad intermedia de Nayarit, México [Zúñiga et al., 2017]. . . . .	419
22.6 Regiones sismogénéticas de Nayarit: Zonas generadoras de sismos superficiales. [CFE, 2015]. . . . .	420
22.7 Regiones sismogénéticas de Nayarit: Zonas generadoras de sismos de profundidad intermedia. [CFE, 2015]. . . . .	421
22.8 Regiones sismogénéticas de Nayarit: Zonas fuente de ocurrencia de sismos de subducción ( $M > 7$ ). [CFE, 2015]. . . . .	422
22.9 Regiones sismogénéticas de Nayarit: Zonas fuente de ocurrencia de sismos de subducción ( $M < 7$ ). [CFE, 2015]. . . . .	423
22.10 Mapa de intensidad del sismo del 3 de junio de 1932, M 8.2 [USGS, 2023],[SSN, 2023]. . . . .	424
22.11 Mapa de intensidad del sismo del 18 de junio de 1932, M 7.8 [USGS, 2023],[SSN, 2023]. . . . .	425
22.12 Mapa de intensidad del sismo del 22 de junio de 1932, M 6.9 [USGS, 2023],[SSN, 2023]. . . . .	426
22.13 Mapa de intensidad del sismo del día 9 de octubre de 1995, M 8.0 [USGS, 2023],[SSN, 2023]. . . . .	427
22.14 Peligro por tsunami en Nayarit, México [Cenapred, 2021]. . . . .	428
22.15 Global de intensidades del estado de Nayarit [ANR-Cenapred, 2016]. . . . .	429
22.16 Regionalización sísmica del estado de Nayarit [CFE, 2015]. . . . .	430
22.17 Velocidad de onda de corte Vs30 (USGS) del estado de Nayarit [Heath et al., 2020]. . . . .	431
22.18 Municipios del estado de Nayarit con posibles efectos de sitio [Cenapred, 2020]. . . . .	432
22.19 Municipios del estado de Nayarit con peligro de deslizamiento por sismo [Cenapred, 2020]. . . . .	433
22.20 Municipios de Nayarit con reglamentos de construcción de obras civiles [ANR-Cenapred, 2016]. . . . .	434
22.21 Estaciones de registro sísmico en Nayarit, México [SSN, 2023]. . . . .	435
23.1 Provincias fisiográficas del estado de Nuevo León, México [INEGI, 2001].	438
23.2 Subprovincias fisiográficas del estado de Nuevo León, México [INEGI, 2001].	439

23.3 Rasgos estructurales de Nuevo León, México [ANR-Cenapred, 2016]. . . . .	440
23.4 Regiones sismogénéticas someras de Nuevo León, México [Zúñiga et al., 2017]. . . . .	441
23.5 Zonas sismogénéticas de Nuevo León según la Comisión Federal de Electricidad (2015) [CFE, 2015]. . . . .	442
23.6 Regionalización sísmica de Nuevo León, México [CFE, 2015]. . . . .	444
23.7 Velocidad de onda de corte Vs30 (USGS) de Nuevo León, México [Heath et al., 2020]. . . . .	445
23.8 Municipios de Nuevo León con posibles efectos de sitio [Cenapred, 2020].	446
23.9 Municipios de Nuevo León con reglamentos de construcción [ANR-Cenapred, 2016]. . . . .	447
23.10 Estaciones sísmicas de Nuevo León, México [SSN, 2023]. . . . .	448
24.1 Provincias fisiográficas del estado de Oaxaca, México. [INEGI, 2001] . . . .	451
24.2 Subprovincias fisiográficas del estado de Oaxaca, México. [INEGI, 2001] .	452
24.3 Rasgos estructurales del estado de Oaxaca, México. [INEGI, 2002] . . . . .	454
24.4 Zonas sismogénéticas someras ( $h < 40$ km) de Oaxaca, México. [Zúñiga et al., 2017] . . . . .	455
24.5 Zonas sismogénéticas de profundidad intermedia ( $h > 40$ km) de Oaxaca, México. [Zúñiga et al., 2017] . . . . .	456
24.6 Zonas fuente de ocurrencia de sismos de subducción en México con $M > 7$ de Oaxaca, México. [CFE, 2015] . . . . .	457
24.7 Zonas fuente de ocurrencia de sismos de subducción en México con $M < 7$ de Oaxaca, México. [CFE, 2015] . . . . .	458
24.8 Zonas generadoras de sismos de profundidad intermedia de Oaxaca, México. [CFE, 2015] . . . . .	459
24.9 Zonas generadoras de sismos superficiales de Oaxaca, México. [CFE, 2015]	460
24.10 Sismos de magnitud mayor o igual a 6.0 ocurridos en Oaxaca, México. (1900-2022) [SSN, 2023] . . . . .	461
24.11 Distribución de datos de intensidad en la escala de Mercalli Modificada para el sismo del 28 de marzo de 1787. Figura tomada de [Núñez-Cornú et al., 2008]. . . . .	462

24.12	Mapa de intensidad del sismo del 14 de enero de 1931, M 7.8. [ANR-Cenapred, 2016]. . . . .	463
24.13	Mapa de intensidad del sismo del 23 de agosto de 1965, M 7.4. [ANR-Cenapred, 2016]. . . . .	464
24.14	Mapa de intensidad del sismo del 29 de noviembre de 1978, M 7.6. [ANR-Cenapred, 2016] . . . . .	465
24.15	Mapa de intensidad del sismo del 2 de agosto de 1968, M 7.3 [ANR-Cenapred, 2016] . . . . .	466
24.16	Mapa de intensidad del sismo del 30 de septiembre de 1999, M 7.4. [ANR-Cenapred, 2016] . . . . .	467
24.17	Mapa de intensidad macrosísmica del sismo del 7 de septiembre de 2017, M 8.2. [ANR-Cenapred, 2016] . . . . .	468
24.18	Peligro por tsunami de Oaxaca, México [Cenapred, 2021]. . . . .	470
24.19	Global de intensidades de Oaxaca, México [Cenapred, 2006]. . . . .	471
24.20	Regionalización sísmica de Oaxaca, México. [CFE, 2015] . . . . .	472
24.21	Mapa de velocidad de onda de corte Vs30 (USGS) de Oaxaca México [Heath et al., 2020] . . . . .	473
24.22	Municipios con posibles efectos de sitio de Oaxaca, México. [Cenapred, 2020]	474
24.23	Municipios con peligro de deslizamiento por sismo de Oaxaca, México. [Cenapred, 2020] . . . . .	475
24.24	Secuencia sísmica del 21 de marzo de 2019 en Oaxaca, México. [SSN, 2023]	476
24.25	Distribución de estaciones de registro sísmico en Oaxaca, México. [SSN, 2023], [II, 2023] . . . . .	478
25.1	Provincias fisiográficas de Puebla, México [INEGI, 2001]. . . . .	482
25.2	Subprovincias fisiográficas de Puebla, México [INEGI, 2001]. . . . .	483
25.3	Rasgos estructurales de Puebla, México [INEGI, 2002]. . . . .	484
25.4	Zonas sismogénicas del estado de Puebla [Heath et al., 2020]. . . . .	485
25.5	Regiones sismogénicas de profundidad intermedia del estado de Puebla. [Zúñiga et al., 2017] . . . . .	486
25.6	Zonas generadoras de sismos superficiales en el estado de Puebla [CFE, 2015].	487
25.7	Zonas generadoras de sismos de profundidad intermedia en el estado de Puebla. [CFE, 2015] . . . . .	488

25.8 Sismos de magnitud mayor o igual a 6.0 en Puebla y sus alrededores [SSN, 2023]. . . . .	489
25.9 Mapa de intensidad del sismo del 19 de septiembre de 2017, M 7.1 [ANR-Cenapred, 2016]. . . . .	490
25.10 Mapa de intensidad del sismo del 15 de junio de 1999, M 7.0 [ANR-Cenapred, 2016]. . . . .	491
25.11 Mapa de intensidad del sismo del 9 de febrero de 1928, M 6.5 [ANR-Cenapred, 2016]. . . . .	492
25.12 Global de intensidades del estado de Puebla [ANR-Cenapred, 2016]. . . . .	493
25.13 Regionalización sísmica del estado de Puebla [CFE, 2015]. . . . .	494
25.14 Velocidad de onda de corte Vs30 (USGS) del estado de Puebla [Heath et al., 2020]. . . . .	495
25.15 Municipios del estado de Puebla con posibles efectos de sitio [Cenapred, 2020]. . . . .	496
25.16 Municipios del estado de Puebla con peligro de deslizamiento por sismo [Cenapred, 2020]. . . . .	497
25.17 Municipios de Puebla con reglamentos de construcción de obras civiles [ANR-Cenapred, 2016]. . . . .	498
25.18 Estaciones de registro sísmico en el estado de Puebla [SSN, 2023]. . . . .	499
26.1 Provincias fisiográficas de Querétaro, México [INEGI, 2001]. . . . .	502
26.2 Subprovincias fisiográficas de Querétaro, México [INEGI, 2001]. . . . .	503
26.3 Rasgos estructurales de Querétaro, México [INEGI, 2002]. . . . .	504
26.4 Zonas sismogénicas del estado de Querétaro [Heath et al., 2020]. . . . .	505
26.5 Zonas generadoras de sismos superficiales en el estado de Querétaro [CFE, 2015]. . . . .	506
26.6 Global de intensidades del estado de Querétaro [ANR-Cenapred, 2016]. . . . .	507
26.7 Regionalización sísmica del estado de Querétaro [CFE, 2015]. . . . .	508
26.8 Velocidad de onda de corte Vs30 (USGS) del estado de Querétaro [Heath et al., 2020]. . . . .	509
26.9 Municipios del estado de Querétaro con posibles efectos de sitio [Cenapred, 2020]. . . . .	510

26.10 Municipios de Querétaro con reglamentos de construcción de obras civiles [ANR-Cenapred, 2016]. . . . .	511
26.11 Estaciones de registro sísmico en Querétaro, México (Red Sismológica del Estado de Querétaro, 2023). . . . .	512
27.1 Provincias fisiográficas de Quintana Roo, México [INEGI, 2001]. . . . .	515
27.2 Subprovincias fisiográficas de Quintana Roo, México [INEGI, 2001]. . . . .	516
27.3 Rasgos estructurales de Quintana Roo, México [INEGI, 2002]. . . . .	517
27.4 Zonas sismogénicas someras en Quintana Roo, México [Zúñiga et al., 2017].	518
27.5 Peligro por tsunami en Quintana Roo, México [Cenapred, 2021]. . . . .	519
27.6 Regionalización sísmica de Quintana Roo, México [CFE, 2015]. . . . .	520
27.7 Velocidad de onda de corte Vs30 (USGS) de Quintana Roo, México [Heath et al., 2020]. . . . .	521
27.8 Municipios de Quintana Roo con posibles efectos de sitio [Cenapred, 2020].	522
27.9 Municipios de Quintana Roo con reglamentos de construcción de obras civiles [ANR-Cenapred, 2016]. . . . .	523
27.10 Estaciones de registro sísmico de Quintana Roo, México [SSN, 2023]. . . . .	524
28.1 Provincias fisiográficas del estado de San Luis Potosí, México [INEGI, 2001].	526
28.2 Subprovincias fisiográficas del estado de San Luis Potosí, México [INEGI, 2001]. . . . .	527
28.3 Rasgos estructurales de San Luis Potosí, México [INEGI, 2002]. . . . .	528
28.4 Zonas sismogénicas someras ( $h < 40$ km) del estado de San Luis Potosí, México [Zúñiga et al., 2017]. . . . .	529
28.5 Zonas generadoras de sismos superficiales del estado de San Luis Potosí, México [CFE, 2015]. . . . .	530
28.6 Global de intensidades de San Luis Potosí, México [CFE, 2015]. . . . .	531
28.7 Regionalización sísmica de San Luis Potosí, México [CFE, 2015]. . . . .	532
28.8 Velocidad de onda de corte Vs30 (USGS) de San Luis Potosí, México [Heath et al., 2020]. . . . .	533
28.9 Municipios de San Luis Potosí con posibles efectos de sitio [Cenapred, 2020].	534
28.10 Municipios de San Luis Potosí con reglamentos de construcción de obras civiles [ANR-Cenapred, 2016]. . . . .	535

28.11 Estaciones de registro sísmico en San Luis Potosí, México [SSN, 2023]. . . . .	536
29.1 Provincias fisiográficas del estado de Sinaloa, México [INEGI, 2001]. . . . .	539
29.2 Subprovincias fisiográficas del estado de Sinaloa, México [INEGI, 2001]. . . . .	540
29.3 Rasgos estructurales de Sinaloa, México [INEGI, 2002]. . . . .	541
29.4 Zonas sismogénicas de Sinaloa, México [Zúñiga et al., 2017]. . . . .	542
29.5 Zonas sismogénicas de Sinaloa, México [CFE, 2015]. . . . .	543
29.6 Sismos de magnitud mayor o igual a 6.0 en Sinaloa y sus alrededores [SSN, 2023]. . . . .	544
29.7 Peligro por tsunami en Sinaloa, México [Cenapred, 2021]. . . . .	545
29.8 Global de intensidades de Sinaloa, México [CFE, 2015]. . . . .	546
29.9 Regionalización sísmica de Sinaloa, México [CFE, 2015]. . . . .	547
29.10 Velocidad de onda de corte Vs30 (USGS) de Sinaloa, México [Heath et al., 2020]. . . . .	548
29.11 Municipios con posibles efectos de sitio de Sinaloa, México [USGS, 2023].	549
29.12 Municipios con peligro de deslizamiento por sismo de Sinaloa, México [USGS, 2023]. . . . .	550
29.13 Municipios con reglamento de construcción de obras civiles en Sinaloa, México [ANR-Cenapred, 2016]. . . . .	551
29.14 Estaciones de registro sísmico en Sinaloa, México [SSN, 2023], CICESE .	553
30.1 Provincias fisiográficas del estado de Sonora, México. [INEGI, 2001] . . . . .	556
30.2 Subprovincias fisiográficas del estado de Sonora, México. [INEGI, 2001] . . . . .	557
30.3 Rasgos estructurales de Sonora, México. [INEGI, 2002] . . . . .	558
30.4 Zonas sismogénicas someras de Sonora, México. [Zúñiga et al., 2017] . . . . .	559
30.5 Zonas sismogénicas someras de Sonora, México. [CFE, 2015] . . . . .	560
30.6 Sismos de magnitud mayor o igual a 6.0 en Sonora y sus alrededores [SSN, 2023]. . . . .	561
30.7 Mapa de intensidad del sismo de Bavispe, Sonora. [ANR-Cenapred, 2016].	562
30.8 Peligro por tsunami en Sonora, México [Cenapred, 2021]. . . . .	563
30.9 Global de intensidades de Sonora, México [ANR-Cenapred, 2016]. . . . .	564
30.10 Regionalización sísmica de Sonora, México [CFE, 2015]. . . . .	565

30.11	Velocidad de onda de corte Vs30 (USGS) de Sonora, México [Heath et al., 2020]. . . . .	566
30.12	Municipios de Sonora con posibles efectos de sitio [Cenapred, 2020]. . . . .	567
30.13	Municipios de Sonora con peligro de deslizamiento por sismo [Cenapred, 2020]. . . . .	568
30.14	Municipios de Sonora con reglamento de construcción [ANR-Cenapred, 2016]. . . . .	569
30.15	Estaciones de registro sísmico en Sonora, México [SSN, 2023], [CICESE, 2023]. . . . .	570
31.1	Provincias fisiográficas del estado de Tabasco, México [INEGI, 2001]. . . . .	573
31.2	Subprovincias fisiográficas del estado de Tabasco, México [INEGI, 2001]. . . . .	574
31.3	Rasgos estructurales de Tabasco, México [INEGI, 2002]. . . . .	575
31.4	Zonas sismogénicas someras ( $h < 40$ km) de Tabasco, México [Zúñiga et al., 2017]. . . . .	576
31.5	Zonas sismogénicas de profundidad intermedia ( $h > 40$ km) de Tabasco, México [Zúñiga et al., 2017]. . . . .	577
31.6	Zonas generadoras de sismos superficiales de Tabasco, México [CFE, 2015]. . . . .	578
31.7	Zonas generadoras de sismos de profundidad intermedia de Tabasco, México [CFE, 2015]. . . . .	579
31.8	Mapa de intensidad Macrosísmica del sismo del 7 de septiembre de 2017, M 8.2 [ANR-Cenapred, 2016]. . . . .	580
31.9	Mapa de intensidad del sismo del 26 de agosto de 1959, M 6.4 [ANR-Cenapred, 2016]. . . . .	581
31.10	Peligro por tsunami en Tabasco, México [Cenapred, 2021]. . . . .	582
31.11	Global de intensidades de Tabasco, México [ANR-Cenapred, 2016]. . . . .	583
31.12	Regionalización sísmica de Tabasco, México [CFE, 2015]. . . . .	584
31.13	Velocidad de onda de corte Vs30 (USGS) de Tabasco, México [Heath et al., 2020]. . . . .	585
31.14	Municipios de Tabasco con posibles efectos de sitio [Cenapred, 2020]. . . . .	586
31.15	Estaciones de registro sísmico en Tabasco, México [II, 2023]. . . . .	587
32.1	Provincias fisiográficas del estado de Tamaulipas, México [INEGI, 2001]. . . . .	590

32.2 Subprovincias fisiográficas del estado de Tamaulipas, México [INEGI, 2001].591

32.3 Rasgos estructurales de Tamaulipas, México [INEGI, 2002]. . . . . 592

32.4 Zonas sismogénicas someras ( $h < 40$  km) de Tamaulipas, México [Zúñiga et al., 2017]. . . . . 593

32.5 Zonas Generadoras de sismos Superficiales de Tamaulipas, México [CFE, 2015]. . . . . 594

32.6 Peligro por tsunami en Tamaulipas, México [Cenapred, 2021]. . . . . 595

32.7 Regionalización sísmica de Tamaulipas, México [CFE, 2015]. . . . . 596

32.8 Velocidad de onda de corte Vs30 (USGS) de Tamaulipas, México [Heath et al., 2020]. . . . . 597

32.9 Municipios de Tamaulipas con posibles efectos de sitio [Cenapred, 2020]. 598

32.10 Municipios de Tamaulipas con reglamentos de construcción [ANR-Cenapred, 2016]. . . . . 599

32.11 Estaciones de registro sísmico en Tamaulipas, México [SSN, 2023]. . . . . 600

33.1 Provincias fisiográficas del estado de Tlaxcala, México [INEGI, 2001]. . . 602

33.2 Subprovincias fisiográficas del estado de Tlaxcala, México [INEGI, 2001]. 603

33.3 Rasgos estructurales de Tlaxcala, México [INEGI, 2002]. . . . . 604

33.4 Zonas sismogénicas someras ( $h < 40$  km) de Tlaxcala, México [Zúñiga et al., 2017]. . . . . 605

33.5 Zonas Generadoras de sismos Superficiales de Tlaxcala, México [CFE, 2015].606

33.6 Global de intensidades del estado de Tlaxcala [ANR-Cenapred, 2016]. . . 607

33.7 Regionalización sísmica del estado de Tlaxcala [CFE, 2015]. . . . . 608

33.8 Velocidad de onda de corte Vs30 (USGS) del estado de Tlaxcala [Heath et al., 2020]. . . . . 609

33.9 Municipios del estado de Tlaxcala con posibles efectos de sitio [Cenapred, 2020]. . . . . 610

33.10 Estaciones de registro sísmico en Tlaxcala, México [II, 2023]. . . . . 611

34.1 Provincias fisiográficas del estado de Veracruz, México [INEGI, 2001]. . . 614

34.2 Subprovincias fisiográficas del estado de Veracruz, México [INEGI, 2001]. 615

34.3 Rasgos estructurales de Veracruz, México [INEGI, 2002]. . . . . 616

34.4 Zonas sismogénicas someras ( $h < 40$ km) de Veracruz, México [Zúñiga et al., 2017]. . . . .	617
34.5 Zonas sismogénicas de profundidad intermedia ( $h > 40$ km) de Veracruz, México [Zúñiga et al., 2017]. . . . .	618
34.6 Zonas generadoras de sismos superficiales de Veracruz, México [CFE, 2015].	619
34.7 Zonas generadoras de sismos de profundidad intermedia de Veracruz, México [CFE, 2015]. . . . .	620
34.8 Sismos de magnitud mayor o igual a 6.0 en Veracruz, México [SSN, 2023].	621
34.9 Mapa de intensidad del sismo del 3 de enero de 1920, M 6.4 [ANR-Cenapred, 2016]. . . . .	622
34.10 Mapa de intensidad del sismo del 26 de agosto de 1959, M 6.4 [ANR-Cenapred, 2016]. . . . .	623
34.11 Mapa de intensidad macrosísmica del sismo del 7 de septiembre de 2017, M 8.2 [ANR-Cenapred, 2016]. . . . .	624
34.12 Peligro por tsunami en Veracruz, México [Cenapred, 2021]. . . . .	625
34.13 Global de intensidades de Veracruz, México [Cenapred, 2006]. . . . .	626
34.14 Regionalización sísmica de Veracruz, México [CFE, 2015]. . . . .	627
34.15 Velocidad de onda de corte $V_{s30}$ (USGS) de Veracruz, México [Heath et al., 2020]. . . . .	628
34.16 Municipios de Veracruz con posibles efectos de sitio [Cenapred, 2020]. . .	629
34.17 Municipios de Veracruz con peligro de deslizamiento por sismo [Cenapred, 2020]. . . . .	630
34.18 Secuencia sísmica del 15 de febrero de 2017 [SSN, 2023]. . . . .	631
34.19 Estaciones de registro sísmico de Veracruz, México [SSN, 2023], [II, 2023], [UV, 2023]. . . . .	632
35.1 Provincias fisiográficas de Yucatán, México [INEGI, 2001]. . . . .	635
35.2 Subprovincias fisiográficas de Yucatán, México [INEGI, 2001]. . . . .	636
35.3 Rasgos estructurales de Yucatán, México [INEGI, 2002]. . . . .	637
35.4 Zonas sismogénicas someras ( $h < 40$ km) de Yucatán, México [Zúñiga et al., 2017]. . . . .	638
35.5 Mapa de intensidad macrosísmica del sismo del 7 de septiembre de 2017, M 8.2 [ANR-Cenapred, 2016] . . . . .	639

35.6 Peligro por tsunami en Yucatán, México [Cenapred, 2021]. . . . . 640

35.7 Regionalización sísmica de Yucatán, México [CFE, 2015]. . . . . 641

35.8 Velocidad de onda de corte Vs30 (USGS) de Yucatán, México  
[Heath et al., 2020]. . . . . 642

35.9 Municipios de Yucatán con posibles efectos de sitio [Cenapred, 2020]. . . 643

35.10 Estación de registro sísmico de Yucatán, México [CFE, 2015]. . . . . 644

36.1 Provincias fisiográficas del estado de Zacatecas, México [INEGI, 2001]. . . 647

36.2 Subprovincias fisiográficas del estado de Zacatecas, México [INEGI, 2001]. 648

36.3 Fallas Geológicas y fracturas de Zacatecas, México [ANR-Cenapred, 2016]. 649

36.4 Zonas sismogénicas someras ( $h < 40$  km) del estado de Zacatecas, México  
[Zúñiga et al., 2017]. . . . . 650

36.5 Zonas generadoras de sismos superficiales del estado de Zacatecas, México  
[CFE, 2015]. . . . . 651

36.6 Global de intensidades de Zacatecas, México [ANR-Cenapred, 2016]. . . . 653

36.7 Regionalización sísmica de Zacatecas, México [CFE, 2015]. . . . . 654

36.8 Velocidad de onda de corte Vs30 (USGS) de Zacatecas, México  
[Heath et al., 2020]. . . . . 655

36.9 Municipios de Zacatecas con posibles efectos de sitio [Cenapred, 2020]. . 656

36.10 Municipios de Zacatecas con peligro de deslizamiento por sismo  
[Cenapred, 2020]. . . . . 657

36.11 Sismicidad en las inmediaciones de la ciudad de Zacatecas (enero 2020 –  
diciembre (2022) [SSN, 2023]. . . . . 658

36.12 Estaciones de registro sísmico en Zacatecas, México [SSN, 2023]. . . . . 659

# Objetivos y alcance

El objetivo principal de este trabajo de tesis es elaborar un documento que brinde un panorama general sobre la sismicidad, peligro sísmico y peligro por tsunami, así como una caracterización de acuerdo con las zonas sismogénicas y fisiográficas de cada estado de la república mexicana, dirigido a público en general. Dicho panorama será una base para estudios posteriores de peligro sísmico estatal.

Se abarcaran de manera general los siguientes 10 puntos, para cada estado del país:

1. Localización y provincias fisiográficas: Elaboración de mapas y enlistado de las provincias y subprovincias fisiográficas.
2. Zonas sismogénicas (sismotectónicas): Elaboración de mapas y enlistado de las zonas sismogénicas (sismotectónicas) de acuerdo con las clasificaciones de Zúñiga et al., (2017) y la CFE (2015).
3. Sismicidad reportada por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) en el período 1900-2022: Reporte del total de sismos entre 1900 y 2022 de cada estado, así como la elaboración de mapas de sismicidad mayor o igual a 6.0.
4. Sismos históricos: Reporte de sismos históricos de cada estado, así como elaboración de mapas de los mismos.
5. Peligro por tsunami: Reporte de tsunamis históricos para los estados costeros, así como elaboración de mapas de peligro por tsunami.
6. Información general de peligro sísmico: Descripción general de peligro sísmico que engloba información y mapas del global de intensidades (Cenapred), regionalización sísmica (CFE, 2015), velocidad de onda de corte (parámetro  $V_{s30}$ , USGS), municipios con posibles efectos de sitio, municipios con peligro de deslizamiento por sismo y municipios con reglamento de construcción de obras civiles (Cenapred).

7. Reporte y mapeo de las secuencias sísmicas (enjambres) reportadas por el Servicio Sismológico Nacional (SSN).
8. Enlistado y mapeo de estaciones de registro sísmico.
9. Enlistado de instituciones educativas que han realizado estudios en alguna zona de cada estado del país.
10. Enlistado de estudios de sismicidad o de peligro sísmico en alguna zona de cada entidad federativa.

Entre las limitantes de este proyecto se encuentra la escasez de información de los estados que presentan menor incidencia sísmica, ya que las investigaciones en esta área son menores. Debido a que no existen registros de algunos sismos históricos como los del siglo XVIII o los de los inicios del siglo XIX, se tiene poca información al respecto.

En general, la información recopilada es única y exclusivamente de los estados de la república mexicana y está referida dentro de los registros o antecedentes en el período del 1 de enero de 1900 al 31 de diciembre de 2022, a excepción de algunos casos en los cuales se incluye información de enjambres sísmicos del año 2023, ya que se consideran de relevancia.

# Capítulo 1

## Introducción

La sismicidad es un fenómeno natural que ha dejado una notable huella en la historia de México; desde el sismo del 19 de septiembre de 1985, que afectó enormemente a la Ciudad de México, hasta los sismos menos conocidos pero igual de impactantes en regiones remotas.

Este trabajo se adentra en la extensa historia de la sismicidad mexicana con el objetivo de comprender en términos generales la actividad sísmica de cada estado del país. En un esfuerzo por ofrecer un panorama amplio y detallado, esta investigación recopila información sobre la caracterización fisiográfica de cada estado, su sismicidad histórica y contemporánea, las zonas sismogénicas, los mapas de intensidad de Mercalli de sismos históricos, el peligro por tsunami, la velocidad de onda de corte y las referencias sobre estudios de peligro sísmico o sismología de la zona.

La necesidad de esta investigación surge de la ausencia de un documento integral que abarque estos elementos a nivel estatal en México. Si bien existen numerosos estudios centrados en áreas específicas, rara vez se ha logrado compilar una visión completa de la sismicidad en todos los estados del país. Esta carencia se convierte en un desafío significativo a la hora de planificar medidas de prevención y respuesta ante sismos.

El conocimiento profundo de la sismicidad estatal es fundamental para la toma de decisiones informadas en materia de construcción, planificación urbana, respuesta a emergencias y peligro sísmico.

# Capítulo 2

## Antecedentes

### 2.1 Contextualización de la sismicidad en México

La sismicidad en México ha sido a lo largo de los años un tema de gran interés científico, debido a la complejidad que representa la configuración tectónica de las placas en la región, lo cual convierte al país en una zona potencialmente sísmica.

La realización de este trabajo de tesis, surge de la necesidad de recopilar la sismicidad e información general de peligro sísmico y por tsunami de cada estado de México. Así mismo, una caracterización de acuerdo con regiones sismogénicas y fisiográficas, ya que en la actualidad no se cuenta con un documento que abarque los puntos antes descritos a nivel nacional.

A partir de este trabajo, es posible hacer una correlación entre los datos recabados para obtener una visión más amplia sobre los fenómenos sísmicos a nivel estatal. La finalidad es que esta información sea entendible para el público general y sea útil como una referencia para estudios futuros de peligro sísmico estatal.

En la actualidad, es crucial generar planes de acción basados en las características sísmicas de cada estado de la República Mexicana, que permitan prevenir desastres relacionados a la sismicidad, especialmente con los estados de alta incidencia sísmica.

Tan sólo en el estado de Oaxaca, uno de los estados con alto potencial sísmico, de acuerdo con el atlas nacional de riesgos, únicamente se cuenta con un reglamento de construcción de obras civiles a nivel estatal y un reglamento a nivel mu-

nicipal para Oaxaca. Consultar sistemas reguladores del siguiente link: <http://www.atlasmacionalderiesgos.gob.mx/archivo/visor-capas.html>.

Considerando que se trata de una zona con posibles efectos de sitio y peligro de deslizamiento por sismo, es necesario considerar la realización de reglamentos de construcción más estrictos para salvaguardar a la población ante un posible desastre.

El mismo caso se tiene en otros estados de la República Mexicana, como el estado de Tabasco. A pesar de que gran parte de la extensión de éste es un territorio con velocidades de onda de corte muy bajas entre los 180 y 360  $\frac{m}{s}$  que a su vez posee varios municipios con posibles efectos de sitio, cuenta únicamente con un reglamento municipal de obras civiles. No es sorpresa que Tabasco haya sido uno de los estados afectados incluso con víctimas mortales durante el sismo ocurrido el 7 de septiembre de 2017 de magnitud 8.2, sin embargo, pocas medidas en materia de protección civil se han tomado.

Es importante considerar que, aunque la sismicidad es mayor en ciertos estados, afecta a todo el territorio mexicano. Por ello, es necesaria una visión integral que contemple los riesgos sísmicos para cada estado mexicano, especialmente para los que poco se ha concienciado sobre dichos riesgos, como en el estado de Tabasco.

# Capítulo 3

## Marco teórico

El estudio de la geofísica ha ampliado en gran manera el conocimiento que tenemos sobre el planeta Tierra. No fue hace poco más de un siglo que Alfred Wegener presentó la teoría de la deriva continental, en la cual propuso que los continentes en el pasado geológico estuvieron unidos en un supercontinente llamado Pangea, que posteriormente se habría fragmentado por deriva continental.

El planeta Tierra está compuesto por diferentes capas; la corteza, el manto, el núcleo exterior y el núcleo interno. La litósfera está conformada por la corteza terrestre y la capa superior del manto. Ésta se encuentra fragmentada en distintas piezas, similares a un rompecabezas, conocidas como placas tectónicas.

En el manto se genera movimiento, ya que el material más caliente y profundo de éste sube hacia la superficie, donde se enfría y hunde de nuevo. Este fenómeno es conocido como celdas de convección y son las responsables de los movimientos de las placas tectónicas, las cuales acumulan esfuerzos que al sobrepasar la resistencia de la roca, ocurre una ruptura violenta y liberación de energía acumulada. Desde el foco o hipocentro, esta energía es irradiada en forma de ondas sísmicas en todas las direcciones.

A lo largo del tiempo geológico, México ha sufrido grandes cambios geológicos y físicos. En la actualidad México es parte de cinco placas tectónicas: la placa de Norteamérica, la placa del Pacífico, la placa de Rivera, la placa de Cocos y la placa del Caribe (ver figura 3.1.)

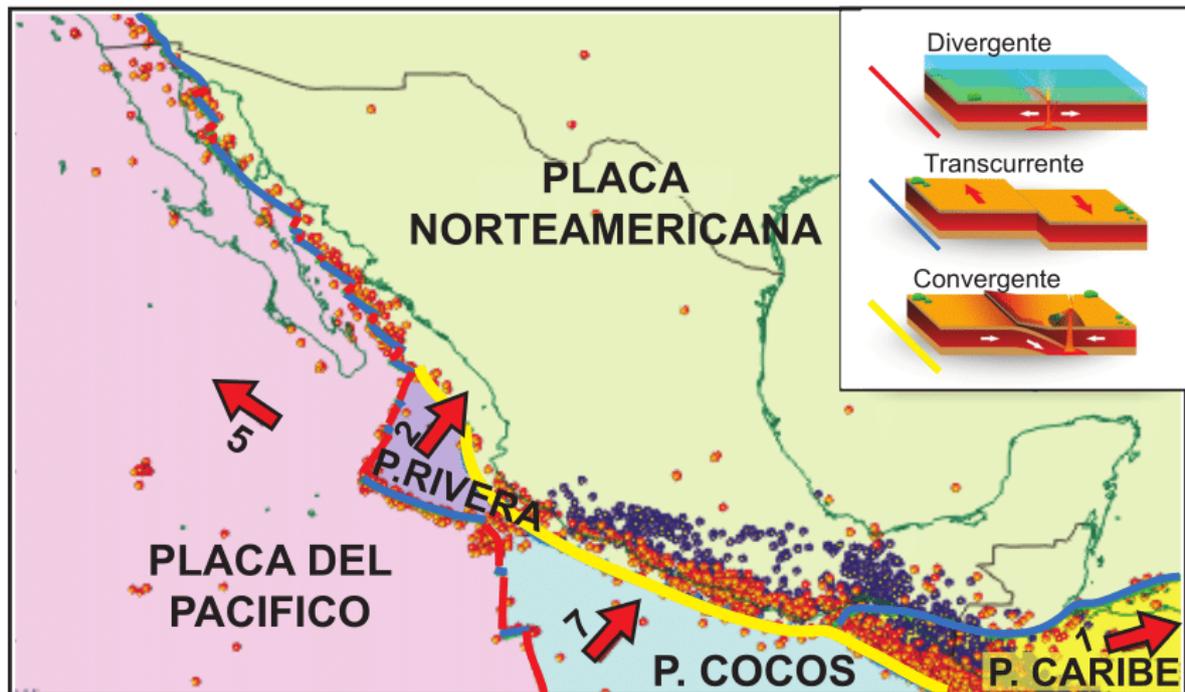


Figura 3.1: Placas tectónicas de México [SSN, 2023].

Dichas placas tectónicas están en constante movimiento, el cual es distinto entre cada límite de placas, ya que existen tres tipos [Tarbuck et al., 2005]:

- **Bordes divergentes (borde constructivos):** En este tipo de límite las placas se separan, el magma fluye a la superficie y crea nuevo suelo oceánico.
- **Bordes convergentes (borde destructivos):** Dos placas se juntan, provocando el descenso de la litósfera oceánica debajo de una placa superpuesta, la cual es reabsorbida en el manto, o posiblemente la colisión de dos bloques continentales para crear un sistema montañoso.
- **Bordes de falla transformante (bordes pasivos):** En este tipo de movimiento dos placas se desplazan lateralmente una respecto a la otra, sin producción ni destrucción de litósfera.

En la figura 3.2 se muestran los tipos de bordes entre placas tectónicas del mundo. Cada placa tectónica se rodea de una combinación de estos tipos de bordes o límites de placa.

Por ejemplo, la placa del Pacífico y la de Norteamérica se mueven lateralmente una con respecto a la otra (borde de falla transformante). La placa de Rivera se mete debajo

de la de Norteamérica en un proceso llamado subducción (borde convergente). La placa de Cocos, subduce bajo las placas de Norteamérica y del Caribe. Además, la placa del Caribe también se mueve lateralmente con respecto a la de Norteamérica (borde de falla transformante) y la de Cocos se separa de la del Pacífico (borde divergente).

Todos estos movimientos hacen que México sea un país potencialmente sísmico [SSN, 2023]. Estos límites, así como las placas tectónicas se muestran en la figura 3.2.

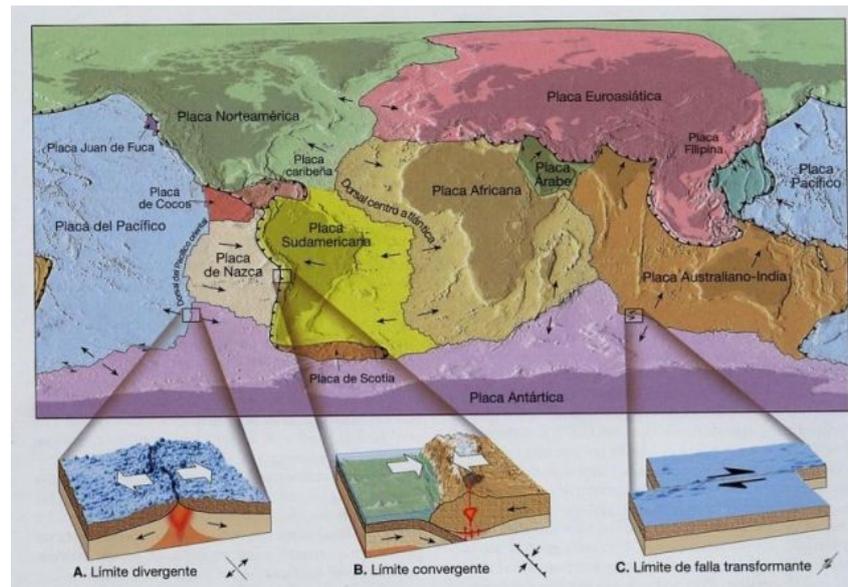


Figura 3.2: Placas tectónicas del mundo y tipos de bordes. Figura tomada de [Tarbuck et al., 2005].

Los sismos poseen parámetros que los caracterizan, entre los cuales están:

- **Hipocentro (foco):** Zona del interior de la Tierra donde inicia la ruptura del plano de falla.
- **Epicentro:** Punto en la superficie terrestre que está directamente encima del foco o hipocentro.
- **intensidad:** Medición de los efectos del movimiento del terreno en un punto determinado, basada en la cantidad de daños generados. Esta puede ser subjetiva, ya que depende directamente de la sensibilidad de la gente y de cómo se aprecien los efectos o daños.
- **Magnitud:** Basada en cálculos que utilizan los datos arrojados por registros sísmicos para calcular la cantidad de energía liberada en la fuente del sismo.

## **3.1 Localización y provincias fisiográficas**

### **3.1.1 Localización**

México se localiza en la parte meridional de América del Norte, colinda al norte con Estados Unidos, al sureste con Belice y Guatemala, al oriente con el golfo de México y el mar Caribe, y al poniente con el océano Pacífico.

### **3.1.2 Provincias fisiográficas**

Una provincia fisiográfica es un conjunto estructural de origen geológico unitario, con morfología propia y distintiva [INEGI, 2001].

### **3.1.3 Subprovincias fisiográficas**

Subregiones de una provincia fisiográfica con características distintivas [INEGI, 2001].

### **3.1.4 Provincias fisiográficas de México**

De acuerdo con información sobre la fisiografía de México del INEGI, el país se divide en 15 provincias fisiográficas, las cuales se enlistan a continuación:

1. Cordillera Centroamericana
2. Eje Neovolcánico
3. Grandes Llanuras de Norteamérica
4. Llanura Costera del Golfo Norte
5. Llanura Costera del Golfo Sur
6. Llanura Costera del Pacífico
7. Llanura Sonorense
8. Mesa del Centro
9. Península de Baja California
10. Península de Yucatán

11. Sierra Madre del Sur
12. Sierra Madre Occidental
13. Sierra Madre Oriental
14. Sierras de Chiapas y Guatemala
15. Sierras y Llanuras del Norte

En la figura 3.3 se muestra el mapa de las provincias fisiográficas de México.

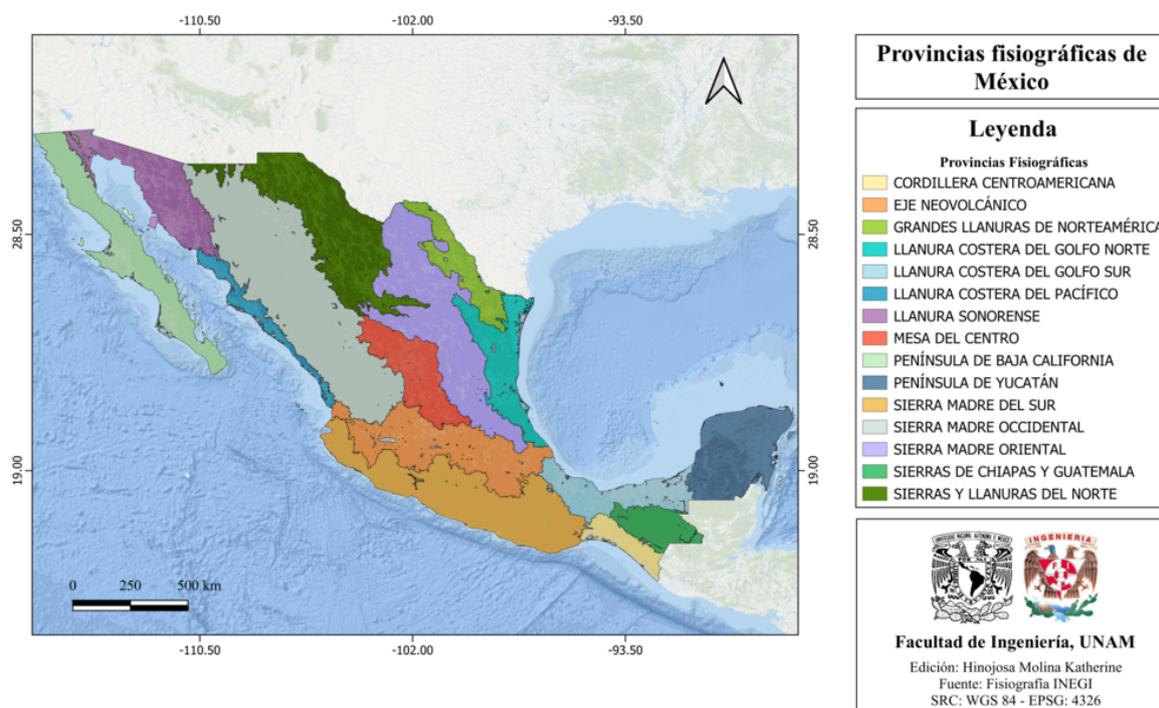


Figura 3.3: Provincias fisiográficas de México [INEGI, 2001]

### 3.1.5 Subprovincias fisiográficas de México

Al mismo tiempo, México se subdivide en 86 subprovincias fisiográficas:

1. Altos de Chiapas
2. Altos de Jalisco
3. Bajío Guanajuatense
4. Carso Huasteco
5. Carso y Lomeríos de Campeche
6. Carso Yucateco
7. Chapala
8. Chiconquiaco

9. Cordillera Costera del Sur
10. Costa Baja de Quintana Roo
11. Costas del Sur
12. Del Bolsón de Mapimí
13. Del Cabo
14. Delta del Río Grande de Santiago
15. Depresión Central de Chiapas
16. Depresión del Balsas
17. Depresión del Tepalcatepec
18. Desierto de Altar
19. Desierto de San Sebastián Vizcaíno
20. Escarpa Limítrofe del Sur
21. Gran Meseta y Cañadas Duranguenses
22. Gran Meseta y Cañones Chihuahuenses
23. Gran Sierra Plegada
24. Guadalajara
25. Insular de las Tres Marías
26. Lagos y Volcanes de Anáhuac
27. Laguna de Mayrán
28. Llanos de la Magdalena
29. Llanura Costera de Chiapas y Guatemala
30. Llanura Costera de Mazatlán
31. Llanura Costera Tamaulipeca
32. Llanura Costera Veracruzana
33. Llanura Costera y Deltas de Sonora y Sinaloa
34. Llanura del Istmo
35. Llanuras de Coahuila y Nuevo León
36. Llanuras de Ojuelos-Aguascalientes
37. Llanuras y Lomeríos
38. Llanuras y Medanos del Norte
39. Llanuras y Pantanos Tabasqueños
40. Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo
41. Llanuras y Sierras Potosino-Zacatecanas
42. Llanuras y Sierras Volcánicas
43. Mesetas y Cañadas del Sur
44. Mil Cumbres
45. Mixteca Alta
46. Neovolcánica Tarasca
47. Pie de la Sierra
48. Pliegues Saltillo Parras
49. Serranía del Burro
50. Sierra Cuatralba
51. Sierra de Guanajuato
52. Sierra de la Giganta
53. Sierra de la Paila
54. Sierra de los Tuxtlas

- |   |   |
|---|---|
| 55. Sierra de San Carlos                    | 72. Sierras y Cañadas del Norte                     |
| 56. Sierra de Tamaulipas                    | 73. Sierras y Llanuras Coahuilenses                 |
| 57. Sierra del Pinacate                     | 74. Sierras y Llanuras de Durango                   |
| 58. Sierra Lacandona                        | 75. Sierras y Llanuras del Norte                    |
| 59. Sierras Bajas del Peten                 | 76. Sierras y Llanuras del Norte de Guana-<br>juato |
| 60. Sierras Centrales de Oaxaca             | 77. Sierras y Llanuras Occidentales                 |
| 61. Sierras de Baja California Norte        | 78. Sierras y Llanuras Sonorenses                   |
| 62. Sierras de Jalisco                      | 79. Sierras y Llanuras Tarahumaras                  |
| 63. Sierras de la Costa de Jalisco y Colima | 80. Sierras y Lomeríos de Aldama y Río<br>Grande    |
| 64. Sierras del Norte de Chiapas            | 81. Sierras y Valles de Oaxaca                      |
| 65. Sierras del Sur de Chiapas              | 82. Sierras y Valles del Norte                      |
| 66. Sierras del Sur de Puebla               | 83. Sierras y Valles Guerrerenses                   |
| 67. Sierras Neovolcánicas Nayaritas         | 84. Sierras y Valles Zacatecanos                    |
| 68. Sierras Orientales                      | 85. Volcanes de Centroamérica                       |
| 69. Sierras Plegadas del Norte              | 86. Volcanes de Colima                              |
| 70. Sierras Transversales                   |   |
| 71. Sierras y Bajíos Michoacanos            |   |

Estas subprovincias se muestran en la figura 3.4 y 3.5.

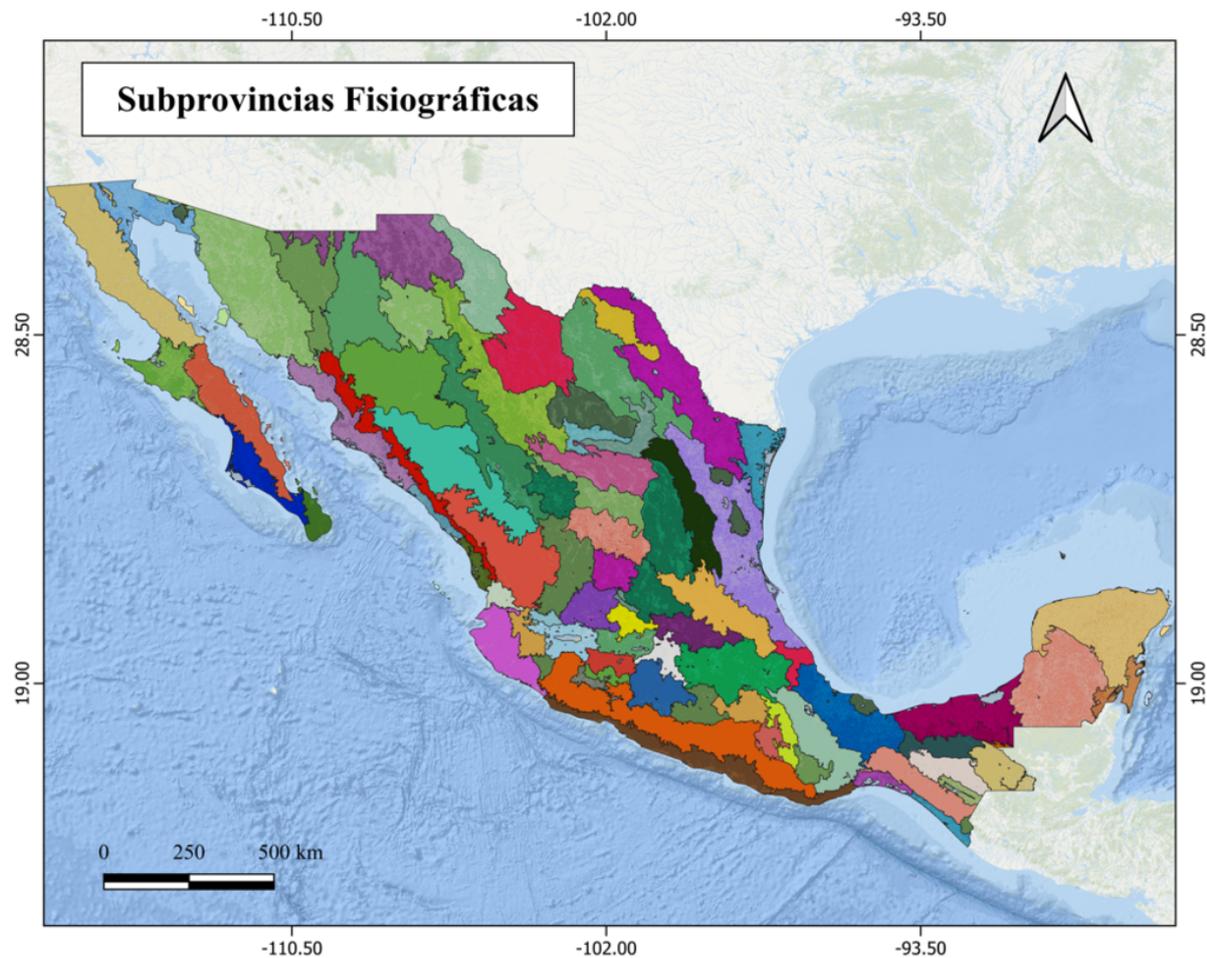


Figura 3.4: Mapa de las subprovincias fisiográficas de México [INEGI, 2001].



Figura 3.5: Leyenda de las subprovincias fisiográficas de México.

### 3.1.6 Rasgos geológicos estructurales

México posee una geología compleja que abarca diversos rasgos estructurales como fallas inversas, normales y laterales, así como anticlinales y sinclinales. Tal como se muestra en el mapa de la figura 3.6.

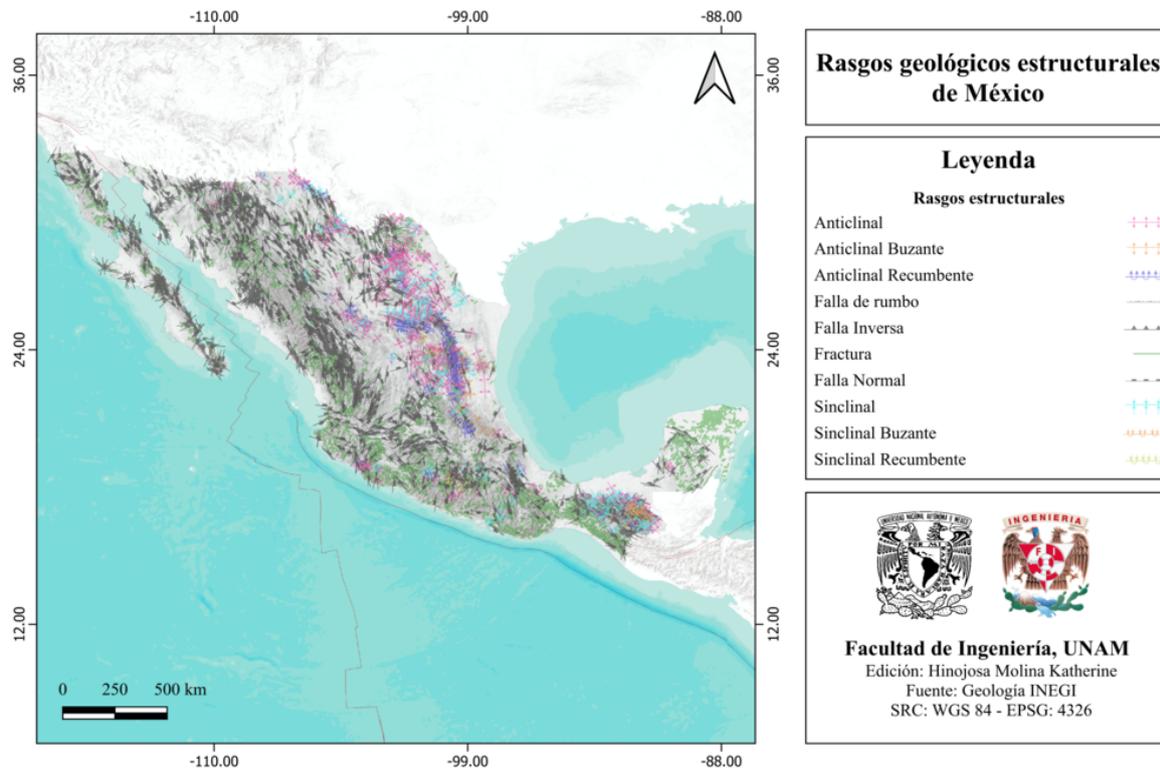


Figura 3.6: Rasgos geológicos estructurales de México. [INEGI, 2002]

## 3.2 Zonas sismogénéticas (sismotectónicas)

### 3.2.1 Zonas sismogénéticas de acuerdo con Zúñiga et al., (2017)

México es parte de las siguientes zonas sismogénéticas [Zúñiga et al., 2017]:

Tabla 3.1: Resumen de las principales características de las regiones sismotectónicas de México

Zona	Profundidad (h)	Características
<b>SUBDUCCIÓN (RIV-NOAM, COC-NOAM, COC-CAR)</b>		
SUB1	Somera (h <40 km)	Zona de eventos de subducción de acoplamiento intermedio. Zona de transición entre la convergencia RIV-NOAM y la convergencia COC-NOAM.
SUB2	Somera (h <40 km)	Zona de eventos de subducción de acoplamiento fuerte. Convergencia COC-NOAM.
SUB3	Somera (h <40 km)	Zona de eventos de subducción de acoplamiento fuerte. Zona de transición, convergencia COC-NOAM.
SUB4	Somera (h <40 km)	Zona de eventos de subducción de acoplamiento fuerte. Convergencia COC-CAR.
<b>INTRAPLACA DE PROFUNDIDAD INTERMEDIA (COC)</b>		
IN1	Intermedia (40 km ≤ h ≤ 180 km)	Zona de eventos intraplaca. Placa COC. Ampliación en profundidad de la zona SUB2.
IN2	Intermedia (40 km ≤ h ≤ 255 km)	Zona de eventos intraplaca. Zona de transición, Placa COC.
IN3	Intermedia (40 km ≤ h ≤ 460 km)	Zona de eventos intraplaca (COC). Ampliación en profundidad de la zona SUB4.
<b>INTRAPLACA. Eje Volcánico Transmexicano (NOAM cortical)</b>		
MVB	Somera (h <20 km)	Zona de eventos intraplaca (NOAM cortical) en el centro de México. Provincia tectónica del Cinturón Volcánico Mexicano.
<b>INTRAPLACA. Sureste de México (NOAM cortical)</b>		
NAM	Somera (h <20 km)	Zona de eventos intraplaca (NOAM cortical) en el sureste de México. No relacionado con el régimen volcánico del MVB.
<b>BAJA CALIFORNIA (PAC cortical, PAC cortical-NOAM)</b>		

Continua en la próxima página

Tabla 3.1 – continuación de la página anterior

Zona	Profundidad (h)	Características
BC1	Somera (h <20 km)	Zona de eventos intraplaca (PAC cortical). Oeste de Baja California.
BC2	Somera (h <15 km)	Zona de eventos intraplaca (PAC cortical-NOAM). Región oriental de Baja California-Mar de Cortés.
<b>SIERRA MADRE OCCIDENTAL (NOAM cortical)</b>		
SMO	Somera (h <20 km)	Zona de eventos intraplaca (NOAM cortical). Provincia tectónica de la Sierra Madre Occidental.
<b>BASIN AND RANGE (Cuencas y Cordilleras, NOAM cortical)</b>		
BAR	Somera (h <20 km)	Zona de eventos intraplaca (NOAM cortical). Posible extensión al sur de las provincias de Cuencas y Cordilleras (Basin and Range) y el Rift del Río Grande.
<b>BURGOS BASIN (Cuenca de Burgos, NOAM cortical)</b>		
BB	Somera (h <20 km)	Zona de eventos intraplaca (NOAM cortical). Provincia de estrés de la Cuenca de Burgos.
<b>RIVERA (PAC-RIV)</b>		
RIV1	Somera (h <20 km)	Zona de eventos intraplaca. En su mayoría fallas de tipo normal, interface PAC-RIV.
RIV2	Somera (h <20 km)	Zona de eventos intraplaca. Principalmente fallas de rumbo (deslizamiento lateral), interface PAC-RIV.
<b>GOLFO DE MÉXICO Y ÁREAS ADYACENTES (NOAM cortical)</b>		
GMX	Somera (h <20 km)	Zona de eventos intraplaca (NOAM cortical). Provincia del Golfo de México.
<b>PENÍNSULA DE YUCATÁN (NOAM cortical)</b>		
NAL	Somera (h <20 km)	Zona de eventos intraplaca (NOAM cortical) de baja sismicidad. Península de Yucatán.

Tabla 3.2: Significado de los acrónimos utilizados en la definición de las zonas sismogénicas (sismotectónicas)

<b>Acrónimo/término</b>	<b>Significado</b>
Acoplamiento	Capacidad de una falla entre dos placas tectónicas para bloquearse y acumular esfuerzos. Un acoplamiento fuerte significa que la falla está bloqueada y es capaz de acumular esfuerzos, mientras que un acoplamiento débil significa que la falla está desbloqueada o solo es capaz de acumular esfuerzos pequeños
RIV	Placa de Rivera
NOAM	Placa Norteamericana
COC	Placa de Cocos
CAR	Placa del Caribe
PAC	Placa del Pacífico
Cortical	Relacionado a la corteza (oceánica o continental). Profundidad somera
PAC cortical	Placa del Pacífico cortical
NOAM cortical	Placa Norteamericana cortical
Intraplaca	Que ocurre dentro de una placa tectónica
Interplaca	Que ocurre en la frontera de dos placas tectónicas

### 3.2.2 Zonas sismogénicas someras ( $h < 40$ km)

En el mapa de la figura 3.7 se muestran las regiones sismogénicas someras de México.

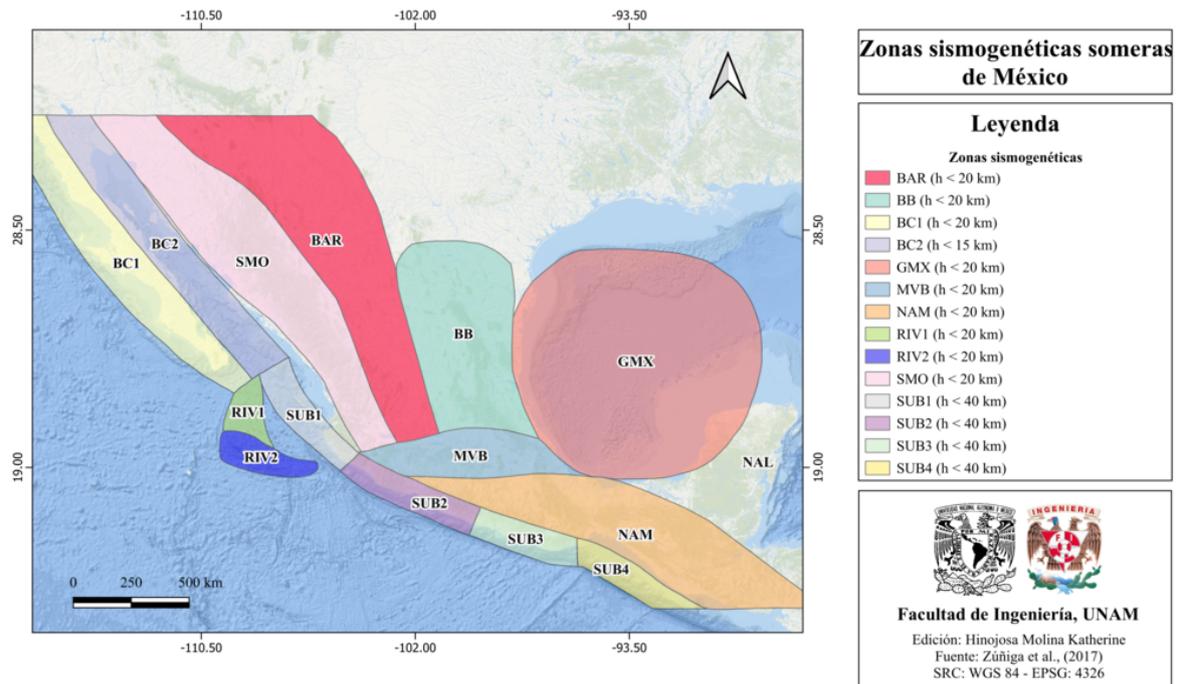


Figura 3.7: Regiones sismogénicas someras de México [Zúñiga et al., 2017].

### 3.2.3 Zonas sismogénicas de profundidad intermedia (h > 40 km)

En el mapa de la figura 3.8 se muestran las zonas sismogénicas de profundidad intermedia de México.

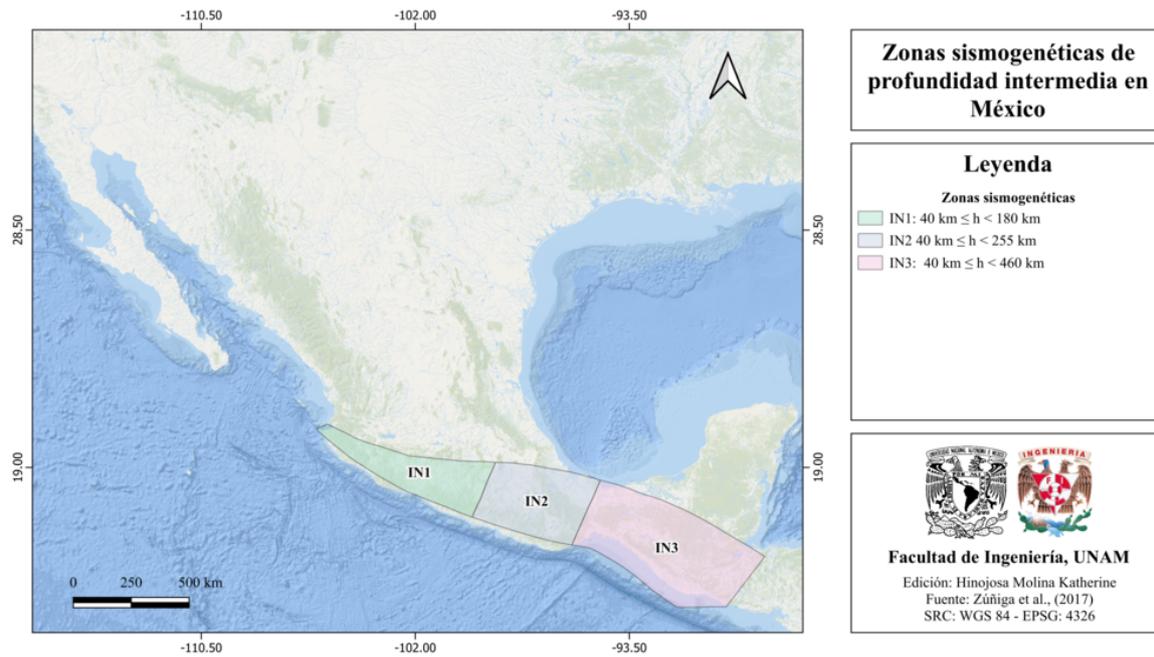


Figura 3.8: Regiones sismogénicas de profundidad intermedia de México [Zúñiga et al., 2017].

### 3.2.4 Zonas sismogénicas de acuerdo con la Comisión Federal de Electricidad (2015)

De acuerdo con información de la Comisión Federal de Electricidad [CFE, 2015], en México se han identificado las siguientes zonas sismogénicas:

## Zonas generadoras de sismos superficiales

Tabla 3.3: Fuentes sismogénicas superficiales [CFE, 2015].

No.	Nombre
1	Baja California Intraplaca Norte
2	Baja California Intraplaca Sur
3	Baja California Interplaca Norte
4	Baja California Interplaca Centro
5	Baja California Interplaca Sur
6	Sierra Madre Occidental
7	Cuencas y Sierras
8	Cuenca de Burgos
9	Interfaz Pacífico Rivera
10	Sismicidad Difusa 2
30	Golfo
31	Petrolera
32	Intraplaca
33	Eje volcánico
34	Sismicidad Difusa 1
37	Chiapas Volcán - Modificada
39	G1 Corteza - Modificada
40	G2 - S2- Corteza - Modificada
41	G3 - Corteza Modificada
42	G4 - Corteza
43	G5 - S5 - H1 - Corteza
44	G6 - Corteza - Modificada
45	G7 - Corteza
46	Bavispe GR
47	Bavispe
48	Chihuahua Oriental

Donde de acuerdo con la evaluación sísmica de en Centroamérica del RESIS II [Universidad Politécnica de Madrid, 2008]:

- G1: Guatemala Pacífico Central
- G2 – S2: Guatemala – El Salvador Antearco
- G3: Guatemala Arco Volcánico Oeste
- G4: Guatemala Arco Volcánico Este
- G5 – S5 – H1: Depresión de Honduras
- G6: Guatemala Polochic Motagua Oeste
- G7: Guatemala Swan Noreste

En la figura 3.9 se muestran estas zonas sísmogenéticas.

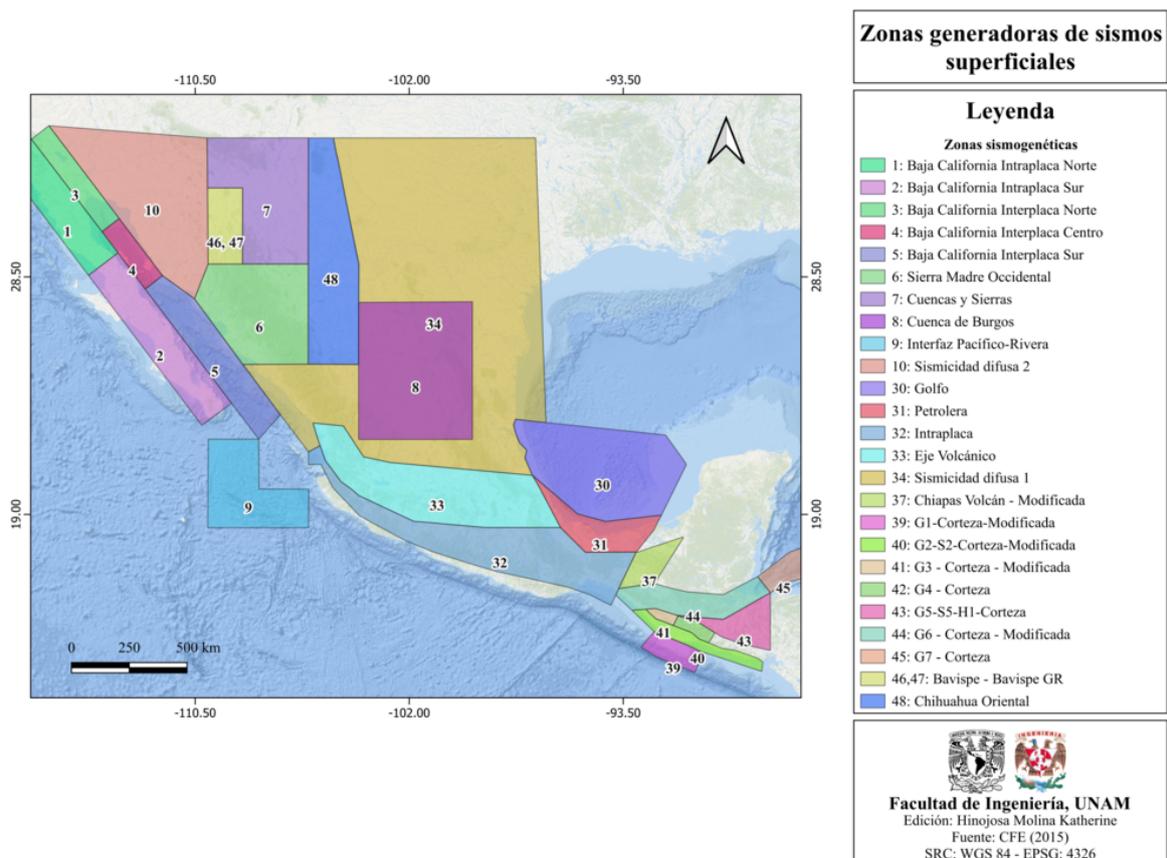


Figura 3.9: Regiones sísmogenéticas de México: zonas generadoras de sismos superficiales. [CFE, 2015].

## Zonas generadoras de sismos de profundidad intermedia

Tabla 3.4: Fuentes de profundidad intermedia y profundas, [CFE, 2015]

No.	Nombre
28	Profundidad Intermedia Oeste Nueva
29	Profundidad Intermedia Centro Nueva
36	Profundidad Intermedia Este Nueva - Modificada
38	Profundos de Chiapas - Modificada

En la figura 3.10 se muestran estas zonas sismogénicas.

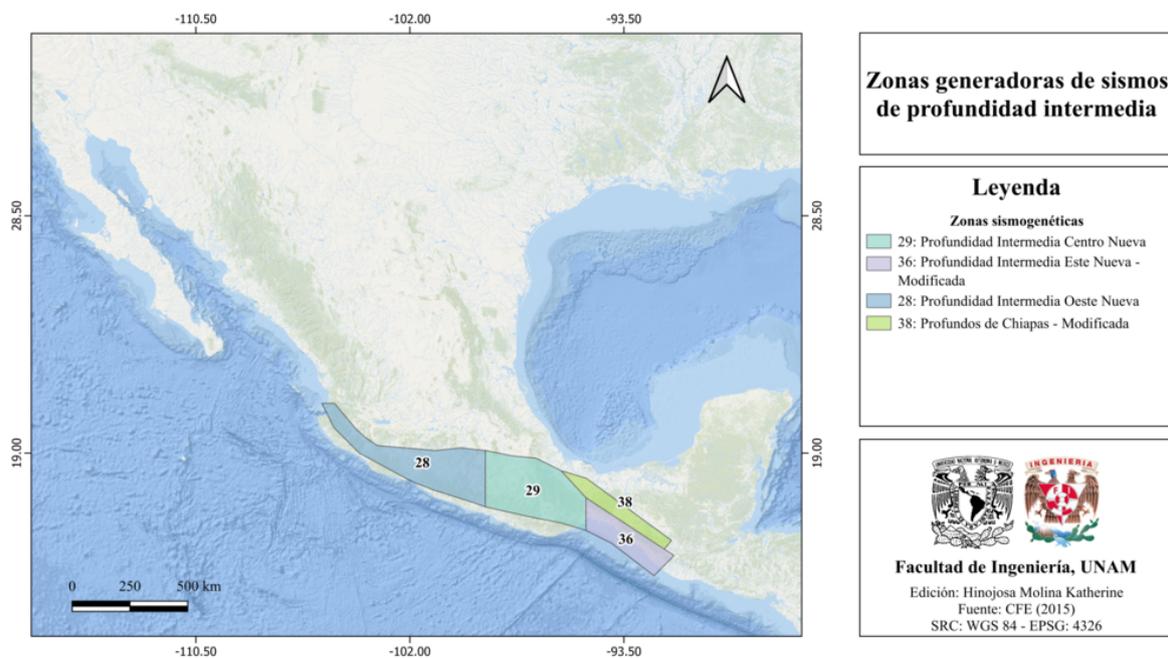


Figura 3.10: Regiones sismogénicas de México: Zonas generadoras de sismos de profundidad intermedia. [CFE, 2015].

**Zonas fuente de ocurrencia de sismos de subducción ( $M > 7$ )**

Tabla 3.5: Fuentes sismogénéticas de grandes temblores de subducción en México ( $M > 7$ ). Temblor característico [CFE, 2015].

No.	Nombre
11	Subducción Chiapas
12	Subducción Brecha de Tehuantepec
13	Subducción Oaxaca Este
14	Subducción Oaxaca 1
15	Subducción Oaxaca 2
16	Subducción Oaxaca Oeste
17	Subducción Ometepec
18	Subducción San Marcos
19	Subducción Guerrero
20	Subducción Petatlán
21	Subducción Michoacán
22	Subducción Colima 1
23	Subducción Brecha de Colima
24	Subducción Jalisco

En la figura 3.11 se muestran las zonas fuente de ocurrencia de sismos de subducción ( $M > 7$ ) de México.

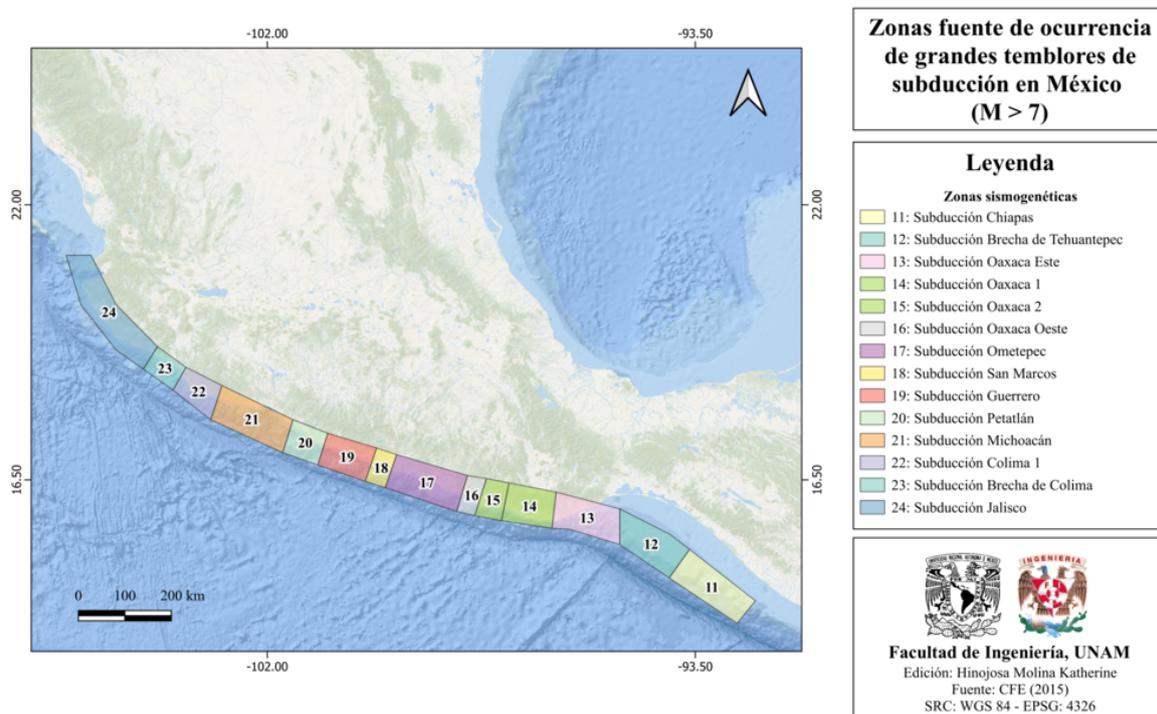


Figura 3.11: Regiones sismogénicas de México: Zonas fuente de ocurrencia de sismos de subducción ( $M > 7$ ). [CFE, 2015].

### Zonas fuente de ocurrencia de sismos de subducción ( $M < 7$ )

Tabla 3.6: Fuentes sismogénicas de grandes temblores de subducción en México ( $M < 7$ ), [CFE, 2015].

No.	Nombre
25	Jalisco Nuevo
26	Guerrero-Michoacán Nuevo
27	Oaxaca Nuevo
35	Chiapas Nuevo - Modificada

En la figura 3.12 se muestran las zonas fuente de ocurrencia de sismos de subducción ( $M < 7$ ) de México.

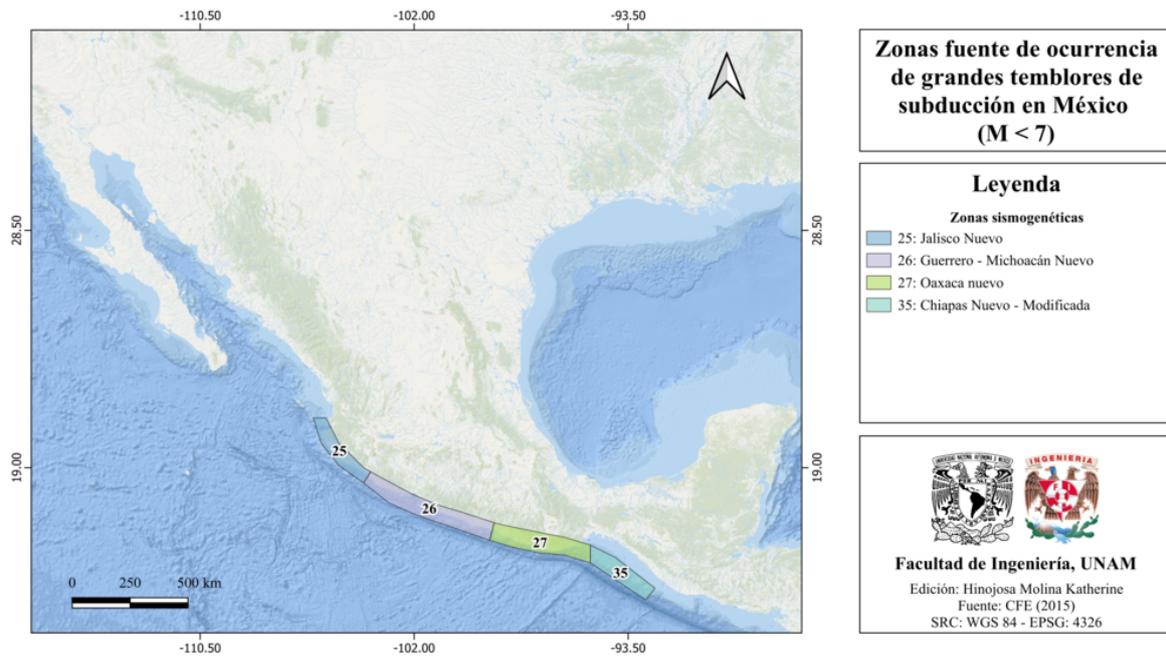


Figura 3.12: Regiones sismogénicas de México: Zonas fuente de ocurrencia de sismos de subducción ( $M < 7$ ). [CFE, 2015].

### 3.3 Sismicidad reportada por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) en el período 1900-2022

El Servicio Sismológico Nacional [SSN, 2023] ha reportado 270 773 sismos en el período del 1 de enero de 1900 al 31 de diciembre de 2022 (UTC) con magnitudes desde 0.3 hasta 8.2.

### 3.4 Sismos históricos

México es un país con alto potencial sísmico, por lo que ha experimentado diversos grandes sismos que han generado pérdidas humanas y materiales considerables [SSN, 2023]. Entre los sismos históricos del país, se enlistan a continuación algunos de ellos:

- Sismo de Acamabay, 19 de noviembre de 2012 (M 6.9).
- Sismo de Xalapa, 3 de enero de 1920 (M 6.4)
- Sismo de Colima-Jalisco, 3 de junio de 1932 (M 8.2).

- Sismo del 19 de septiembre de 1985 (M 8.1).
- Sismo del 7 de septiembre de 2017 (M 8.2).
- Sismo del 19 de septiembre de 2017 (M 7.1).

Los sismos históricos de México se describen en la sección correspondiente de cada estado.

### 3.5 Peligro por tsunami

En el ámbito de peligro por tsunami, México cuenta con las siguientes zonas [Cenapred, 2021]:

- Zona generadora de tsunamis locales y receptora de tsunamis lejanos,
- Zona receptora de tsunamis lejanos.
- Zona con bajo potencial de recepción de tsunamis

Estas zonas se visualizan en el mapa de la figura 3.13.

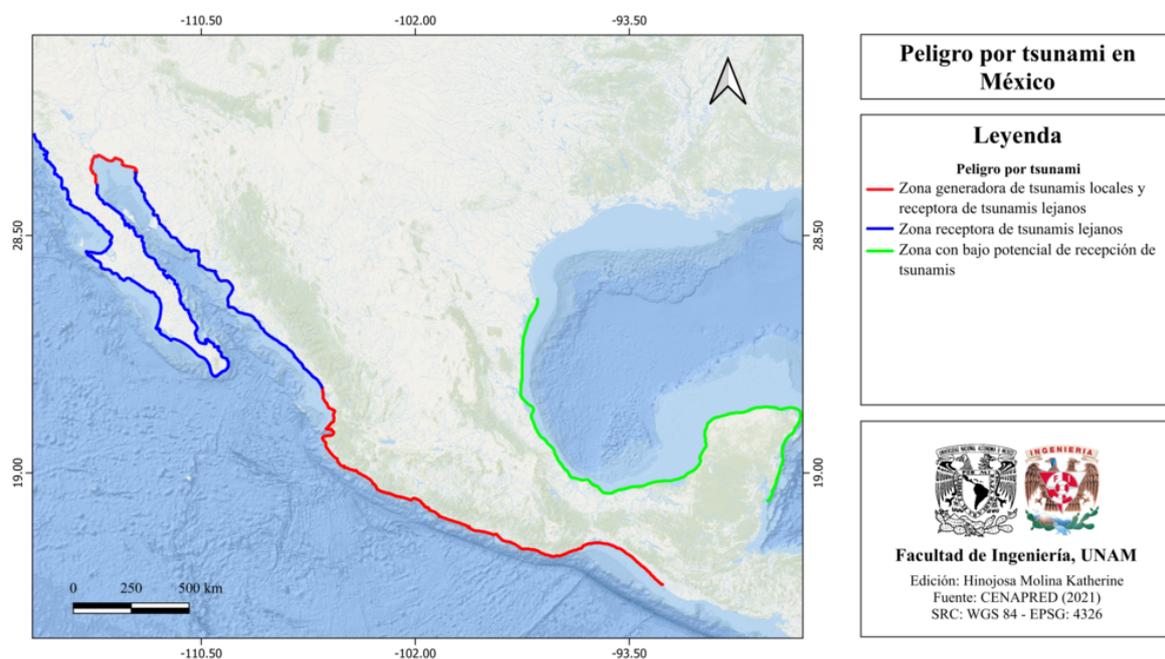


Figura 3.13: Peligro por tsunami en México [Cenapred, 2021].

### 3.6 Información general de peligro sísmico

#### 3.6.1 Global de intensidades

El Global de intensidades es la distribución de las intensidades máximas, basadas en la escala de Mercalli, producto de 52 mapas de intensidades de temblores de gran magnitud entre 1845 y 1999 [Cenapred, 2006].

El mapa global de intensidades de México, se muestra en la figura 3.14.

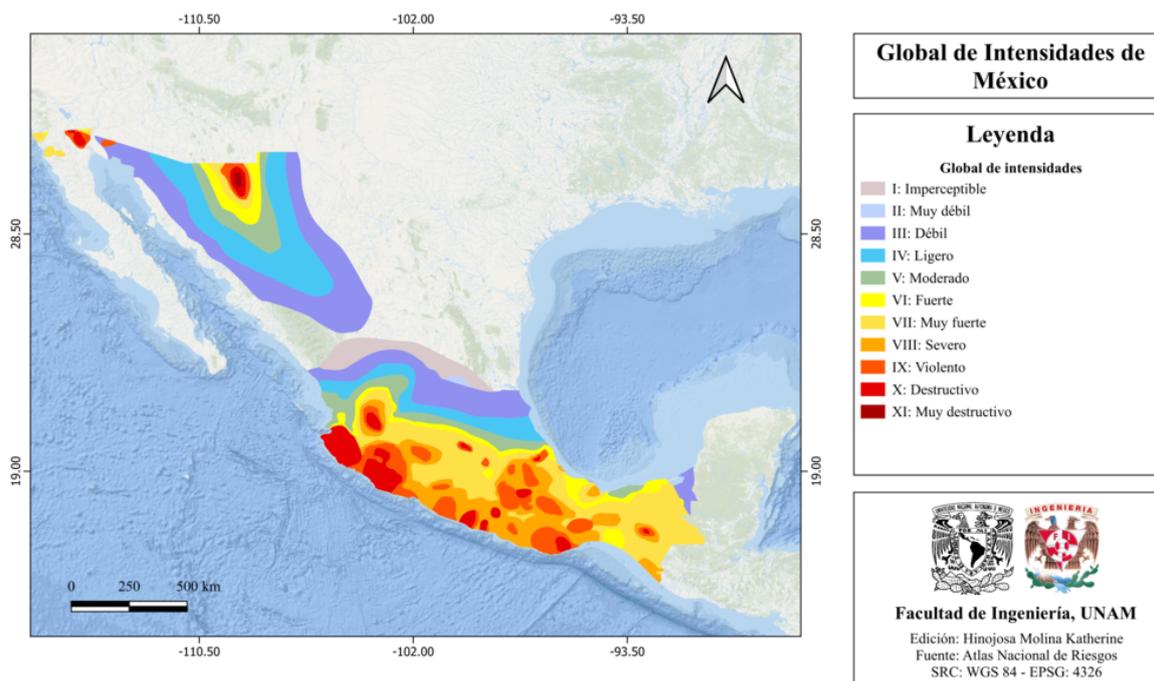


Figura 3.14: Global de intensidades de México [ANR-Cenapred, 2016].

#### 3.6.2 Regionalización sísmica de acuerdo con la CFE (2015)

De acuerdo con la regionalización sísmica de la República Mexicana de la Comisión Federal de Electricidad (2015), en nuestro país se identifican cuatro grandes regiones:

Zona	Descripción
A	Zona de sismicidad baja
B	Zona de sismicidad media
C	Zona de sismicidad alta
D	Zona de sismicidad muy alta

Tabla 3.7: Regionalización sísmica de acuerdo con [CFE, 2015].



velocidad de onda de corte que se muestra en la figura 3.16.

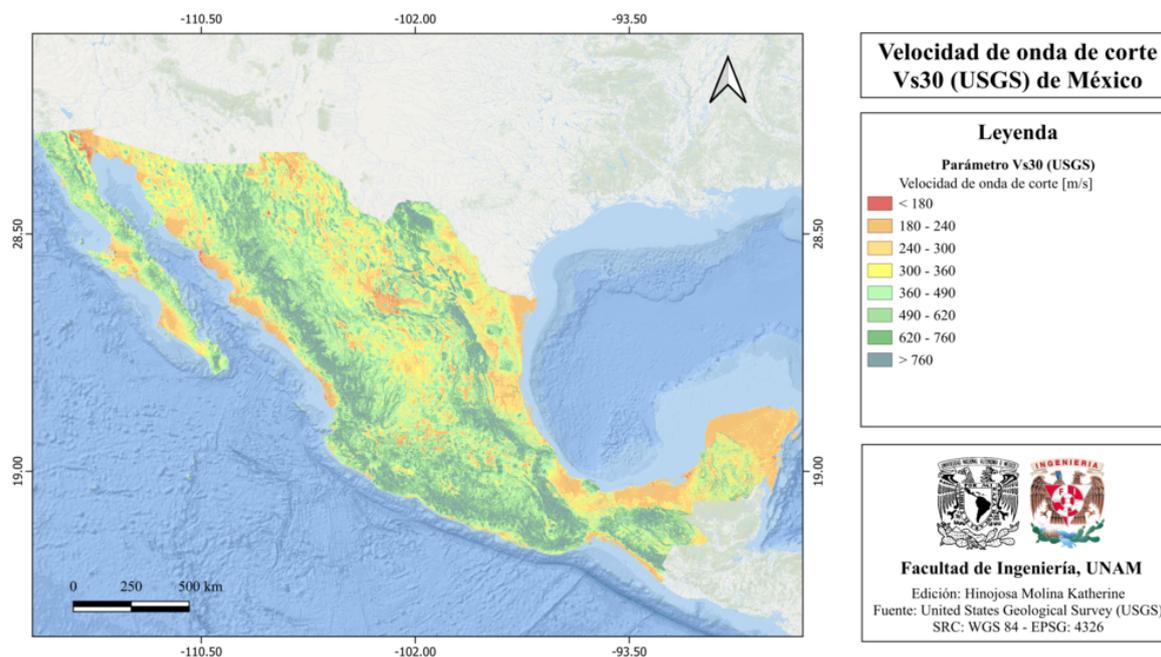


Figura 3.16: Velocidad de onda de corte Vs30 (USGS) de México [Heath et al., 2020].

### 3.6.4 Efectos de sitio

Los efectos de sitio son la respuesta que tiene un medio o sitio ante un evento sísmico bajo la influencia de las condiciones geológicas y topográficas locales.

Dicho de otra forma, son el resultado del movimiento del terreno debido a la incidencia de las ondas sísmicas en un punto dado, dependiente de parámetros asociados a la fuente que los originó y de la atenuación de la energía sísmica. [Chávez-García and Montalva, 2014].

Los efectos del sitio son el resultado de las alteraciones que experimentan las ondas sísmicas debido a la presencia de depósitos blandos, es decir, los materiales que constituyen el suelo y que no están consolidados.

### 3.6.5 Peligro de deslizamiento por sismo

El deslizamiento es un tipo de inestabilidad de laderas, en el que se producen movimientos en masa en pendientes o taludes que pueden ser causados por diversos factores, entre ellos por vibraciones sísmicas.

El peligro de deslizamiento por sismo se refiere al potencial de causar daños materiales o humanos debido a este tipo de movimientos en masa.

### 3.7 Secuencias sísmicas (enjambres)

Un enjambre o secuencia sísmica es una serie de sismos similares en cuanto a magnitud y profundidad, que ocurren en una región específica en un período corto de tiempo, sin que un evento sobresalga sobre los demás. [SSN, 2023].

### 3.8 Estaciones de registro sísmico en México

México cuenta con diversas redes sismológicas locales y regionales, que en conjunto brindan una cobertura nacional de estaciones sismológicas.

A continuación, se enlistan dichas redes e instituciones:

- Red Acelerográfica del Instituto de Ingeniería, UNAM - Instituto de Ingeniería, UNAM
- Red de Observación sísmica del Cenapred - Red de la Ciudad de México, Red de Atenuación y Red para el Monitoreo Sísmico del volcán Popocatepetl - Centro Nacional de Prevención de Desastres
- Red sismológica de Banda Ancha del Golfo de California (RESBAN) - Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California (CICESE)
- Red sísmica del Noroeste de México (RESNOM) - Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California (CICESE)
- Red sismológica Telemétrica del estado de Colima (RESCO) - Centro Universitario de Estudios e Investigaciones de Vulcanología, Universidad de Colima
- Red sísmica de Veracruz - Observatorio sismológico y Vulcanológico (OSV) - Centro de Ciencias de la Tierra (CCT), Universidad Veracruzana
- Red sísmica Mexicana - Centro Nacional de Prevención de Desastres (Cenapred), Servicio Sismológico Nacional (SSN), Instituto de Ingeniería

# Capítulo 4

## Metodología

La información recolectada para cada estado se obtuvo de fuentes oficiales. Se utilizó el marco geoestadístico del INEGI, que contiene los archivos vectoriales por estado y municipio, con la finalidad de cubrir los siguientes puntos:

- **Localización y provincias fisiográficas:** A partir de la recopilación de los datos vectoriales de las provincias fisiográficas del INEGI, se realizan los mapas de las respectivas provincias y subprovincias fisiográficas de cada estado del país. Así mismo, a partir de datos vectoriales obtenidos del Atlas Nacional de Riesgos y de la Geología del INEGI, se realizan los mapas de rasgos geológicos estructurales por entidad federativa.
- **Zonas sismogénicas (sismotectónicas):** Elaboración de mapas y enlistado de las zonas sismogénicas (sismotectónicas) de acuerdo con las clasificaciones de Zúñiga et al., (2017) y la CFE (2015), para cada estado del país. Los datos vectoriales de las zonas sismogénicas fueron obtenidos a partir de la digitalización de mapas creados por los autores de los mismos.
- **Sismicidad reportada por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) en el período 1900-2022:** Reporte del total de sismos entre 1900 y 2022 de cada estado, así como la elaboración de mapas de sismicidad mayor o igual a 6.0 para cada estado del país. Los datos recopilados para el mapeo en QGIS se obtuvieron del portal del Servicio Sismológico Nacional (SSN).
- **Sismos históricos:** Reporte de sismos históricos de cada estado, así como elaboración de mapas de intensidad macrosísmica o de intensidad en la escala de Mercalli

de los mismos. Las capas vectoriales de estos sismos históricos fueron obtenidas del Atlas Nacional de Riesgos y del portal del USGS y los mapas fueron realizados en QGIS.

- **Peligro por tsunami:** Reporte de tsunamis históricos para los estados costeros, así como elaboración de mapas de zonas propensas al peligro por tsunami para cada estado. Los archivos vectoriales para las zonas de peligro por tsunami fueron tomadas de Cenapred y realizados en QGIS, para cada estado costero.
- **Información general de peligro sísmico:** Descripción general de peligro sísmico que engloba información y mapas de los siguientes puntos:
  - **Global de intensidades (Cenapred):** datos vectoriales obtenidos del Atlas Nacional de Riesgos y mapeados en QGIS, para cada estado.
  - **Regionalización sísmica (CFE, 2015):** Los datos de regionalización sísmica fueron obtenidos a partir del Atlas Nacional de Riesgos y fueron mapeados en QGIS, para cada estado.
  - **Velocidad de onda de corte (parámetro Vs30, USGS):** Los datos del parámetros Vs30 fueron obtenidos del portal del USGS, a través de un archivo .GRD que engloba la velocidad de onda de corte para todo el mundo. Éste archivo ráster fue cortado en QGIS para México, a éste se le asignó la misma escala de colores utilizada en USGS para mapear cada estado del país.
  - **Municipios con posibles efectos de sitio:** Los datos para mapear los municipios con posibles efectos de sitio fueron obtenidos a partir de una base de datos de Cenapred, la cual fue unida con las coordenadas de su respectivo municipio para posteriormente realizar los mapas por estado, resaltando sus municipios con posibles efectos de sitio.
  - **Municipios con peligro de deslizamiento por sismo:** Los datos para mapear los municipios con peligro de deslizamiento por sismo fueron obtenidos a partir de una base de datos de Cenapred, la cual fue unida con las coordenadas de su respectivo municipio para posteriormente realizar los mapas por estado, resaltando estos municipios.
  - **Municipios con reglamento de construcción de obras civiles:** Los datos

para mapear los municipios con reglamento de obras civiles fueron obtenidos a partir de una base de datos de Cenapred, la cual fue unida con las coordenadas de su respectivo municipio para posteriormente realizar los mapas por estado, resaltando estos municipios.

- **Secuencias sísmicas (enjambres) reportadas por el Servicio Sismológico Nacional (SSN):** Se obtuvieron los datos vectoriales de las secuencias sísmicas del portal del Servicio Sismológico Nacional (SSN). Se mapearon en QGIS.
- **Estaciones de registro sísmico en cada estado del país:** Los datos vectoriales de estaciones sísmicas fueron obtenidos a partir de las páginas oficiales de las redes sísmicas nacionales y fueron mapeados en QGIS, cortando las estaciones por estado.
- **Instituciones educativas que han realizado estudios en alguna zona de cada estado del país:** Las instituciones educativas fueron investigadas de acuerdo su relación con las geociencias y publicaciones sobre peligro sísmico realizadas.
- **Estudios de sismicidad o de peligro sísmico en alguna zona de cada entidad federativa:** Los estudios de sismicidad fueron investigados de acuerdo con publicaciones realizadas sobre estos temas.

# Parte I

## Resultados

# Capítulo 5

## Aguascalientes

### 5.1 Localización y provincias fisiográficas

#### 5.1.1 Localización

Aguascalientes se localiza en la parte centro-norte de México, colinda al norte, este y oeste con el estado de Zacatecas; al sur y este con el estado de Jalisco.

#### 5.1.2 Provincias fisiográficas

De acuerdo con información sobre la Fisiografía de México del INEGI, el estado de Aguascalientes forma parte de tres provincias fisiográficas:

1. Eje Neovolcánico
2. Mesa del centro
3. Sierra Madre Occidental

En la figura 5.1 se muestra el mapa de las provincias fisiográficas de Aguascalientes.

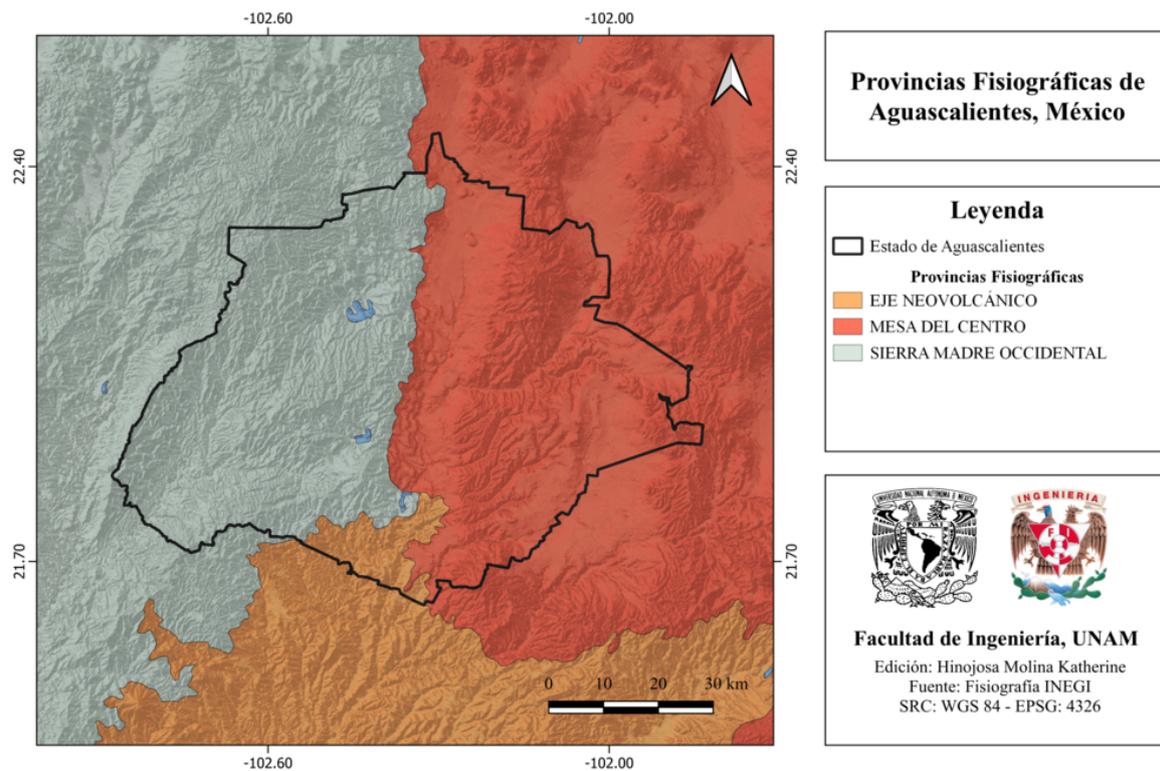


Figura 5.1: Provincias fisiográficas del estado de Aguascalientes, México. [INEGI, 2001]

### 5.1.3 Subprovincias fisiográficas

Al mismo tiempo, Aguascalientes se subdivide en tres subprovincias fisiográficas:

- Altos de Jalisco
- Llanuras de Ojuelos-Aguascalientes
- Sierras y Valles Zacatecanos

Estas subprovincias se muestran en la figura 5.2.

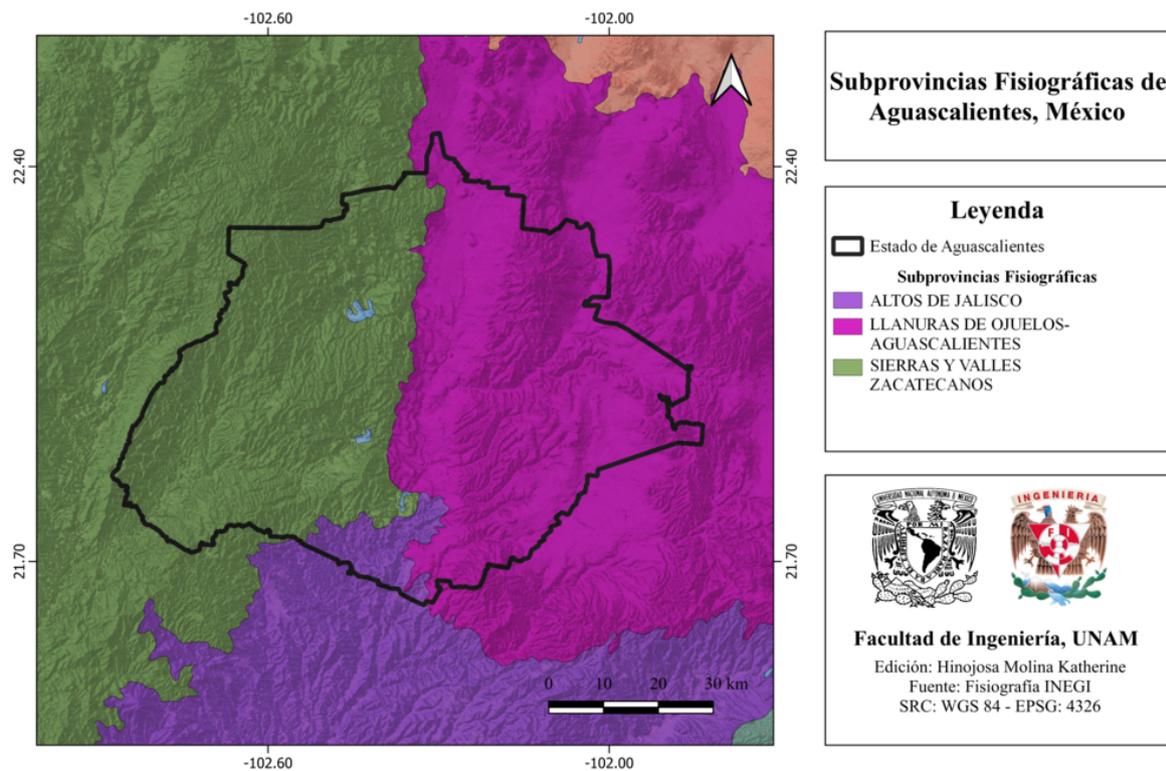


Figura 5.2: Subprovincias fisiográficas del estado de Aguascalientes, México. [INEGI, 2001]

#### 5.1.4 Rasgos geológicos estructurales

De acuerdo con información recabada por el Comité Interinstitucional de Fallas Geológicas y Grietas del estado de Aguascalientes (CIFGGEA), hasta el año 2023 hay al menos 291 grietas (fracturas) y al menos 519 fallas distribuidas en el estado de Aguascalientes.

Existen dos grandes fallas normales a lo largo de gran parte de la extensión del estado: la Oriente y la Poniente, las cuales determinan la fosa tectónica de Aguascalientes. Éstas están divididas en fallas independientes para cada municipio, con su longitud correspondiente. Tanto la Falla Oriente como la Falla Poniente se dividieron en cinco para un mejor control.

El sistema de fallas y fracturas de Aguascalientes, según [CIFGGEA, 2023] se muestra a continuación.

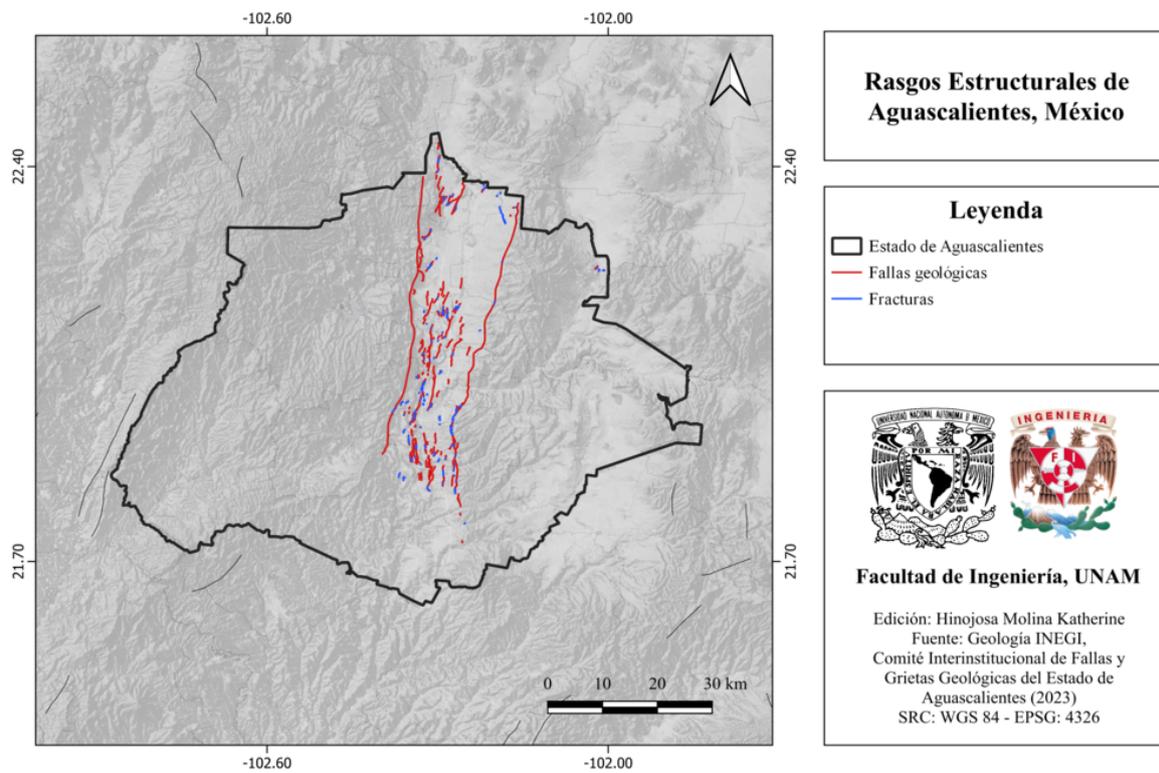


Figura 5.3: Fallas geológicas y fracturas de Aguascalientes, México. [CIFGGEA, 2023]

En el año 2021 se censaron 3386 inmuebles con afectaciones por fallas geológicas (ver Tabla 5.1). Aguascalientes es el municipio que mayor afectación tiene en este rubro, con un saldo de 2443 inmuebles afectados.

Municipio	Inmuebles censados
Aguascalientes	2443
Jesús María	419
Pabellón de Arteaga	173
San Fco. de los Romo	141
Rincón de Romos	142
Cosío	67
Tepezalá	1
<b>Total</b>	
<b>7</b>	<b>3386</b>

Tabla 5.1: Censo de inmuebles afectados por fallas geológicas en Aguascalientes, México. [CIFGGEA, 2023]

De acuerdo a la clasificación por tipo de construcción afectada que realizó la CIFG-GEA (2023), se detectó que en la mayoría de los casos las viviendas son el tipo de construcción con mayor afectación en el estado. En la tabla 5.2 se muestra la distribución de predios afectados por tipo de construcción:

Afectación por tipo de construcción	Predios
Viviendas	1594
Lote baldío	266
Comercios y servicios	215
Vivienda mixta	91
Recreación y cultura	58
Otros	45
Educación	29
Edificio público	12
Religioso	5
<b>Suma total</b>	
<b>2315</b>	

Tabla 5.2: Afectación por tipo de construcción debido a fallas geológicas en Aguascalientes, México. [CIFGGEA, 2023]

## 5.2 Zonas sismogénéticas (sismotectónicas)

### 5.2.1 Zonas sismogénéticas de acuerdo con Zúñiga et al., (2017)

De acuerdo con Zúñiga et al., (2017), Aguascalientes forma parte de las siguientes zona sismogénética:

#### Zonas sismogénéticas someras ( $h < 40$ km)

- **BAR:** Zona de eventos dentro de la placa Norteamericana de poca profundidad (  $h < 20$  km), baja magnitud y escasa frecuencia. Posible extensión sur de las provincias de la Cuenca y cadena Río Grande.

En la figura 5.4 se muestra el mapa de esta zona sismogénética para Aguascalientes.

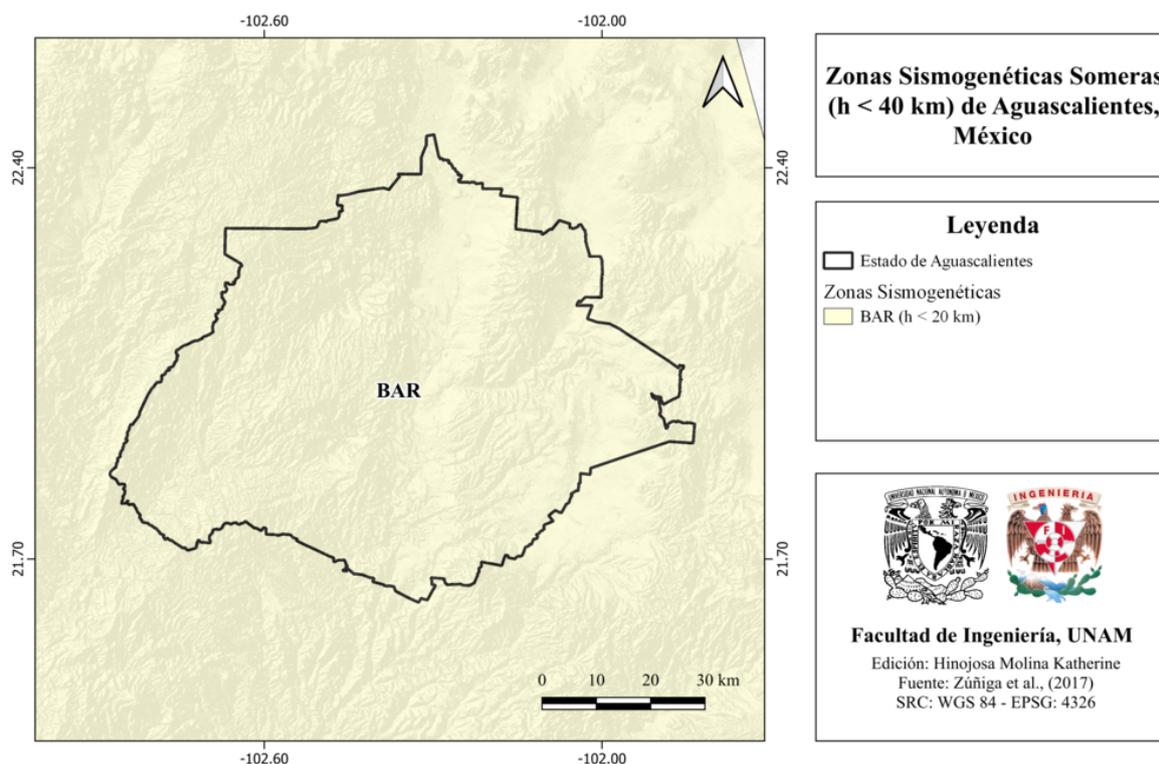


Figura 5.4: Zonas sismogénéticas someras ( $h < 40$  km) de Aguascalientes, México. [Zúñiga et al., 2017]

## 5.2.2 Zonas sismogénicas de acuerdo con la Comisión Federal de Electricidad (2015)

De acuerdo con la Comisión Federal de Electricidad (2015), Aguascalientes se encuentra sobre las siguientes zonas generadoras de sismos:

### Zonas generadoras de sismos superficiales

- **Región 8:** Cuenca de Burgos
- **Región 34:** Sismicidad difusa 1

En la figura 5.5 se muestra el mapa de las zonas sismogénicas generadoras de sismos superficiales.

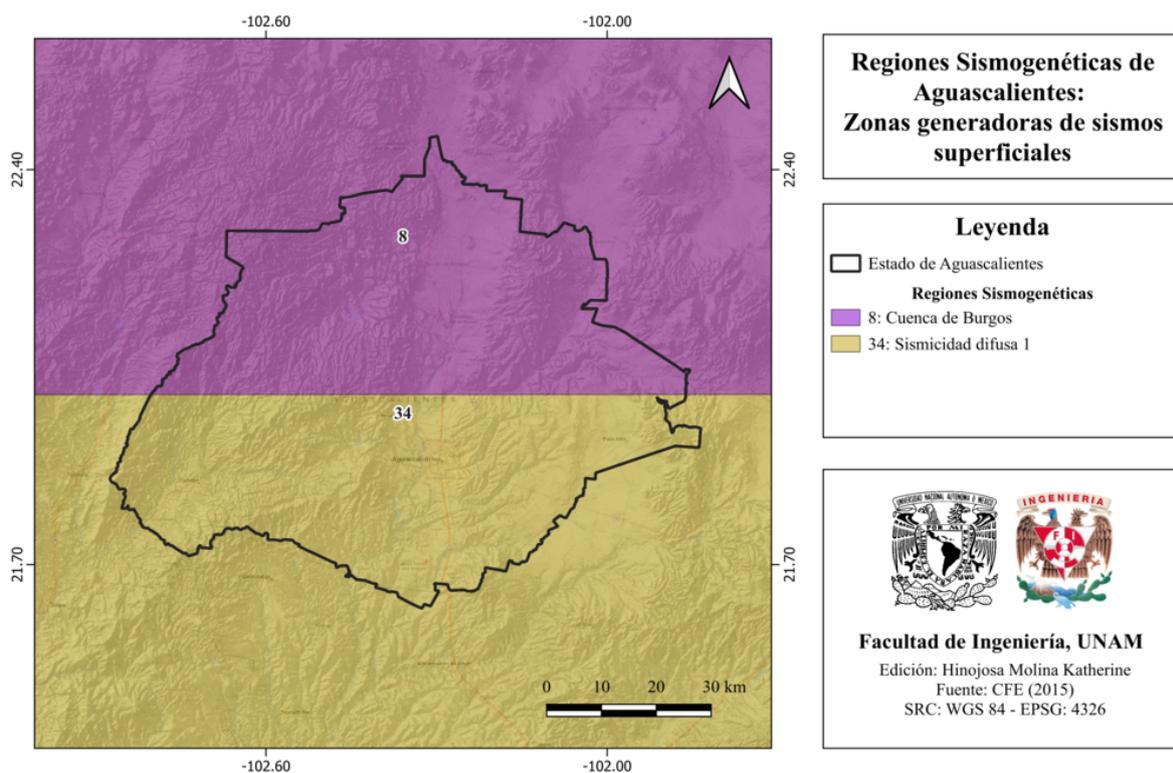


Figura 5.5: Zonas generadoras de sismos superficiales de Aguascalientes, México. [CFE, 2015]

### **5.3 Sismicidad reportada por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) en el período 1900-2022**

El Servicio Sismológico Nacional (SSN) ha reportado 46 sismos desde el 1 de enero de 1900 hasta el 31 de diciembre de 2022 (UTC), siendo los dos sismos de mayor magnitud de 3.4, registrados el 18 de diciembre de 2021 y el 20 de noviembre de 2021.

### **5.4 Sismos históricos**

#### **5.4.1 11 de febrero de 1875, M 7.4**

De acuerdo con información obtenida a través del portal de sismos históricos, este sismo ocurrió aproximadamente a las 20:30 (hora local), el día 11 de febrero de 1875 y se ubicó en la zona del Cinturón Volcánico Mexicano (CVM) Se estima una magnitud entre los 7.2 y 7.4 para este evento. En la figura 5.6 se muestra el mapa de intensidad correspondiente a este sismo, en él se observa que en Aguascalientes se tuvieron intensidades de III, IV, V, VI que corresponden a débil, ligero, moderado y fuerte.

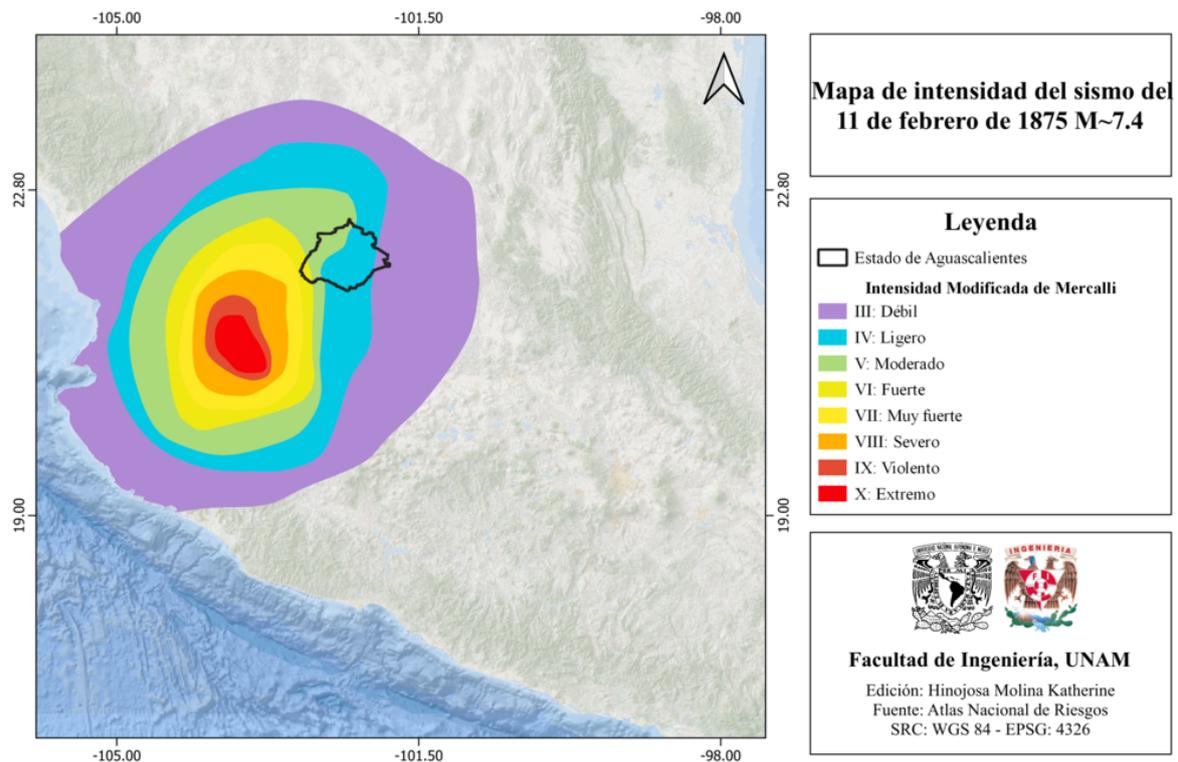


Figura 5.6: Mapa de intensidades del sismo del 11 de febrero de 1875, M 7.4 [ANR-Cenapred, 2016].

#### 5.4.2 7 de junio de 1911, M 7.6

De acuerdo con información del Servicio Sismológico Nacional (SSN), este sismo se ubicó a 59 km al suroeste de Ciudad Lazaro Cárdenas, Michoacán, tuvo una profundidad de 33 km y una magnitud de 7.6. En Aguascalientes, este sismo fue percibido con una intensidad en la escala de Mercalli de III (débil). Ver figura 5.7

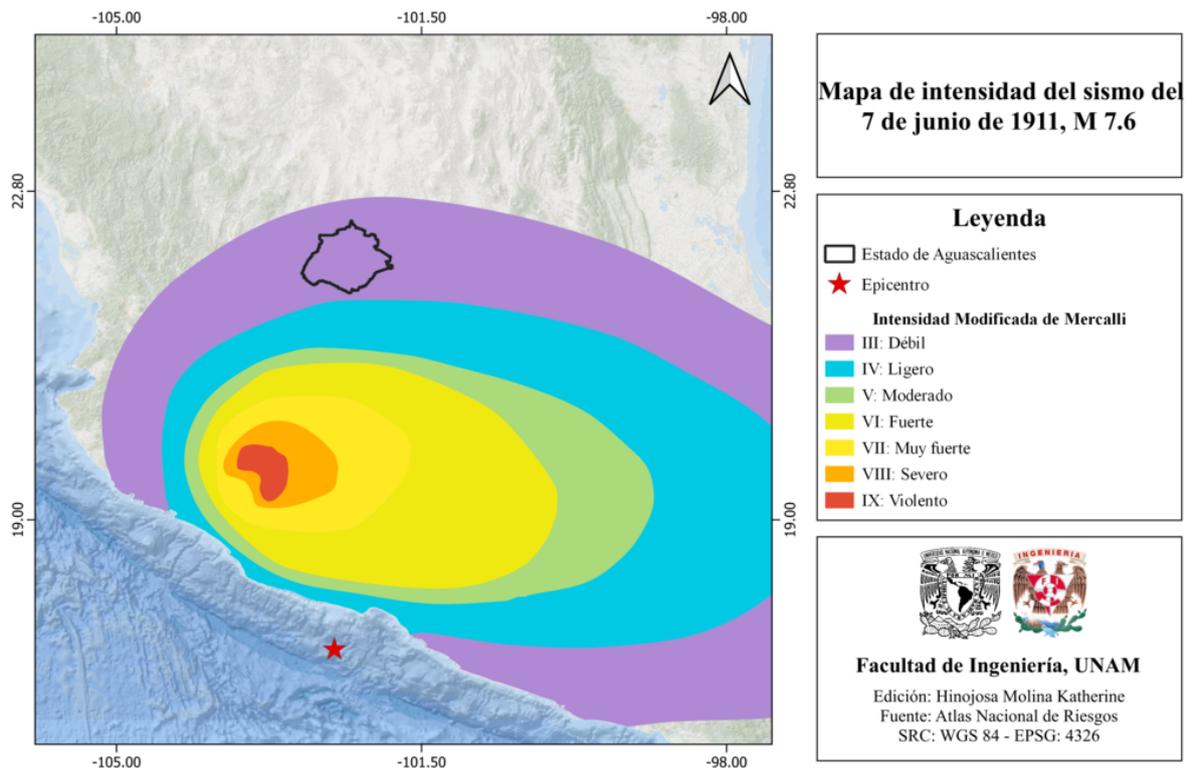


Figura 5.7: Mapa de intensidades del sismo del 7 de junio de 1911, M 7.6 [ANR-Cenapred, 2016].

## 5.5 Peligro por tsunami

El estado de Aguascalientes no está expuesto a este fenómeno, ya que se encuentra a 303 km de distancia de la costa del océano Pacífico.

## 5.6 Información general de peligro sísmico

### 5.6.1 Global de intensidades

El mapa de Aguascalientes que corresponde al global de intensidades [Cenapred, 2006] se muestra en la figura 5.8

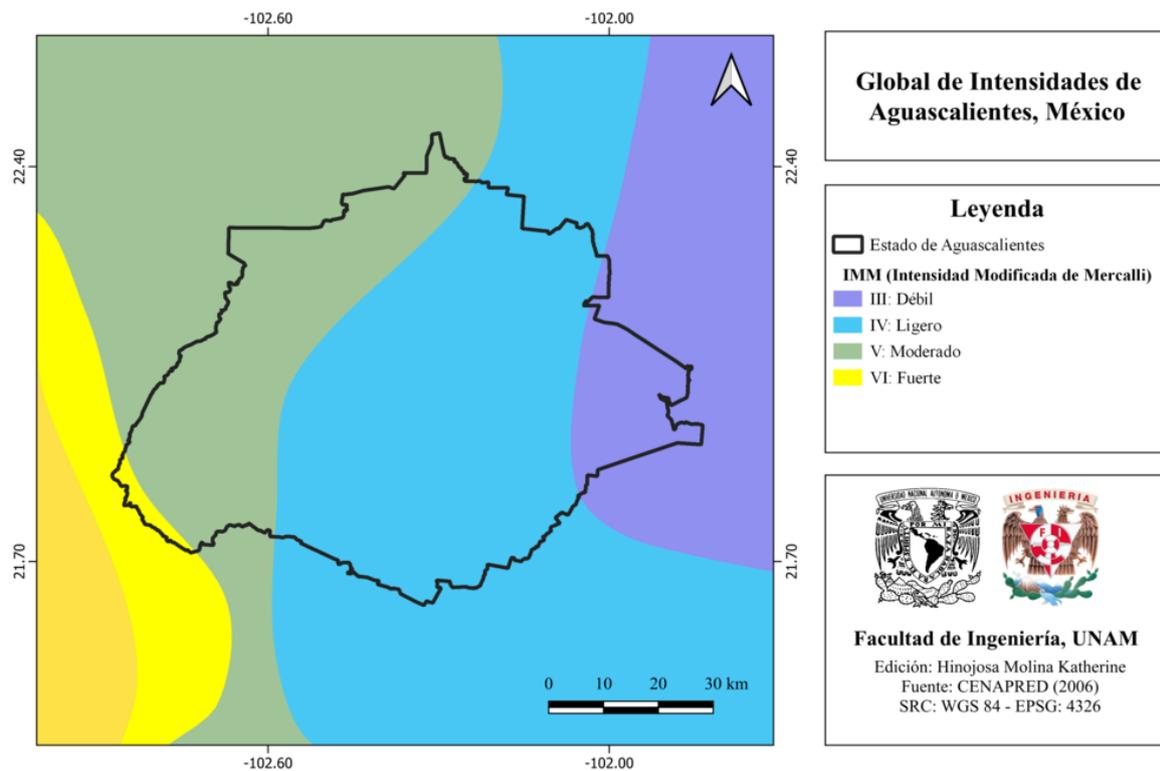


Figura 5.8: Global de intensidades de Aguascalientes, México [Cenapred, 2006].

### 5.6.2 Regionalización sísmica de acuerdo con la CFE (2015)

De acuerdo con la regionalización sísmica creada por la CFE (2015), Aguascalientes es parte de las zonas A y B, donde se tiene sismicidad muy baja y baja, respectivamente. Ver figura 5.9.

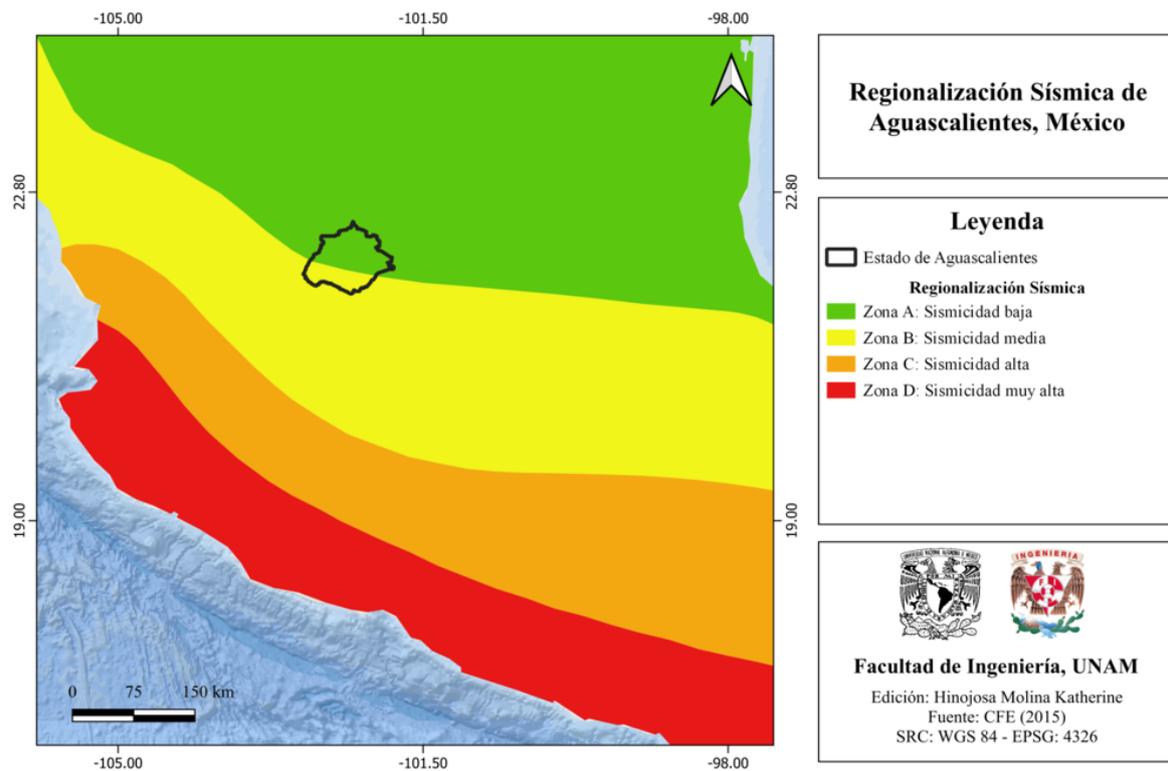


Figura 5.9: Regionalización sísmica de Aguascalientes, México. [CFE, 2015]

### 5.6.3 Parámetro Vs30 (USGS)

El mapa de velocidad de onda de corte para Aguascalientes, de acuerdo con el parámetro Vs30 del USGS, se muestra en la figura 5.10.

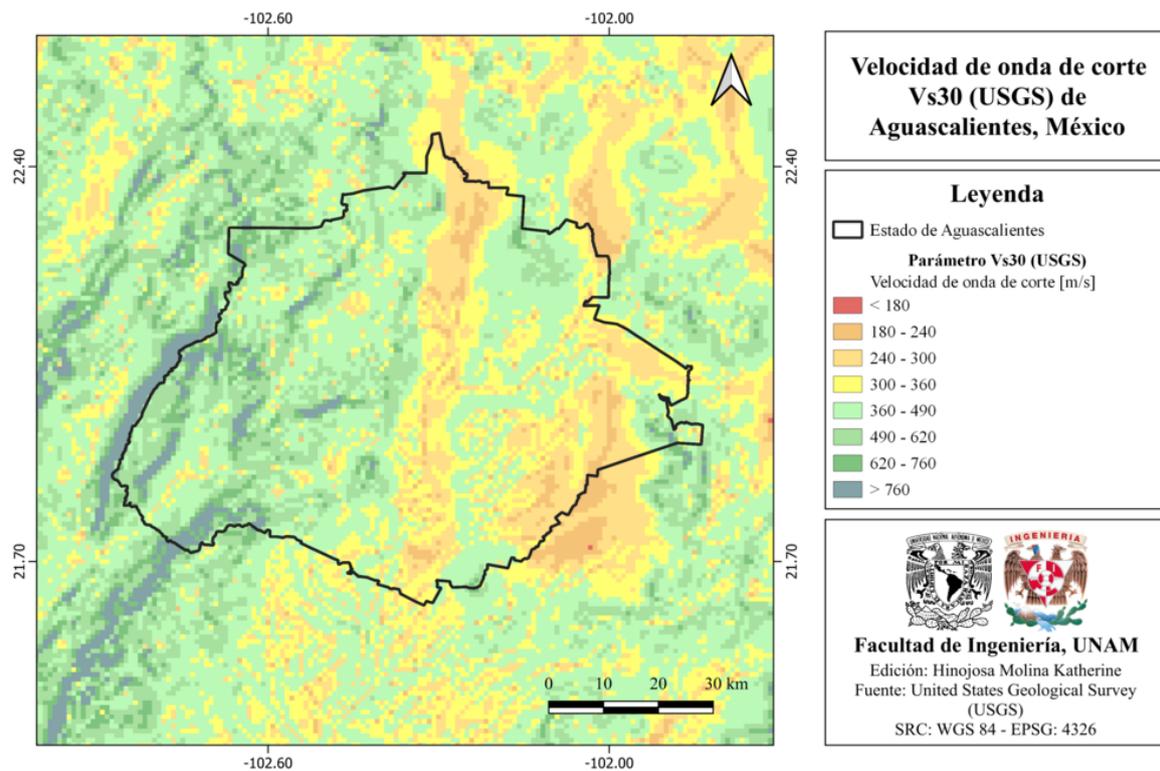


Figura 5.10: Mapa de velocidad de onda de corte Vs30 (USGS) de Aguascalientes, México [Heath et al., 2020]

#### 5.6.4 Municipios con posible efecto de sitio

De acuerdo con información del Cenapred (2020), en la figura 5.11 se muestran los municipios de Aguascalientes con posibles efectos de sitio.

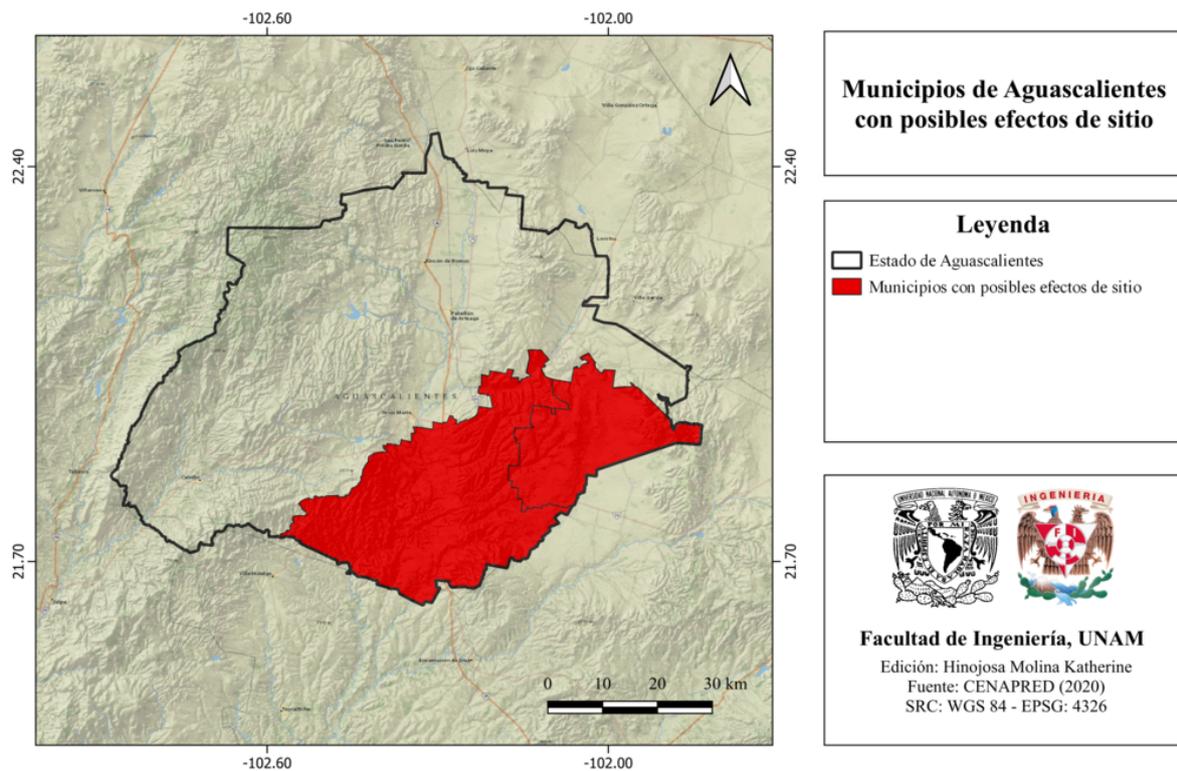


Figura 5.11: Municipios con posibles efectos de sitio en Aguascalientes, México. [Cenapred, 2020]

### 5.6.5 Municipios con peligro de deslizamiento por sismo

De acuerdo con información del Cenapred (2020), en el siguiente mapa (figura 5.12) se muestran los municipios de Aguascalientes con peligro de deslizamiento por sismo.

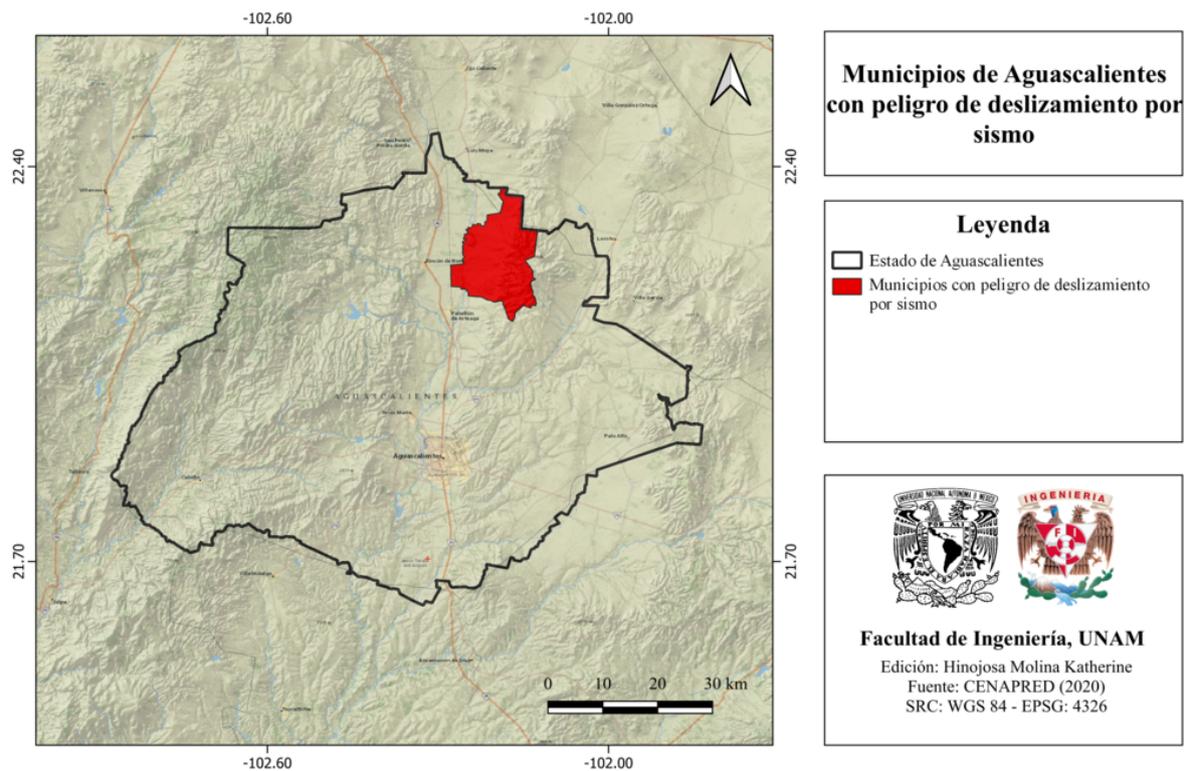


Figura 5.12: Municipio con peligro de deslizamiento por sismo de Aguascalientes, México. [Cenapred, 2020]

### 5.6.6 Municipios con reglamento de construcción de obras civiles

El estado de Aguascalientes cuenta con los siguientes reglamentos de obra civiles [ANR-Cenapred, 2016]:

- Reglamento estatal: “Ley de obra pública para el estado de Aguascalientes” (2005)
- Reglamento de Construcción para el Municipio de Aguascalientes (2002)
- Reglamento de Construcción para el Municipio de Calvillo (2001)

## 5.7 Secuencias sísmicas (enjambres) reportadas por el Servicio Sismológico Nacional (SSN)

No existen registros de secuencias sísmicas para este estado.

## 5.8 Estaciones de registro sísmico en el estado

El Servicio Sismológico Nacional (SSN) cuenta con una estación sísmica: Aguascalientes (AAIG). Ésta se muestra en el mapa de la figura 5.13.

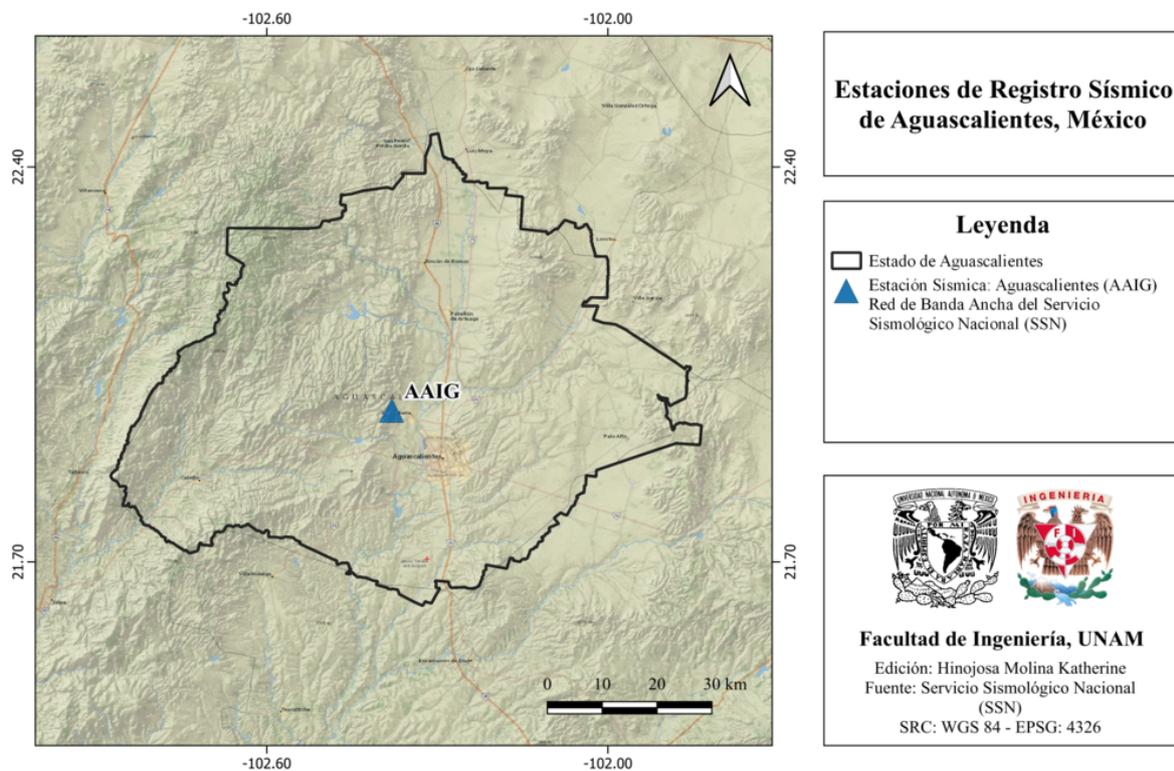


Figura 5.13: Estaciones de registro sísmico en Aguascalientes, México. [SSN, 2023].

## 5.9 Instituciones educativas que han realizado estudios en alguna zona del estado o en sus cercanías

Las siguientes instituciones educativas han realizado estudios o investigaciones en materia de peligro sísmico del estado de Aguascalientes.

- Universidad Autónoma de Aguascalientes (UAA)
- Colegio de Ingenieros Civiles de Aguascalientes (CICA)
- Colegio de Ciencias de la Tierra de Aguascalientes (CCT)
- Colegio de Arquitectos del estado de Aguascalientes (CAEA)

- Colegio De Urbanistas de Aguascalientes AC (CUA)

## 5.10 Estudios de sismicidad o de peligro sísmico en alguna zona del estado

A continuación se enlistan estudios de sismicidad o peligro sísmico en Aguascalientes, Mexico.

- De León, M. E. Z., Martínez, J. P., y Otero, E. M. Fracturamiento y fallamiento de suelos, experiencias en la cc. de Aguascalientes.
- López-Durón, J. E., Zúñiga-Dávila Madrid, F. R., Mendoza-Otero, E., Zermeño-De León, E., Pacheco-Martínez, J. y Ortiz-Lozano, J. A., 2011, “Determinación estadística del Peligro Sísmico en la ciudad de Aguascalientes”, Sociedad Mexicana de Ingeniería sísmica.
- Lermo-Samaniego, J., Nieto-Obregón, J. Zermeño, M., 1996, “Faults and Fractures in the Valley of Aguascalientes Preliminary Microzonification”, Eleventh World Conference on Earthquake Engineering, Elsevier 1651, 8.
- Martínez, J. P., Otero, E. M., Samaniego, J. F. L., Marín, M. H., Cervantes, N. G., Valdés, F. A., y Ortiz, J. Á. SISMICIDAD EN ZONAS DE SUBSIDENCIA: CASO AGUASCALIENTES.
- Zúñiga, R., Zermeño-De León, E. y Arroyo, M., 2004, “Sismicidad, Zonificación y Riesgo Sísmico”, en Arroyo, G. M., Zermeño, M. A., Castañeda, J. A. (eds.), El Agrietamiento en Aguascalientes; Causas y Efectos: Aguascalientes, Ags., Universidad Autónoma de Aguascalientes, Dirección General de Difusión, Departamento Editorial, 1<sup>a</sup> edición, ISBN 968-5073-90-2.

# Capítulo 6

## Baja California

### 6.1 Localización y provincias fisiográficas

#### 6.1.1 Localización

El estado de Baja California se encuentra en la parte norte de la península de Baja California en la región noroeste del país. Limita al norte con el estado de California, al este con Arizona y Sonora y con el golfo de California, al sur con Baja California Sur y al oeste con el océano Pacífico.

#### 6.1.2 Provincias fisiográficas

Baja California es parte de dos provincias fisiográficas (ver figura 6.1):

- Llanura Sonorense
- Península de Baja California

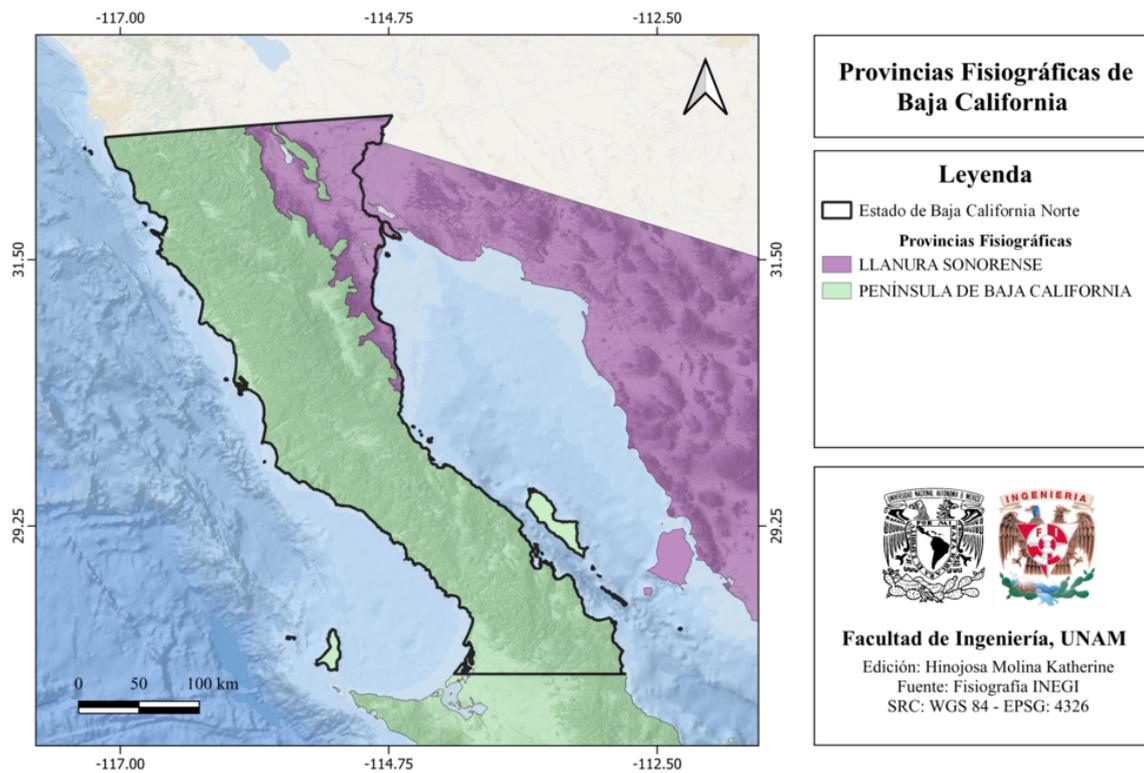


Figura 6.1: Provincias fisiográficas del estado de Baja California, México. [INEGI, 2001]

### 6.1.3 Subprovincias fisiográficas

Al mismo tiempo es parte de las siguientes subprovincias fisiográficas (ver figura 6.2):

- Desierto de Altar
- Desierto de San Sebastián Vizcaíno
- Sierra de la Giganta
- Sierras de Baja California Norte

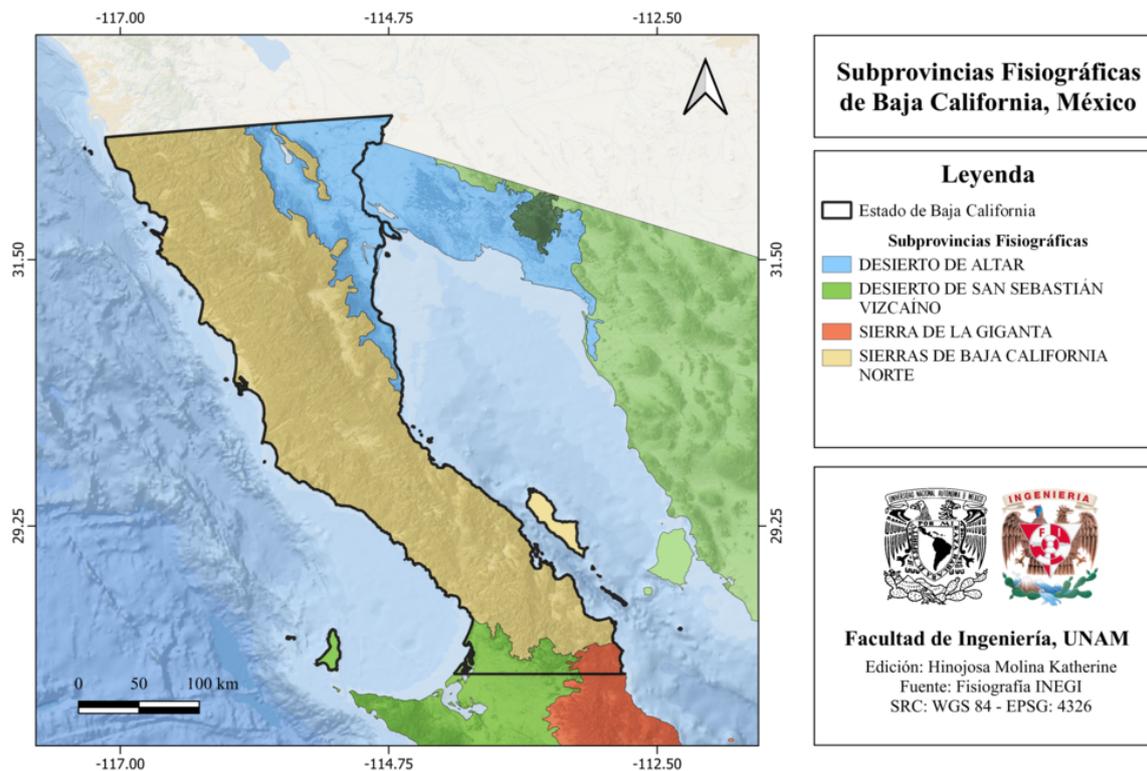


Figura 6.2: Subprovincias fisiográficas del estado de Baja California, México. [INEGI, 2001]

#### 6.1.4 Rasgos geológicos estructurales

La península de Baja California es parte de la placa del Pacífico, la cual se desplaza hacia el NW con respecto a la placa Norteamericana. En el norte del estado, el deslizamiento de estas dos placas se manifiesta en una zona de cizalla [Legg et al., 1991], conocida como la zona de cizalla del Sur de California.

Baja California tiene una gran variedad de fallas geológicas, en su mayoría de tipo lateral derecho [Cruz-Castillo, 2002]. Éstas se enlistan a continuación:

- **Sistema San Miguel-Vallecitos-Calabazas**

Sistema de fallas muy activo sísmicamente. Forma un complejo con escalonamiento derecho entre las fallas Calabazas, Vallecitos y San Miguel.

- **Falla San Miguel**

Estructura de desplazamiento lateral derecho y rumbo  $N60^{\circ}W$ , extendida desde el sur de San Miguel hasta el oriente del Valle San Rafael.

- **Falla Calabazas**

Falla de tipo dextral (lateral derecha) que tiene diversos escarpes, escalones y crecimiento de depósitos aluviales.

- **Falla Vallecitos**

Es la continuación NW de la falla San Miguel. Es una falla lateral derecha que forma escarpes, y se observa al occidente del Valle de las Palmas. Posiblemente pasa debajo de la ciudad de Tijuana.

- **Falla Tres Hermanas**

Falla de tipo lateral derecho, se encuentra cerca del Valle de San Miguel, por lo que se le considera parte del sistema San Miguel-Vallecitos.

- **Sistema el Descanso-Estero**

Localizada entre Punta Salsipuedes y Ensenada. Consiste de discontinuidades subparalelas en tramos cortos, menores a 10 km, se infiere que es de tipo lateral derecho.

- **Sistema Coronado Bank-Agua Blanca**

Este sistema es el más complejo de las fallas del Borde Continental, ya que presenta numerosas discontinuidades subparalelas, saltos derechos e izquierdos con arreglo en escalón. La falla Coronado Bank se une con la falla Agua Blanca en la bahía de Ensenada. Ambas tienen orientación N°30W en la zona mariana y de N70°W dentro de la península.

- **Falla Agua Blanca**

Se extiende desde El Paso de San Matías hasta la Bahía de Todos Santos, con un rumbo N72°W. Tiene al menos 22 km de desplazamiento lateral y es la falla activa más antigua del norte de Baja California, data del Mesozoico Tardío.

- **Falla Maximinos**

Falla de tipo lateral derecha, con componente normal. Se ubica al sur de la península Punta Banda.

- **Sistema Depresión de San Diego – Bahía Soledad**

Este sistema está formado por la depresión de San Diego y la zona de falla Bahía Soledad. Tiene una longitud aproximada de 50 km y está formado por fallas continuas que cortan sedimentos cuaternarios cercanos a la costa.

- **Sistema San Clemente – San Isidro**

Este sistema tiene más de 300 km de largo. Se localiza en la parte poniente del interior del Borde Continental y abarca la zona de cizalla delineada por las fallas de San Clemente, San Isidro y por fallas laterales subparalelas de rumbo N40°W.

- **Sistema Imperial- Cerro Prieto**

- **Falla Imperial**

Delimita el lado oriental del centro de dispersión Cerro Prieto y forma parte de un límite entre placas. Es la conexión principal entre el sistema de San Andrés y las estructuras del Golfo de California. Tiene una longitud de más de 75 km, su orientación es de N42°W.

- **Falla Cerro-Prieto**

Falla de tipo lateral derecho. Tiene una longitud de aproximadamente 80 km desde el centro de dispersión Cerro Prieto hasta la cuenca de Wagner.

- **Sistema Elsinore- Laguna Salada**

Falla activa de tipo lateral derecho oblicua. Probablemente rompió el 23 de febrero de 1892 provocando un sismo de M 7.

- **Sistema Laguna Salada**

Conjunto de dos fallas: una compleja en la parte sur y otra simple en la parte norte. En el SE por la falla Cañón Rojo y Chupamirtos, al oriente por las fallas Cucapá, Pescadros y Borrego. En el NW por la falla Laguna Salada.

- **Falla Cañón Rojo**

Falla de tipo normal de rumbo N30°-35°E con echado de 55 a 60° al NW. Forma escarpes y abanicos aluviales.

- **Sistema Sierra Juárez – Sierra San Pedro Mártir**

Falla reactivada, parte del escarpe principal del Golfo. [Axen and Espejel, 1994]

En el mapa de la figura 6.3 se muestran los rasgos estructurales de esta entidad.

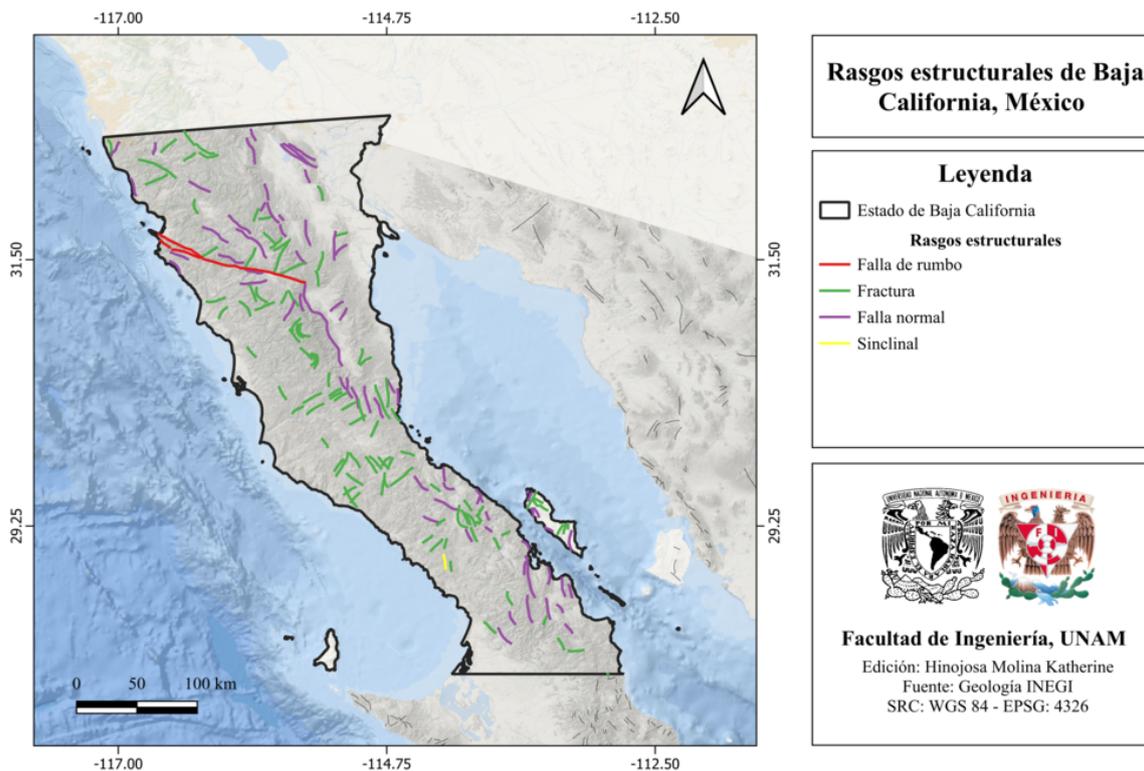


Figura 6.3: Rasgos estructurales de Baja California, México. [INEGI, 2002]

## 6.2 Zonas sismogénéticas (sismotectónicas)

### 6.2.1 Zonas sismogénéticas de acuerdo con Zúñiga et al., (2017)

De acuerdo con [Zúñiga et al., 2017], Baja California forma parte de las siguientes zonas sismogénéticas:

#### Zonas sismogénéticas someras ( $h < 40$ km)

- **BC1:** Zona de sismos intra-placa en la placa del Pacífico. Región de Baja California Oeste ( $h < 20$  km).
- **BC2:** Zona de sismos interplaca entre las placas del Pacífico y Norteamérica. Región Este de Baja California - Mar de Cortés ( $h < 15$  km).
- **SMO:** Zona de eventos intra-placa en la placa de Norteamérica. Provincia tectónica de la Sierra Madre Occidental ( $h < 20$  km).

Estas zonas sismogénicas se muestran en el mapa de la figura 6.4.

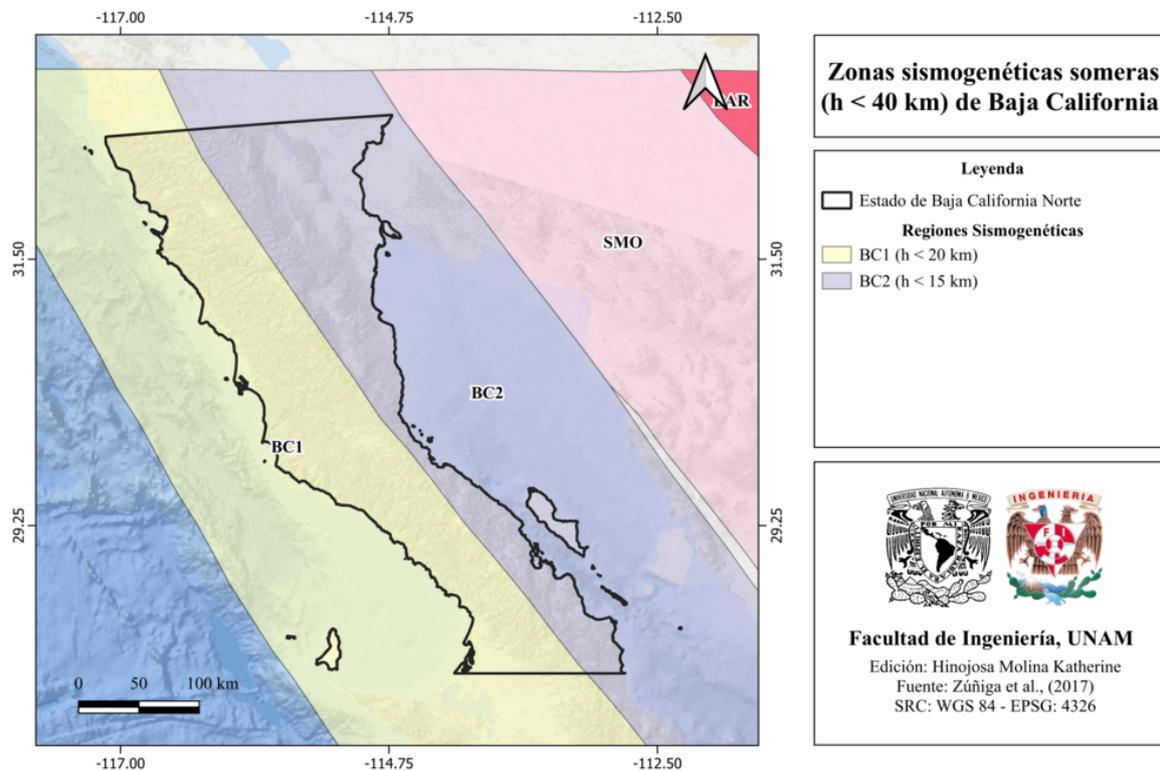


Figura 6.4: Zonas sismogénicas someras (h < 40 km) de Baja California, México. [Zúñiga et al., 2017]

## Zonas sismogénicas de acuerdo con la Comisión Federal de Electricidad (2015)

De acuerdo con la Comisión Federal de Electricidad (2015), Baja California se encuentra sobre las siguientes zonas generadoras de sismos superficiales:

### Zonas generadoras de sismos superficiales

Baja California se encuentra dentro de las siguientes zonas sismogénicas [CFE, 2015].

- **1:** Baja California Intraplaca Norte
- **2:** Baja California Intraplaca Sur
- **3:** Baja California Intraplaca Norte

- 4: Baja California Intraplaca Centro
- 5: Baja California Intraplaca Sur
- 10: Sismicidad difusa 2

Estas zonas sismogénicas se muestran en el mapa de la figura 6.5

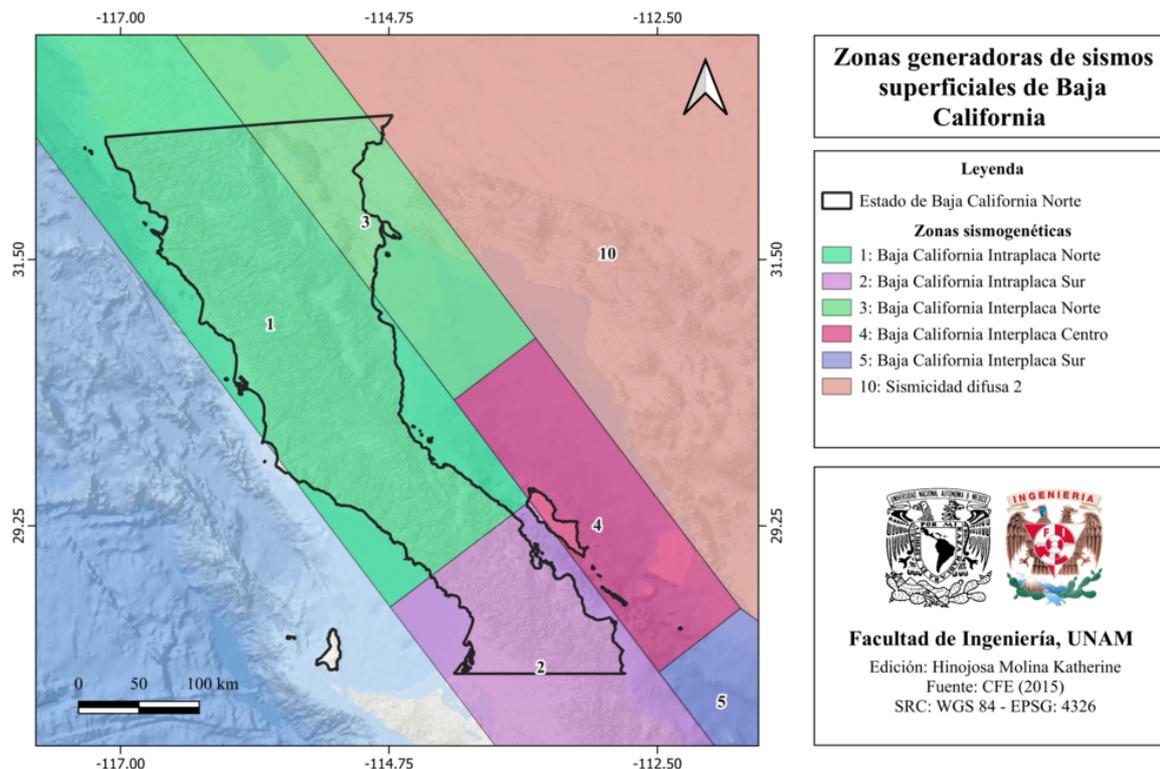


Figura 6.5: Zonas generadoras de sismos superficiales de Baja California, México. [CFE, 2015]

### 6.3 Sismicidad reportada por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) en el período 1900-2022

Se han reportado 13 068 sismos en Baja California [SSN, 2023], durante el período comprendido entre los años 1900 y 2022 (UTC), con magnitudes desde 1.5 hasta 7.2.

Los sismos de magnitud mayor o igual a 6.0 en esta entidad se pueden visualizar en el mapa de la figura 6.6.

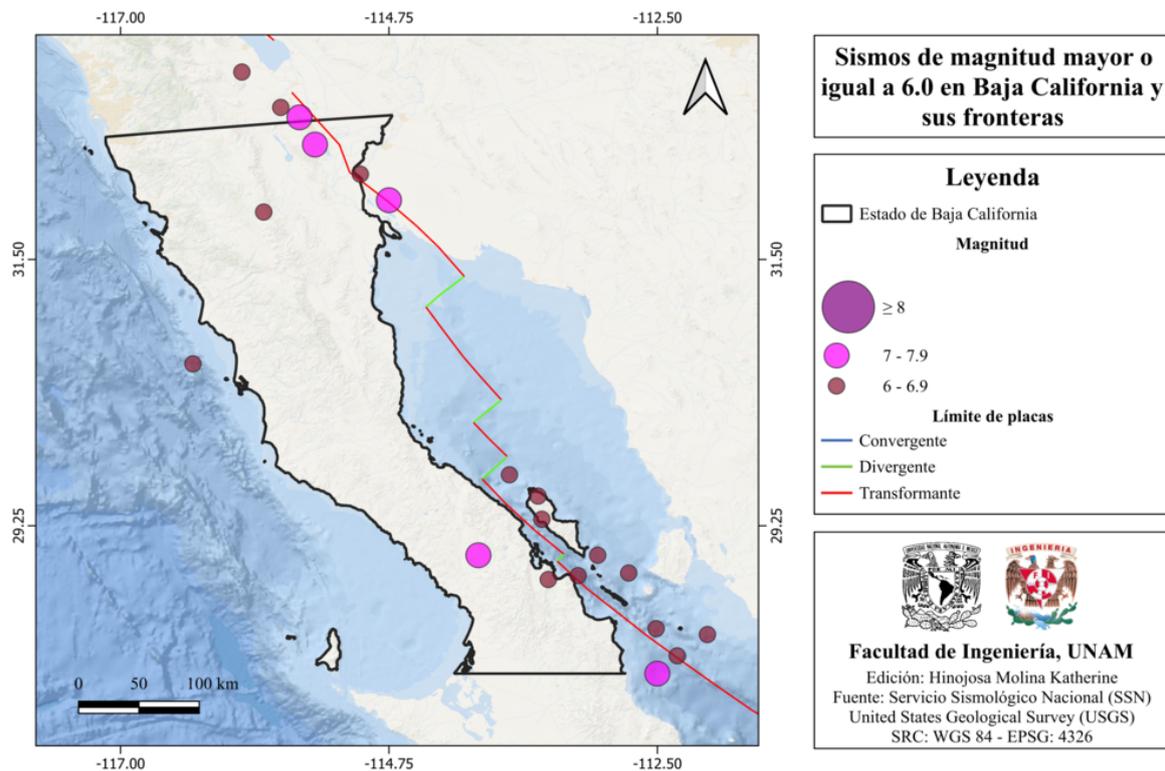


Figura 6.6: Sismos de magnitud mayor o igual a 6.0 en Baja California, México (1900-2022) [SSN, 2023].

## 6.4 Sismos históricos

- **29 de noviembre de 1852, M 6.5:**

De acuerdo con información del Southern California Earthquake (SCEDC), este sismo denominado como el “sismo de Volcano Lake” fue originado por un tipo de fallamiento posiblemente lateral derecho y con epicentro 48 km al suroeste de Yuma, Arizona. Se le aproxima una magnitud de 6.5, éste formó grietas en el desierto cerca del Río Colorado y causó la activación de volcanes de lodo y géiseres al suroeste del Fuerte, Yuma, cerca del Lago Volcán, México, donde tuvo lugar el epicentro. Este evento fue percibido hasta Guaymas, Sonora y en todo el sur de California, desde Baja California hasta San Luis Obispo.

- **4 de abril de 2010, M 7.2:**

El día 4 de abril de 2010, a las 17:40 (tiempo del centro de México), el SSN registró un sismo de magnitud 7.2, localizado a 60 km al sureste de Mexicali, Baja California.

Este sismo se localiza sobre el sistema de fallas Cerro Prieto, que es la prolongación del sistema de fallas de San Andrés, en estados Unidos. Este evento ha sido el más grande en el área desde 1892. El movimiento causado fue percibido en el valle de Mexicali, Ensenada, Tecate y Tijuana en Baja California, además en algunas zonas de Sonora, así como en todo el sur de California, Arizona y Nevada en los Estados Unidos [Cenapred, 2014]. Este sismo se caracterizó por la ocurrencia de licuefacción del suelo, la cual indujo extensión lateral en muchas áreas y provocó movimientos y el asentamiento diferencial de los cimientos en diversos edificios así como el colapso de casas en el valle de Mexicali [EERI, 2010]. Se presentaron intensidades VIII en la escala modificada de Mercalli en Progreso, Baja California. En general, este sismo ocasionó grandes daños a la infraestructura en todo el Valle de Mexicali, en canales de cultivo, carreteras, escuelas y vivienda. El costo de los daños se estimó en un monto de más de 8 mil 644 millones de pesos [Cenapred, 2014]. En la figura 6.7 se muestra el mapa de intensidad correspondiente al sismo.

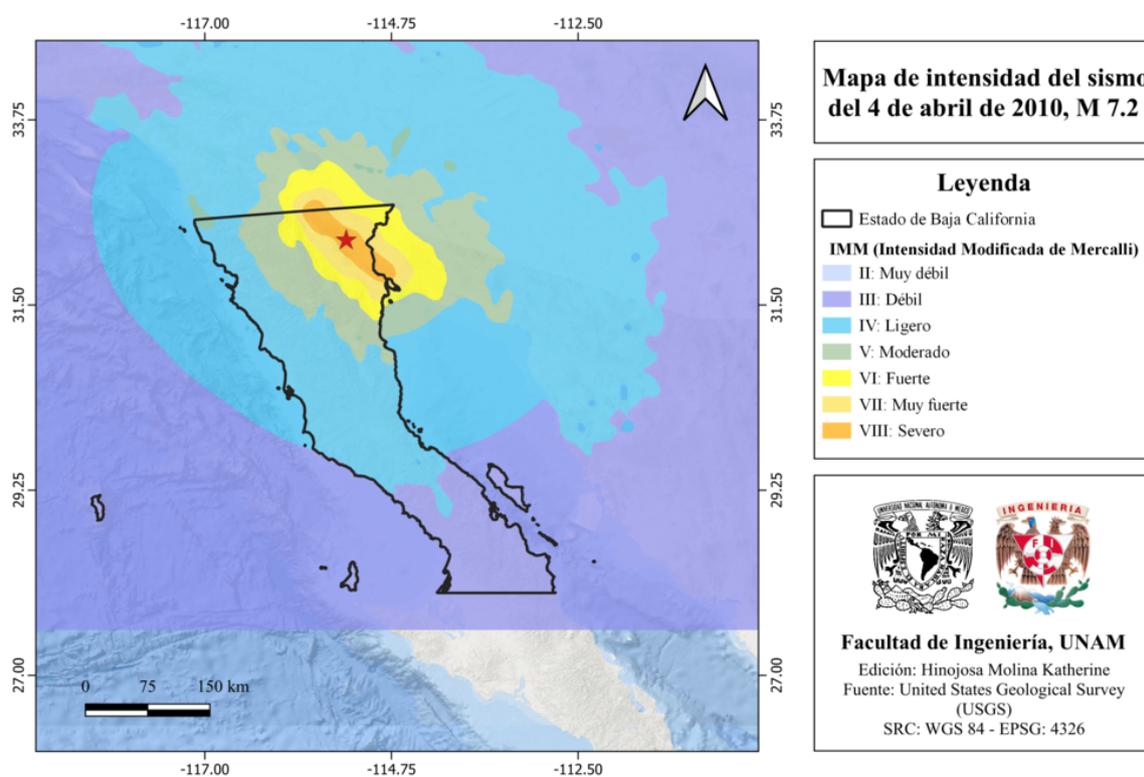


Figura 6.7: Mapa de intensidad del sismo del 4 de abril de 2010, M 7.2 [USGS, 2023].

## 6.5 Peligro por tsunami

La costa del estado de Baja California se encuentra es zona generadora de tsunamis locales y receptora de tsunamis locales, tal como se muestra en el mapa de la figura 6.8. Entre los tsunamis que han afectado al estado, se encuentra el del 29 de noviembre de 1852. El sismo ocurrido ese día generó un tsunami que fue percibido en Baja California [CAT-SEMAR, 2015].

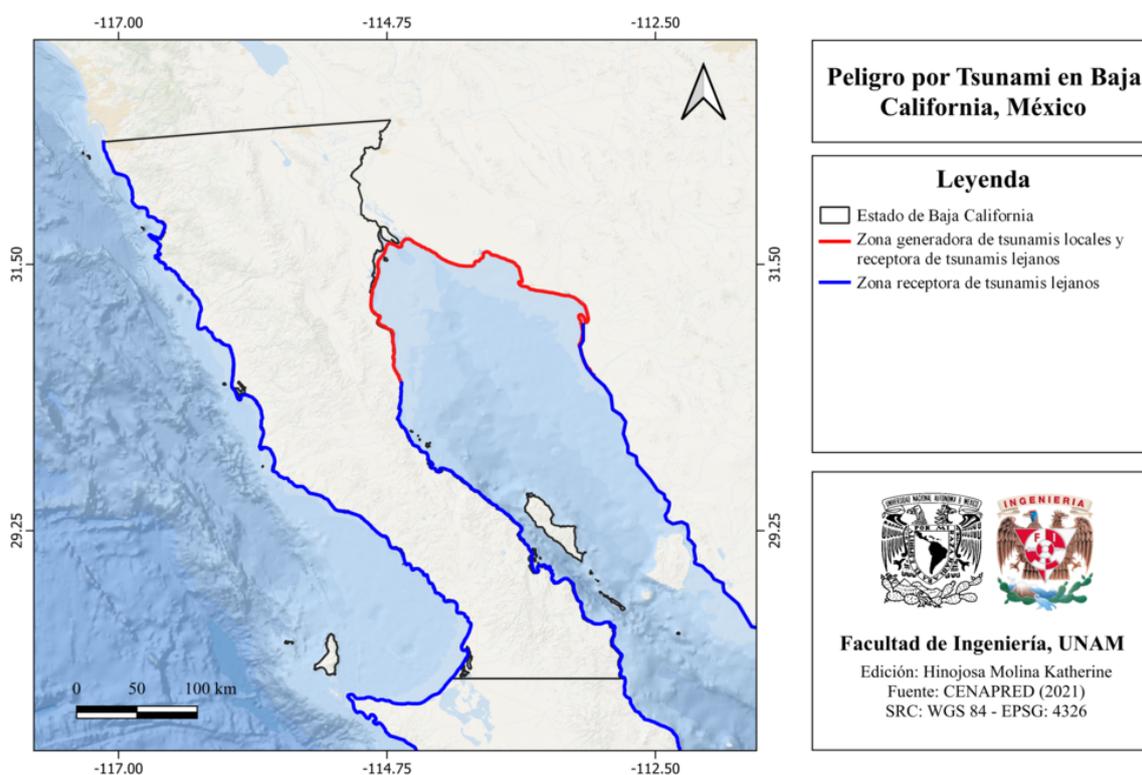


Figura 6.8: Peligro por tsunami en Baja California, México [Cenapred, 2021].

## 6.6 Información general de peligro sísmico

### 6.6.1 Global de intensidades

En el mapa de la figura 6.9 se muestra el global de intensidades de Baja California.

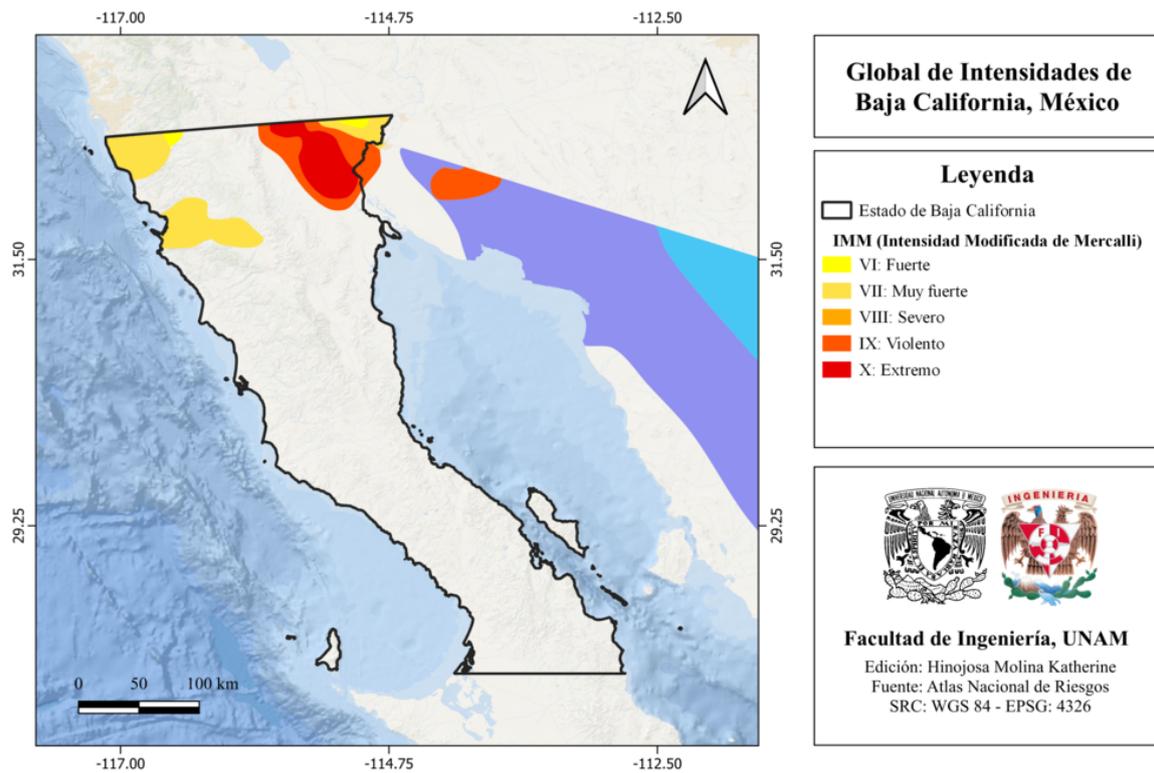


Figura 6.9: Global de intensidades de Baja California, México [ANR-Cenapred, 2016].

### 6.6.2 Regionalización sísmica de acuerdo con la CFE (2015)

De acuerdo con la clasificación de regionalización sísmica de la [CFE, 2015], Baja California se encuentra dentro de las zonas B, C y D que corresponden a sismicidad media, alta y muy alta, respectivamente (ver figura 6.10).

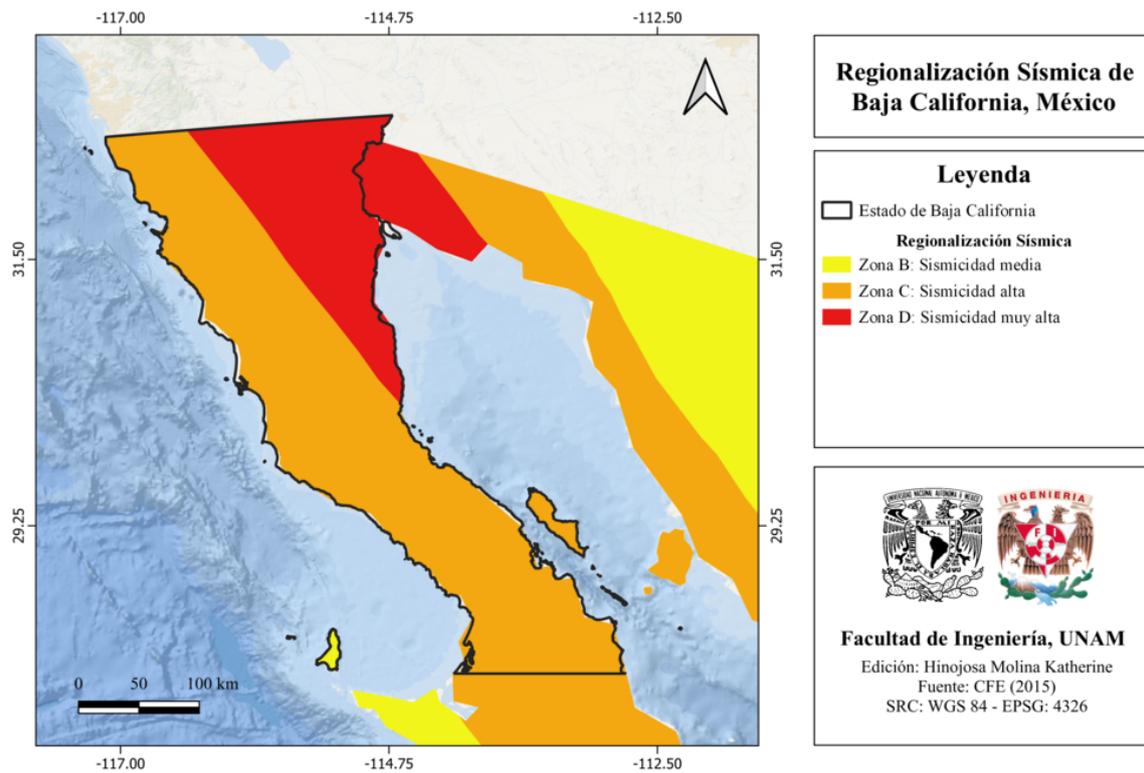


Figura 6.10: Regionalización sísmica de Baja California, México [CFE, 2015].

### 6.6.3 Parámetro $V_{s30}$ (USGS)

El mapa de velocidad de onda de corte [Heath et al., 2020] de Baja California, se muestra en la figura 6.11.

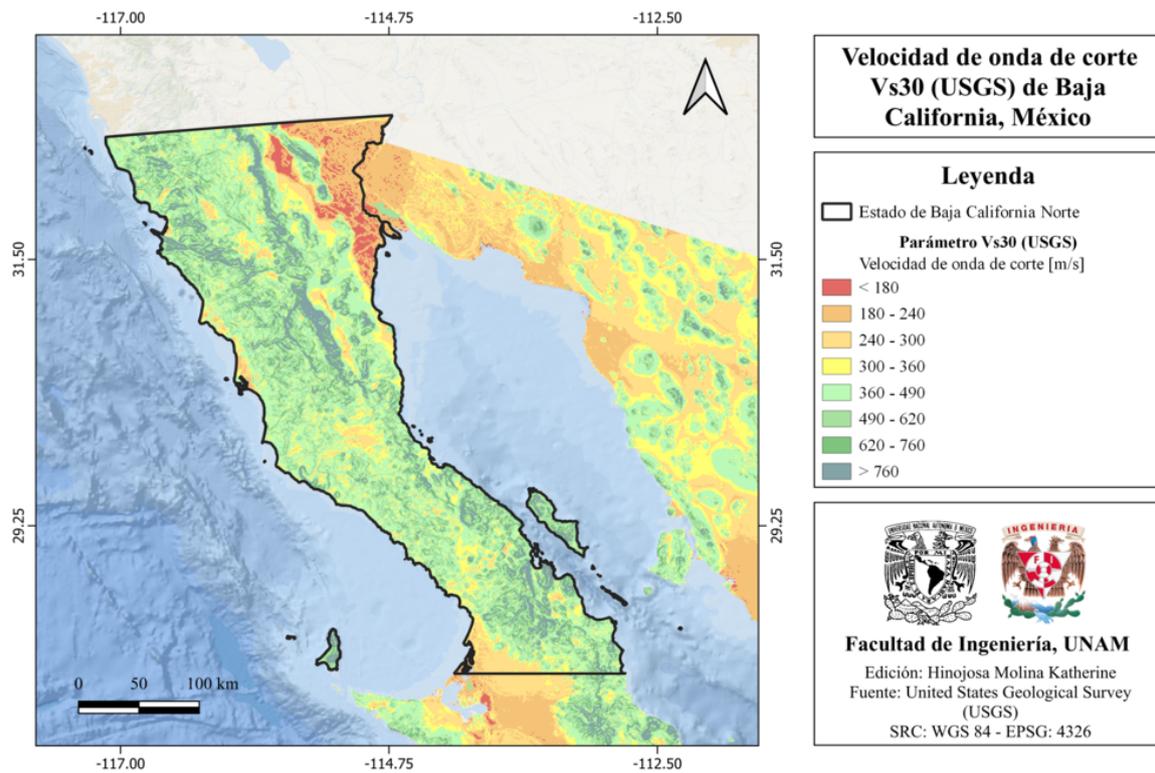


Figura 6.11: Velocidad de onda de corte Vs30 (USGS) de Baja California, México [Heath et al., 2020].

#### 6.6.4 Municipios con posibles efectos de sitio

En el mapa de la figura 6.12 se muestran los municipios de Baja California que presentan posibles efectos de sitio.

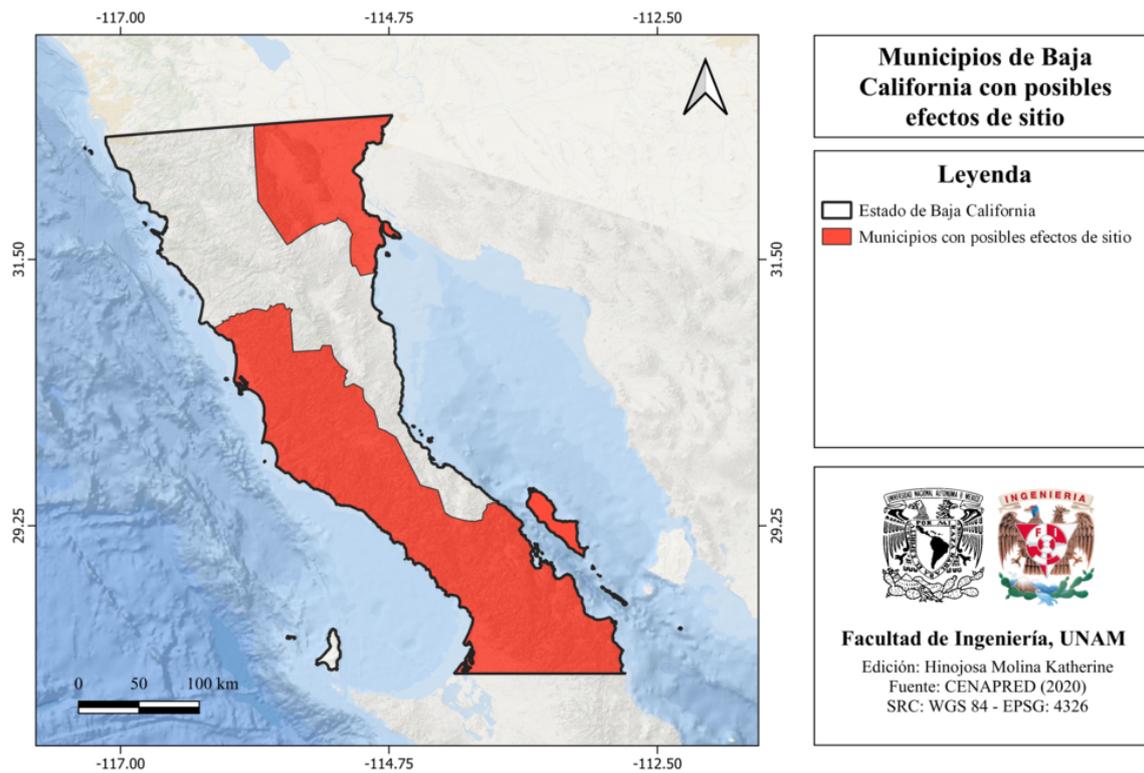


Figura 6.12: Municipios de Baja California con posibles efectos de sitio [Cenapred, 2020].

### 6.6.5 Municipios con peligro de deslizamiento por sismo

En el mapa de la figura 6.13 se muestran los municipios de Baja California con peligro de deslizamiento por sismo.

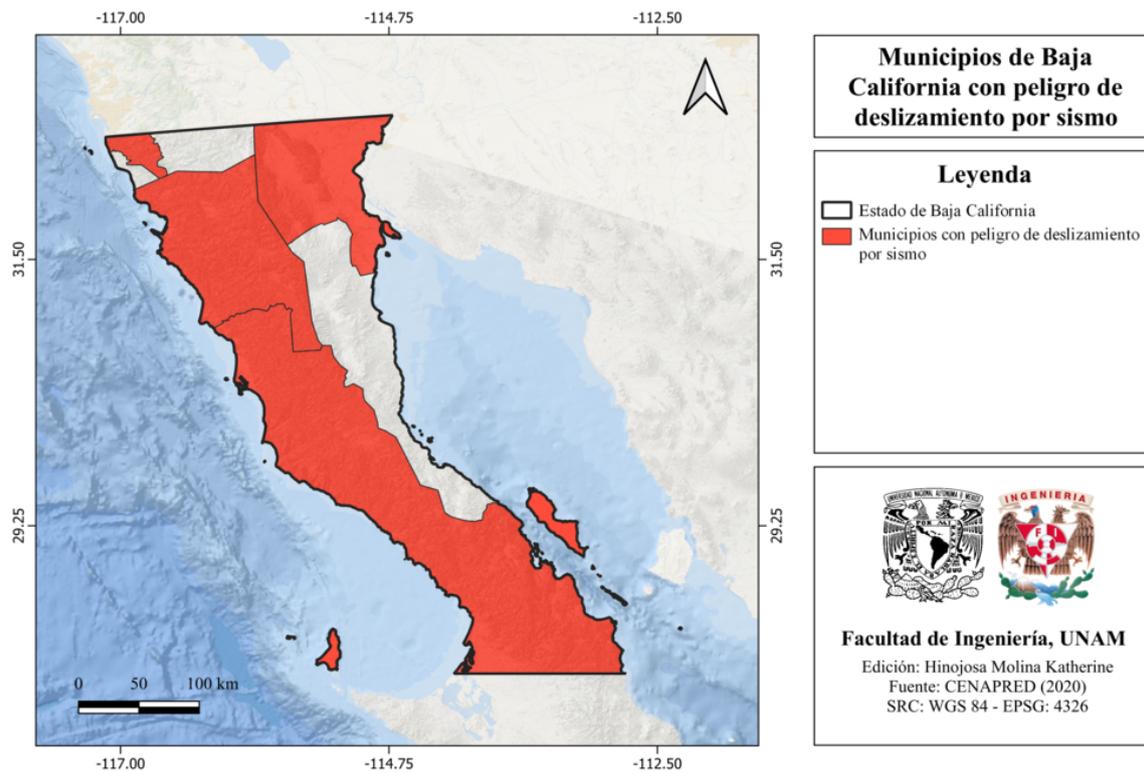


Figura 6.13: Municipios de Baja California con peligro de deslizamiento por sismo [Cenapred, 2020].

### 6.6.6 Municipios con reglamento de construcción de obras civiles

Baja California cuenta con un reglamento estatal de construcción de obras civiles (2012) así como con cinco reglamentos municipales (ver figura 6.14).

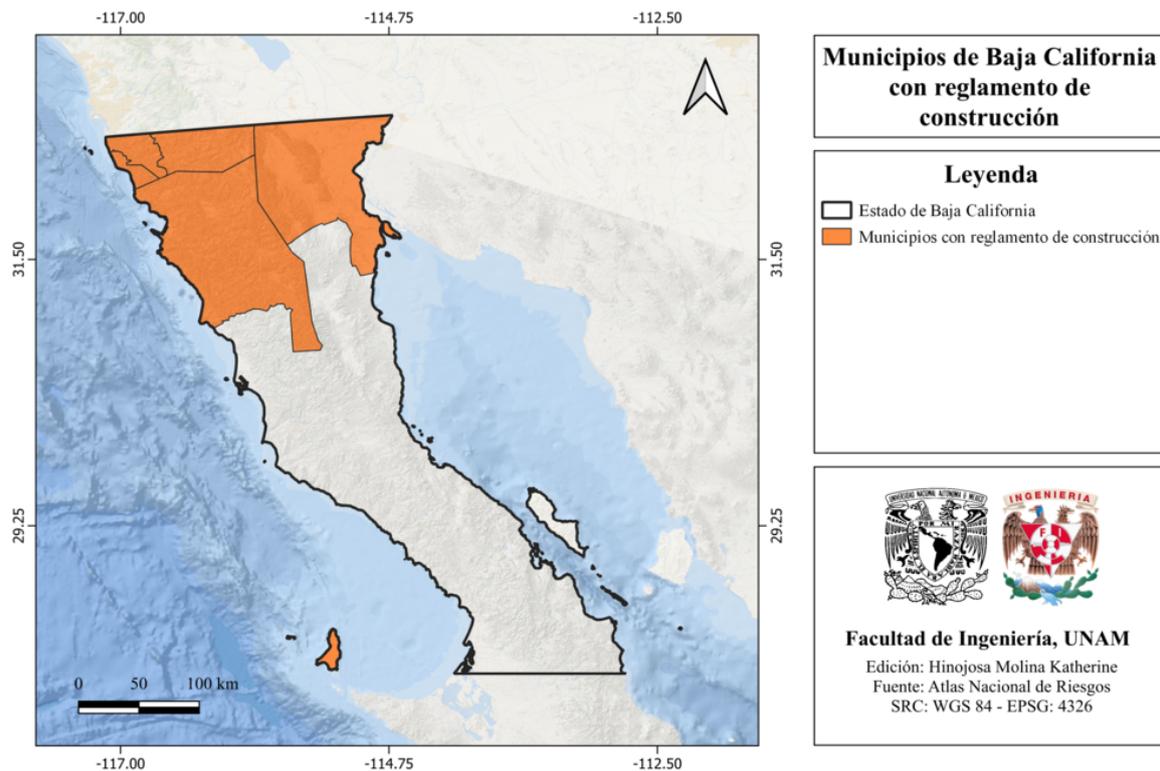


Figura 6.14: Municipios de Baja California con reglamento de construcción [ANR-Cenapred, 2016].

## 6.7 Secuencias sísmicas (enjambres) reportadas por el Servicio Sismológico Nacional (SSN)

- **Sismicidad entre noviembre y diciembre de 2021:**

Durante los últimos meses del año 2021 (UTC), la sismicidad del Golfo de California incrementó considerablemente. Durante los meses de noviembre y diciembre se registraron 709 sismos desde magnitudes de 2.6 hasta 4.7. Los eventos de mayor magnitud ocurrieron el 5 de diciembre (M 4.7). En el mapa de la figura 6.15 se muestra la distribución de sismos de esta secuencia.

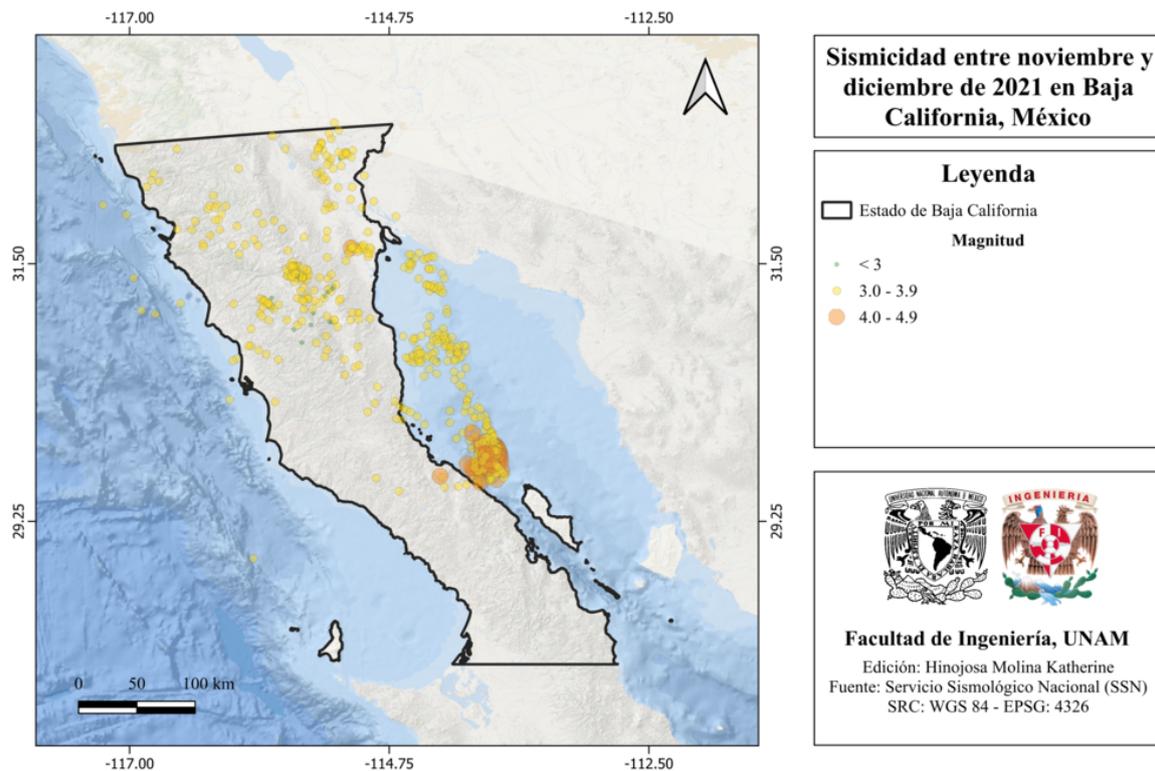


Figura 6.15: Sismicidad entre noviembre y diciembre de 2021 en Baja California, México [SSN, 2023].

- **Secuencia sísmica del 10 al 12 diciembre de 2019:**

El Servicio Sismológico Nacional (SSN) reportó una secuencia sísmica de 27 eventos entre el 10 y 12 de diciembre de 2019, en Baja California. El sismo de mayor magnitud fue de 5.0 y ocurrió el 12 de diciembre. Esta secuencia tuvo lugar en las cercanías de San Felipe, Baja California. En el mapa de la figura 6.16 se muestra esta secuencia sísmica.

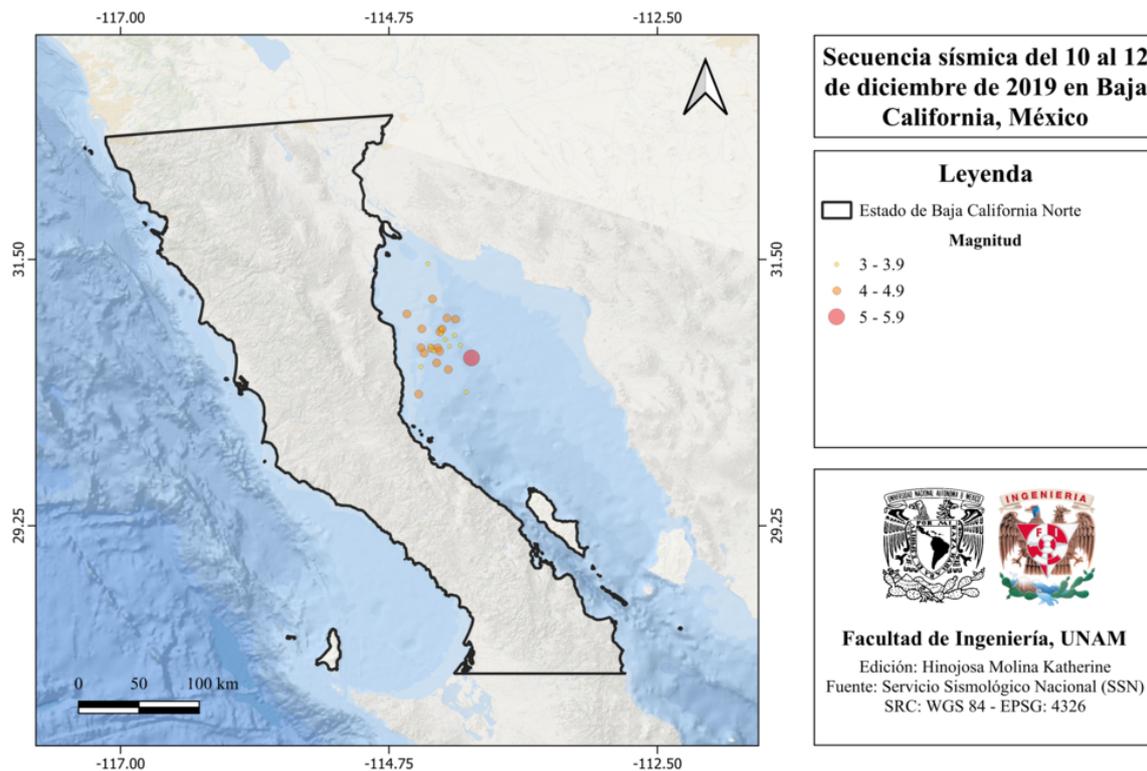


Figura 6.16: Secuencia sísmica del 10 al 12 de diciembre de 2019 en Baja California, México [SSN, 2023].

- **Secuencia sísmica del 27 al 28 julio de 2018:**

Los días entre el 27 y 28 de julio de 2018, el SSN reportó un enjambre sísmico con 13 eventos ubicados en el Golfo de California. El sismo de magnitud mayor fue de 4.6 y ocurrió el 28 de julio. En el mapa de la figura 6.17 se muestra esta secuencia sísmica.

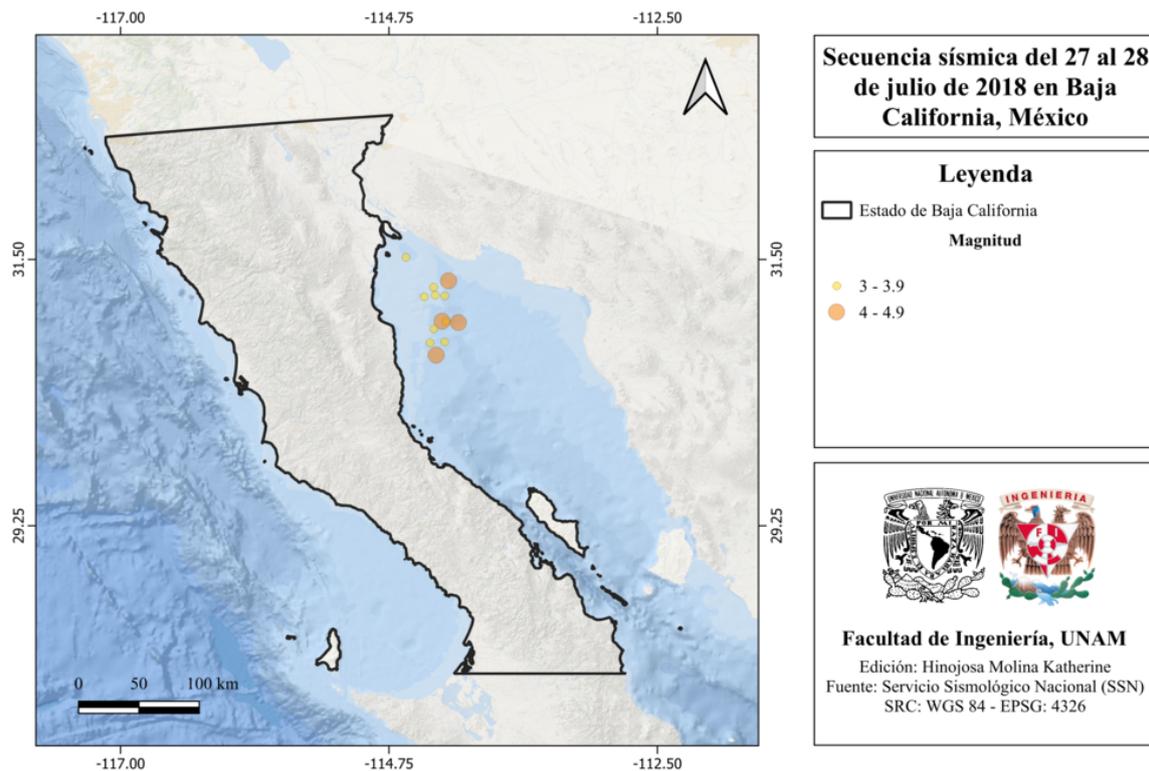


Figura 6.17: Secuencia sísmica del 27 al 28 de julio de 2018 en Baja California, México [SSN, 2023].

- **Secuencia sísmica del 25 al 28 marzo de 2016:**

Los días 25 al 28 de marzo, el SSN reportó una secuencia sísmica con 47 eventos localizados en el Golfo de California. El de mayor magnitud fue de 5.1 y ocurrió el 27 de marzo a las 18:12 (hora local). En la figura 6.18 se muestra la distribución de eventos sísmicos de esta secuencia.

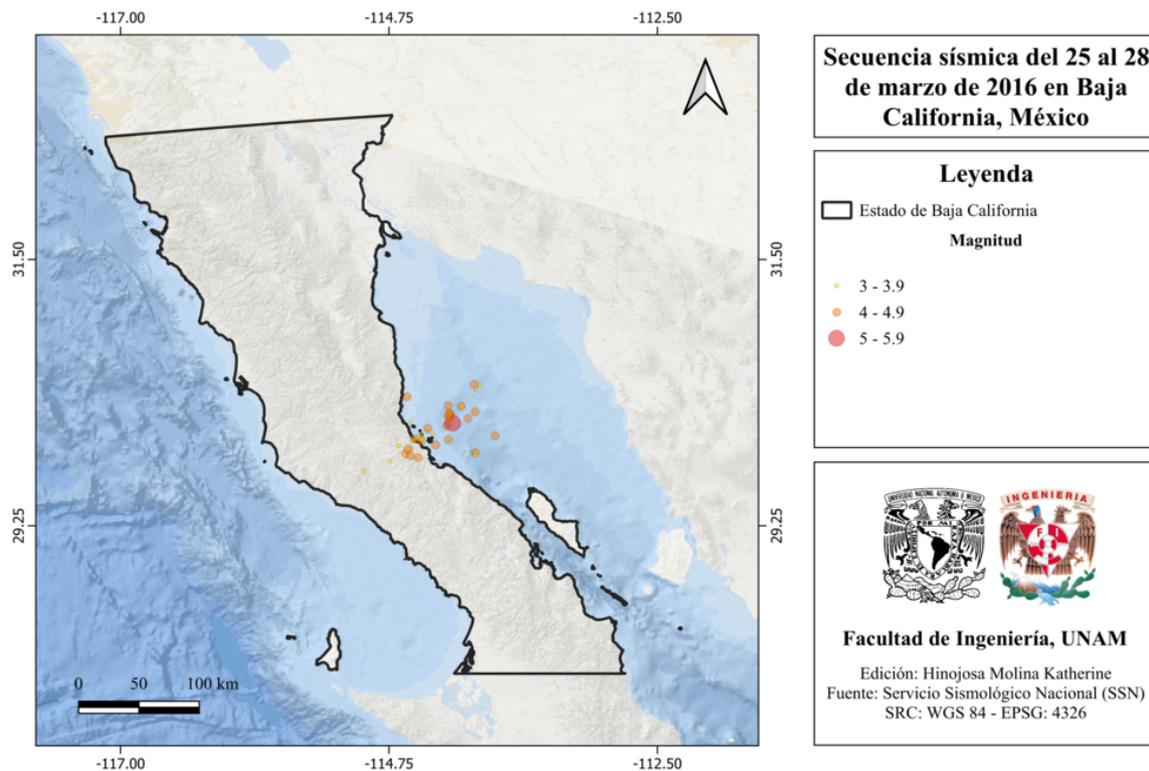


Figura 6.18: Secuencia sísmica del 25 al 28 de marzo de 2016 en Baja California, México [SSN, 2023].

## 6.8 Estaciones de registro sísmico en el estado

El Centro de Investigación Científica y de Educación Superior Ensenada (CICESE) cuenta con 73 estaciones de registro sísmico a lo largo de toda la entidad.

Por otra parte, el Servicio Sismológico Nacional (SSN) cuenta con tres:

- **MBIG:** Mexicali
- **SPIG:** San Pedro Mártir
- **TJIG:** Tijuana

La distribución de estaciones sísmicas de este estado se visualiza en el mapa de la figura 6.19

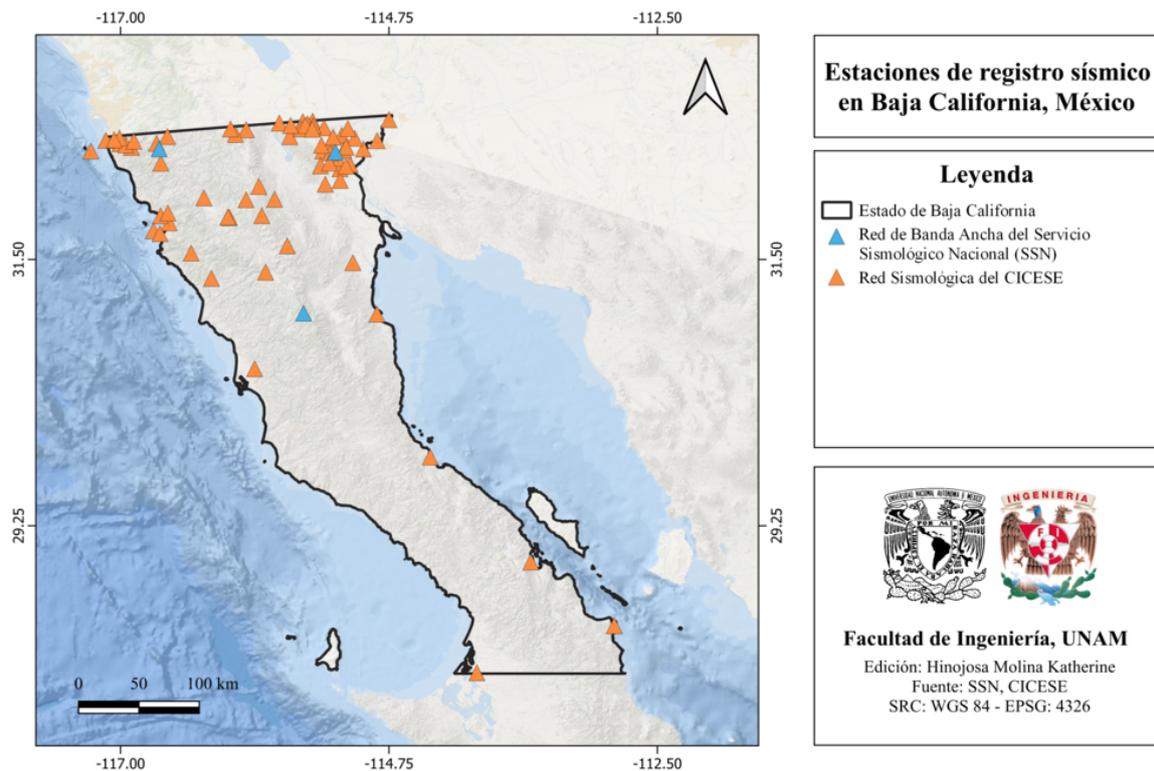


Figura 6.19: Estaciones de registro sísmico en Baja California, México [SSN, 2023], [CICESE, 2023].

## 6.9 Instituciones educativas que han realizado estudios en alguna zona del estado o en sus cercanías

Las siguientes instituciones educativas han realizado estudios o investigaciones en materia de peligro sísmico del estado de Baja California.

- Centro de Investigación Científica y de Educación Superior Ensenada (CICESE)
- Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)
- Universidad Autónoma de Baja California (UABC)
- Instituto Tecnológico de la Paz

## 6.10 Estudios de sismicidad o de peligro sísmico en alguna zona del estado

A continuación se enlistan estudios de sismicidad o peligro sísmico en Baja California, Mexico.

- Garatachía Ramírez, J. C. Evaluación del riesgo sísmico en el área urbana de Tijuana, Baja California, mediante el uso de una plataforma de Sistema de Información Geográfica.
- Grupo RESNOM, 2002, "Sismicidad de la Región Norte de Baja California, registrada por RESNOM en el periodo enero-diciembre de 2002", Dpto. de sismología, División de Ciencias de la Tierra, CICESE. Unión Geofísica Mexicana.
- Hauksson, E., Stock, J., Hutton, K., Yang, W., Vidal-Villegas, J.A., Kanamori, H., 2010, "The 2010 Mw 7.2 El Mayor-Cucapah Earthquake Sequence, Baja California, Mexico and Southernmost California, USA: Active Seismotectonics along the Mexican Pacific Margin", Pure and Applied Geophysics, Vol. 168, No. 8, pp. 1255-1277.
- López-Pineda, L., 2005, "Análisis de la sismicidad y estructura de la corteza en el Golfo de California", Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Tesis Doctoral.
- Ortega, R., Carciumaru, D., Quintanar, L., y Rubio, R. (2015). Estimación del peligro sísmico en el centro de Baja California: Un modelo consistente entre las regiones del Golfo de California y la Peninsular. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 67(1), 87-102.
- Ortiz Huerta, L. G. Peligro y vulnerabilidad por tsunamis de campo lejano en la Bahía de Todos Santos, Baja California.
- Ramírez, G., y Carlos, J. (2017). Peligro sísmico en Tijuana, Baja California: una evaluación geodinámica mediante tecnologías de la información geográfica.

# Capítulo 7

## Baja California Sur

### 7.1 Localización y provincias fisiográficas

#### 7.1.1 Localización

Baja California Sur se ubica en la parte sur de la península de Baja California en la región noroeste del país, limitando al norte con Baja California, al este con el golfo de California y al sur y oeste con el océano Pacífico.

#### 7.1.2 Provincias fisiográficas

El estado de Baja California Sur, forma parte de las siguientes provincias fisiográficas

- Península de Baja California

En la figura 7.1 se muestran las provincias fisiográficas de este estado.

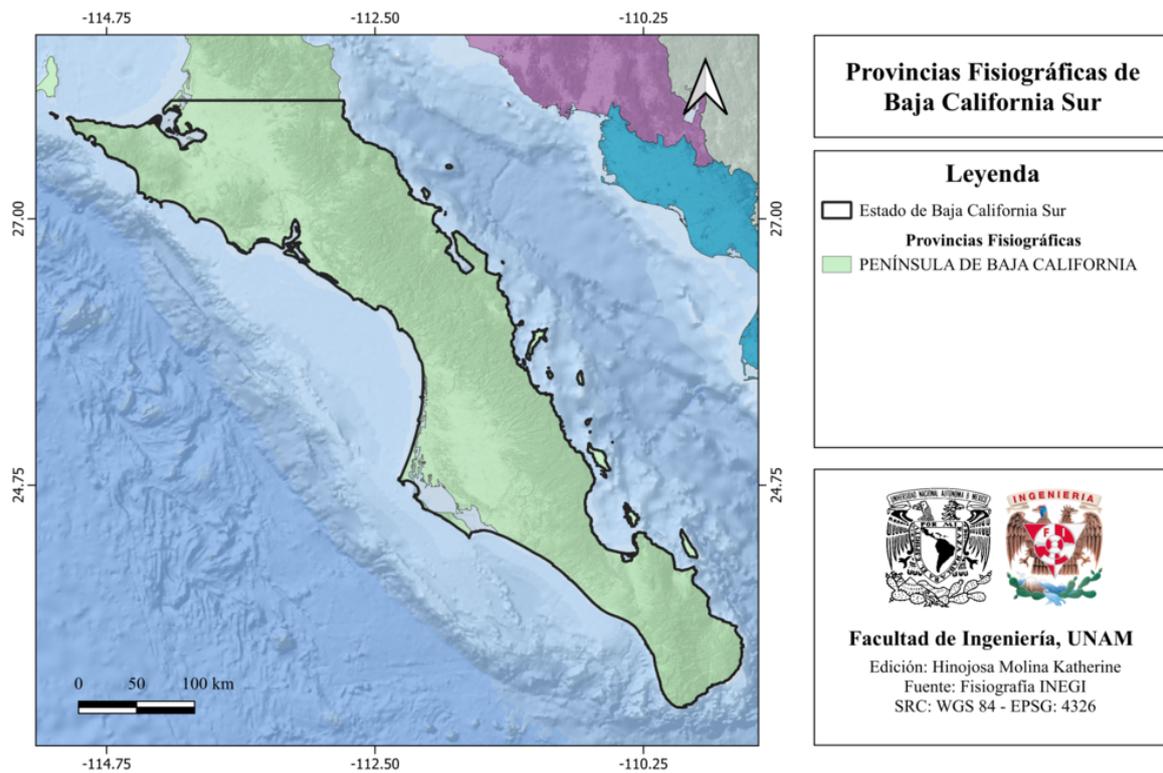


Figura 7.1: Provincias fisiográficas de Baja California Sur, México [INEGI, 2001].

### 7.1.3 Subprovincias fisiográficas

Al mismo tiempo, el estado de Baja California Sur forma parte de las siguientes subprovincias fisiográficas:

- Del Cabo
- Sierra de la Giganta
- Llanos de la Magdalena
- Desierto de San Sebastián Vizcaíno

Las subprovincias fisiográficas de Baja California Sur se muestran en la figura 7.2.

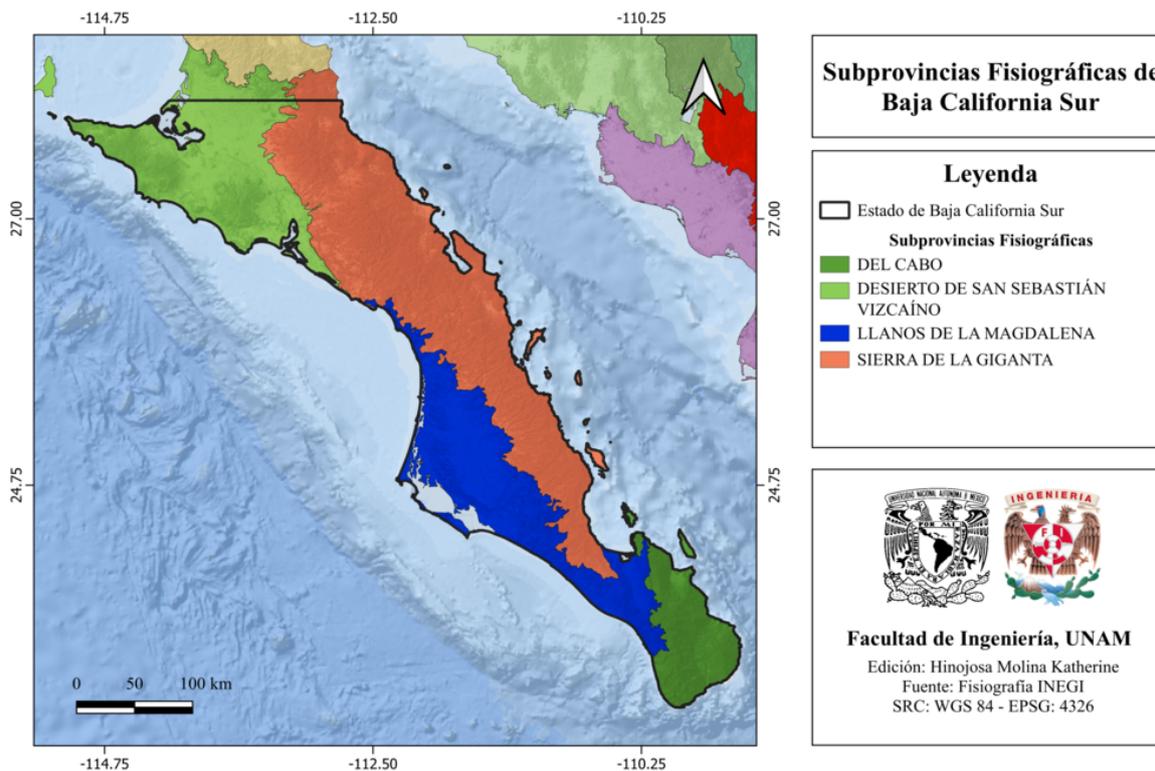


Figura 7.2: Subprovincias fisiográficas de Baja California Sur, México [INEGI, 2001].

#### 7.1.4 Rasgos geológicos estructurales

De acuerdo con información del Servicio Sismológico Nacional (SSN), el límite entre la placa del Pacífico y la de Norteamérica se encuentra en el golfo de California. Esta frontera consiste en fallas transformes separadas por pequeños segmentos de expansión oceánica. El sur de la península de Baja California se encuentra limitado por una serie de fallas, la falla Tosco-Abreojos es una de las mayores fallas de esta región. Otra zona importante de fallas se encuentra cerca de La Paz, la cual forma parte de la provincia extensional del golfo, tiene orientación NS y longitud de 65 km. Esta zona está cortada por cinco fallas que dividen el sur de la península en cinco bloques tectónicos diferentes. De oeste a este, se llaman así las fallas: El Carrizal, La Paz, San Juan de los Planes, San Bartolo y San José del Cabo. En el mapa de la figura 7.3 se muestra el mapa de los rasgos estructurales de Baja California Sur.

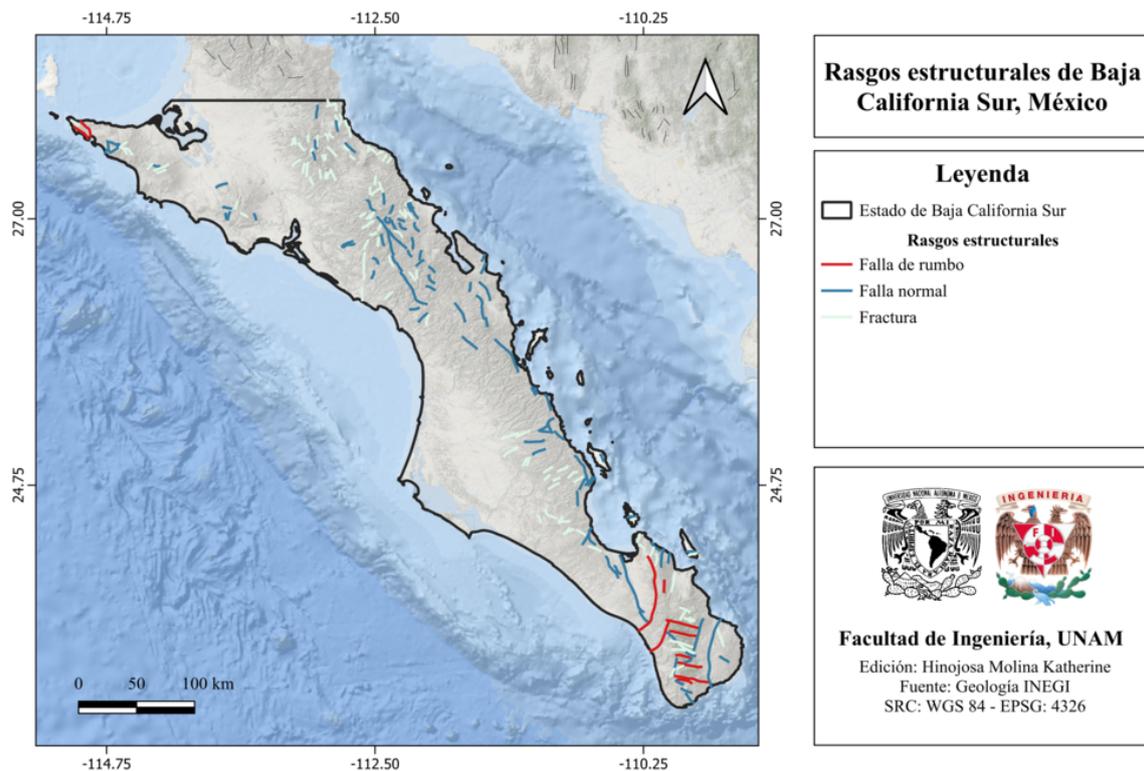


Figura 7.3: Rasgos estructurales de Baja California Sur, México [INEGI, 2002].

## 7.2 Zonas sismogénéticas (sismotectónicas)

### 7.2.1 Zonas sismogénéticas de acuerdo con Zúñiga et al., (2017)

#### Zonas sismogénéticas someras ( $h < 40$ km)

El estado se encuentra dentro de las siguientes zonas sismogénéticas someras [Zúñiga et al., 2017]

- **BC1:** Zona de sismos intra-placa en la placa del Pacífico. Región de Baja California Oeste ( $h < 20$  km).
- **BC2:** Zona de sismos interplaca entre las placas del Pacífico y Norteamérica. Región Este de Baja California - Mar de Cortés ( $h < 15$  km).
- **SMO:** Zona de eventos intra-placa en la placa de Norteamérica. Provincia tectónica de Sierra Madre ( $h < 20$  km).

Estas zonas sismogénicas se muestran en el mapa de la figura 7.4.

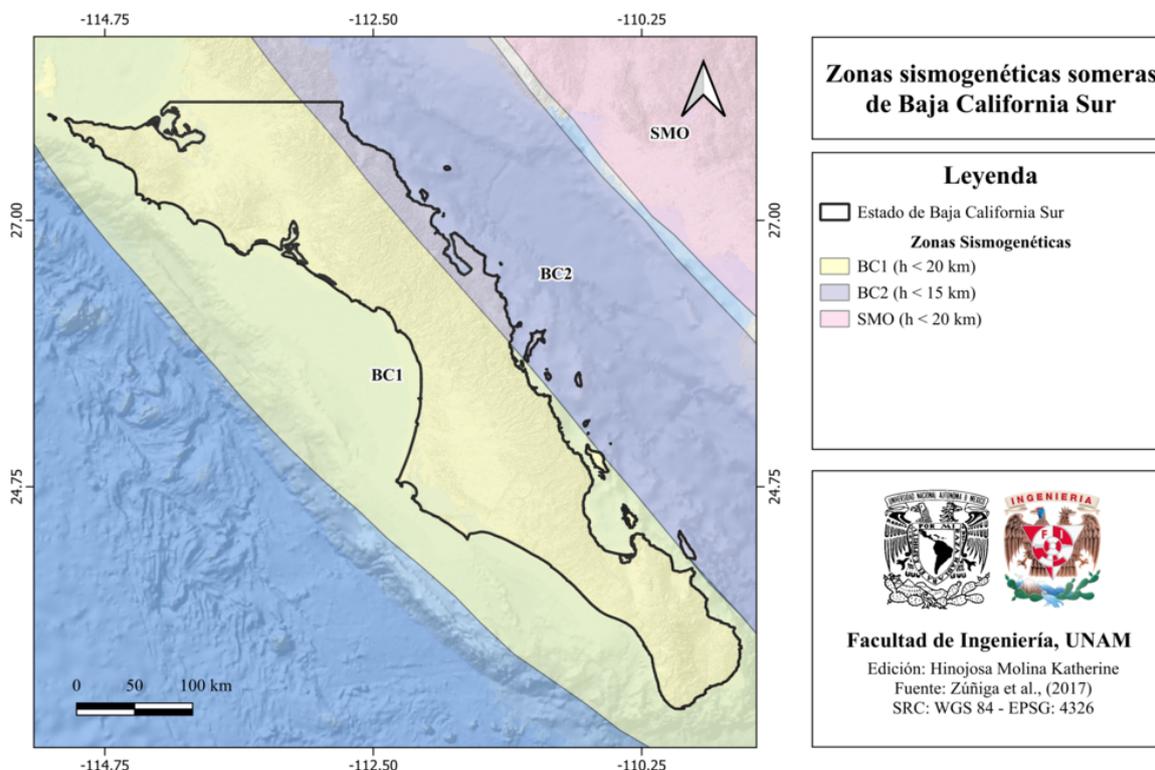


Figura 7.4: Zonas sismogénicas someras de Baja California Sur, México [Zúñiga et al., 2017].

## 7.2.2 Zonas sismogénicas de acuerdo con la Comisión Federal de Electricidad (2015)

De acuerdo con la Comisión Federal de Electricidad (2015), Baja California Sur se encuentra sobre las siguientes zonas generadoras de sismos superficiales:

### Zonas generadoras de sismos superficiales

Baja California Sur se encuentra dentro de las siguientes zonas sismogénicas [CFE, 2015]:

- **2:** Baja California Intraplaca Sur
- **4:** Baja California Intraplaca Centro
- **5:** Baja California Intraplaca Sur

Estas zonas sismogénicas se muestran en el mapa de la figura 7.5.

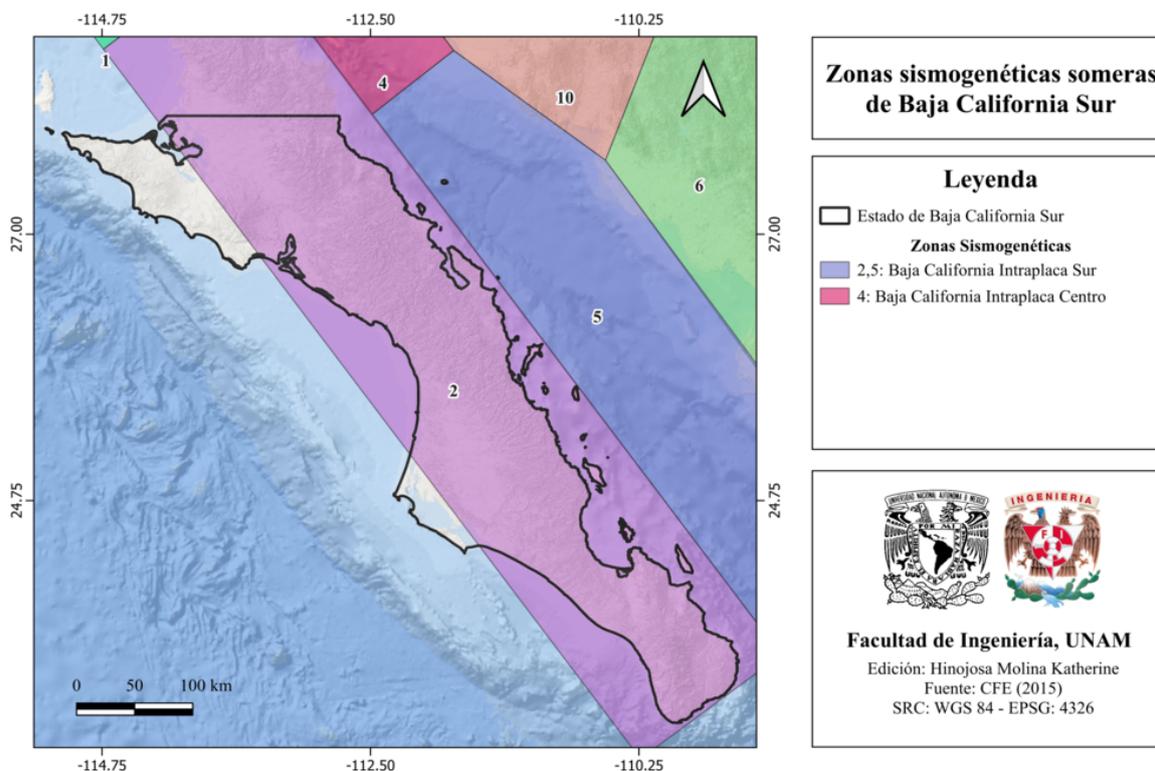


Figura 7.5: Zonas sismogénicas someras de Baja California Sur, México [CFE, 2015].

### 7.3 Sismicidad reportada por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) en el período 1900-2022

El Servicio Sismológico Nacional (SSN) ha reportado 3 564 sismos en el período de 1900 al 2022 (UTC), con magnitudes desde 1.4 hasta 7.1 en el estado de Baja California Sur. En el mapa de la figura 7.6 se muestran los sismos de magnitud mayor o igual a 6.0, ocurridos en el período antes dicho.

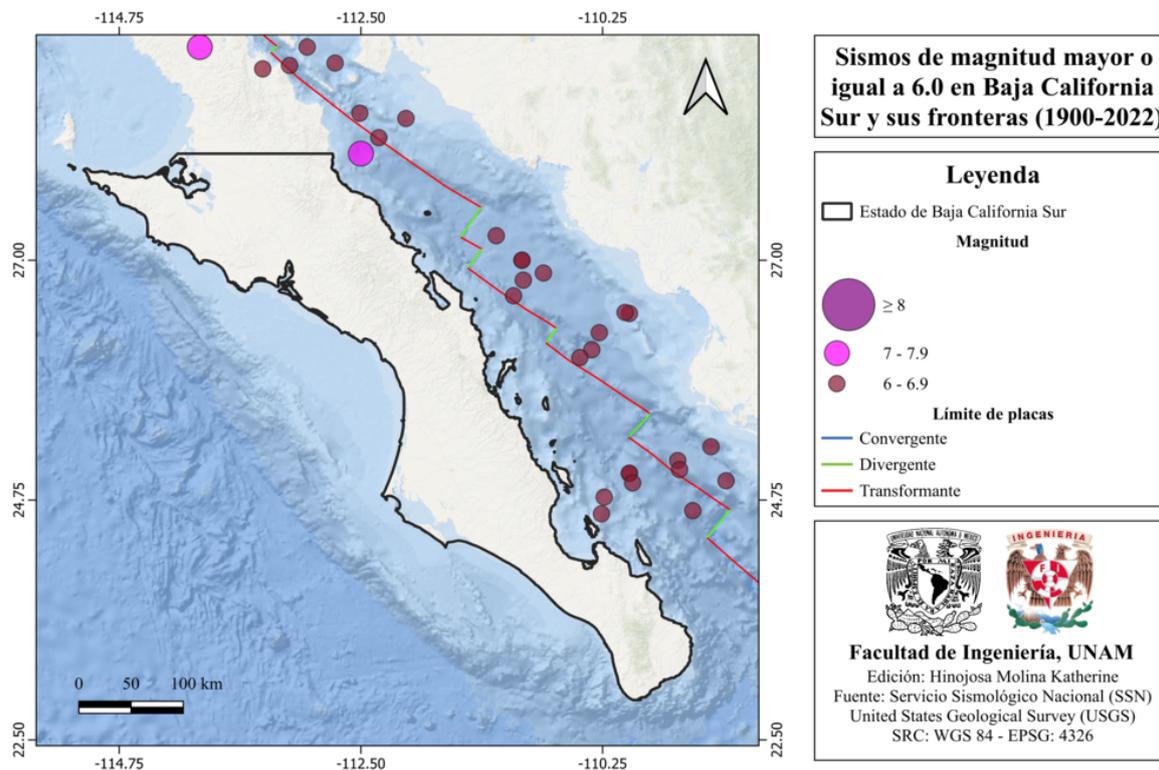


Figura 7.6: Sismos de magnitud mayor o igual a 6.0 de Baja California Sur, México (1900-2022) [SSN, 2023].

## 7.4 Sismos históricos

### 4 de enero de 2006, M 6.6

El día 4 de enero de 2006, el Servicio Sismológico Nacional (SSN) reportó un sismo de magnitud 6.6, localizado a 113 km al suroeste de Miguel Alemán (La Doce), Sonora a una profundidad de 15 km. En el estado de Baja California Sur, se tuvieron intensidades de III, IV, V y VI, que corresponden a intensidad de tipo débil, ligera, moderada y fuerte, respectivamente. El mapa de intensidades de este sismo, se muestra en la figura 7.7.

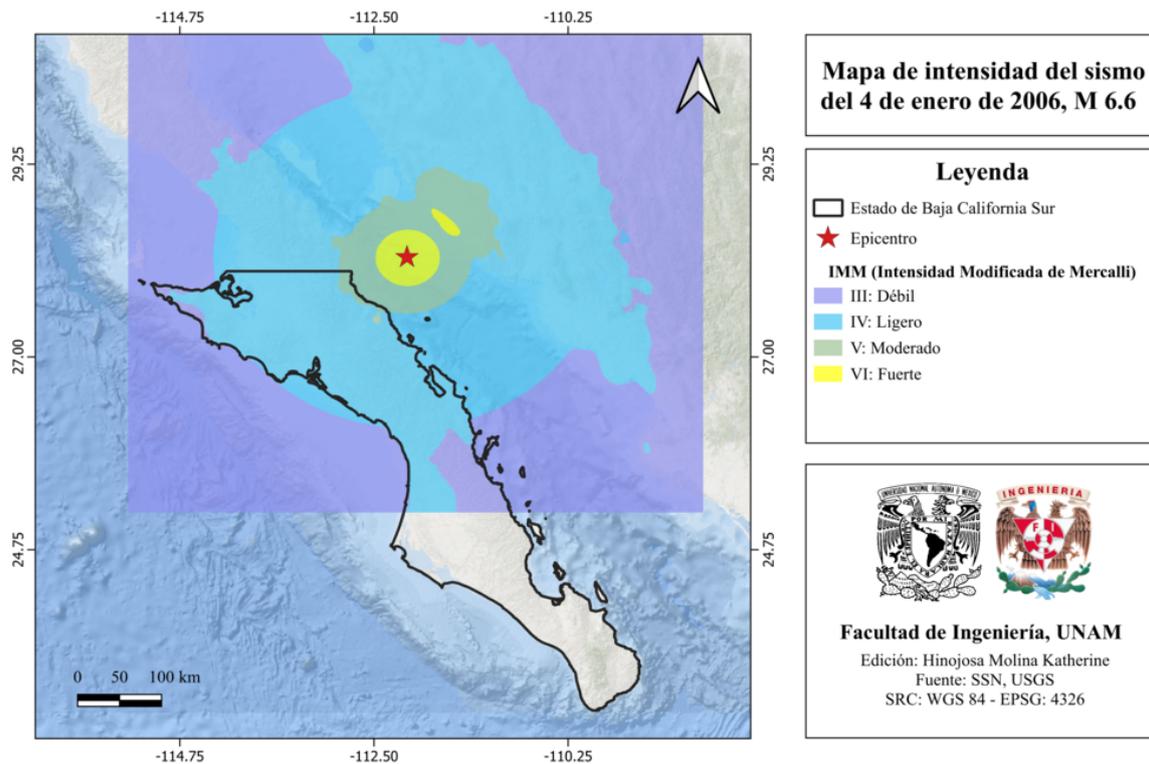


Figura 7.7: Mapa de intensidad del sismo del 4 de enero de 2006, M 6.6 [SSN, 2023], [USGS, 2023].

## 7.5 Peligro por tsunami

La costa del estado de Baja California Sur, se encuentra dentro de la región receptora de tsunamis lejanos [Cenapred, 2021], tal como se muestra en la figura 7.8.

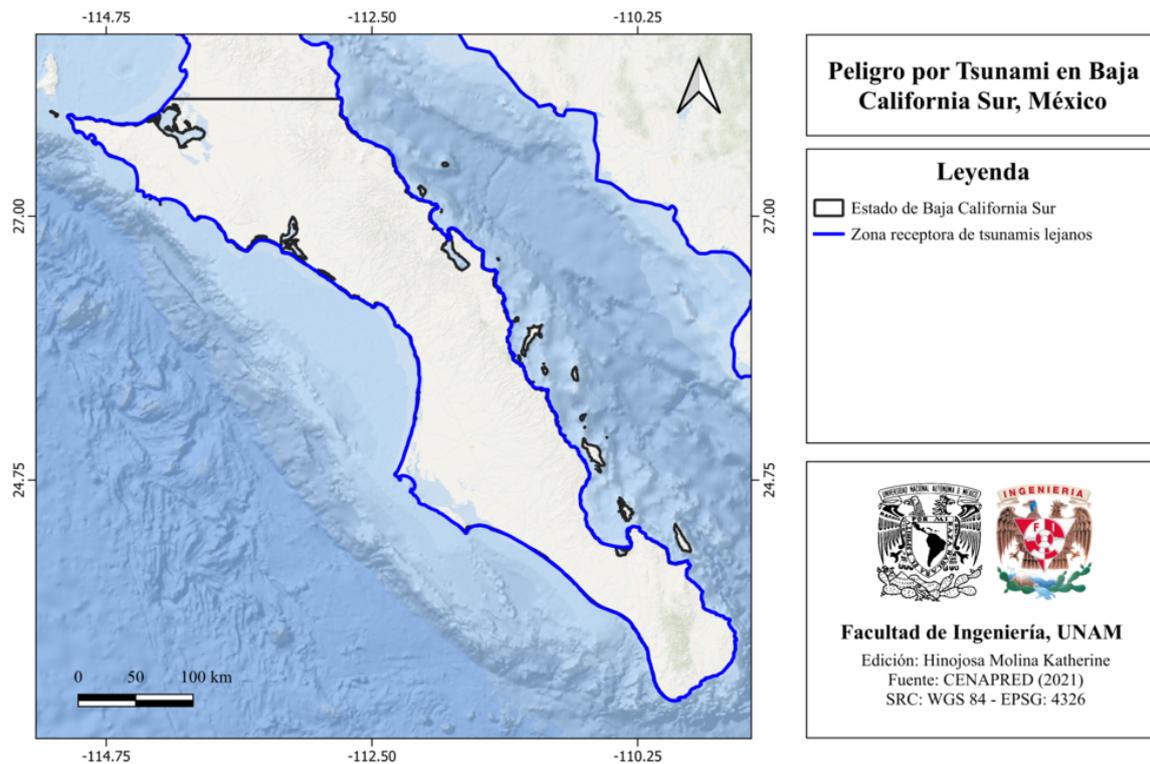


Figura 7.8: Peligro por tsunami en Baja California Sur, México [Cenapred, 2021].

## 7.6 Información general de peligro sísmico

### 7.6.1 Global de intensidades

No se cuenta con información.

### 7.6.2 Regionalización sísmica de acuerdo con la CFE (2015)

El estado de Baja California Sur es parte de las zonas B y C [CFE, 2015], las cuales corresponden a sismicidad media y sismicidad alta, respectivamente (ver figura 7.9).

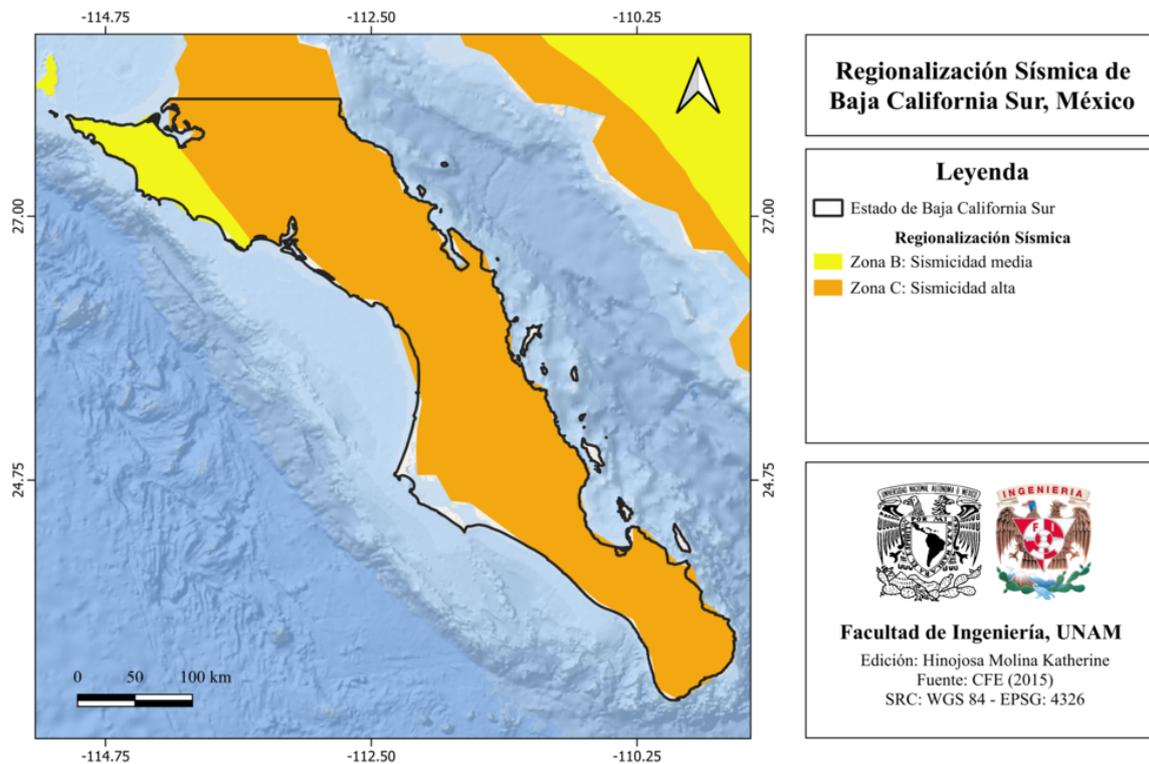


Figura 7.9: Regionalización sísmica de Baja California Sur, México [CFE, 2015].

### 7.6.3 Parámetro Vs30 (USGS)

El mapa de velocidad de onda de corte (parámetro Vs30) [Heath et al., 2020], se muestra en la figura 7.10.

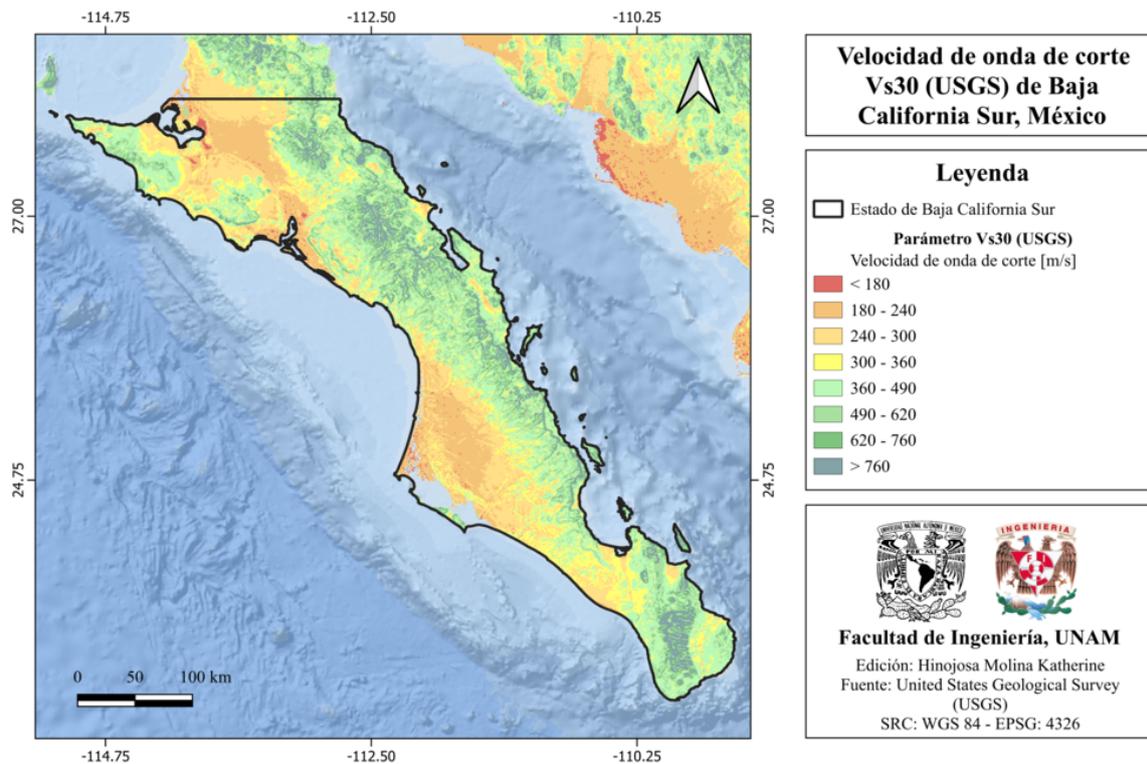


Figura 7.10: Velocidad de onda de corte Vs30 (USGS) de Baja California Sur, México [Heath et al., 2020].

#### 7.6.4 Municipios con posibles efectos de sitio

En el mapa de la figura 7.11 se muestra el mapa del municipio de Baja California Sur con posibles efectos de sitio.

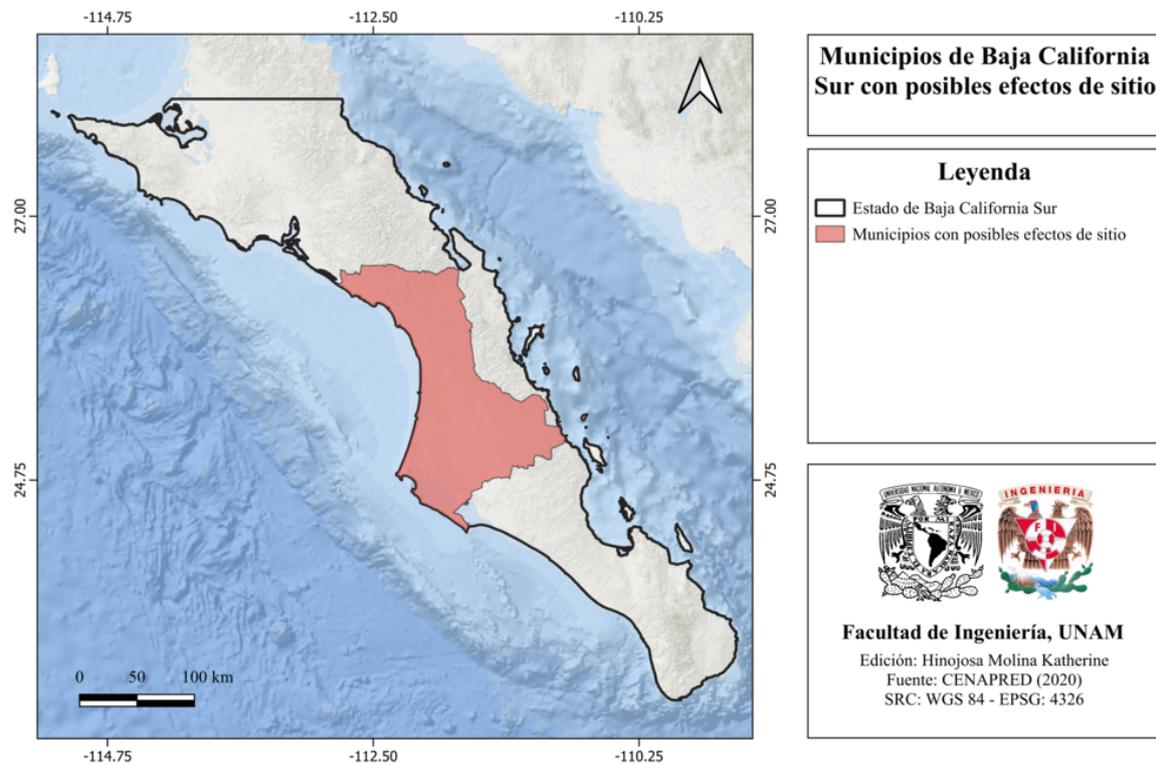


Figura 7.11: Municipio con posibles efectos de sitio de Baja California Sur, México [USGS, 2023].

### 7.6.5 Municipios con peligro de deslizamiento por sismo

Los municipios con peligro de deslizamiento por sismo de Baja California Sur se muestran en el mapa de la figura 7.12

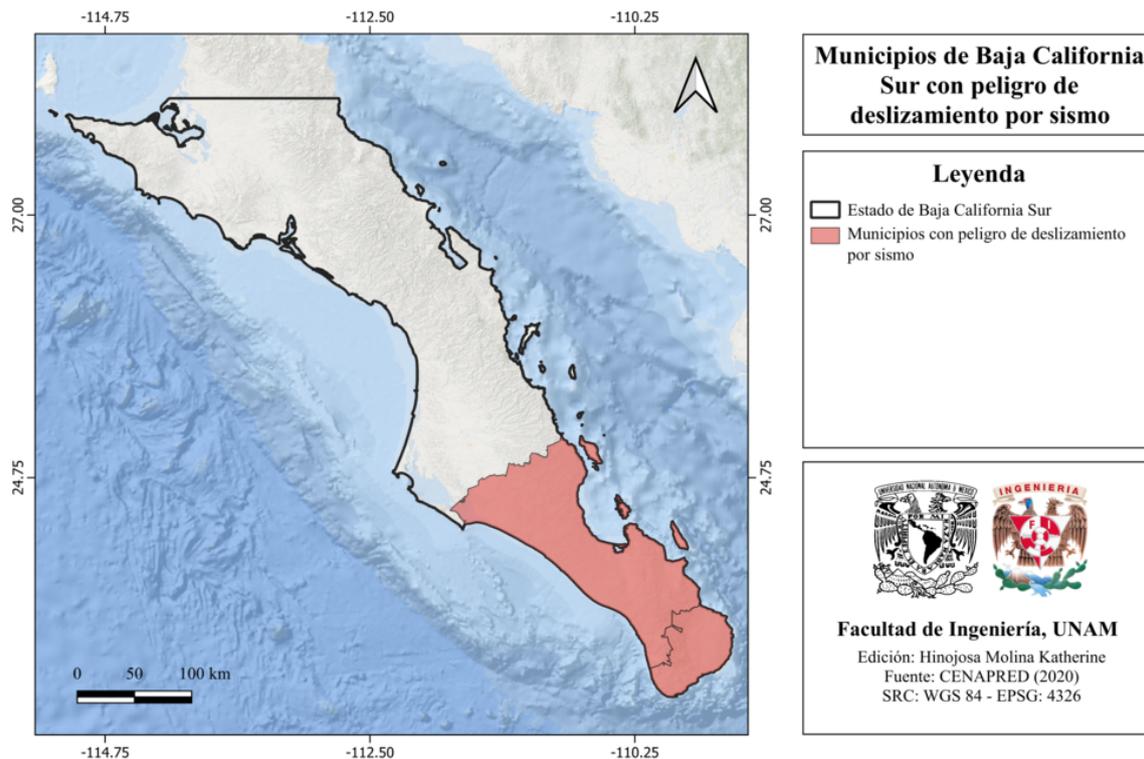


Figura 7.12: Municipios con peligro de deslizamiento por sismo de Baja California Sur, México [USGS, 2023].

### 7.6.6 Municipios con reglamento de construcción de obras civiles

El estado de Baja California Sur cuenta con un reglamento estatal, denominado: Reglamento de Construcción del estado de Baja California Sur (2005), y con un reglamento municipal de Los Cabos (1999).

## 7.7 Secuencias sísmicas (enjambres) reportadas por el Servicio Sismológico Nacional (SSN)

- **23 y 24 de julio de 2017:** El SSN reportó un enjambre sísmico los días 23 y 24 de julio de 2017, localizado al sur del golfo de California entre los estados de Sinaloa y Baja California Sur, con al menos 80 eventos con magnitudes entre 3.0 y 4.2.
- **21 al 23 de agosto de 2016:** Entre los días 21 y 23 de agosto del 2016, el Servicio Sismológico Nacional (SSN) reportó un enjambre sísmico con 99 eventos

en los alrededores de Cd. de Santa Rosalía, Baja California Sur. Los tres sismos de mayor magnitud fueron de 3.2, ocurrieron el 21, 22 y 23 de agosto; el primero a las 16:47, el segundo a las 03:36 y el tercero a las 10:00 (hora local del centro de México), respectivamente. Por otra parte, la menor magnitud registrada fue de 1.4. En el mapa de la figura 7.13 se muestra la distribución de eventos sísmicos de este enjambre.

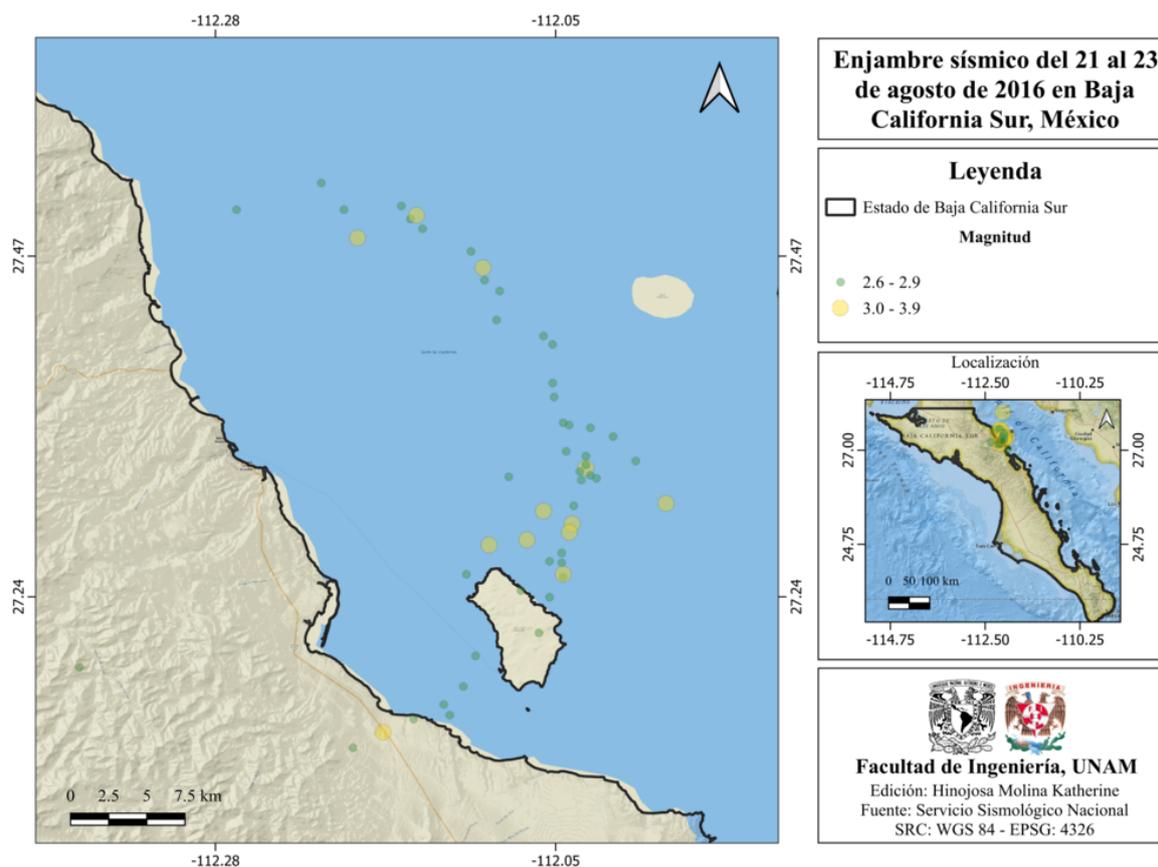


Figura 7.13: Enjambre sísmico del 21 al 23 de agosto de 2016 en Baja California Sur, México [SSN, 2023].

- **7 al 31 de julio de 2015:** El Servicio Sismológico Nacional (SSN) registró una secuencia sísmica entre los días 7 y 31 de julio de 2015. Este enjambre fue localizado en el golfo de California, en las cercanías de Santa Rosalía, Baja California Sur. El sismo mayor ocurrió el 16 de julio a las 08:33 (hora del centro de México) y tuvo una magnitud de 4.3, mientras que el evento menor fue de magnitud 3.2. En la figura 7.14 se muestra la distribución de sismos de este enjambre sísmico.

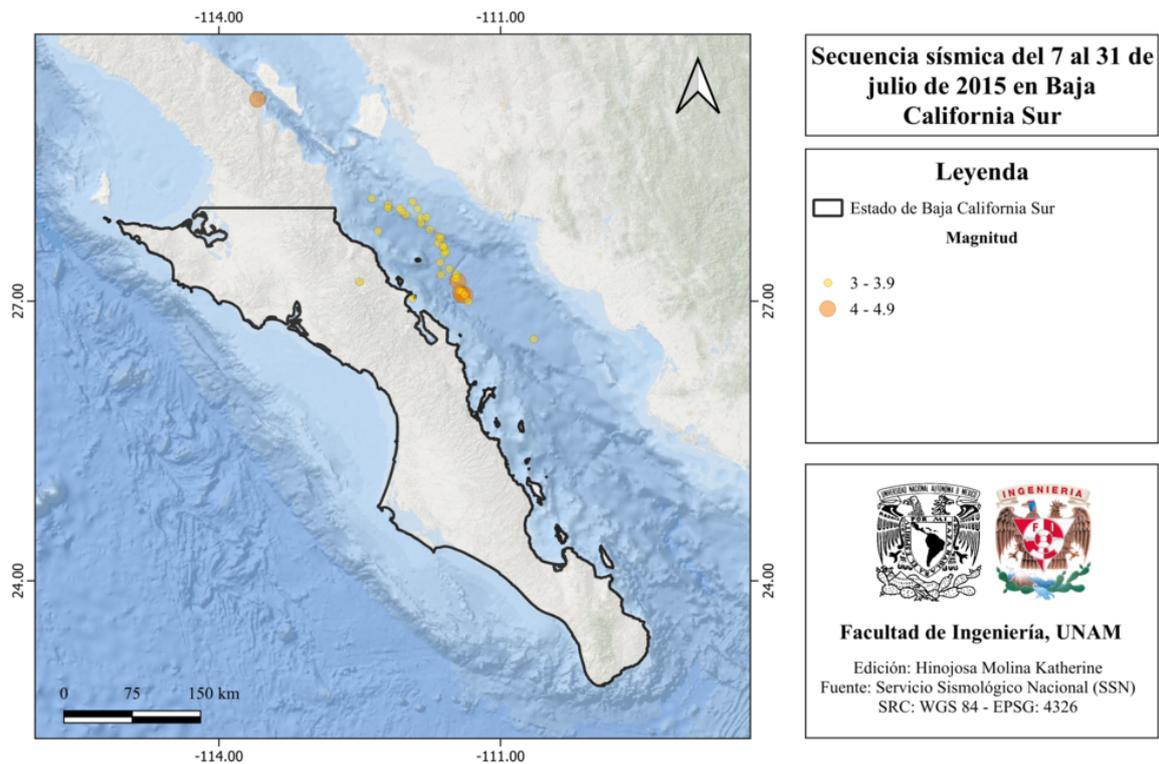


Figura 7.14: Enjambre sísmico del 7 al 31 de julio de 2015 en Baja California Sur, México [SSN, 2023].

- **11 al 12 de enero de 2011:** El SSN reportó una secuencia sísmica entre los días 11 y 12 de enero, con 37 eventos sísmicos de magnitudes desde 3.4 hasta 4.5, localizados en los alrededores de Santa Rosalía. Los eventos de mayor magnitud ocurrieron el 11 de enero a las 10:15 y 20:38 (hora del centro) y tuvieron una profundidad de 15 y 14 km, respectivamente, así como magnitud de 4.5.

## 7.8 Estaciones de registro sísmico en el estado

Baja California Sur tiene 14 estaciones de registro sísmico de la red sismológica del CICESE, así como 2 estaciones pertenecientes a la Red de Banda Ancha del Servicio Sismológico Nacional (SSN). La distribución de estaciones de registro sísmico de este estado se muestra en la figura 7.15.

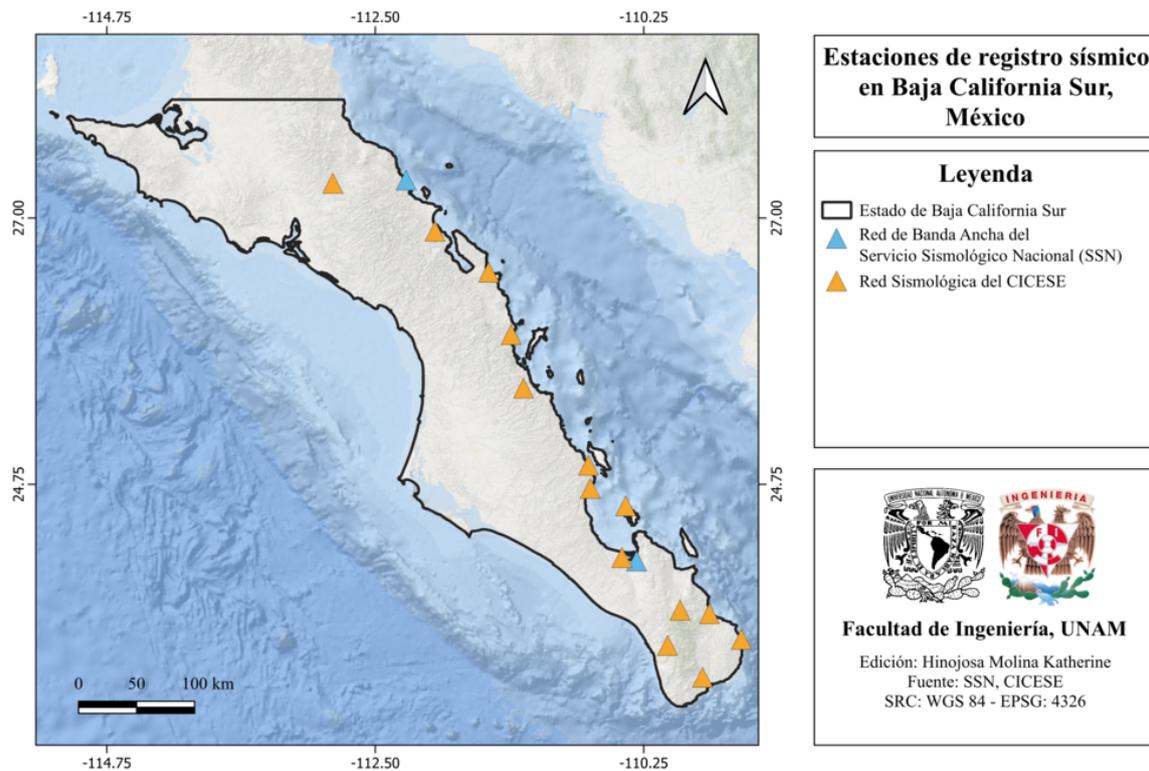


Figura 7.15: Estaciones de registro sísmico en Baja California Sur, México [SSN, 2023], [CICESE, 2023]

## 7.9 Instituciones educativas que han realizado estudios en alguna zona del estado o en sus cercanías

Las siguientes instituciones han realizado estudios de sismicidad o peligro sísmico en Baja California Sur.

- Universidad Nacional Autónoma de México
- Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada

## 7.10 Estudios de sismicidad o de peligro sísmico en alguna zona del estado

- Castro, R. R., Stock, J. M., Hauksson, E., and Clayton, R. W., 2016, “Source Functions and Path Effects from Earthquakes in the Farallon Transform Fault Region, Gulf of California, Mexico that Occurred on October 2013”, *Pure and Applied Geophysics*, Springer International Publishing, Vol. 174, pp. 2239-2256.
- Castro, R. R., Carciumaru, D. D., Collin, M., Vetel, W., Gonzalez-Huizar, H., Mendoza, A., Pérez-Vertti, A., 2021, “Seismicity in the Gulf of California, Mexico, in the period 1901-2018”, *Journal of South American Earth Sciences*, Vol. 106, pp. 1-8.
- Fletcher, J.M. y L. Munguía, 2000, “Active continental rifting in southern Baja California, Mexico: Implications for plate motion partitioning and the transition to seafloor spreading in the Gulf of California”, *Tectonics*, Vol. 19, No. 6, pp. 1107-1123.
- Ortega, R., Carciumaru, D., Gutierrez, E., Huesca-Pérez, E. y Quintanar, L., 2019, “Probabilistic seismic hazard analysis in La Paz-Los Cabos, Mexico: The importance of active Quaternary fault segments”, *Geofísica Internacional*, Vol. 28, Núm. 2, pp. 151-168.
- Ortiz Huerta, L. G. Peligro y vulnerabilidad por tsunamis de campo lejano en la Bahía de Todos Santos, Baja California.
- Servicio Sismológico Nacional (SSN), 2012, “Reporte de sismo 12 de abril de 2012, Guerrero Negro BCS (M 6.8)”, Instituto de Geofísica, UNAM.
- Suter, M., 2018, “The Historical Seismicity of the Loreto Region, Baja California Peninsula, Mexico (1684-1878)”, *Seismological Research Letters*, Vol. 89, Num. 1, pp 202-209.
- Umhoefer, P.J., Maloney, S. J., Buchanan, B., Arrowsmith, J. R., Martínez-Gutiérrez, G., Kent, G., Driscoll, N., Harding, A., Kaufman, D., and Rittenour, T., 2014, “Late Quaternary faulting history of the Carrizal and related faults, La Paz region, Baja California Sur, Mexico”, *The Geological Society of America, Geosphere*, Vol. 10, Num. 3, pp. 476-504.

# Capítulo 8

## Campeche

### 8.1 Localización y provincias fisiográficas

#### 8.1.1 Localización

Campeche se ubica en la península de Yucatán, en la región sureste del país, colinda al norte y noreste con Yucatán, al este con Quintana Roo, al sur con Guatemala y Belice, al oeste con el golfo de México y al suroeste con Tabasco.

#### 8.1.2 Provincias fisiográficas

El estado de Campeche forma parte de las siguientes provincias fisiográficas, de acuerdo con información de la fisiografía del INEGI (ver figura 8.1):

- Llanura Costera del Golfo Sur
- Península de Yucatán

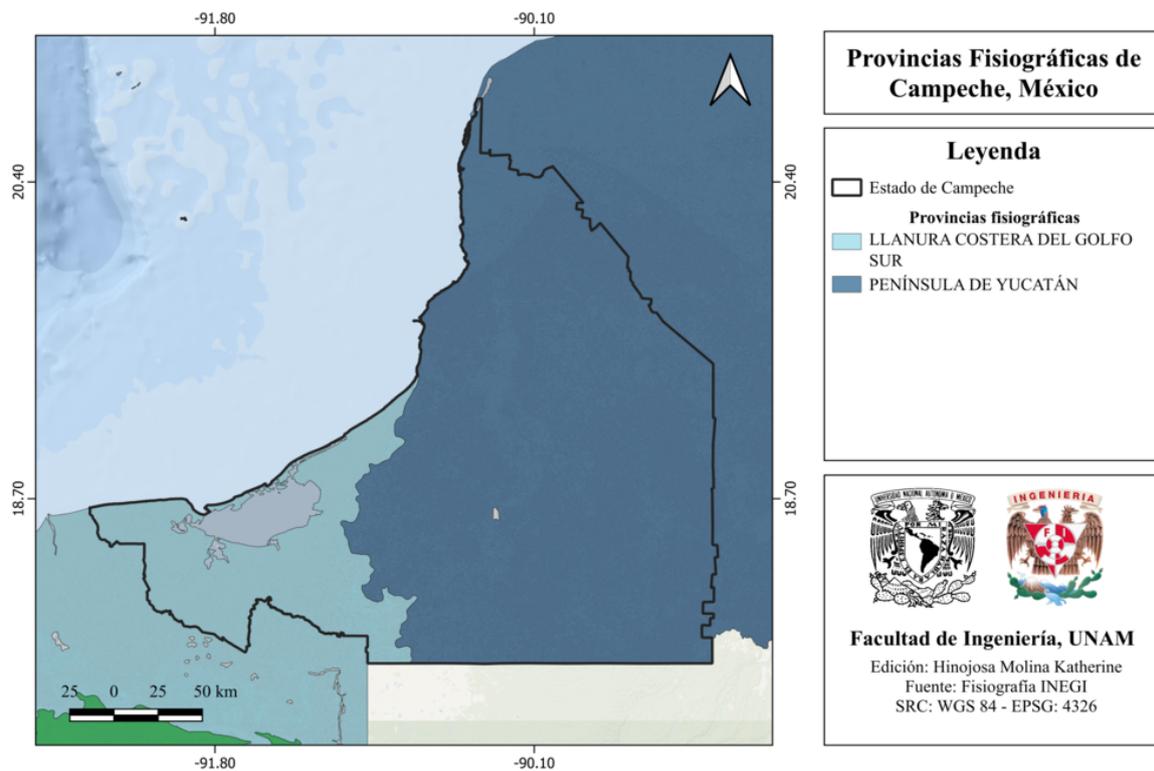


Figura 8.1: Provincias fisiográficas de Campeche, México [INEGI, 2001].

### 8.1.3 Subprovincias fisiográficas

Al mismo tiempo, Campeche forma parte de las siguientes subprovincias fisiográficas (ver figura 8.2):

- Carso y Lomeríos de Campeche
- Carso Yucateco
- Llanuras y Pantanos Tabasqueños

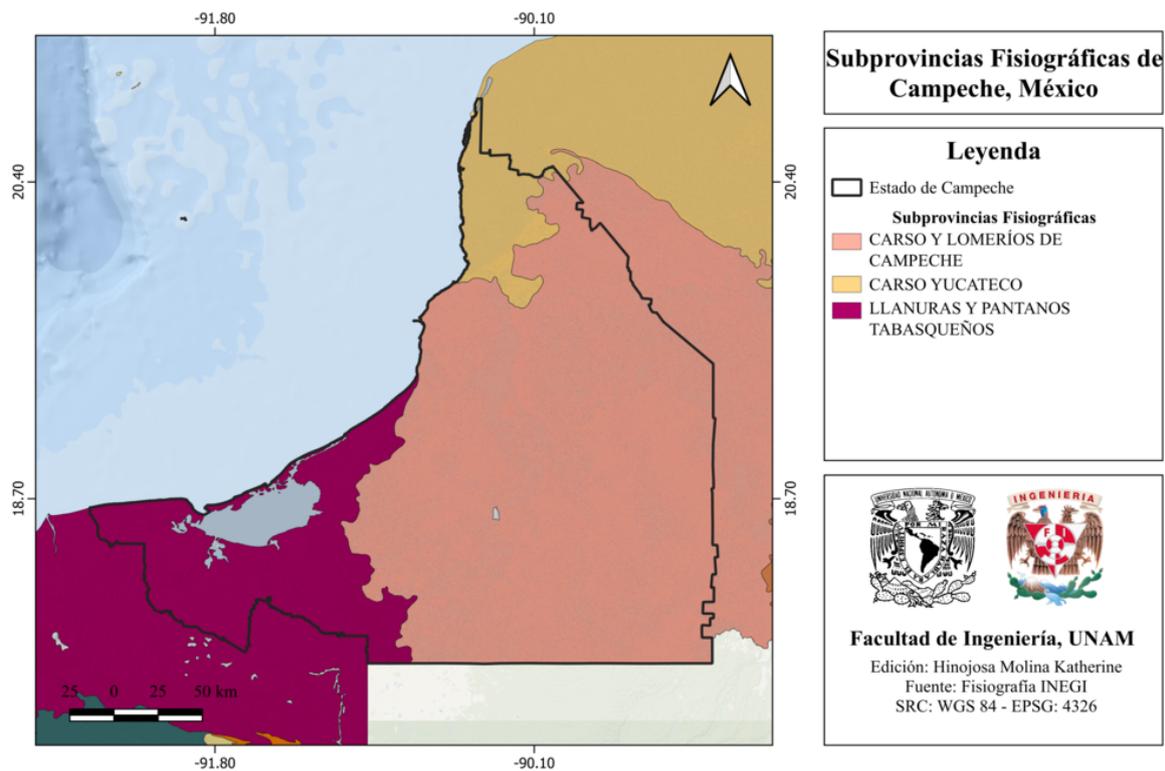


Figura 8.2: Subprovincias fisiográficas de Campeche, México [INEGI, 2001].

### 8.1.4 Rasgos geológicos estructurales

En Campeche existen distintos rasgos estructurales de tipo anticlinal, fallas normales, así como numerosas fracturas a lo largo del estado, tal como se muestra en la figura 8.3.

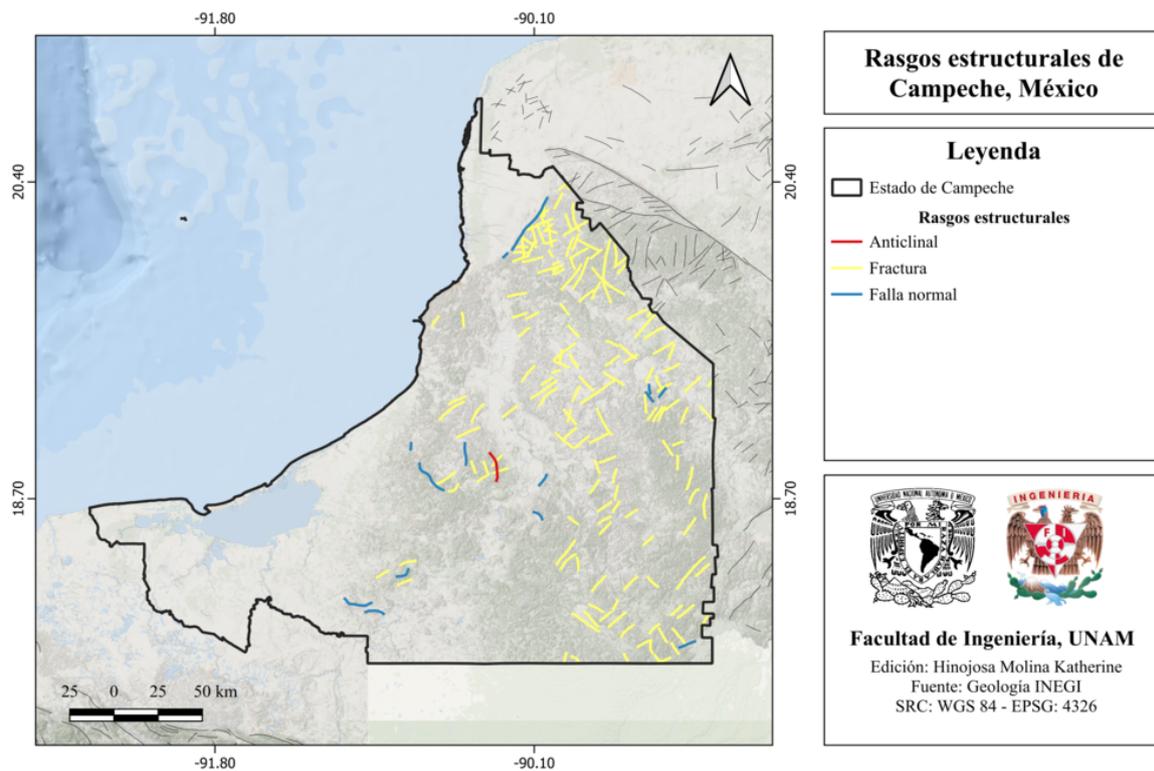


Figura 8.3: Rasgos estructurales de Campeche, México [INEGI, 2002].

## 8.2 Zonas sismogénéticas (sismotectónicas)

### 8.2.1 Zonas sismogénéticas de acuerdo con Zúñiga et al., (2017)

Campeche forma parte de las siguientes zonas sismogénéticas [Zúñiga et al., 2017]:

#### Zonas sismogénéticas someras ( $h < 40$ km)

- **GMX**: Zona de eventos intraplaca en la placa de Norteamérica. Provincia del Golfo de México.
- **NAL**: Sismicidad escasa, zona de eventos intraplaca en la placa de Norteamérica. Península de Yucatán ( $h < 20$  km).

Esta zona sismogénética se observa en la figura 8.4.

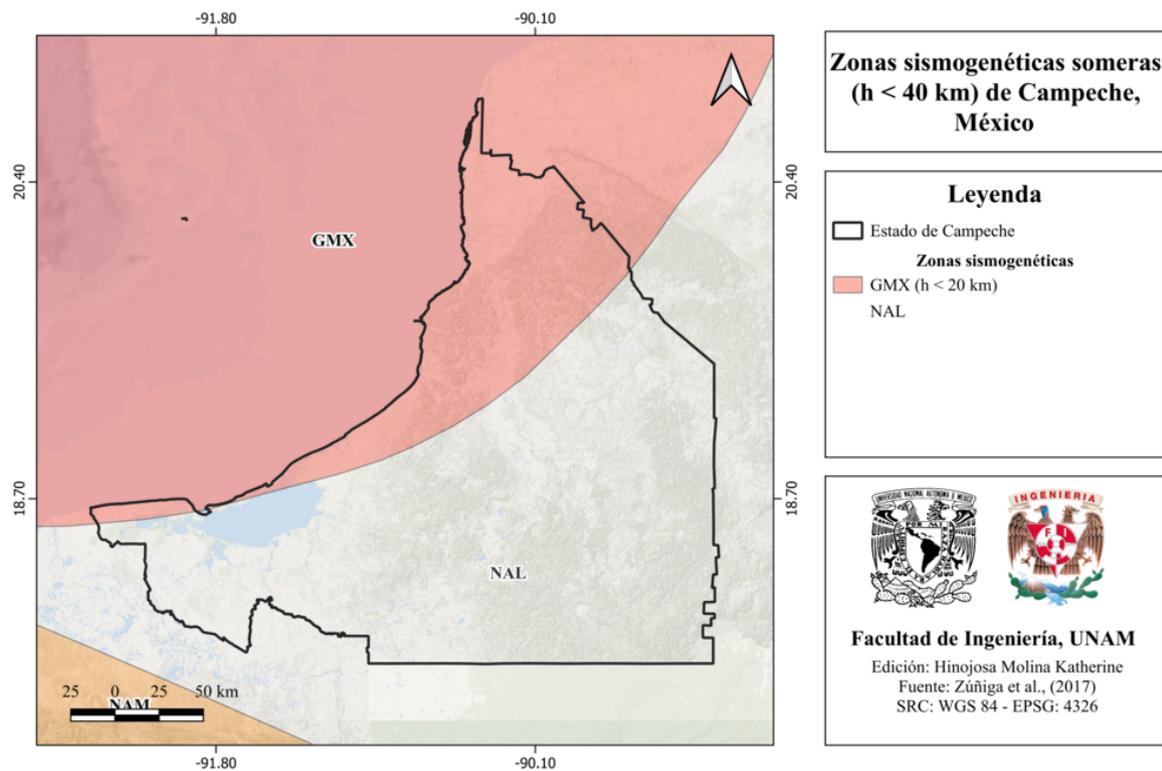


Figura 8.4: Zonas sísmogenéticas someras (h < 40 km) de Campeche, México [Zúñiga et al., 2017].

### 8.2.2 Zonas sísmogenéticas de acuerdo con la Comisión Federal de Electricidad (2015)

De acuerdo con la Comisión Federal de Electricidad (2015), Campeche se encuentra sobre las siguientes zonas generadoras de sismos (ver figura 8.4):

#### Zonas generadoras de sismos superficiales

- **31:** Petrolera
- **37:** Chiapas Volcán - Modificada

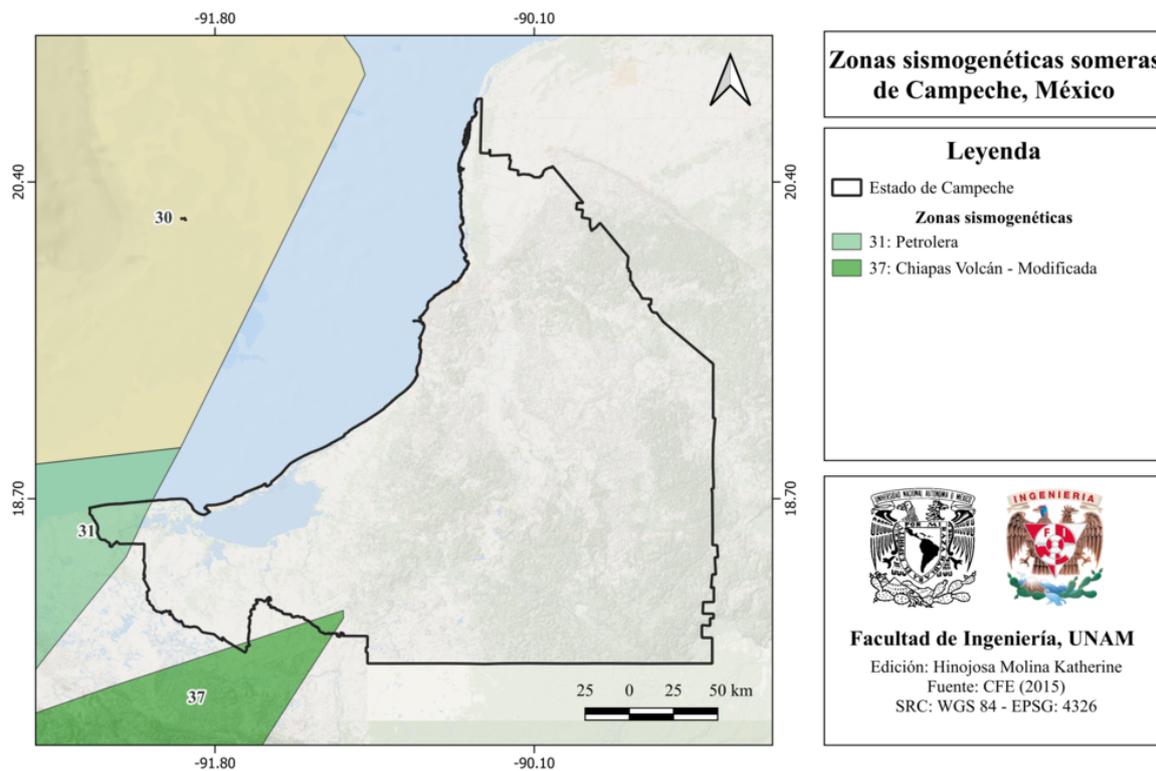


Figura 8.5: Zonas sismogénicas someras de Campeche, México [CFE, 2015].

### 8.3 Sismicidad reportada por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) en el período 1900-2022

El Servicio Sismológico Nacional (SSN) ha reportado 74 sismos en el período del 1 de enero de 1900 al 31 de diciembre de 2022 (UTC), con magnitudes desde 3.6 hasta 4.8.

### 8.4 Sismos históricos

No hay registros de sismos importantes en la entidad, sin embargo, el estado puede ser afectado por sismos generados en el sistema de fallas Chixoy-Polochic o Motagua, como el sismo del 4 de febrero de 1976, M 7.5 en Guatemala.

## 8.5 Peligro por tsunami

La zona costera del estado de Campeche se caracteriza como zona con bajo potencial de recepción de tsunamis [Cenapred, 2021], tal como se muestra en la figura 8.6.

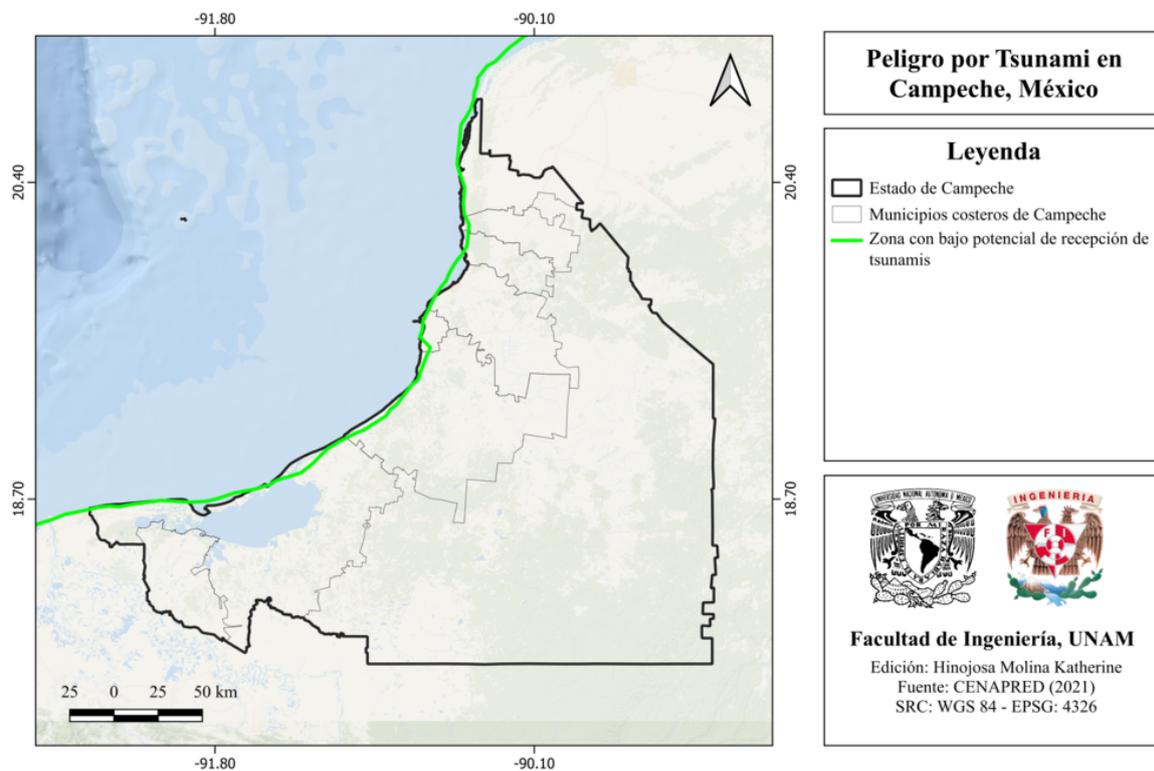


Figura 8.6: Peligro por tsunami en Campeche, México [Cenapred, 2021].

## 8.6 Información general de peligro sísmico

### 8.6.1 Global de intensidades

El mapa correspondiente al global de intensidades del Cenapred se muestra en la figura 8.7.

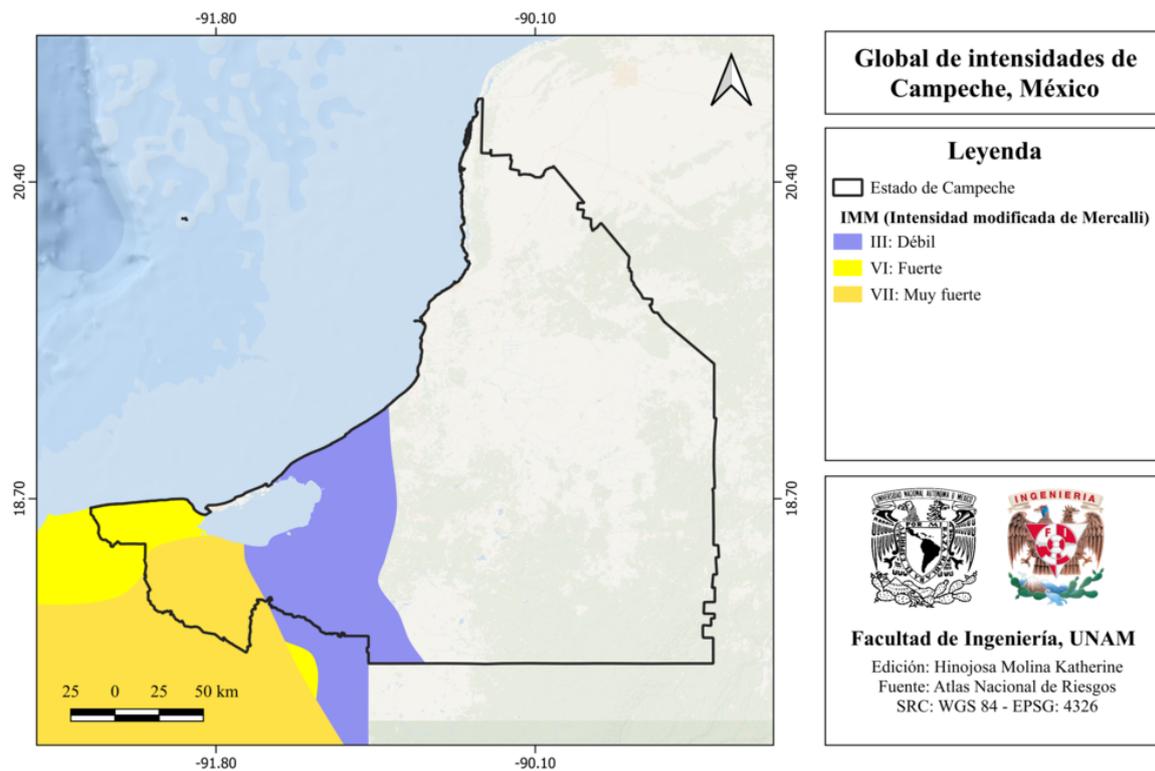


Figura 8.7: Global de intensidades de Campeche, México [Cenapred, 2006].

### 8.6.2 Regionalización sísmica de acuerdo con la CFE (2015)

Campeche se encuentra en las regiones A y B en su mayoría, y una pequeña porción se encuentra en la región C, estas regiones indican sismicidad baja, media y alta, respectivamente (ver figura 8.8).

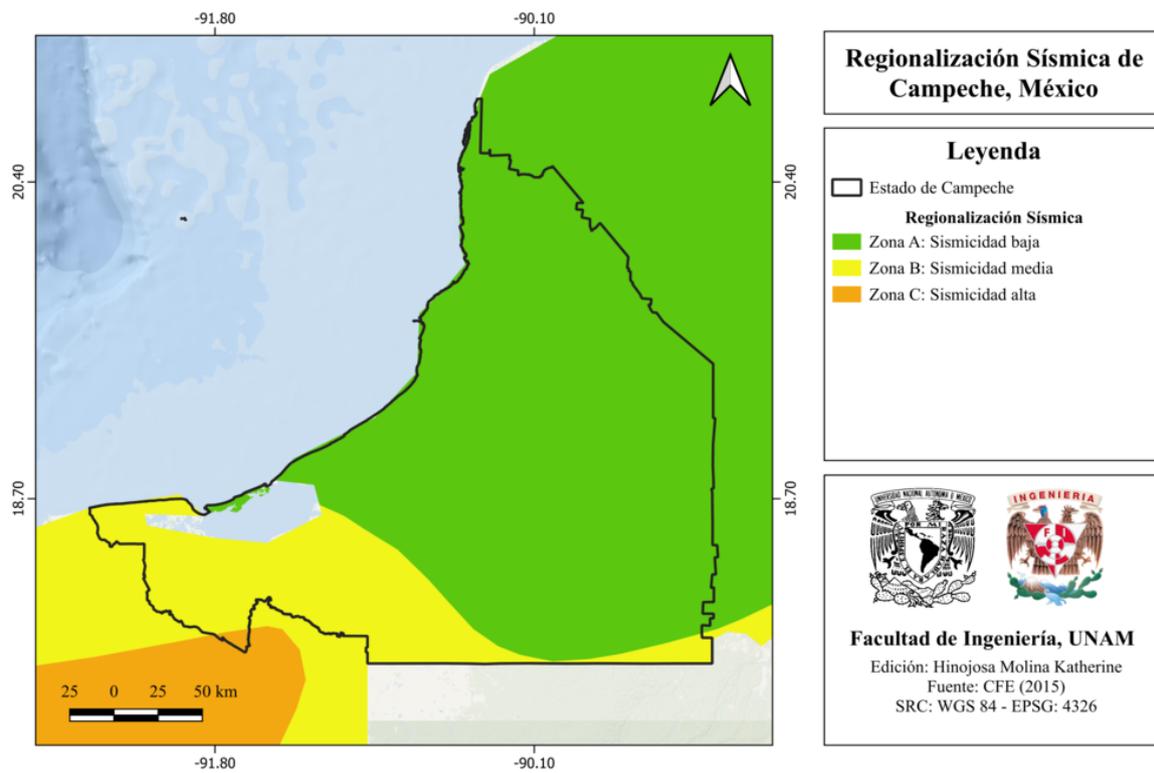


Figura 8.8: Regionalización sísmica de Campeche, México [CFE, 2015].

### 8.6.3 Parámetro Vs30 (USGS)

El mapa de velocidad de onda de corte, de acuerdo con el parámetro Vs30 [Heath et al., 2020], se muestra en la figura 8.9.

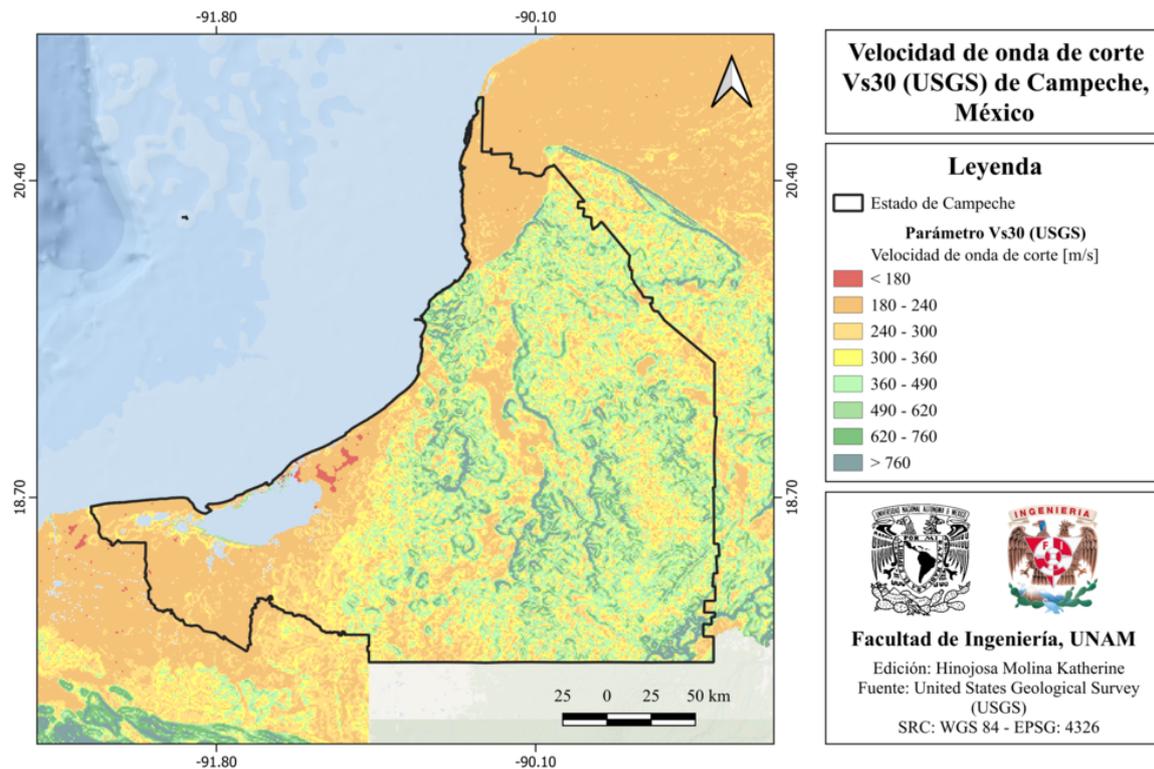


Figura 8.9: Velocidad de onda de corte Vs30 (USGS) de Campeche, México [Heath et al., 2020].

#### 8.6.4 Municipios con posibles efectos de sitio

En el mapa de la figura 8.10 se muestran los municipios de Campeche con posibles efectos de sitio.

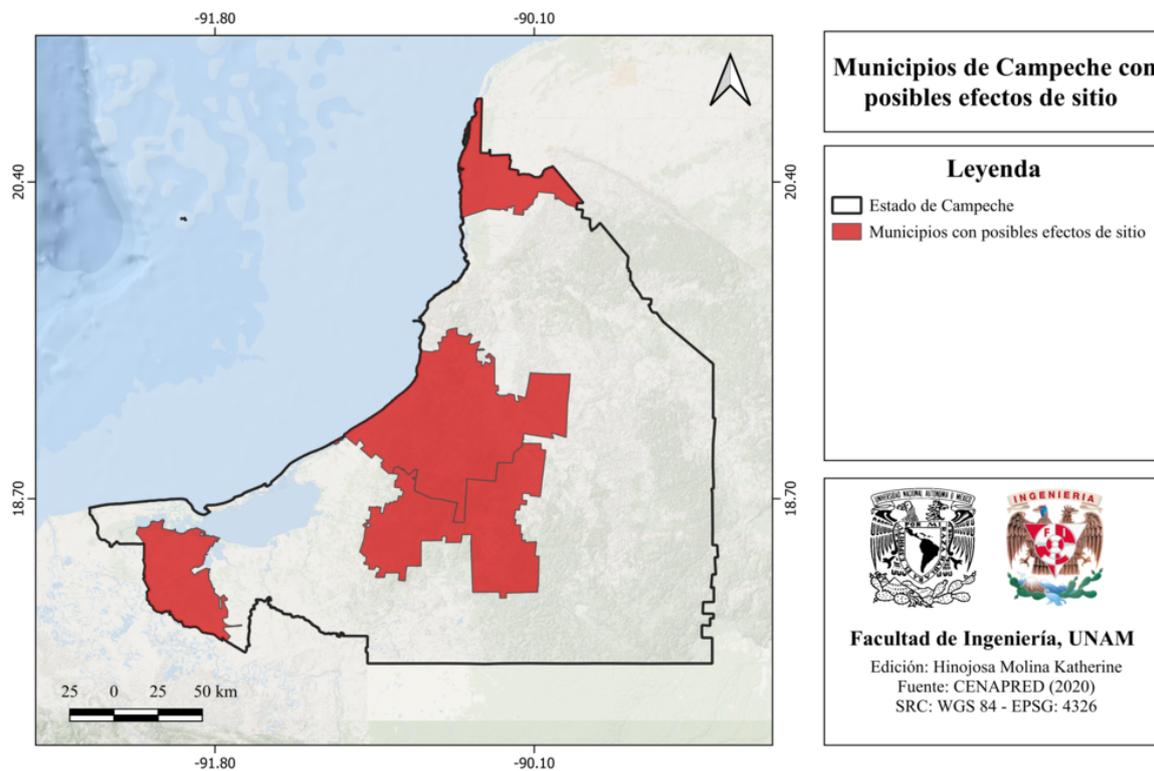


Figura 8.10: Municipios de Campeche con posibles efectos de sitio [Cenapred, 2020].

### 8.6.5 Municipios con peligro de deslizamiento por sismo

No se cuenta con información.

### 8.6.6 Municipios con reglamento de construcción de obras civiles

El estado de Campeche cuenta con cuatro reglamentos de obras civiles, los cuales se enlistan a continuación:

- Reglamento de Construcción del municipio de Campeche (2009)
- Reglamento de Construcción del municipio de Carmen (1997)
- Reglamento de Construcción del municipio de Champotón (2003)
- Reglamento de Construcción del municipio de Candelaria (1999)

## 8.7 Secuencias sísmicas (enjambres) reportadas por el Servicio Sismológico Nacional (SSN)

No existen registros de secuencias sísmicas en el estado de Campeche.

## 8.8 Estaciones de registro sísmico en el estado

El estado de Campeche cuenta con una estación sísmica: Sabancuy (SCIG) perteneciente a la Red de Banda Ancha del Servicio Sismológico Nacional (ver figura 8.11).

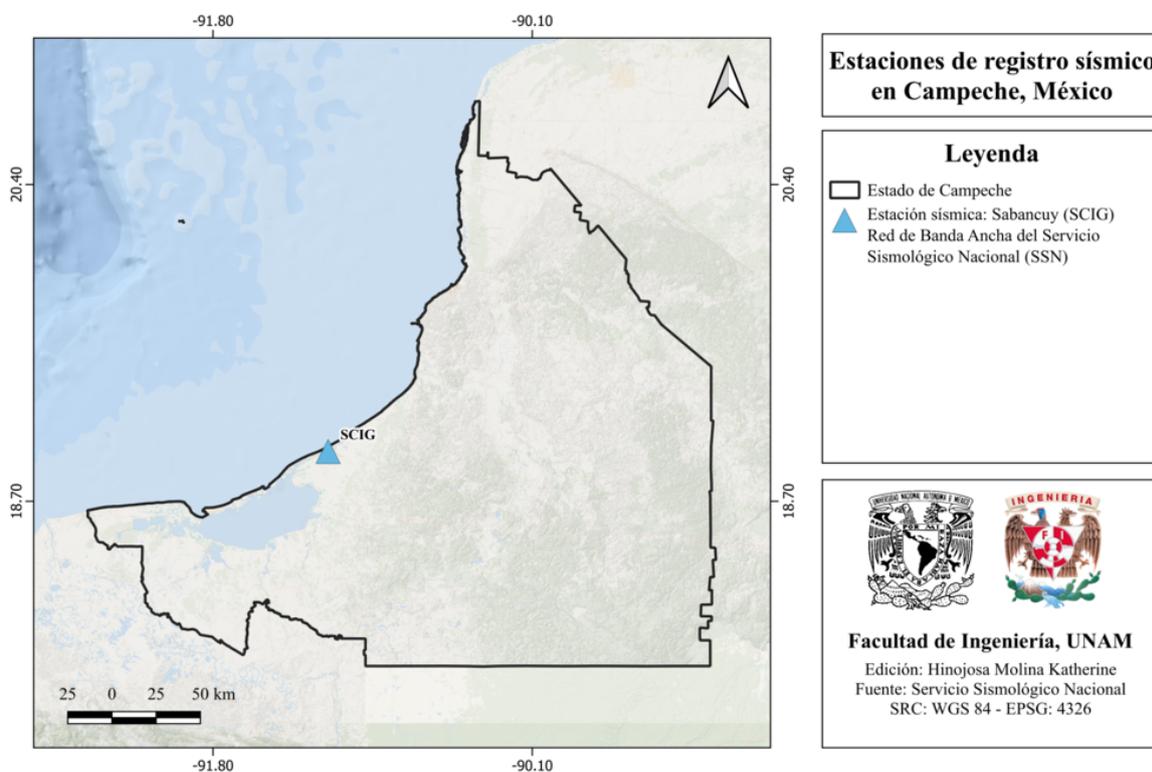


Figura 8.11: Estaciones de registro sísmico en Campeche, México [SSN, 2023].

## 8.9 Instituciones educativas que han realizado estudios en alguna zona del estado o en sus cercanías

Campeche cuenta con una escuela en materia de ciencias de la Tierra:

- Facultad de Ingeniería y Tecnología de la Universidad Autónoma del Carmen.

## 8.10 Estudios de sismicidad o de peligro sísmico en alguna zona del estado

- Franco, S. Canet, C., Iglesias, A., Valdés-González, C., 2013 “Seismic activity in the Gulf of Mexico. A preliminary analysis”, Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, Vol. 65, No. 3, pp. 447-455.

# Capítulo 9

## Coahuila de Zaragoza

### 9.1 Localización y provincias fisiográficas

#### 9.1.1 Localización

Coahuila de Zaragoza se localiza al norte de México, en la parte central de la frontera con estados Unidos de América. Colinda al este con estados Unidos de América y Nuevo León; al sur con Nuevo León, Zacatecas; al oeste con Durango, Chihuahua y estados Unidos de América.

#### 9.1.2 Provincias fisiográficas

De acuerdo con el INEGI, este estado, es parte de las siguientes provincias fisiográficas:

- Grandes Llanuras de Norteamérica
- Sierra Madre Oriental
- Sierras y Llanuras del Norte

Estas provincias fisiográficas pueden visualizarse en el mapa de la figura 9.1.

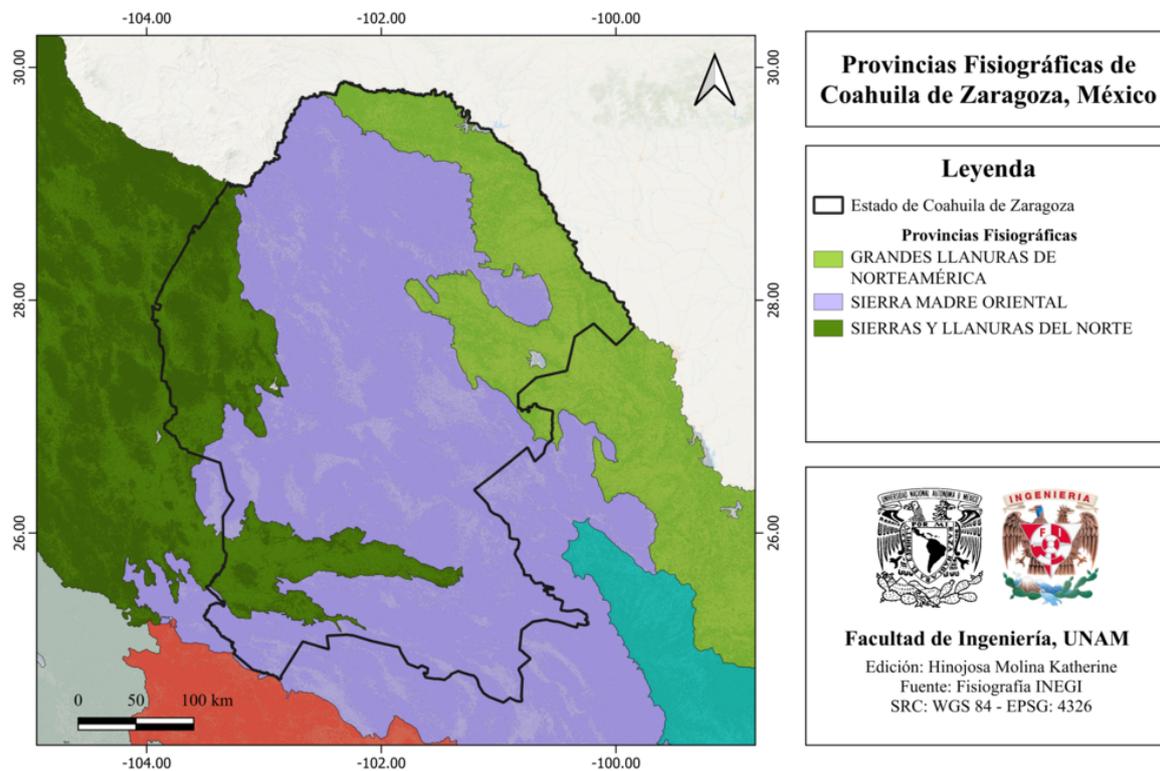


Figura 9.1: Provincias fisiográficas de Coahuila de Zaragoza, México [INEGI, 2001].

### 9.1.3 Subprovincias fisiográficas

De la misma forma, es parte de las siguientes subprovincias fisiográficas:

- Del Bolsón de Mapimí
- Gran Sierra Plegada
- Laguna de Mayran
- Llanuras de Coahuila y Nuevo León
- Llanuras y Sierras Volcánicas
- Pliegues Saltillo Parras
- Serranía del Burro
- Sierra de la Paila
- Sierras Transversales

- Sierras y Llanuras Coahuilenses

En la figura 9.2 se muestran las subprovincias fisiográficas de Coahuila de Zaragoza.

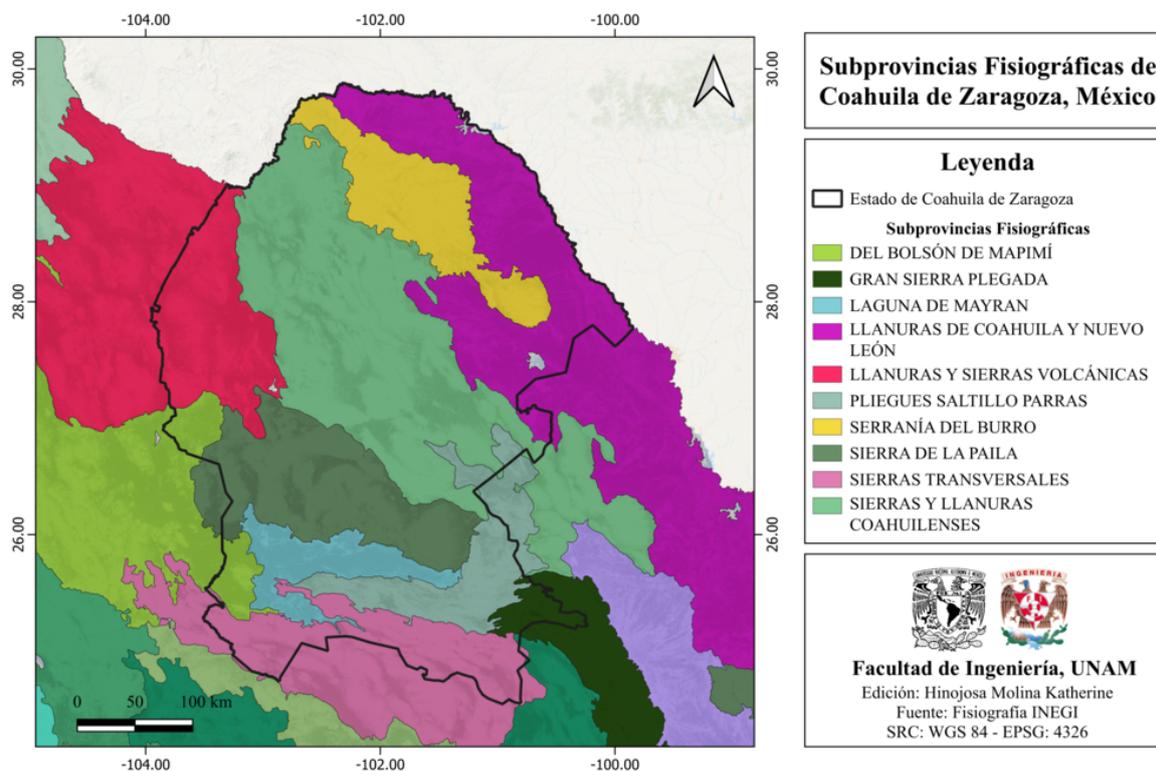


Figura 9.2: Subprovincias fisiográficas de Coahuila de Zaragoza, México [INEGI, 2001].

#### 9.1.4 Rasgos geológicos estructurales

El estado de Coahuila de Zaragoza forma parte de la cuenca de Sabinas, en su parte central en conjunto con la parte occidental de Nuevo León. Esta es una cuenca de rocas sedimentarias depositadas en ambiente marino, cuya evolución geológica la han convertido en altos y bajos estructurales entre los que se encuentran: El Bloque de Coahuila, El Bloque de la Mula, la Península de Burro-Peyotes-Salado, el Arco o Archipiélago de Tamaulipas, entre otros elementos [Alonso-Manuel et al., 2020].

La cuenca de Sabinas está limitada por fallas inversas de alto ángulo: la falla La Babia en el margen norte de la cuenca de Sabinas y la falla de San Marcos en la margen sur.

La falla de San Marcos (FSM) es un lineamiento estructural regional con una traza de más de 300 km de longitud, con un rumbo general hacia el WNW y con inclinación

hacia el NNE, la cual separa a la plataforma de Coahuila en la cuenca de Sabinas en el noreste de México [Alonso-Manuel et al., 2020].

En el mapa de la figura 9.3 se muestran los rasgos estructurales de este estado.

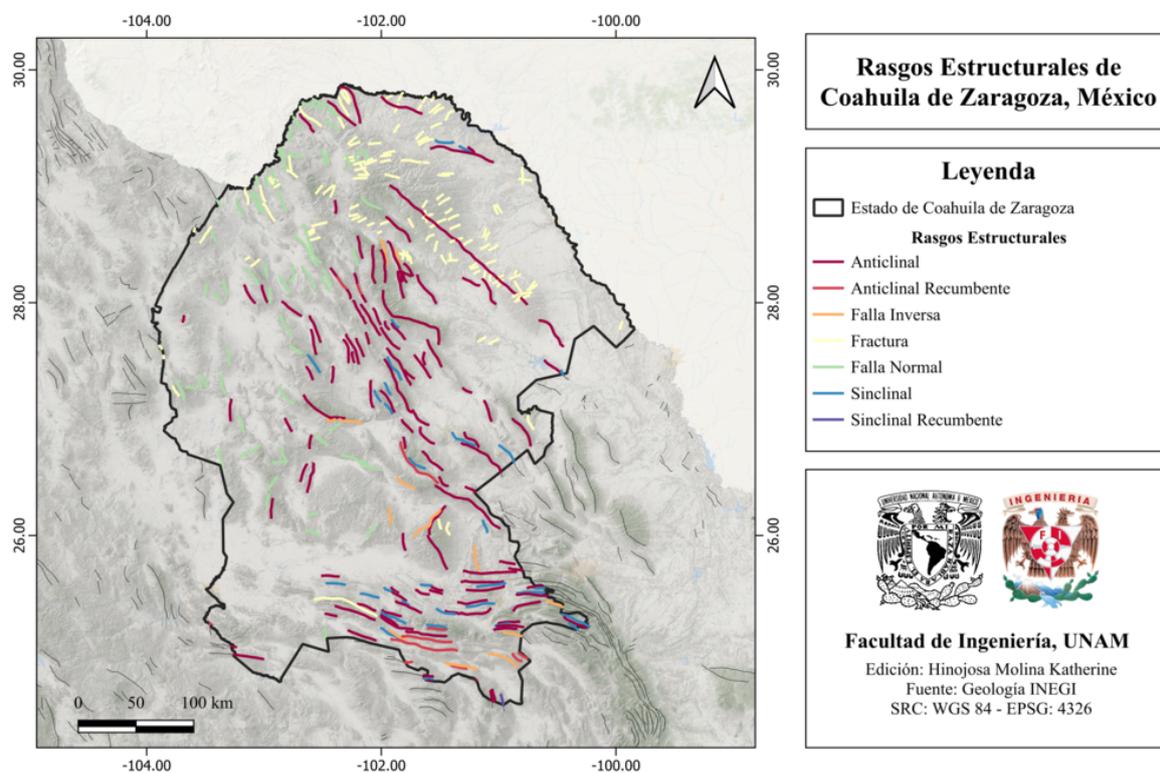


Figura 9.3: Rasgos estructurales de Coahuila de Zaragoza, México [INEGI, 2002].

## 9.2 Zonas sismogénicas (sismotectónicas)

### 9.2.1 Zonas sismogénicas de acuerdo con Zúñiga et al., (2017)

Coahuila de Zaragoza es parte de las siguientes zonas sismogénicas (ver figura 9.4) [Zúñiga et al., 2017]:

#### Zonas sismogénicas someras ( $h < 40$ km)

- **BAR:** Zona de eventos dentro de la placa Norteamericana de poca profundidad ( $h < 20$  km), baja magnitud y escasa frecuencia. Posible extensión sur de las provincias de la Cuenca y cadena Río Grande.

- **BB:** Zona de eventos intraplaca (corticales) en la placa de Norteamérica. Provincia de esfuerzos de la cuenca de Burgos ( $h < 20$  km).

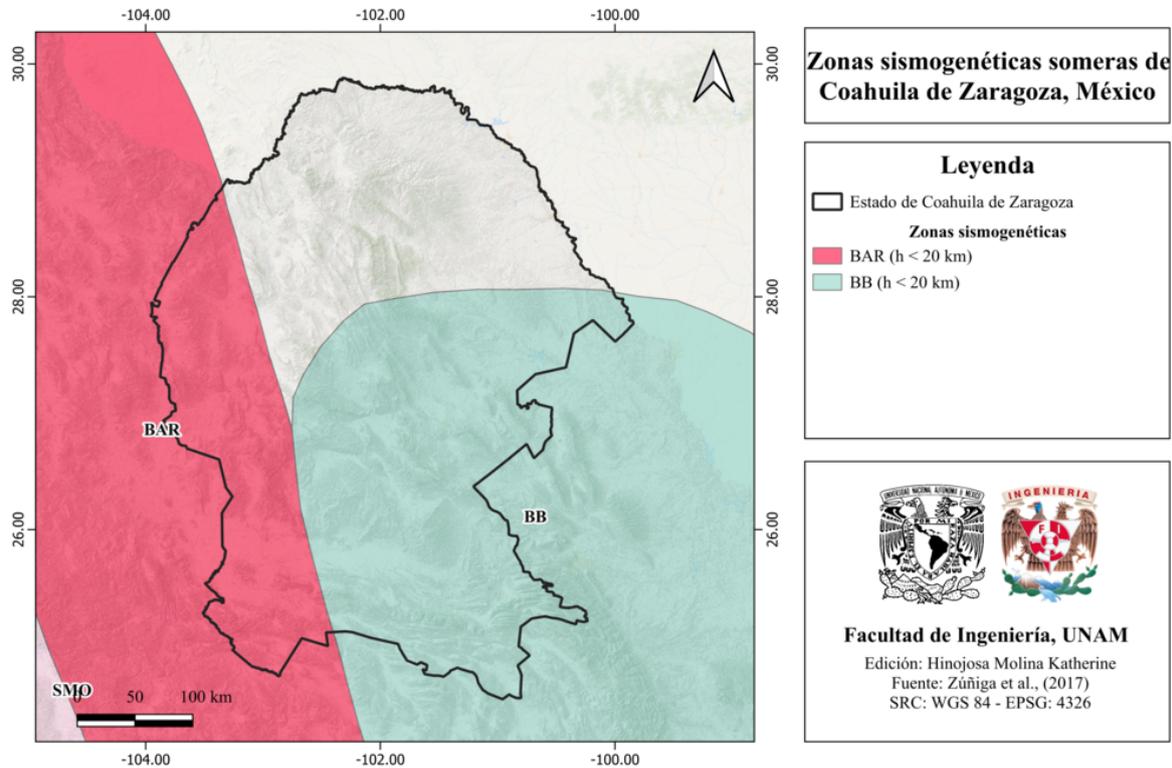


Figura 9.4: Regiones sísmicas someras de Coahuila, México [Zúñiga et al., 2017].

## 9.2.2 Zonas sísmicas de acuerdo con la Comisión Federal de Electricidad (2015)

Coahuila de Zaragoza es parte de las siguientes zonas sísmicas (ver figura 9.5) [CFE, 2015]:

### Zonas generadoras de sismos superficiales

- **Región 8:** Cuenca de Burgos
- **Región 34:** Sísmica difusa 1

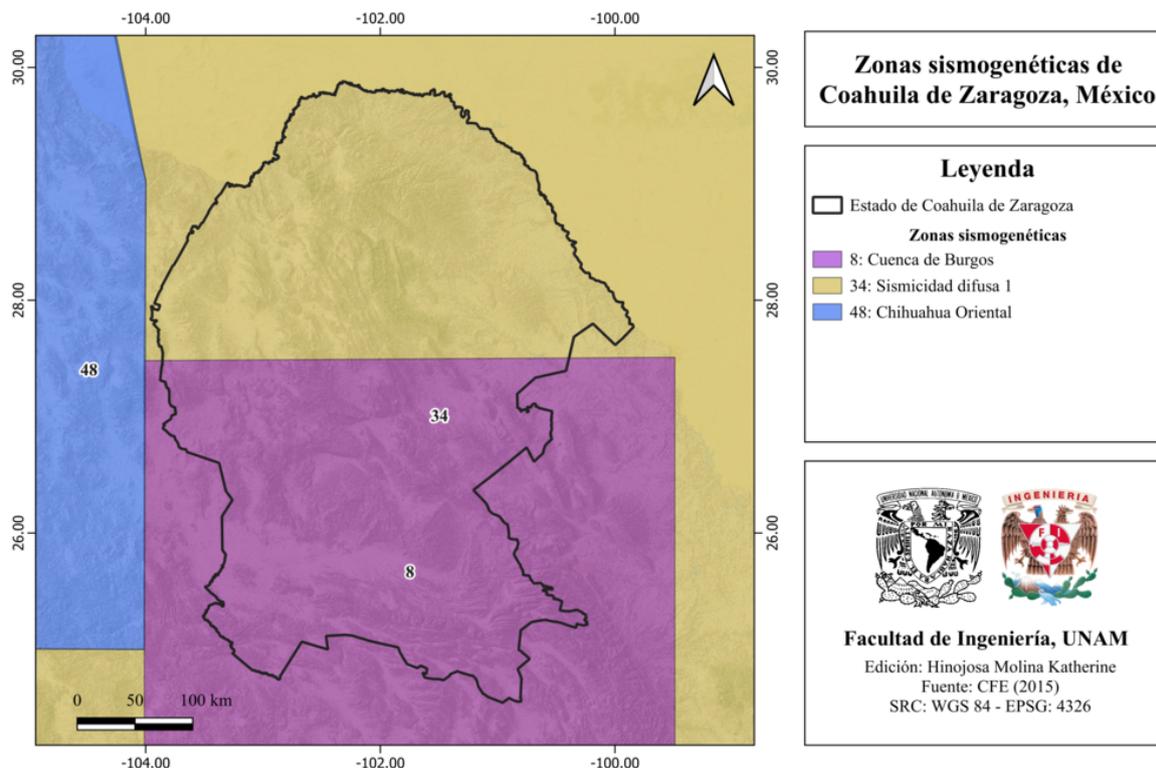


Figura 9.5: Regiones sísmogenéticas someras de Coahuila, México [Zúñiga et al., 2017].

### 9.3 Sísmicidad reportada por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) en el período 1900-2022

El Servicio Sismológico Nacional (SSN) ha reportado 163 sismos en el período comprendido entre el 1 de enero de 1900 al 31 de diciembre de 2022 (UTC), con magnitudes desde 2.3 hasta 4.6.

### 9.4 Sismos históricos

- **Sismo de Punta Santa Elena, Coahuila, 28 de abril de 1841, M6.2**

El 28 de abril de 1841 ocurrió un sismo de magnitud 6.2 aproximadamente 40 kilómetros al suroeste de Punta Santa Elena, en los límites de Coahuila y Zacatecas. El movimiento de este sismo fue percibido hasta 350 km de distancia en los estados de Nuevo León, Tamaulipas, Coahuila y Texas. Sosa et al., (2021) Este evento causó colapsos de casas así como el deceso de seis personas en Punta Santa Elena,

Coahuila. Así como daños severos en las haciendas Los Muertos y La Vaquera, en Saltillo [Sosa-Ramírez et al., 2021].

- **Sismo de Bavispe, Sonora, 3 de mayo de 1887, M7.6**

El sismo de Bavispe, Sonora ocurrió el 3 de mayo de 1887 y fue percibido desde la ciudad de Agua Prieta hasta el puerto de Mazatlán. Éste tuvo una magnitud estimada de 7.6 [Suárez and Hough, 2008] y ocurrió a las 22:13 UTC. A pesar de que no existen registros sísmicos de este evento, se estima que los daños leves en la escala modificada de Mercalli (intensidad VI) tuvieron lugar en distancias de hasta 200 kilómetros aproximadamente, en México como en Estados Unidos.

- **Sismo de Parral, Chihuahua, en 1928, M6.3**

El sismo de Parral ocurrió el 1 de noviembre de 1928 a las 04:12:54 UTC, tuvo una profundidad de 10 km y una magnitud de 6.3 Mw. Este ha sido uno de los sismos más grandes ocurridos dentro de la provincia de Cuencas y Sierras (Basin and Range). Se registró daño considerable en la Ciudad de Meoqui, a pesar de que ésta se encuentra a 125 km del epicentro. Este evento también fue percibido en varias regiones de Texas como El Paso, Canutillo y Valentine, donde se tuvieron intensidades en la escala de Mercalli de V, IV y V, respectivamente. Así como en Chihuahua en Santa Rosalía, Jiménez y la ciudad de Chihuahua, donde se tuvieron intensidades en la escala de Mercalli de VII, III, VI [Doser and Rodriguez, 1993].

## 9.5 Peligro por tsunami

El estado de Coahuila de Zaragoza no se encuentra expuesto a este fenómeno debido a que se encuentra a 350 km de la costa del Golfo de México.

## 9.6 Información general de peligro sísmico

### 9.6.1 Global de intensidades

No se cuenta con información.

### 9.6.2 Regionalización sísmica de acuerdo con la CFE (2015)

Coahuila de Zaragoza se encuentra dentro de la región A, correspondiente a sismicidad baja [CFE, 2015] (ver figura 9.6).

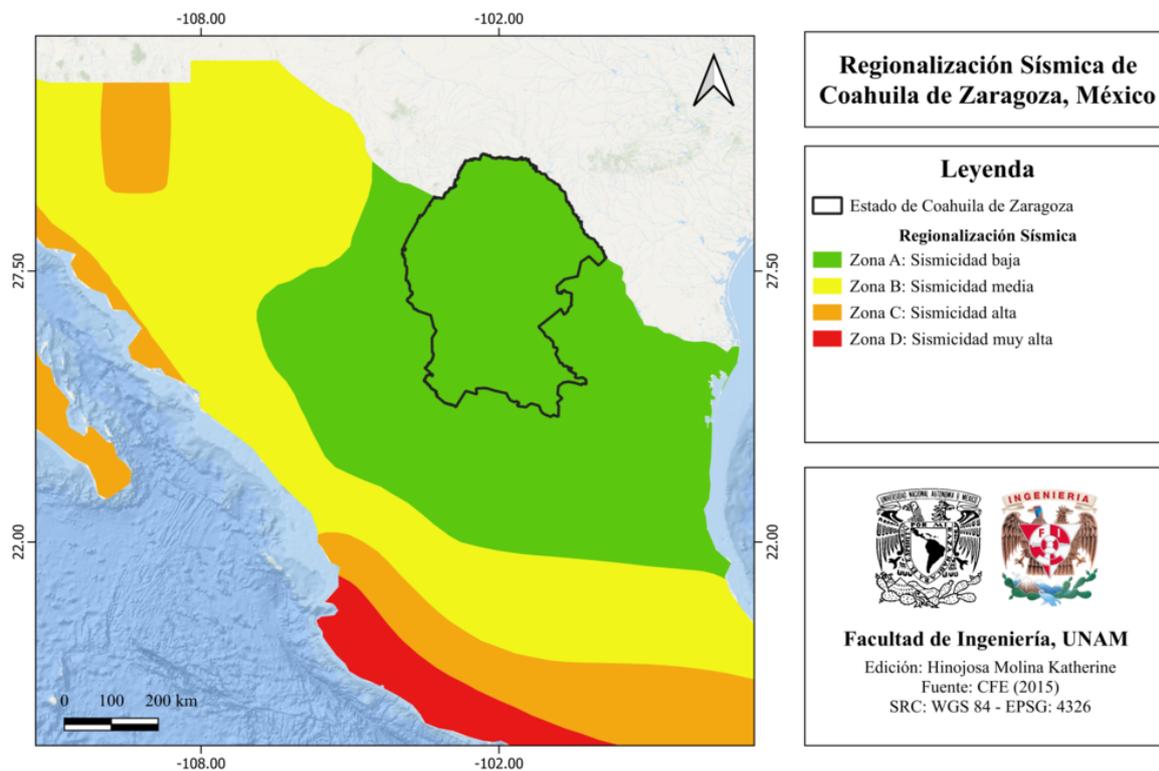


Figura 9.6: Regionalización sísmica de Coahuila de Zaragoza, México [CFE, 2015].

### 9.6.3 Parámetro Vs30 (USGS)

El mapa de velocidad de onda de corte, de acuerdo con el parámetro Vs30 de la USGS se muestra en la figura 9.7.

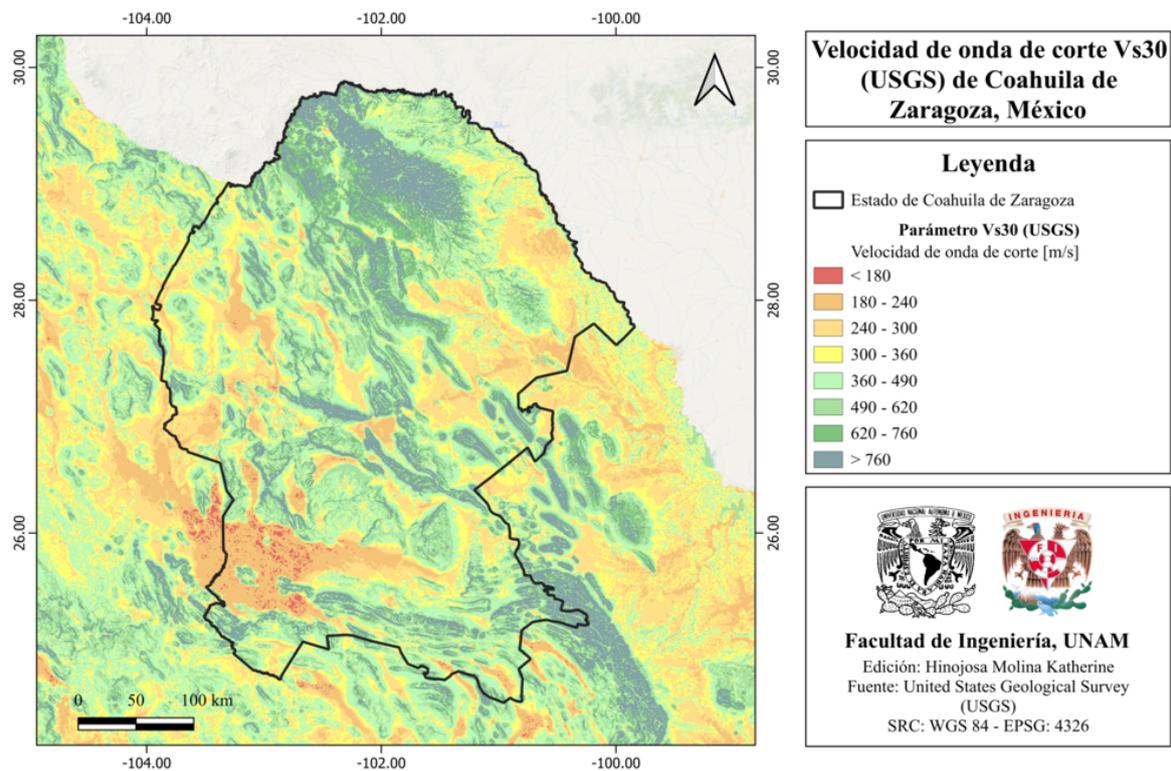


Figura 9.7: Velocidad de onda de corte Vs30 (USGS) de Coahuila de Zaragoza, México [Heath et al., 2020].

#### 9.6.4 Municipios con posibles efectos de sitio

En el mapa de la figura 9.8 se muestran los municipios de Coahuila de Zaragoza con posibles efectos de sitio.

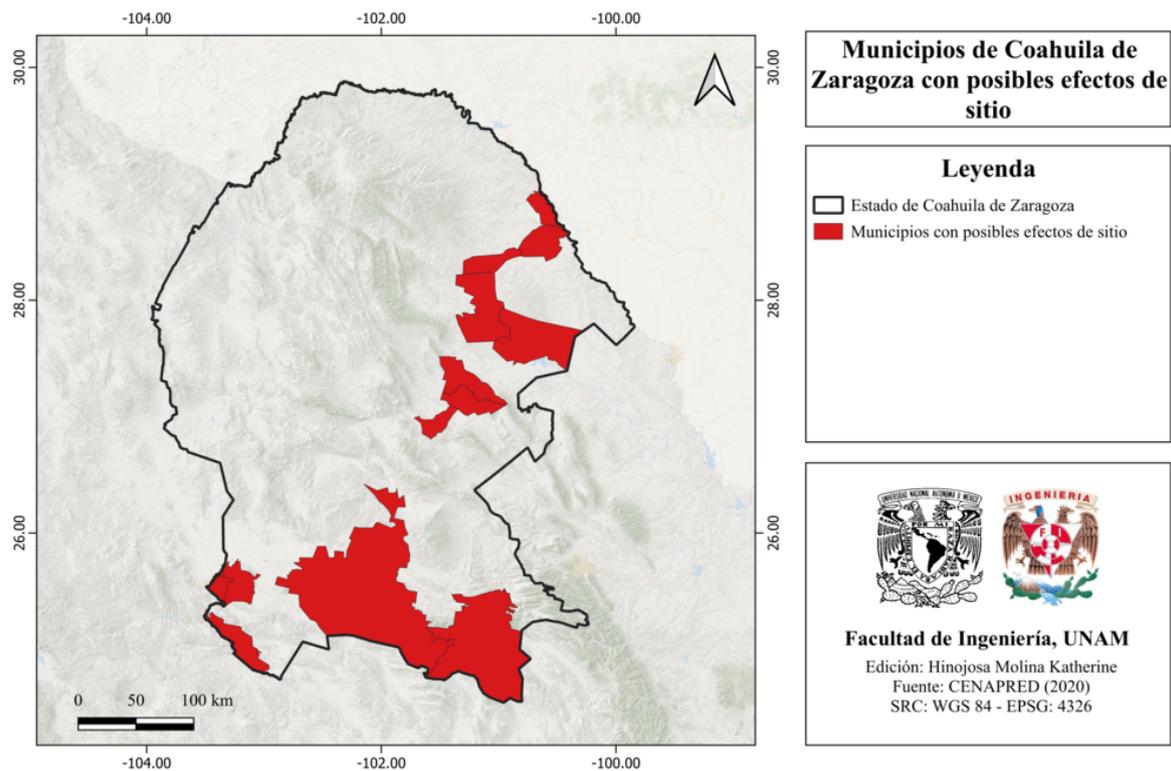


Figura 9.8: Municipios de Coahuila de Zaragoza con posibles efectos de sitio [Cenapred, 2020].

### 9.6.5 Municipios con reglamento de construcción de obras civiles

El estado de Coahuila cuenta con un reglamento estatal: Reglamento de Construcción del estado de Coahuila (1996), así como con ocho reglamentos municipales:

- Reglamento de Construcción del Municipio de Castaño (2009)
- Reglamento de Construcción del Municipio de Cuatro Ciénegas (2009)
- Reglamento de Construcción del Municipio de Parras (2008)
- Reglamento de Construcción del Municipio de Piedras Negras (2008)
- Reglamento de Construcción del Municipio de Sabinas (2008)
- Reglamento de Construcción del Municipio de San Juan de Sabinas (2010)
- Reglamento de Construcción del Municipio de Torreón (1993)
- Reglamento de Construcción del Municipio de Villa Unión (2007)

## 9.7 Secuencias sísmicas (enjambres) reportadas por el Servicio Sismológico Nacional (SSN)

No existen registros de secuencias sísmicas en la entidad.

## 9.8 Estaciones de registro sísmico en el estado

La Red de Banda Ancha del Servicio Sismológico Nacional (SSN) tiene una estación sísmica MCIG: Múzquiz, en el estado de Coahuila (ver figura 9.9).

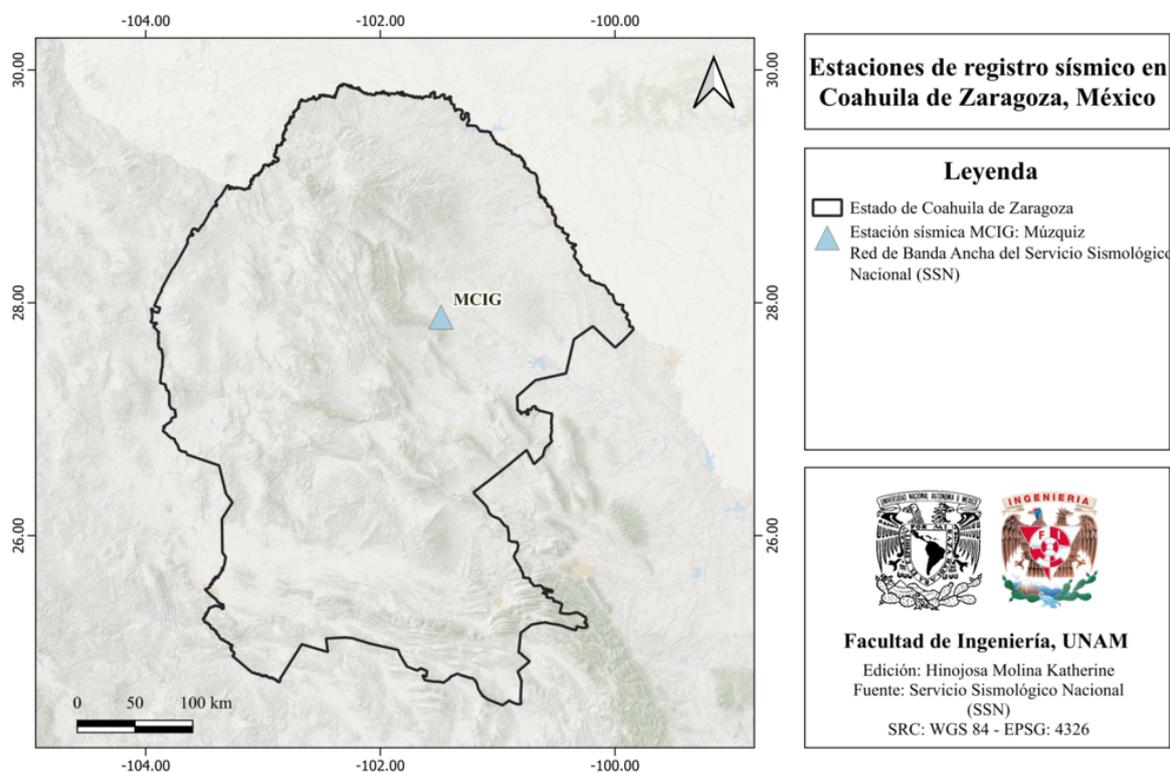


Figura 9.9: Estaciones de registro sísmico en Coahuila de Zaragoza, México [SSN, 2023].

## 9.9 Instituciones educativas que han realizado estudios en alguna zona del estado o en sus cercanías

La Universidad Autónoma de Nuevo León ha realizado estudios en Coahuila de Zaragoza.

## 9.10 Estudios de sismicidad o de peligro sísmico en alguna zona del estado

- Alonso-Manuel, F., Fitz-Díaz, E., y Gutiérrez-Navarro, R. (2020). Estimación de desplazamiento mínimo en fallas inversas de alto ángulo: caso de estudio en la Falla de San Marcos, Coahuila. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 72(1).
- Montalvo Arrieta, J. C. (2009). El potencial de riesgo sísmico en el noreste de México y sus implicaciones en la zona metropolitana de Monterrey, NL. *Ciencia UANL*, 12(4).
- Sosa-Ramírez, R. L., Paz-Martínez, E. G., y Montalvo-Arrieta, J. C. (2021). The MW 6.2 Punta Santa Elena (Coahuila-Zacatecas) earthquake of 28 April 1841, the largest documented pre-instrumental event and its implications on seismic hazard in Northeastern Mexico. *Journal of Seismology*, 25, 477-485.

# Capítulo 10

## Colima

### 10.1 Localización y provincias fisiográficas

#### 10.1.1 Localización

El estado de Colima se ubica en la región oeste del país, colinda al norte y oeste con Jalisco, al este con Michoacán y al sur con el Océano Pacífico.

#### 10.1.2 Provincias fisiográficas

El estado de Colima forma parte de dos provincias fisiográficas (ver figura 10.1):

- Eje Neovolcánico
- Sierra Madre del Sur

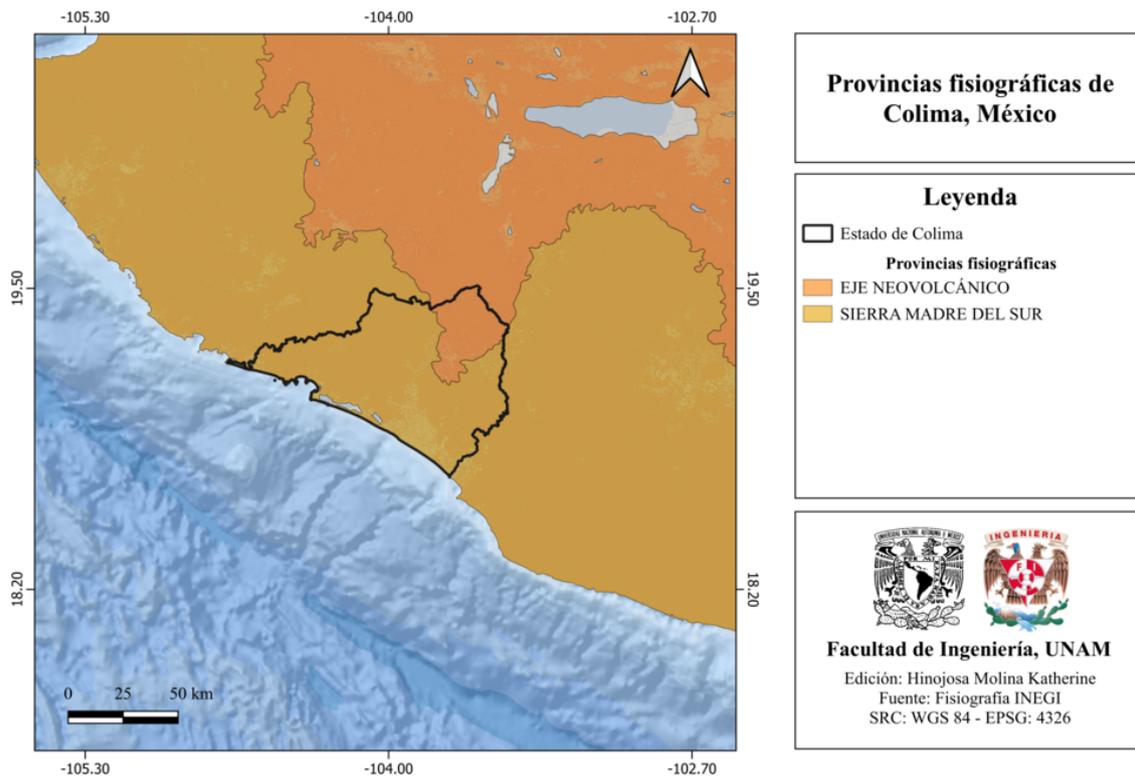


Figura 10.1: Provincias fisiográficas de Colima, México [INEGI, 2001].

### 10.1.3 Subprovincias fisiográficas

Al mismo tiempo, Colima forma parte de las siguientes subprovincias fisiográficas (ver figura 10.2):

- Cordillera Costera del Sur
- Sierras de la Costa de Jalisco y Colima
- Volcanes de Colima

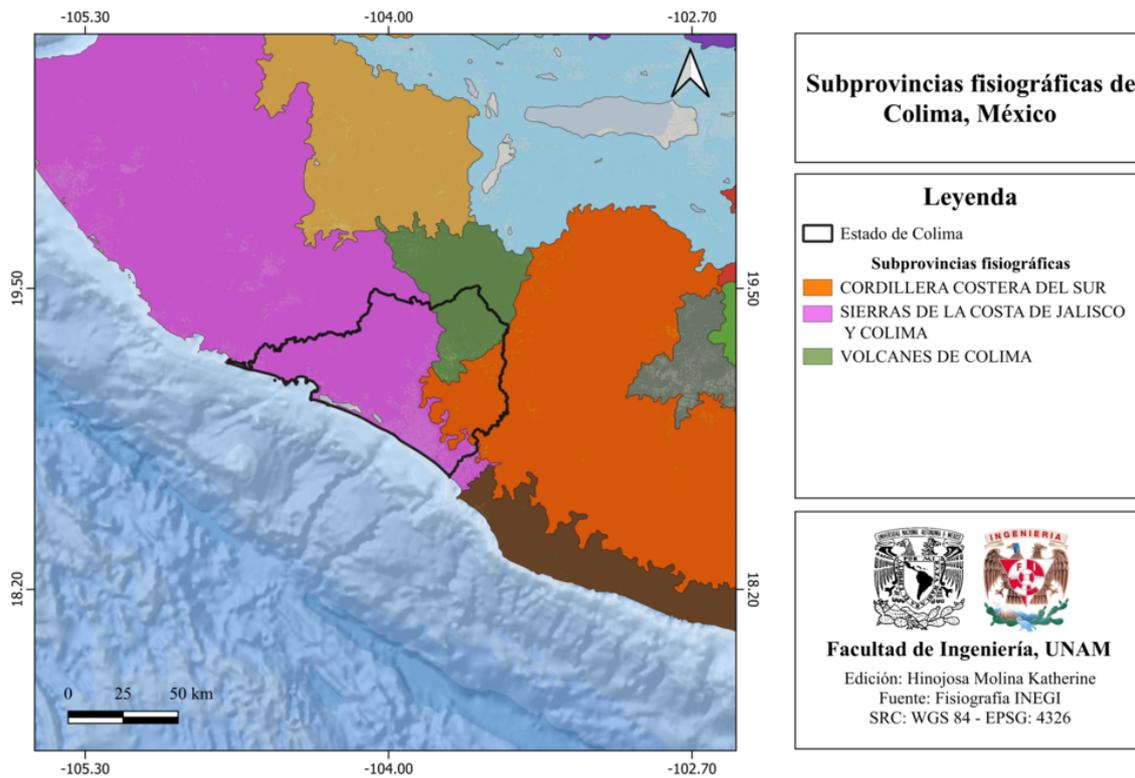


Figura 10.2: Subprovincias fisiográficas de Colima, México [INEGI, 2001].

#### 10.1.4 Rasgos geológicos estructurales

De acuerdo con el mapa de rasgos estructurales de Colima (ver figura 10.3), el estado cuenta con estructuras de tipo anticlinal, anticlinal recumbente, fracturas y fallas normales.

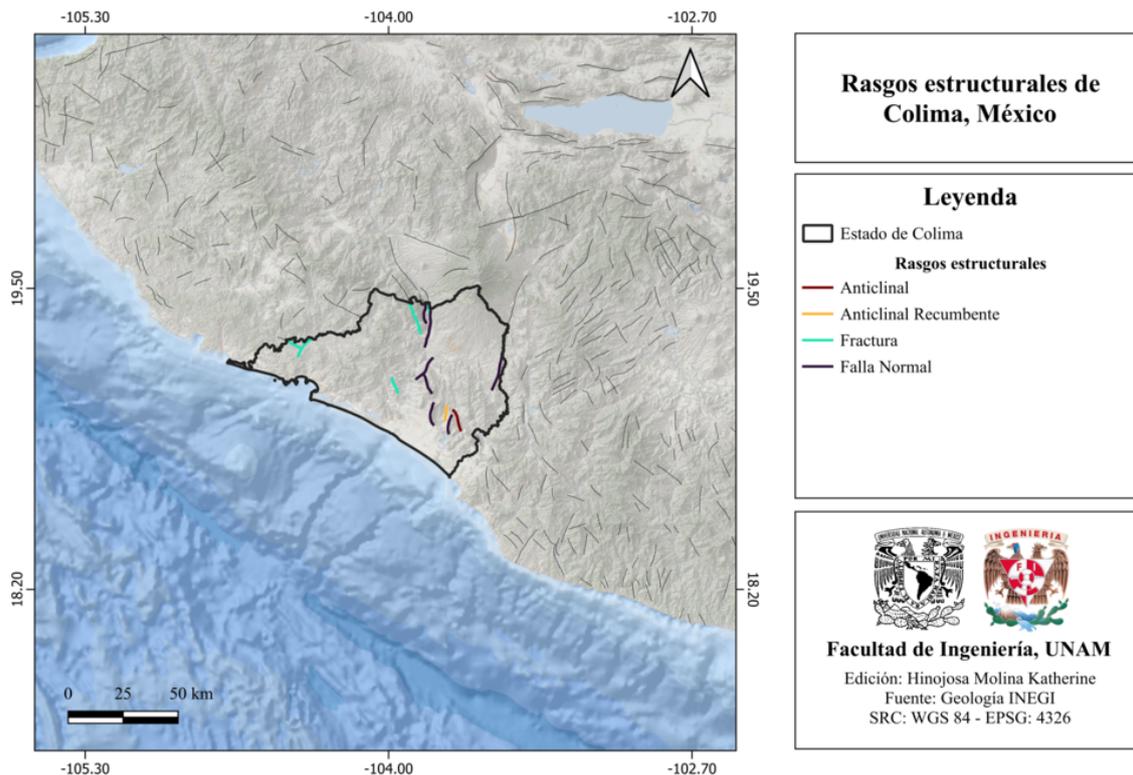


Figura 10.3: Rasgos estructurales de Colima, México [INEGI, 2002].

## 10.2 Zonas sismogénéticas (sismotectónicas)

### 10.2.1 Zonas sismogénéticas de acuerdo con Zúñiga et al., (2017)

Colima es parte de las siguientes zonas sismogénéticas [Zúñiga et al., 2017]:

#### Zonas sismogénéticas someras ( $h < 40$ km)

- **MVB**: Zona de eventos intraplaca de la parte somera ( $h < 15$  km) de la placa Norteamericana, asociado a esfuerzos tensionales en el centro de México. Estos esfuerzos están relacionados con la ubicación de la Faja Volcánica Transmexicana ( $h < 20$  km).
- **SMO**: Zona de eventos intra-placa (corticales en la placa de Norteamérica). Provincia tectónica de la Sierra Madre. ( $h < 20$  km).
- **SUB1**: Zona de eventos de subducción de acoplamiento intermedio. Zona de transi-

ción entre la convergencia de las placas de Rivera y Norteamérica y la convergencia de la placa de Cocos y Norteamérica.

- **SUB2:** Zona de eventos de subducción de acoplamiento fuerte. Convergencia entre la placa de Cocos y Norteamérica ( $h < 40$  km).

En el mapa de la figura 10.4 se muestran las zonas sismogénicas someras de Colima, México.

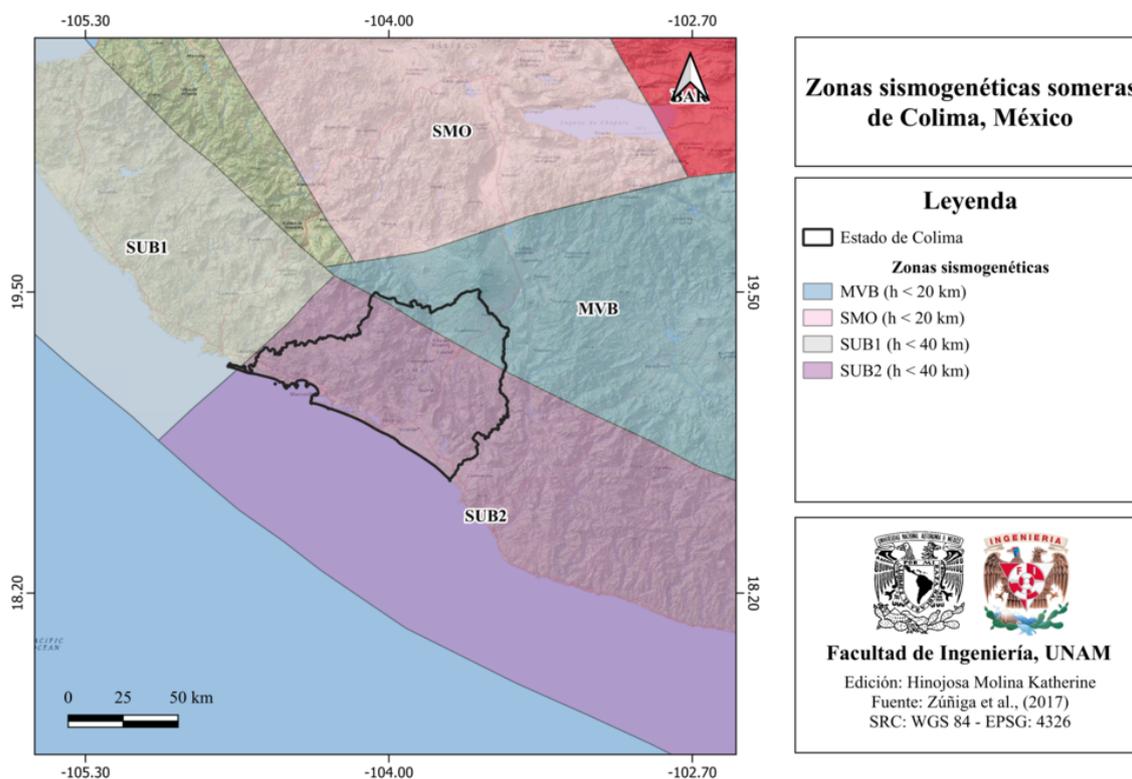


Figura 10.4: Zonas sismogénicas someras de Colima, México [Zúñiga et al., 2017].

### Zonas sismogénicas de profundidad intermedia ( $h > 40$ km)

- **IN1:** Zona de eventos intraplaca en la placa de Cocos ( $40 \text{ km} \leq h < 180$  km). Es la extensión en profundidad de la zona SUB2.

Las zonas sismogénicas de profundidad intermedia de Colima, México se muestran en la figura 10.5.

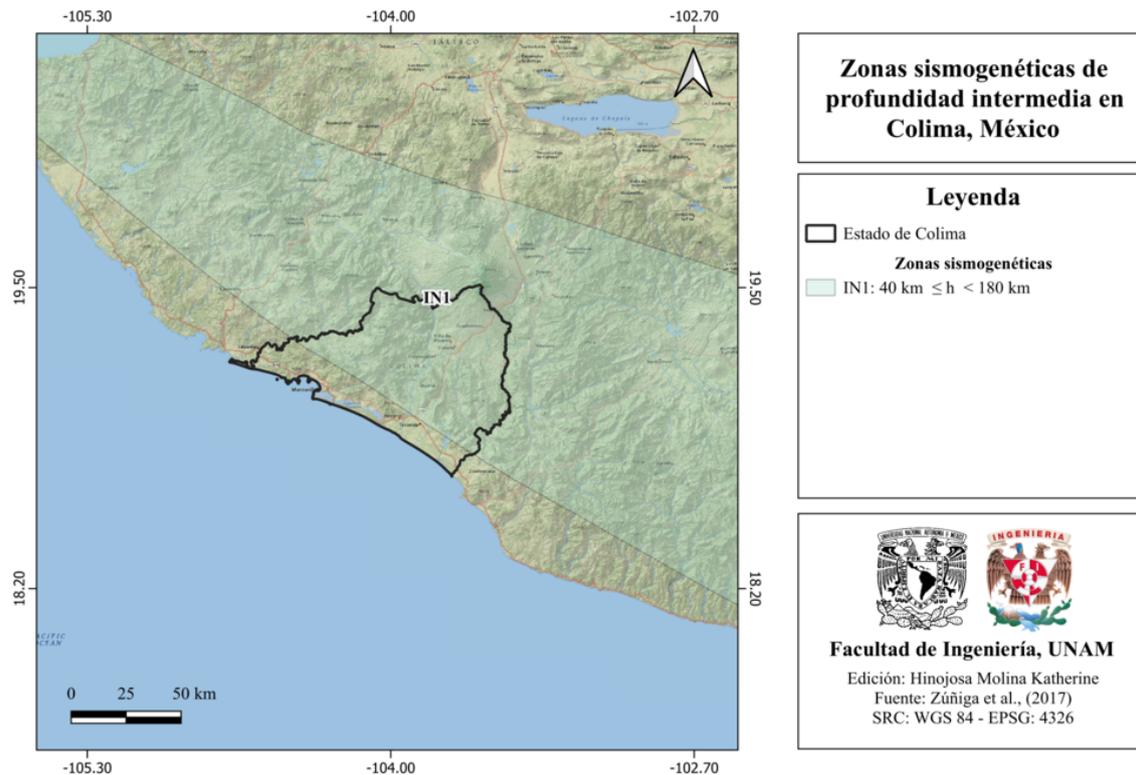


Figura 10.5: Zonas sismogénicas de profundidad intermedia de Colima, México [Zúñiga et al., 2017].

### 10.2.2 Zonas sismogénicas de acuerdo con la Comisión Federal de Electricidad (2015)

Colima es parte de las siguientes zonas sismogénicas [CFE, 2015]:

#### Zonas generadoras de sismos superficiales

- **Región 32:** Intraplaca
- **Región 33:** Eje Volcánico

Las zonas generadoras de sismos superficiales de Colima se muestran en el mapa de la figura 10.6.

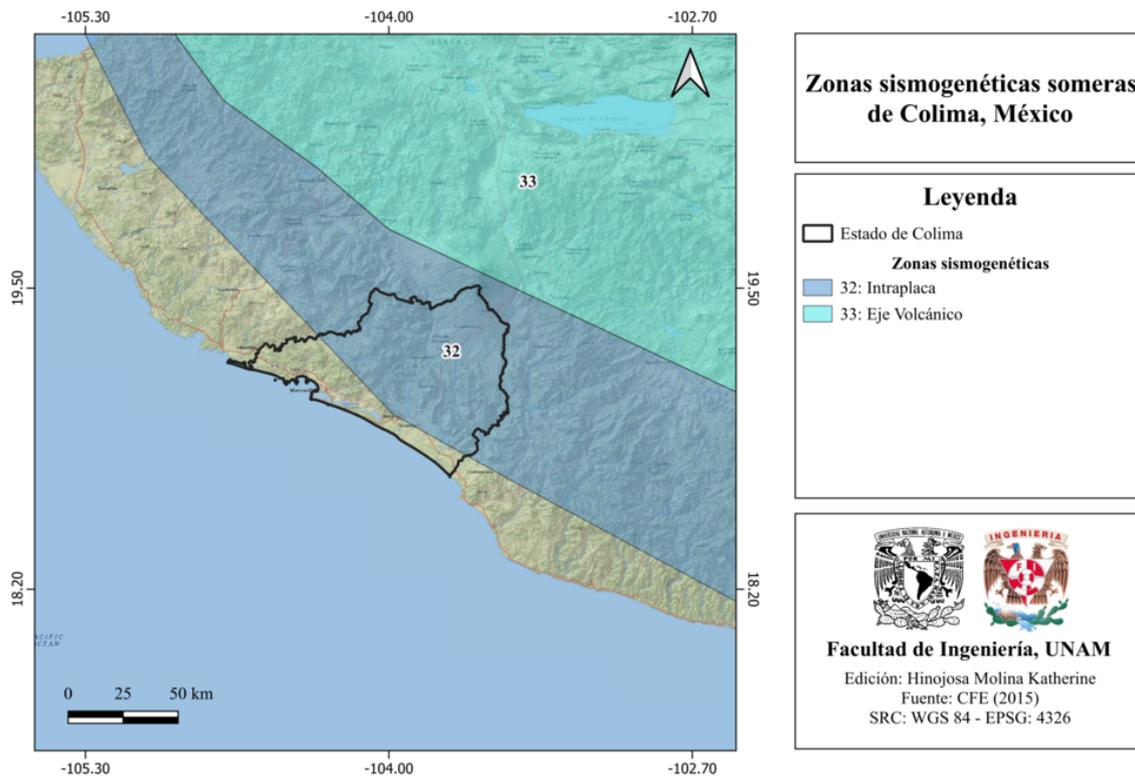


Figura 10.6: Zonas sismogénicas someras de Colima, México [CFE, 2015].

## Zonas generadoras de sismos de profundidad intermedia

- **28:** Profundidad intermedia Oeste Nueva

Las zonas generadoras de sismos de profundidad intermedia en Colima se muestran en el mapa de la figura 10.7.

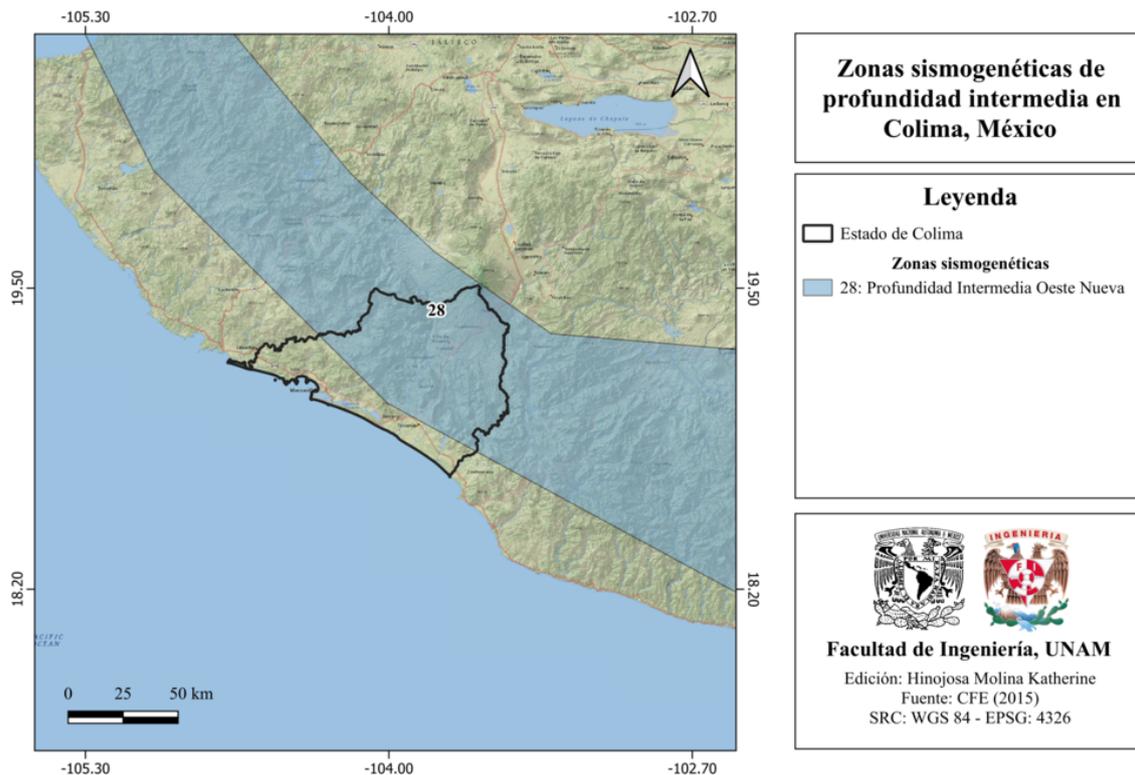


Figura 10.7: Zonas sismogénicas de profundidad intermedia de Colima, México [CFE, 2015].

## Zonas fuente de grandes sismos de subducción $M > 7$ en Colima, México

- **22:** Subducción Colima 1
- **23:** Subducción Brecha de Colima
- **24:** Subducción Jalisco

Las zonas fuente de grandes sismos de subducción  $M > 7$  en Colima, se muestran en el mapa de la figura 10.8.

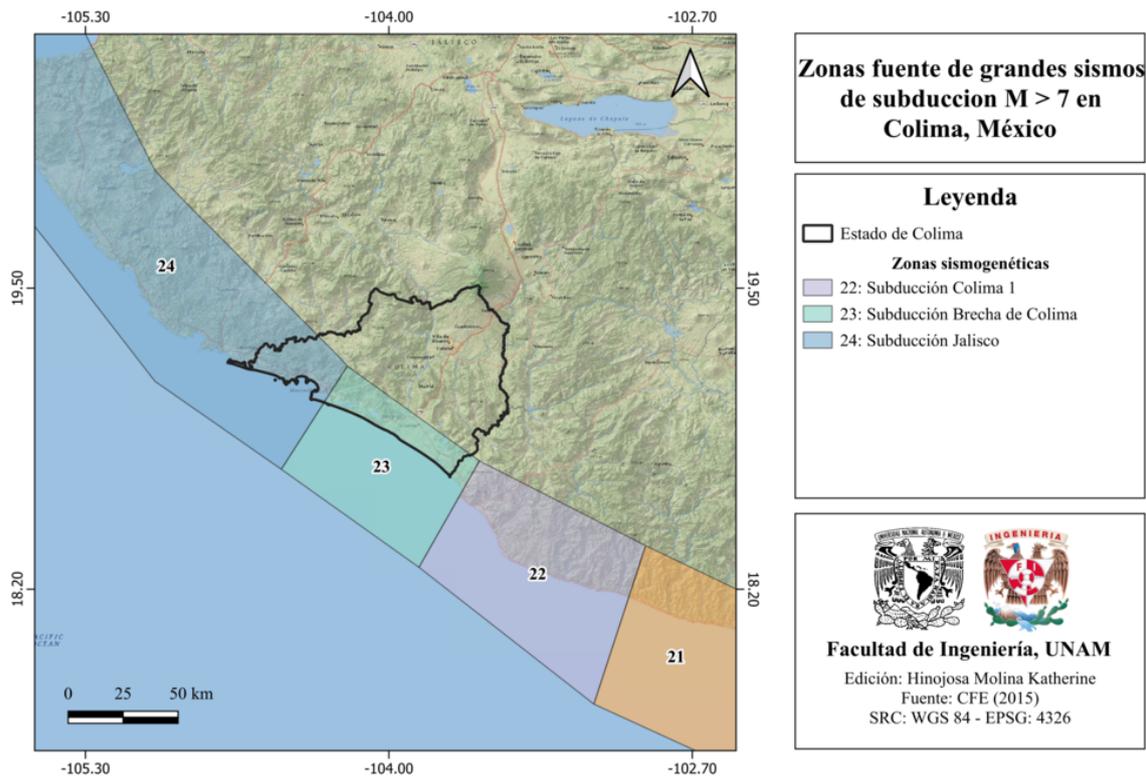


Figura 10.8: Zonas fuente de grandes sismos de subducción  $M > 7$  en Colima, México [CFE, 2015].

## Zonas fuente de grandes sismos de subducción $M < 7$ en Colima, México

- **25:** Jalisco Nuevo
- **26:** Guerrero - Michoacán Nuevo

Las zonas fuente de grandes sismos de subducción  $M < 7$  en Colima, se muestran en el mapa de la figura 10.9.

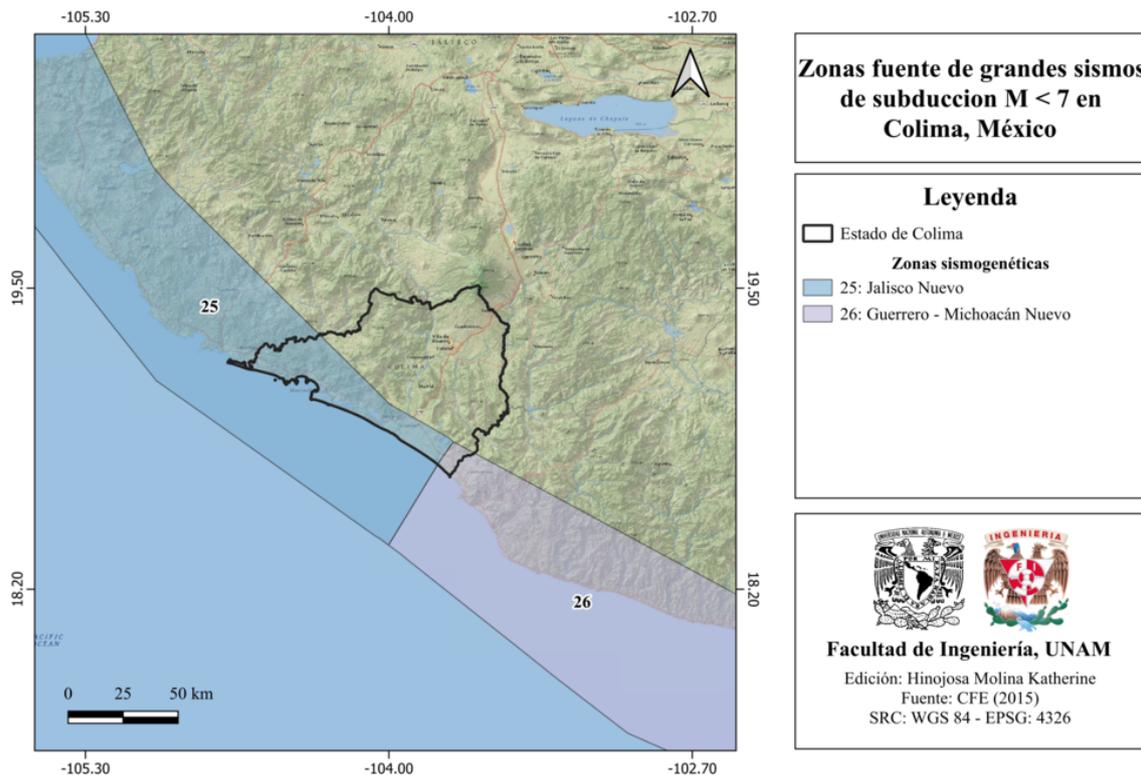


Figura 10.9: zonas fuente de grandes sismos de subducción  $M < 7$  en Colima, México [CFE, 2015].

### 10.3 Sismicidad reportada por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) en el período 1900-2022

El Servicio Sismológico Nacional (SSN) ha reportado 8 314 sismos reportados del 1900-01-01 al 2023-10-13 (UTC), con magnitudes desde 2.2 hasta 8.0.

#### 10.4 Sismos históricos

- **3 de junio de 1932, M 8.2**

El 3 de junio de 1932 a las 04:36:52 (hora local) ocurrió un sismo de magnitud 8.2, tuvo una profundidad de 33 km y fue localizado a 4 km al sureste de Casimiro Castillo, Jalisco, en las costas de Colima-Jalisco. Este sismo ha sido ubicado entre las placas de Rivera y Norteamérica. Posterior a este evento, le siguieron otros dos eventos de magnitudes 7.8 y 6.9 los días 18 y 22 de junio del mismo año. Éste

último sismo generó un tsunami más devastador que el del evento principal. En cuestión de daños, este sismo cobró la vida de aproximadamente 400 personas y dañó severamente a varios edificios principalmente de Manzanillo. (SSN) El mapa de intensidades de este sismo se muestra en la figura 10.10.

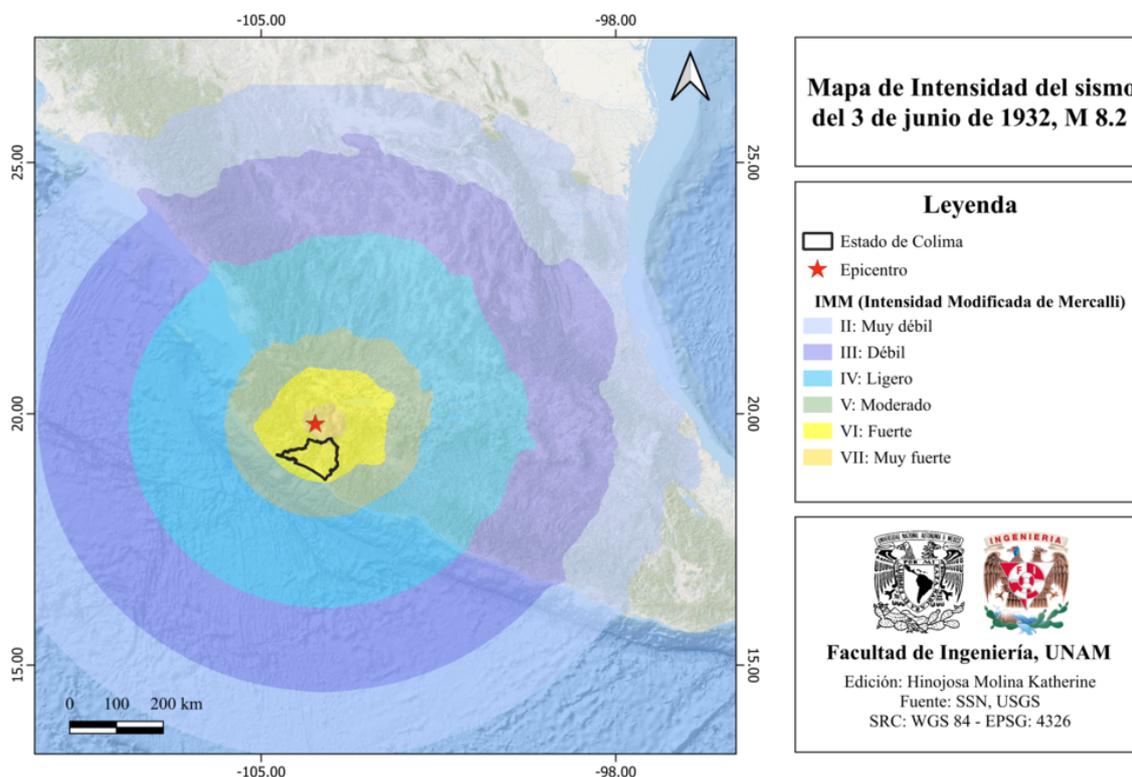


Figura 10.10: Mapa de intensidad del sismo del 3 de junio de 1932, M 8.2 [SSN, 2023].

- **18 de junio de 1932, M 7.8**

El 18 de junio de 1932 a las 04:12:10 (hora local) ocurrió un sismo de magnitud 7.8, localizado a 14 km al suroeste de Tuxpan, Jalisco, a una profundidad de 33 km. Este evento fue una de las réplicas del sismo del 3 de junio del mismo año. El mapa de intensidad de este sismo se muestra en la figura 10.11.

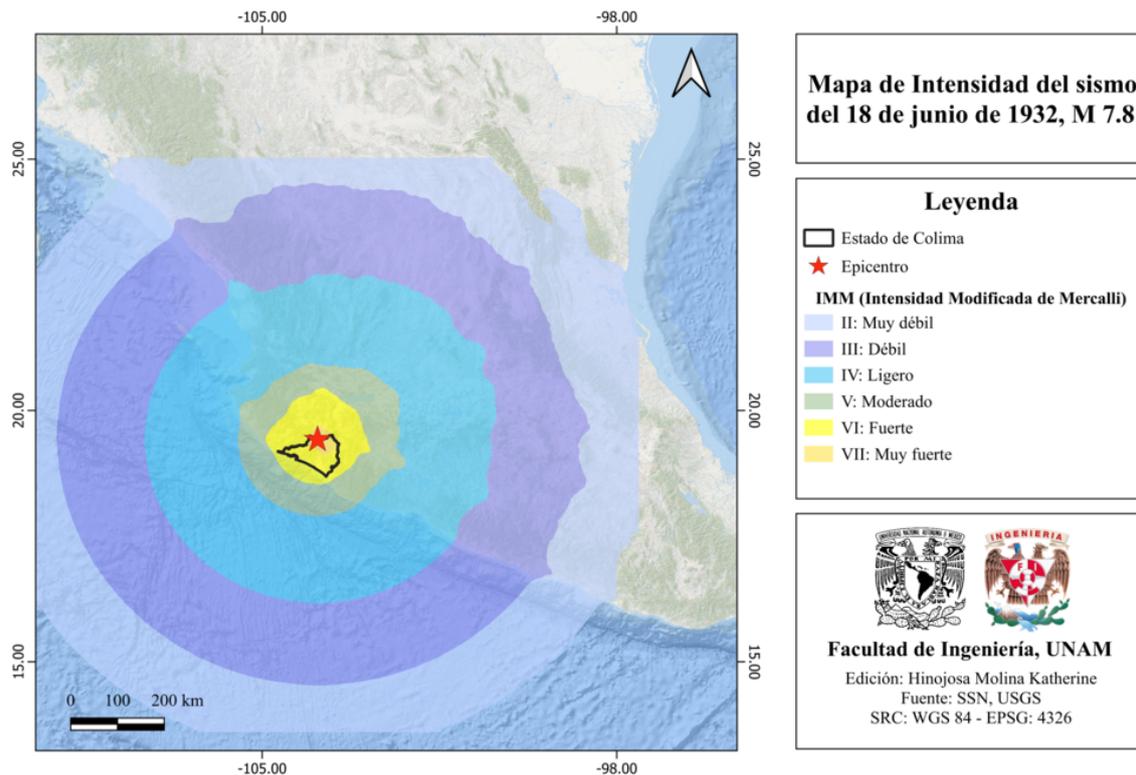


Figura 10.11: Mapa de intensidad del sismo del 18 de junio de 1932, M 7.8 [SSN, 2023].

- **22 de junio de 1932, M 6.9**

El 22 de junio de 1932 a las 06:59:28 (hora local) ocurrió un sismo de magnitud 6.9 y profundidad de 33 km, ubicado a 52 km al suroeste de Manzanillo, Colima. Este evento fue una de las réplicas del sismo del 3 de junio. A este evento se le conoce como “Terremoto-tsunami” [Okal and Borrero, 2011], debido al gran tsunami que provocó, el cual tuvo una altura de hasta 10 metros que provocó la muerte de al menos 75 personas y aproximadamente 100 heridos. El mapa de intensidad de este sismo se muestra en la figura 10.12.

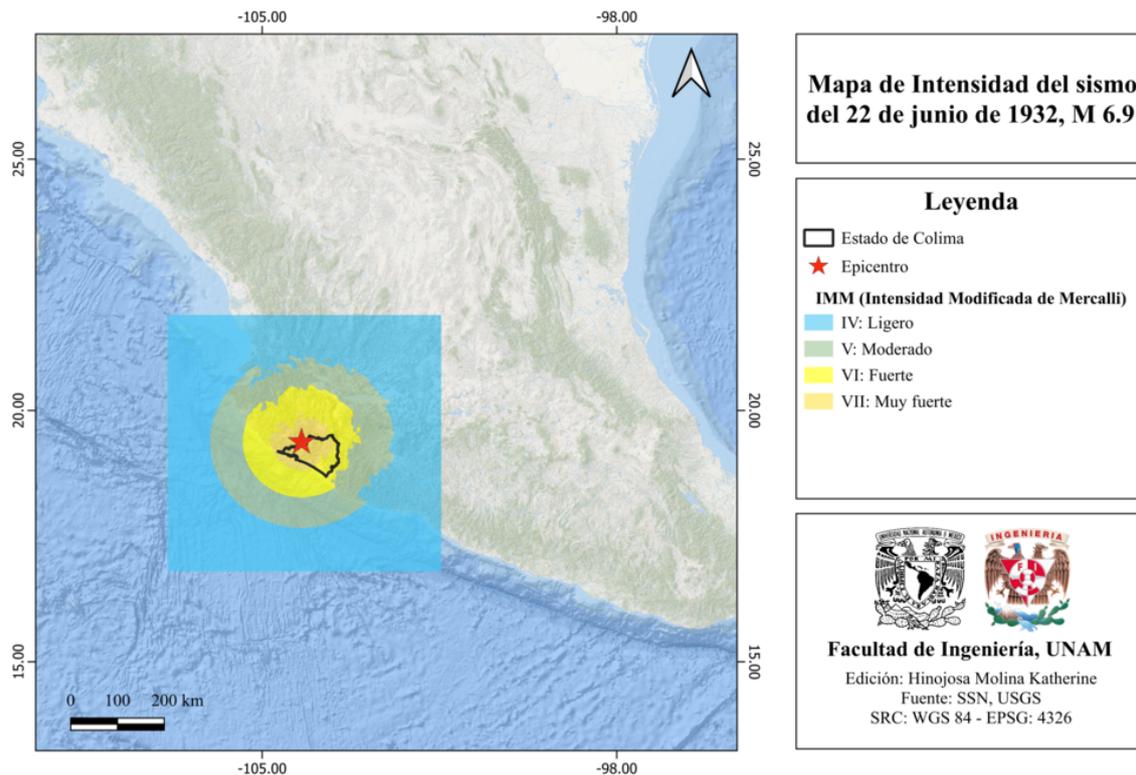


Figura 10.12: Mapa de intensidad del sismo del 22 de junio de 1932, M 6.9 [SSN, 2023].

- **9 de octubre de 1995, M 8.0**

Este sismo ocurrió el 9 de octubre de 1995 a las 09:35:54 (hora local), tuvo una magnitud de 8.0 y se localizó a 10 km al sureste de Manzanillo, Colima a una profundidad de 25 km. Este evento ocasionó la muerte de 58 personas y múltiples heridos, además grandes daños a la infraestructura pública y privada. Se generó un tsunami que afectó las costas de Jalisco y Colima, a lo largo de 120 km de costas del Pacífico, desde Bahía Tenacatita en Jalisco hasta Manzanillo en Colima. (CAT-SEMAR). El mapa de intensidad de este sismo se muestra en la figura 10.13.

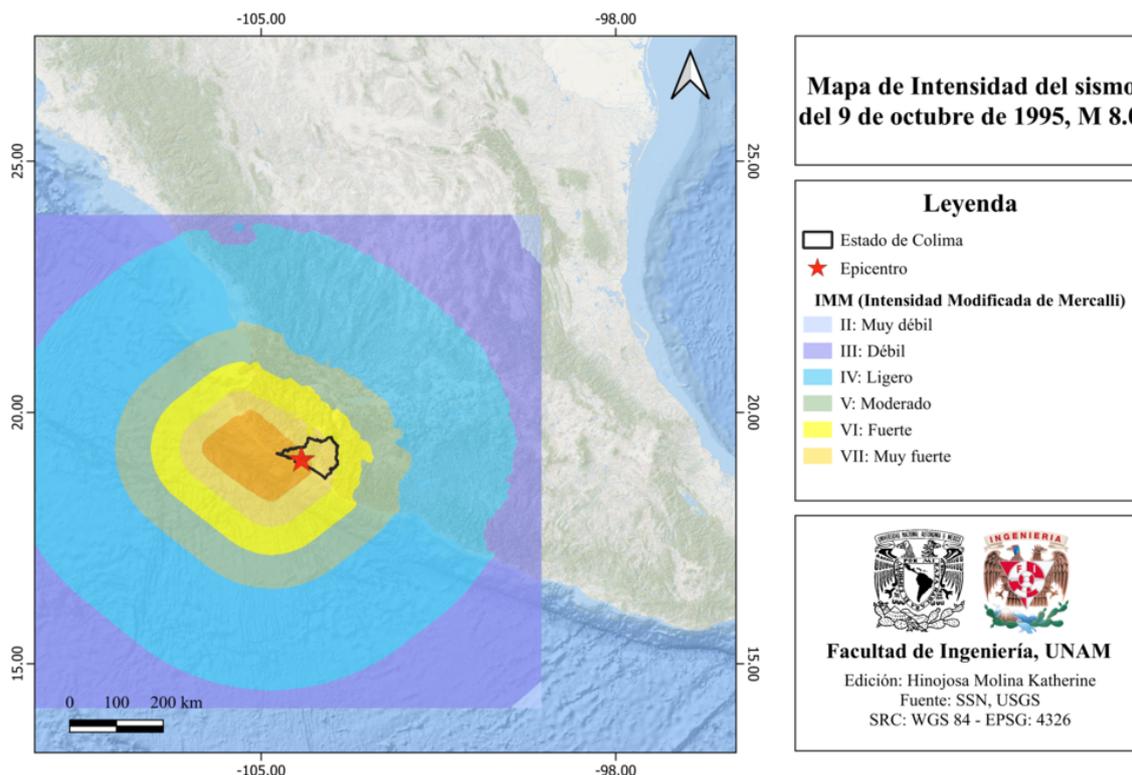


Figura 10.13: Mapa de intensidad del sismo del 9 de octubre de 1995, M 8.0 [SSN, 2023].

- **21 de enero de 2003, M 7.6**

El sismo de Tecmán, conocido así por ubicarse frente al poblado de Coyutlán, en el municipio de Tecmán, Colima, ocurrió frente a la costa del Pacífico el día 21 de enero de 2003 a las 20:06:34 horas del tiempo local (UTC 02:06:34 horas del 22 de enero de 2003). De acuerdo con datos del global CMT Harvard, el sismo tuvo una profundidad de 16 km, magnitud de 7.5 Mw y magnitud de onda de superficie Ms 7.6. Se conoce que hubo 21 lamentables decesos a consecuencia del sismo de Tecmán. [Colorado Lango et al., 2003]. En el punto de máxima emergencia fueron habilitados 9 centros de atención a damnificados a lo largo de todo el estado, donde se atendieron aproximadamente 2 mil personas. Todos los municipios estuvieron dentro de la declaratoria de desastre; no obstante, en los municipios de Comala, Minatitlán y Cuauhtémoc los daños fueron mínimos o inexistentes.

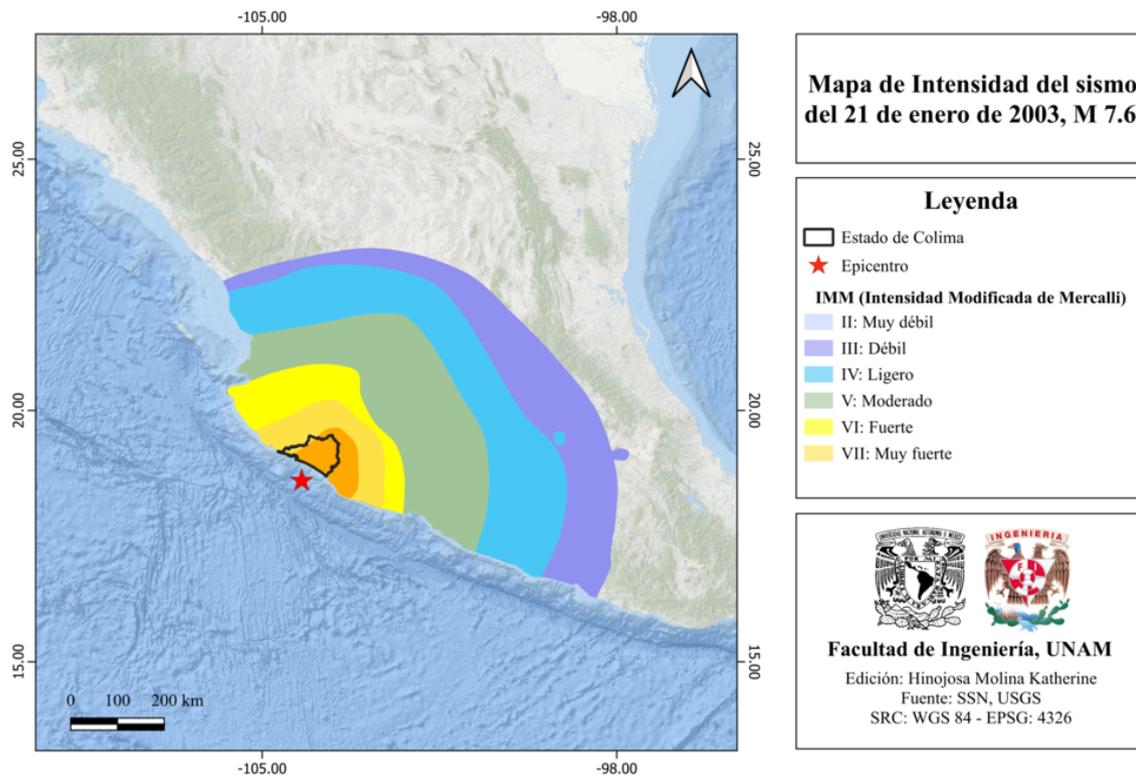


Figura 10.14: Mapa de intensidad del sismo del 21 de enero de 2003, M 7.6 [SSN, 2023].

## 10.5 Peligro por tsunami

La costa del estado de Colima es considerada como zona generadora de tsunamis locales y receptora de tsunamis lejanos, tal como se muestra en el mapa de la figura 10.15.

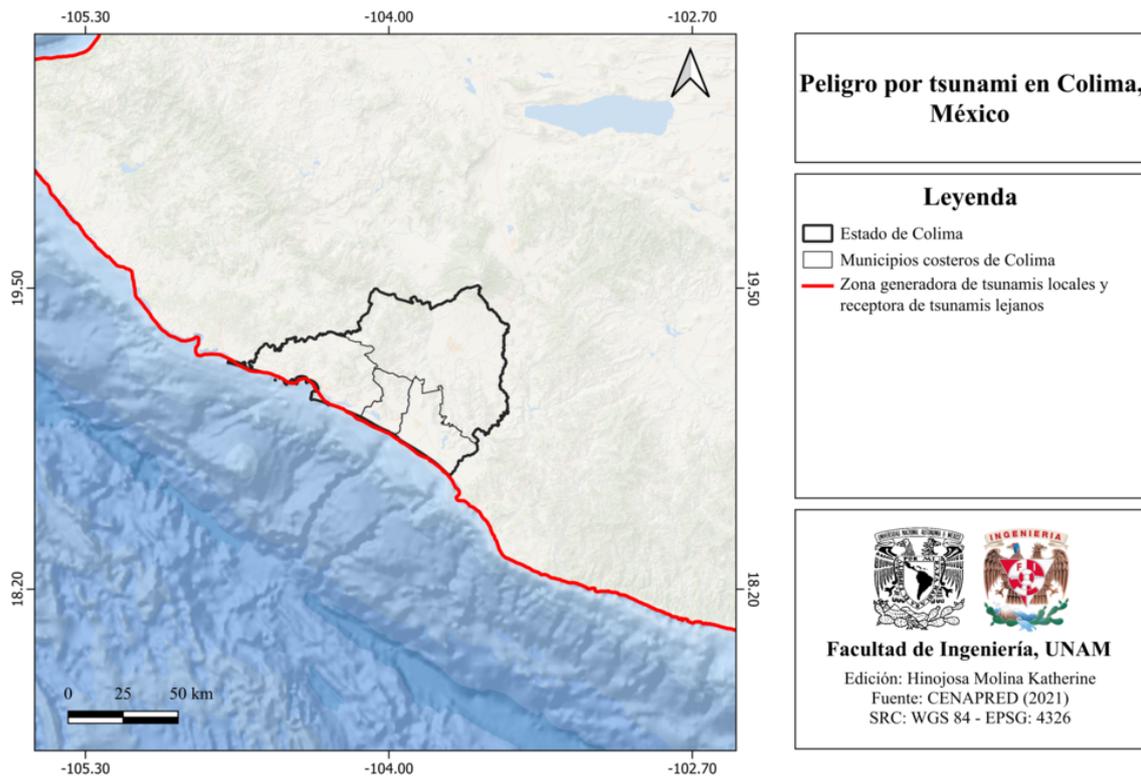


Figura 10.15: Peligro por tsunami en Colima, México [Cenapred, 2021].

## 10.6 Información general de peligro sísmico

### 10.6.1 Global de intensidades

El mapa global de intensidades de Colima, se muestra en la figura 10.16.

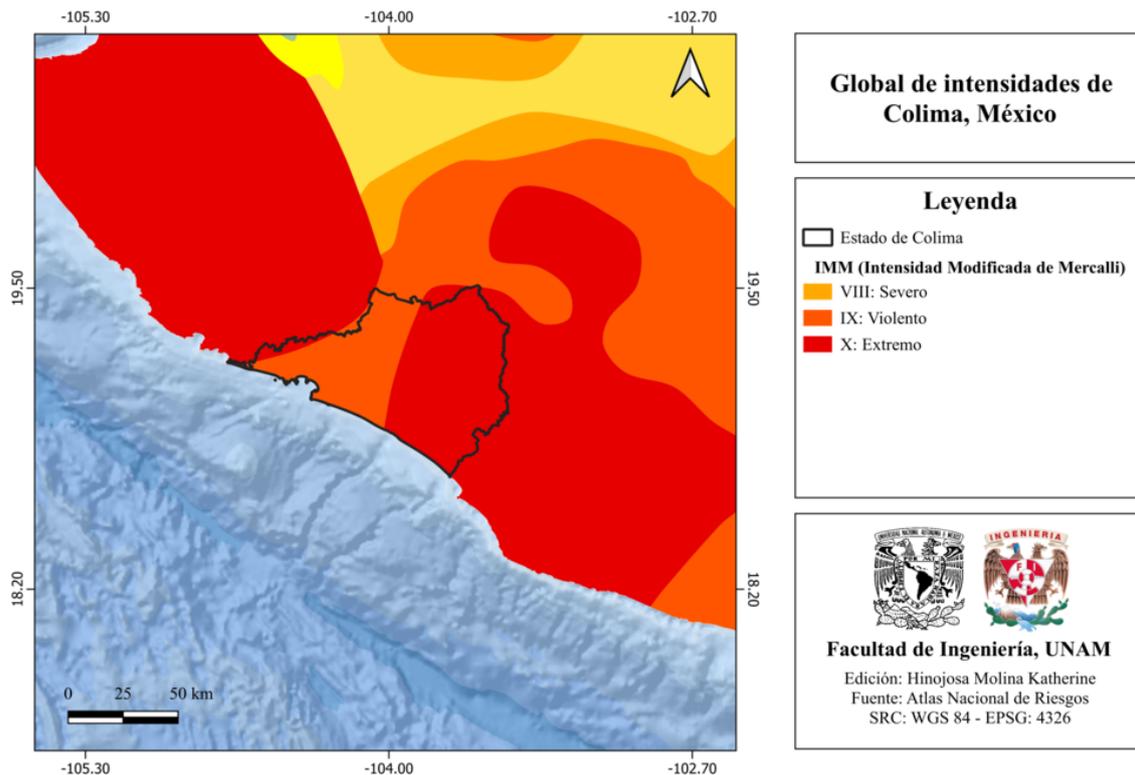


Figura 10.16: Global de intensidades de Colima, México [ANR-Cenapred, 2016].

### 10.6.2 Regionalización sísmica de acuerdo con la CFE (2015)

De acuerdo con la regionalización sísmica de la República Mexicana de la Comisión Federal de Electricidad (2015), Colima se encuentra dentro de las zona D correspondiente a sismicidad muy alta (ver figura 10.17).

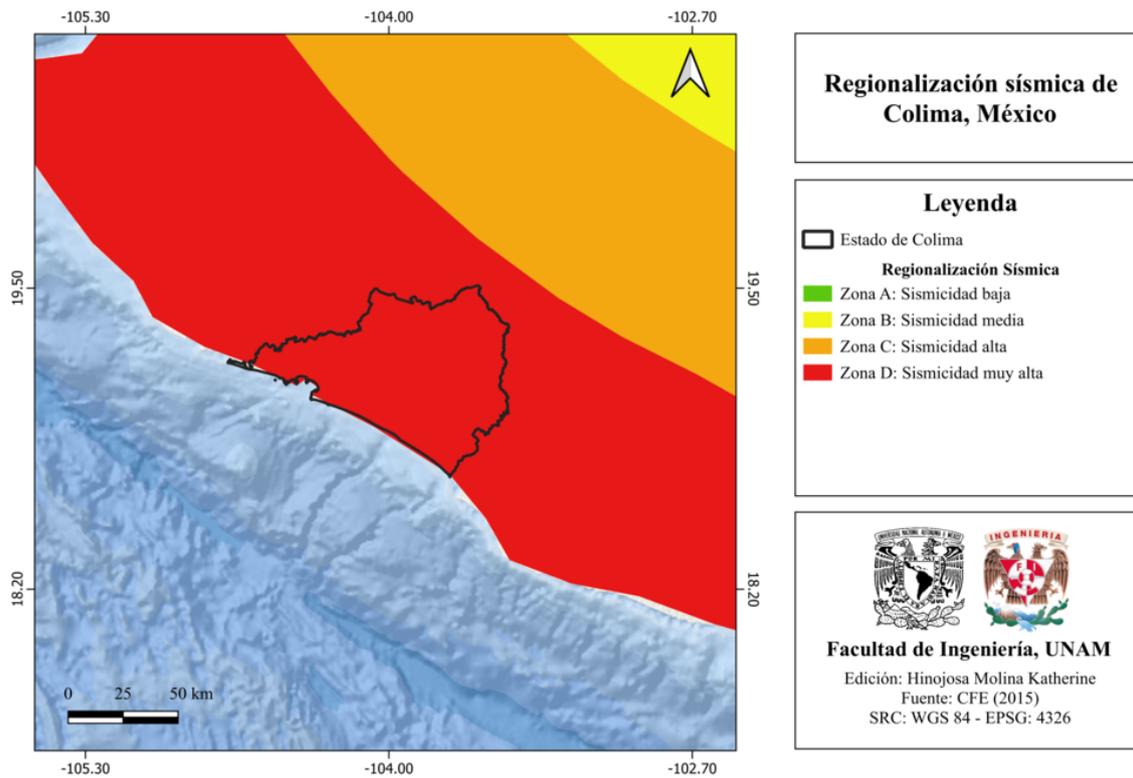


Figura 10.17: Regionalización sísmica de Colima, México [CFE, 2015].

### 10.6.3 Parámetro Vs30 (USGS)

De acuerdo con la clasificación del parámetro Vs30 (USGS), Jalisco tiene el mapa de velocidad de onda de corte que se muestra en la figura 10.18.

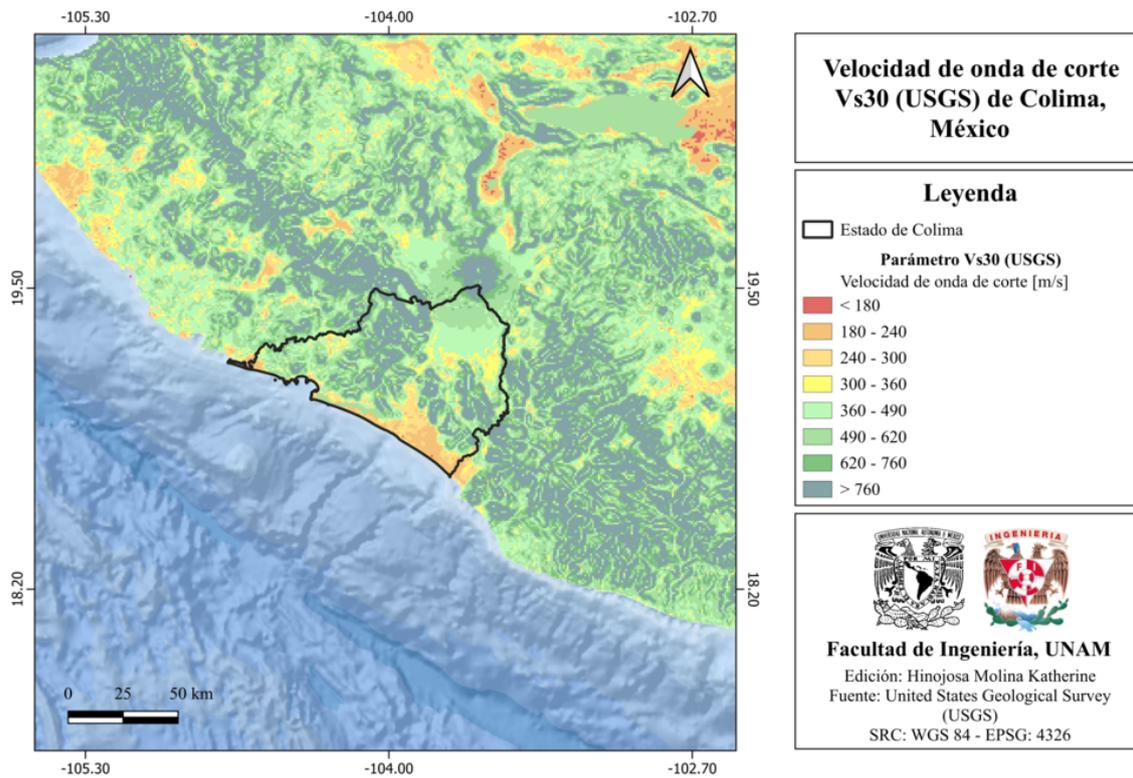


Figura 10.18: Velocidad de onda de corte Vs30 (USGS) de Colima, México [Heath et al., 2020].

#### 10.6.4 Municipios con posibles efectos de sitio

No se cuenta con información.

#### 10.6.5 Municipios con peligro de deslizamiento por sismo

En el mapa de la figura 10.19 se muestran los municipios con peligro de deslizamiento por sismo [Cenapred, 2020].

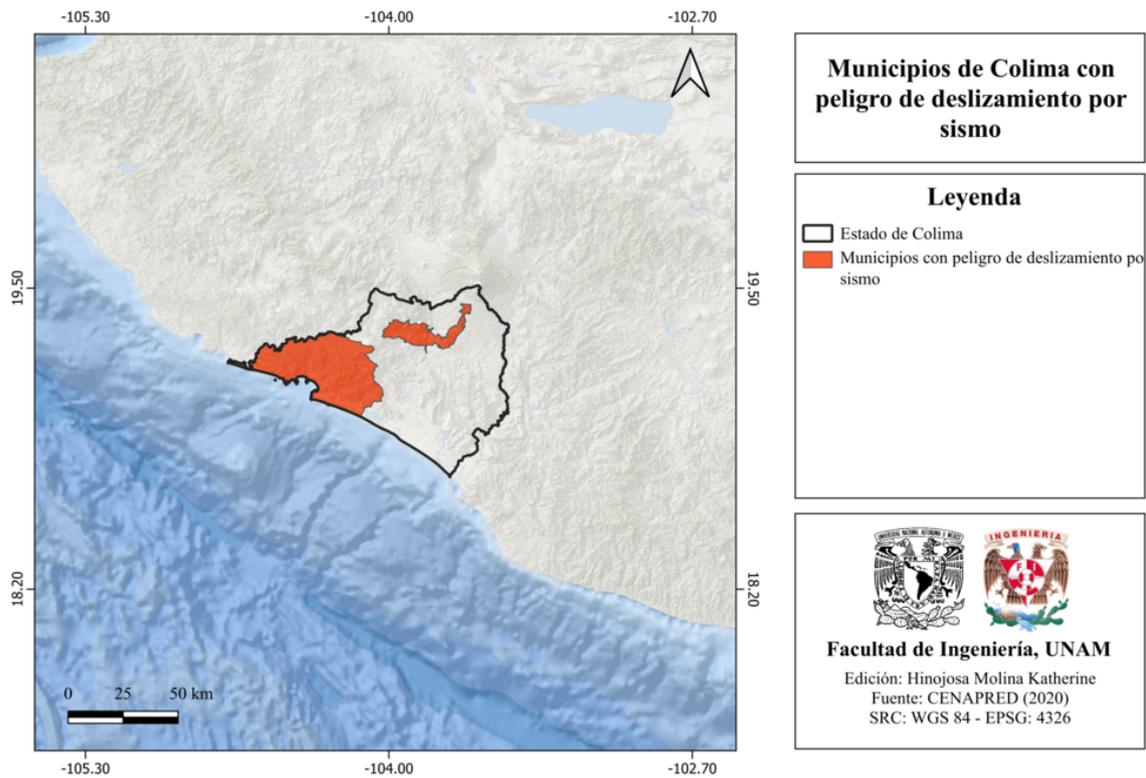


Figura 10.19: Municipios de Colima con peligro de deslizamiento por sismo [Cenapred, 2020].

### 10.6.6 Municipios con reglamento de construcción de obras civiles

El estado de Colima cuenta con 8 reglamentos de construcción municipales. Estos municipios se muestran en la figura 10.20.

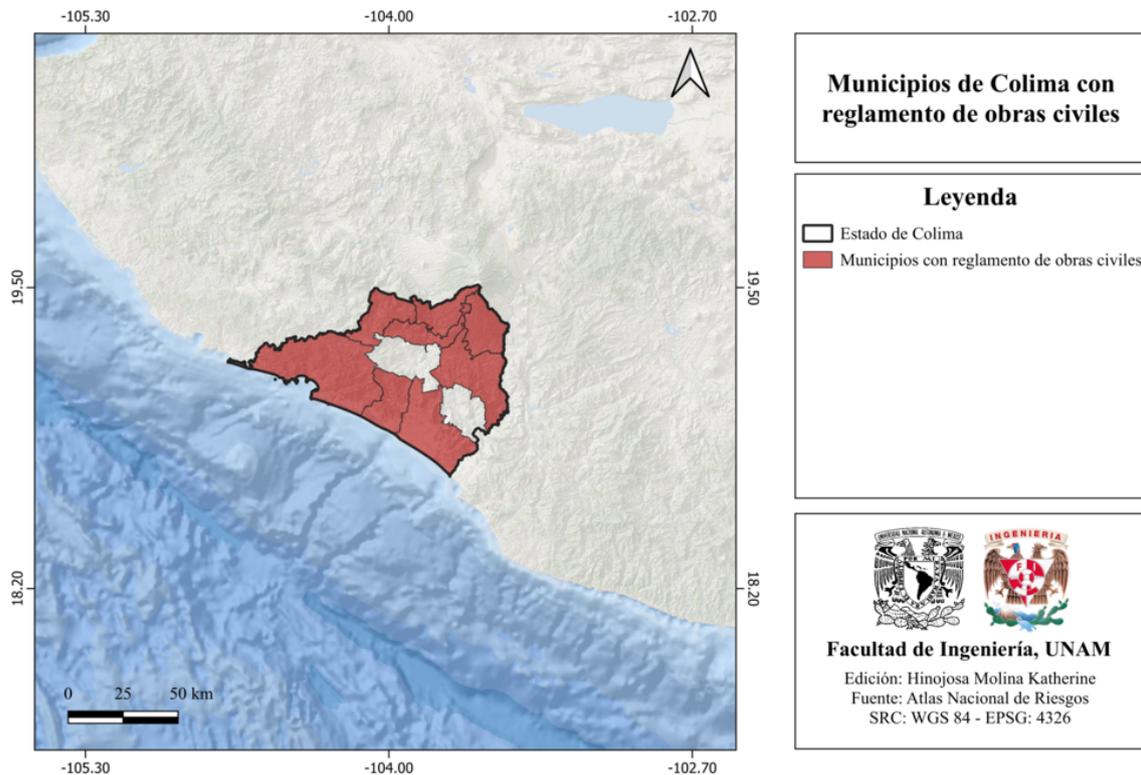


Figura 10.20: Municipios de Colima con reglamentos de construcción [Cenapred, 2020].

## 10.7 Secuencias sísmicas (enjambres) reportadas por el Servicio Sismológico Nacional (SSN)

No existen registros de secuencias sísmicas reportadas por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) para el estado de Colima.

## 10.8 Estaciones de registro sísmico en el estado

El estado de Colima cuenta con cuatro estaciones de registro sísmico pertenecientes a la Red Acelerográfica del Instituto de Ingeniería de la UNAM (ver figura 10.21).

- **COJU:** Cofradía de Juárez
- **COLL:** Colimilla
- **COMA:** Comala

- **MANZ:** Manzanillo

Así mismo, se cuenta con ocho estaciones de la Red Sísmica Telemétrica del Estado de Colima (RESCO):

- **USNE:** Nevado
- **CEGR:** Cerro grande
- **COLI:** La cumbre, Col.
- **USMO:** Montitlán, Col.
- **USAR:** La Arena, Jal.
- **ZRCO:** Zarco, Comala
- **MNTG:** Montegrande

Para mayor información de la RESCO, consultar la página web de la Universidad de Colima: <https://portal.ucol.mx/cueiv/Sismico.htm>.

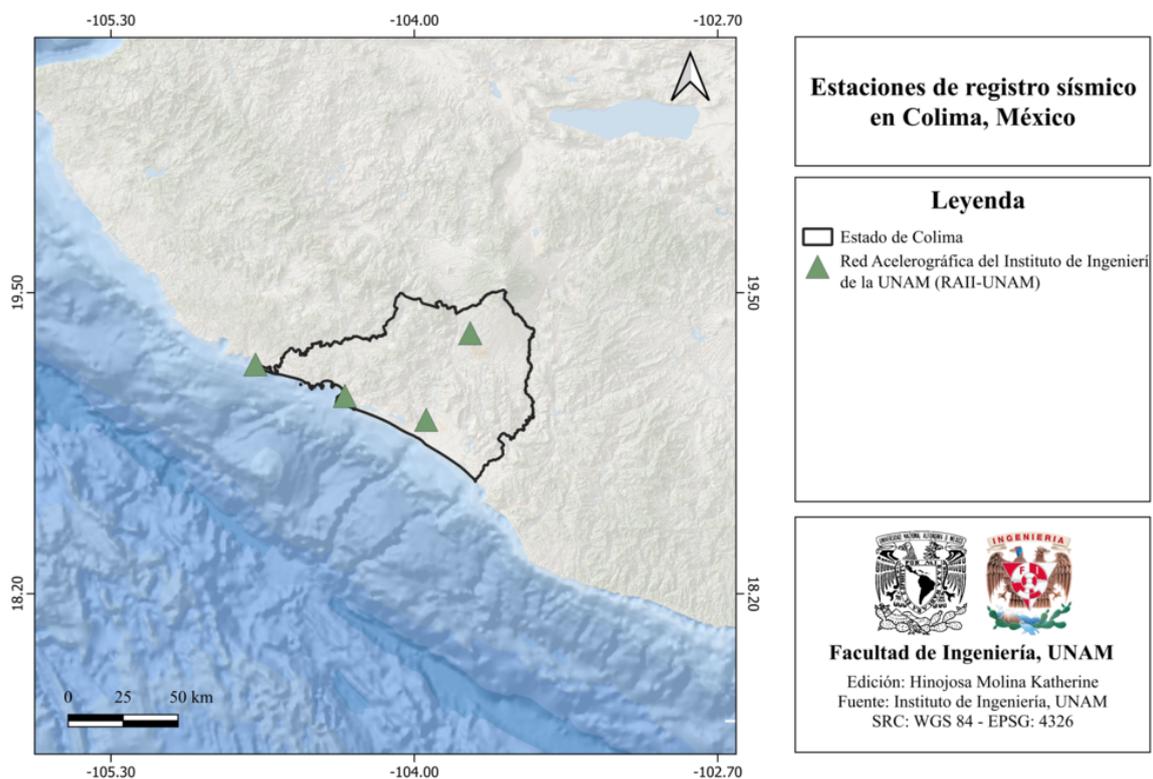


Figura 10.21: Estaciones de registro sísmico en Colima, México [II, 2023].

Al mismo tiempo, la Comisión Preparatoria para la Organización del Tratado de Prohibición Completa de los Ensayos Nucleares (CTBTO, por sus siglas en Inglés) posee tres estaciones sísmicas ubicadas al norte, sur y este de la Isla Socorro Colima (ver figura 10.22)

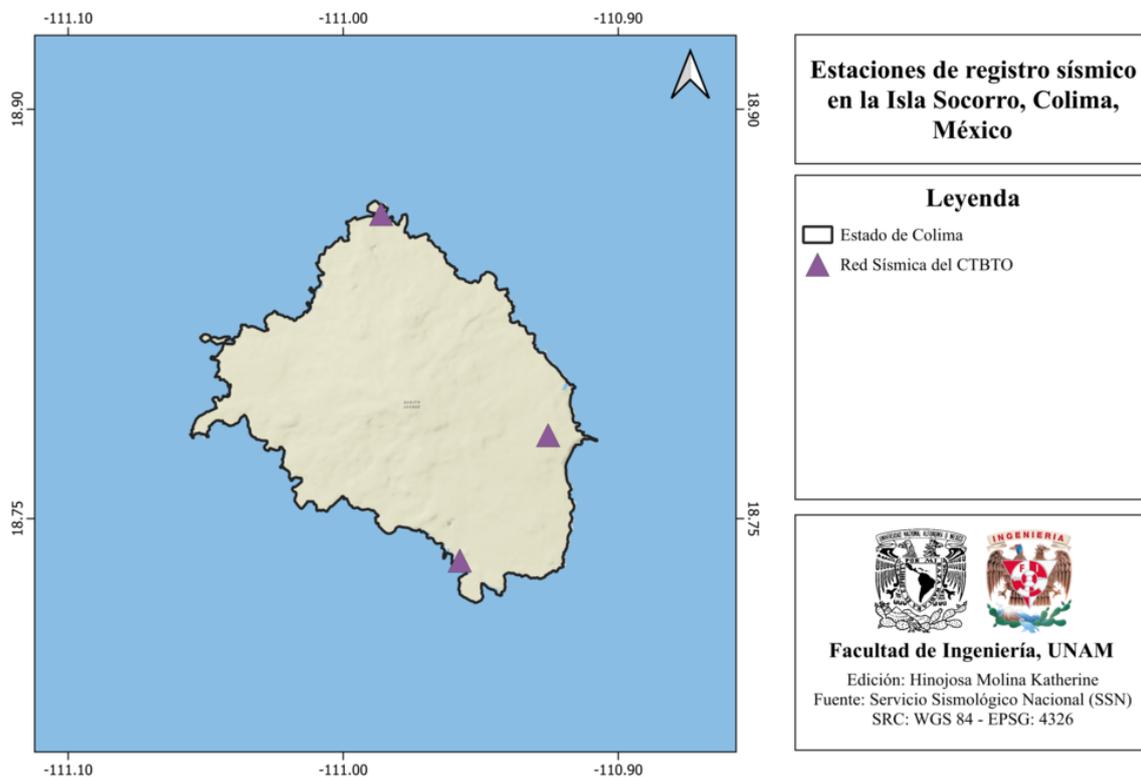


Figura 10.22: Estaciones de registro sísmico en Isla Socorro, Colima, México [SSN, 2023].

## 10.9 Instituciones educativas que han realizado estudios en alguna zona del estado o en sus cercanías

Algunas instituciones que han realizado estudios en la zona son:

- Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)
- Universidad de Colima

## 10.10 Estudios de sismicidad o de peligro sísmico en alguna zona del estado

- Martínez-López, M. R., y Mendoza, C. (2016). Acoplamiento sismogénico en la zona de subducción de Michoacán-Colima-Jalisco, México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 68(2), 199-214.
- Mori, N., Muhammad, A., Goda, K., Yasuda, T., y Ruiz-Angulo, A. (2017). Probabilistic tsunami hazard analysis of the pacific coast of Mexico: case study based on the 1995 Colima earthquake tsunami. *Frontiers in built environment*, 3, 34.
- Ortiz Huerta, L. G. Peligro y vulnerabilidad por tsunamis de campo lejano en la Bahía de Todos Santos, Baja California.
- Reyes, A., Brune, J. N., y Lomnitz, C. (1979). Source mechanism and aftershock study of the Colima, Mexico earthquake of January 30, 1973. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 69(6), 1819-1840.
- Sawires, R., Santoyo, M. A., Peláez, J. A., y Henares, J. (2021). Western Mexico seismic source model for the seismic hazard assessment of the Jalisco-Colima-Michoacán region. *Natural Hazards*, 105(3), 2819-2867.
- Servicio Sismológico Nacional (SSN), "sismos Históricos. sismos de 1932 (M 8.2, M 7.8 y M 6.9)", UNAM.
- Trejo-Gómez, E., Ortiz, M., y Núñez-Cornú, F. J. (2015). "Source Model of the October 9, 1995 Jalisco-Colima tsunami as constrained by field survey reports, and on the numerical simulation of the tsunami." *Geofísica Internacional*, 54-2, 149-159.

# Capítulo 11

## Chiapas

### 11.1 Localización y provincias fisiográficas

#### 11.1.1 Localización

Chiapas se localiza en la región suroeste de México. Colinda al norte con Tabasco, al este y sureste con los departamentos guatemaltecos de Petén, Quiché, Huehuetenango y San Marcos, al sur con el océano Pacífico, al oeste con Oaxaca y al noroeste con Veracruz.

#### 11.1.2 Provincias fisiográficas

El estado de Chiapas se encuentra dentro de las siguientes provincias fisiográficas [INEGI, 2001], las cuales se muestran en la figura 11.1

- Cordillera Centroamericana
- Llanura costera del Golfo Sur
- Sierras de Chiapas y Guatemala

Estas provincias fisiográficas se muestran en la figura 11.1.

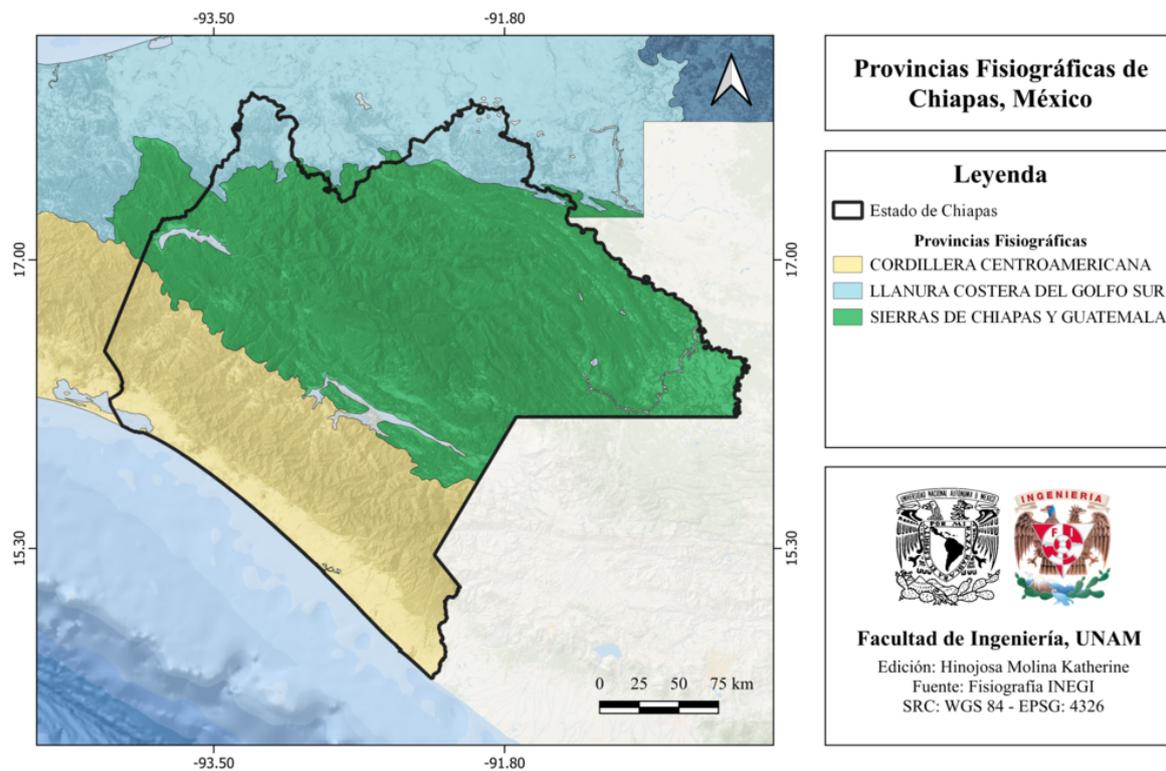


Figura 11.1: Provincias fisiográficas del estado de Chiapas, México. [INEGI, 2001]

### 11.1.3 Subprovincias fisiográficas

Al mismo tiempo, Chiapas forma parte de las siguientes subprovincias fisiográficas:

- Altos de Chiapas
- Depresión Central de Chiapas
- Llanura Costera de Chiapas y Guatemala
- Llanura del Istmo
- Llanuras y Pantanos Tabasqueños
- Sierra Lacandona
- Sierras Bajas del Petén
- Sierras del Norte de Chiapas
- Sierras del Sur de Chiapas

- Volcanes de Centroamérica

Estas subprovincias fisiográficas se muestran en la figura 11.2.

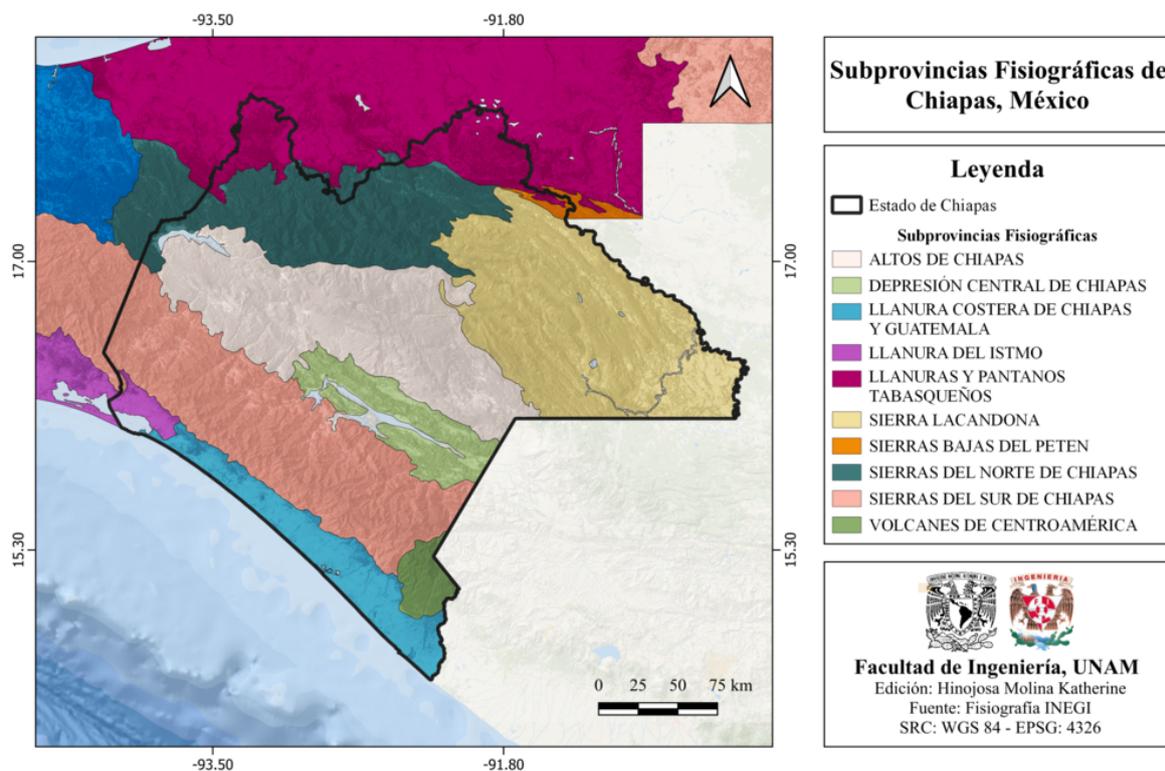


Figura 11.2: Subprovincias fisiográficas del estado de Chiapas, México. [INEGI, 2001]

### 11.1.4 Rasgos geológicos estructurales

El estado de Chiapas se divide en cuatro provincias tectónicas [Guzmán-Speziale and Meneses-Rocha, 2000]; la provincia de las fallas inversas, la provincia de las fallas laterales, el batolito de Chiapas y las fallas Motagua-Polochic.

La provincia de las fallas laterales abarca la mayor parte del territorio de la Sierra de Chiapas. Esta está compuesta por un conjunto de bloques hundidos y levantados, delimitados por fallas laterales izquierdas, orientadas generalmente en dirección este-oeste. Por otra parte, en las regiones centrales y occidentales, las fallas se orientan en la dirección N 50°W. Existen nueve fallas en esta provincia, las de mayor longitud (120 – 170 km) son las Fallas Tecpatán-Ocosingo, Malpaso, y Telestaquín - San Cristóbal, las cuales presentan sismos moderados y someros [Guzmán-Speziale and Meneses-Rocha, 2000].

La provincia tectónica de las fallas inversas es parte de la porción oriental de la sierra de Chiapas y la parte centro-norte de Guatemala. Esta tiene una morfología superficial, formada por anticlinales estrechos cortados a lo largo por fallas inversas. La sismicidad de esta provincia es menor que la de las fallas laterales [Guzmán-Speziale and Meneses-Rocha, 2000].

El Batolito de Chiapas se encuentra desde el Istmo de Tehuantepec hasta la frontera con Guatemala, tiene una longitud de aproximadamente 300 km, orientado al NW-SE y un ancho aproximado de 75 km. Su composición principal se basa en tocas graníticas a granodioríticas [Rodríguez-Pérez, 2007].

La mayor parte de la corteza del estado de Chiapas se encuentra dentro de la placa de Norte América, la cual tiene contacto con la placa del Caribe a lo largo de la zona de fallas Polochic-Motagua [Guzmán-Speziale and Meneses-Rocha, 2000].

En la figura 11.3 se muestra el mapa de rasgos estructurales de Chiapas, México.

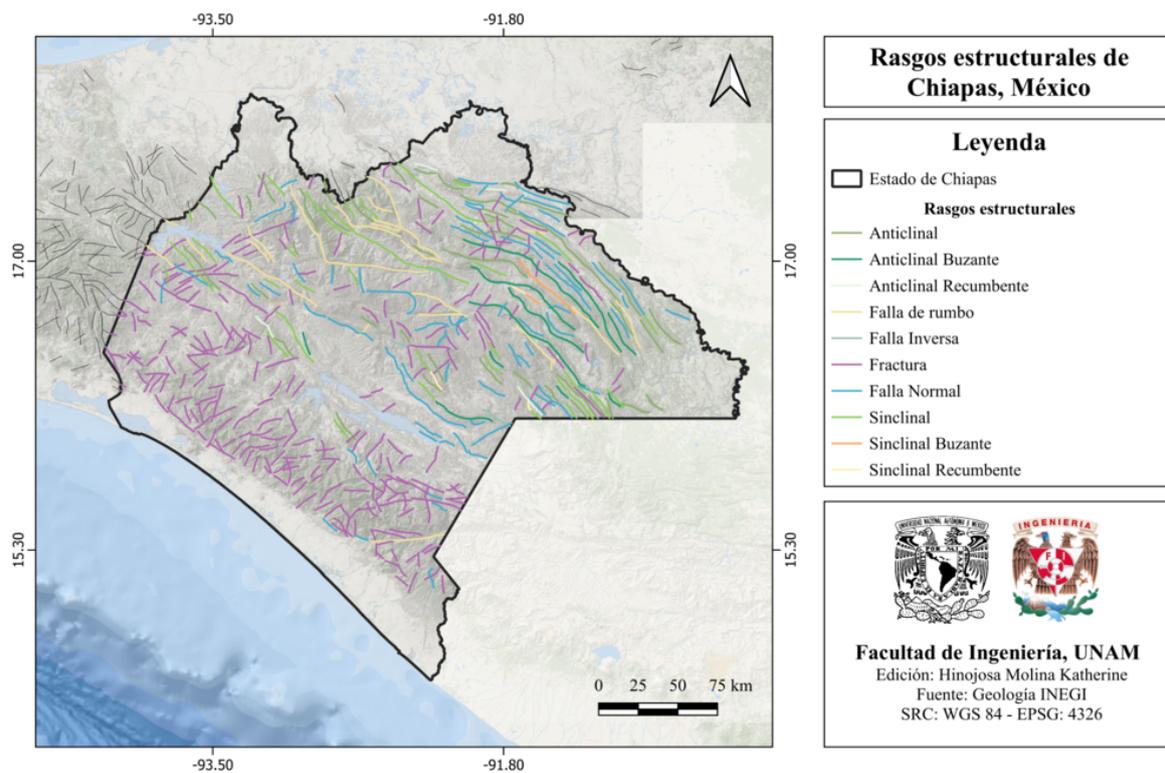


Figura 11.3: Rasgos estructurales del estado de Chiapas, México [INEGI, 2002].

## 11.2 Zonas sismogénicas (sismotectónicas)

### 11.2.1 Zonas sismogénicas de acuerdo con Zúñiga et al., (2017)

Chiapas forma parte de las siguientes regiones sismogénicas, de acuerdo con [Zúñiga et al., 2017].

#### Zonas sismogénicas someras ( $h < 40$ km)

- **GMX:** Zona de eventos intraplaca (corticales) en la placa de Norteamérica. Provincia del Golfo de México ( $h < 20$  km).
- **NAM:** Intraplaca o corticales en la placa Norteamericana al sureste de México. No relacionados con el régimen volcánico de la Faja Volcánica Transmexicana ( $h < 20$  km).
- **SUB4:** Zona de eventos de subducción de acoplamiento fuerte. Convergencia entre las placas de Cocos y Caribe ( $h < 40$  km).

Estas zonas sismogénicas pueden observarse en la figura 11.4.

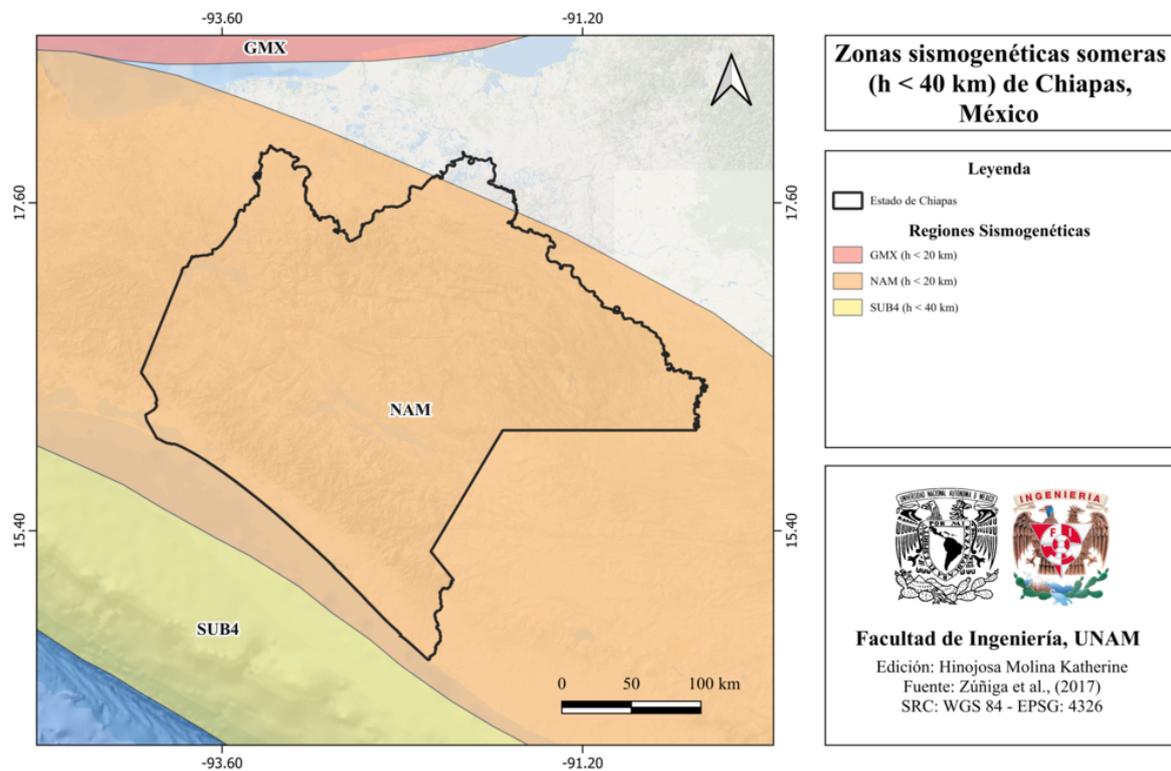


Figura 11.4: Zonas sismogénicas someras ( $h < 40$  km) de Chiapas, México [Zúñiga et al., 2017].

### Zonas sismogénicas de profundidad intermedia ( $h > 40$ km)

- **IN3:** Zona de eventos intraplaca o corticales en la Placa de Cocos, de profundidad intermedia ( $40 \text{ km} \leq h < 460 \text{ km}$ ). Extensión en profundidad de la zona SUB4.

Estas zonas sismogénicas se observan en la figura 11.5

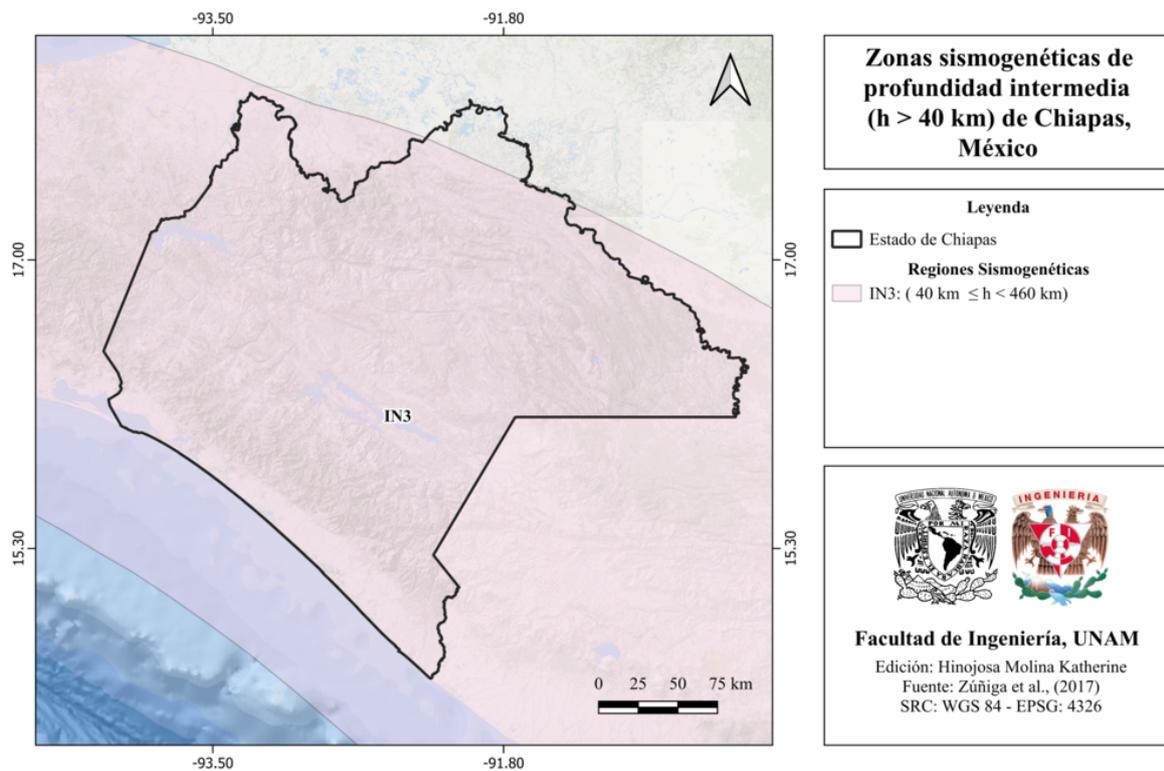


Figura 11.5: Zonas sismogénicas de profundidad intermedia ( $h > 40$  km) de Chiapas, México [Zúñiga et al., 2017].

## 11.2.2 Zonas sismogénicas de acuerdo con la Comisión Federal de Electricidad (2015)

### Zonas fuente de ocurrencia de sismos de subducción ( $M < 7$ )

- **35:** Chiapas Nuevo - Modificada

Estas zonas sismogénicas se muestran en la figura 11.6.

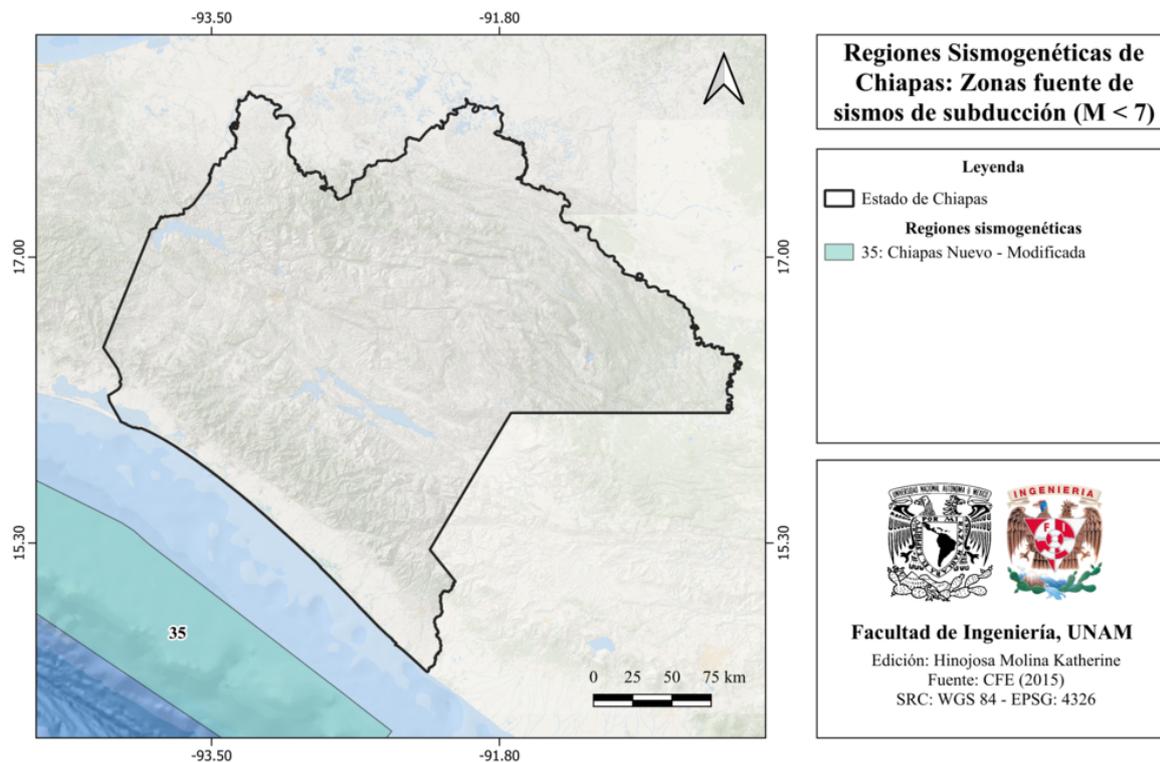


Figura 11.6: Zonas fuente de ocurrencia de sismos de subducción ( $M < 7$ ) de Chiapas, México [CFE, 2015].

### Zonas fuente de ocurrencia de sismos de subducción ( $M > 7$ )

- **11:** Subducción Chiapas
- **12:** Subducción Brecha de Tehuantepec

Estas zonas sismogénicas se muestran en la figura 11.7.

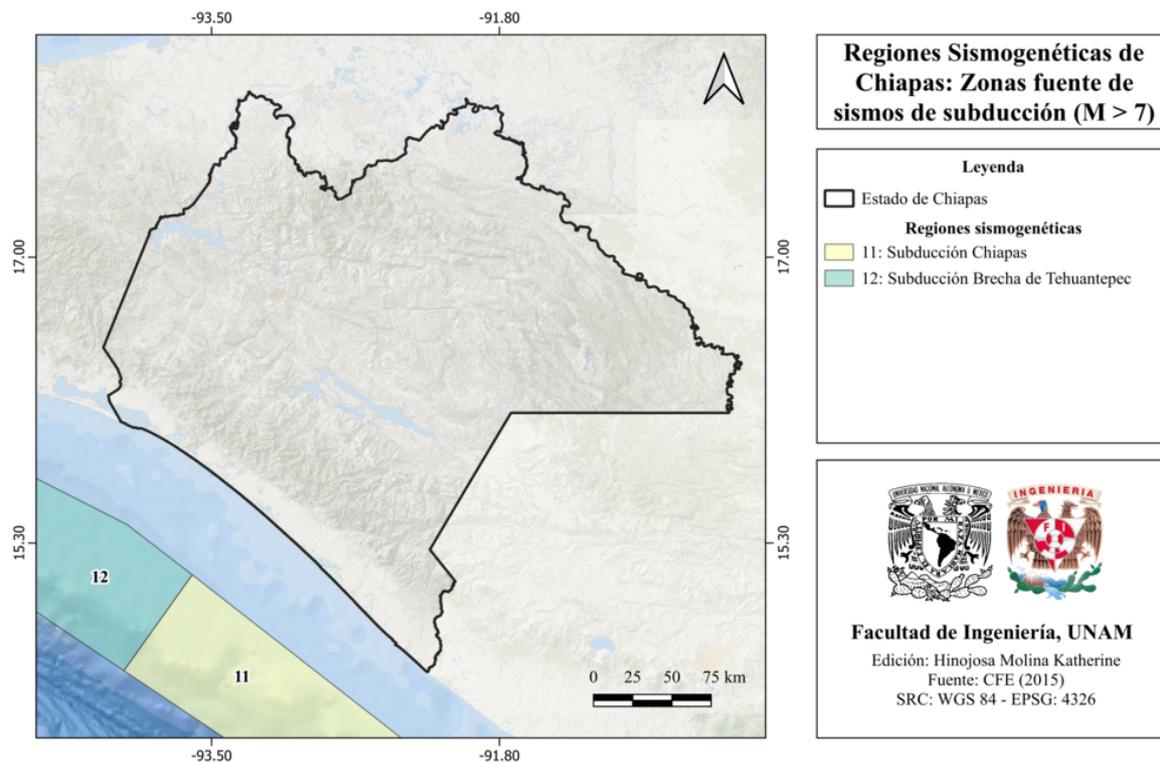


Figura 11.7: Zonas fuente de ocurrencia de sismos de subducción ( $M > 7$ ) de Chiapas, México [CFE, 2015].

### Zonas generadoras de sismos de profundidad intermedia

- **36:** Profundidad Intermedia Este Nueva - Modificada
- **38:** Profundos Chiapas - Modificada

Estas zonas se muestran en el mapa de la figura 11.8.

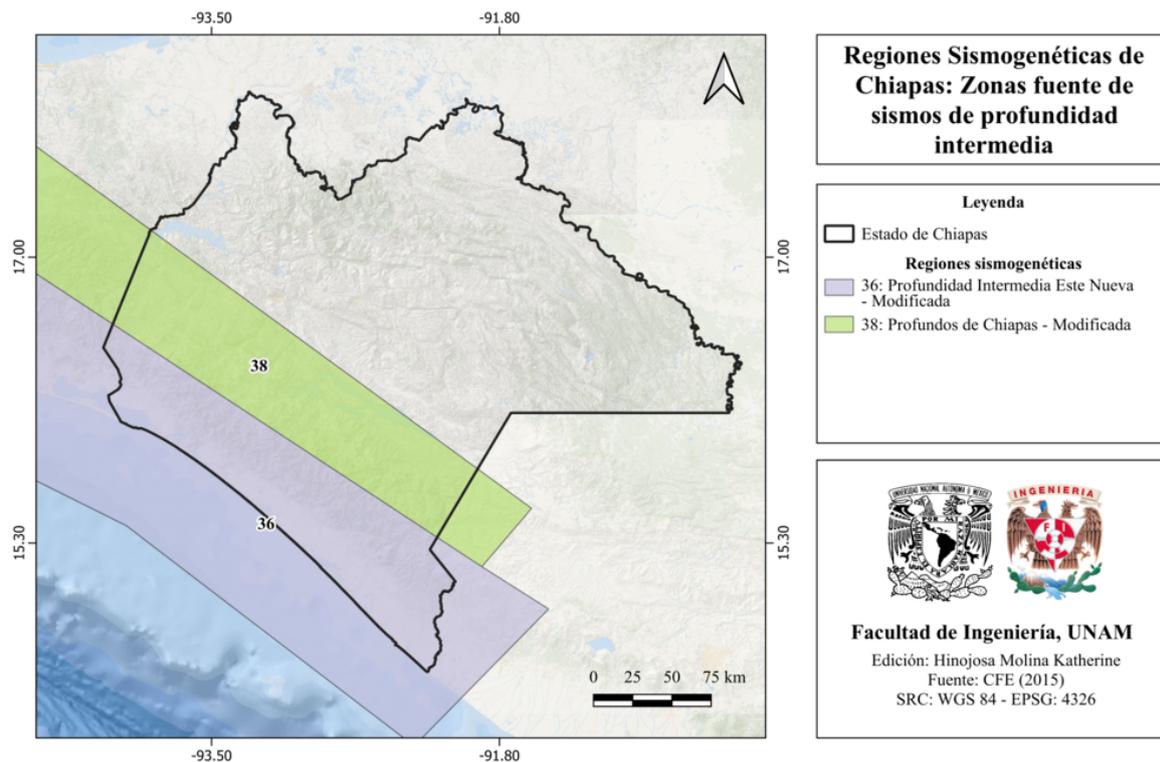


Figura 11.8: Zonas generadoras de sismos de profundidad intermedia de Chiapas, México [CFE, 2015].

### Zonas generadoras de sismos superficiales

- **31:** Petrolera
- **32:** Intraplaca
- **37:** Chiapas Volcán – Modificada
- **40:** G2 – S2 – Corteza – Modificada
- **41:** G3 – Corteza – Modificada
- **44:** G6 – Corteza – Modificada

Estas zonas sismogénicas se muestran en la figura 11.9.

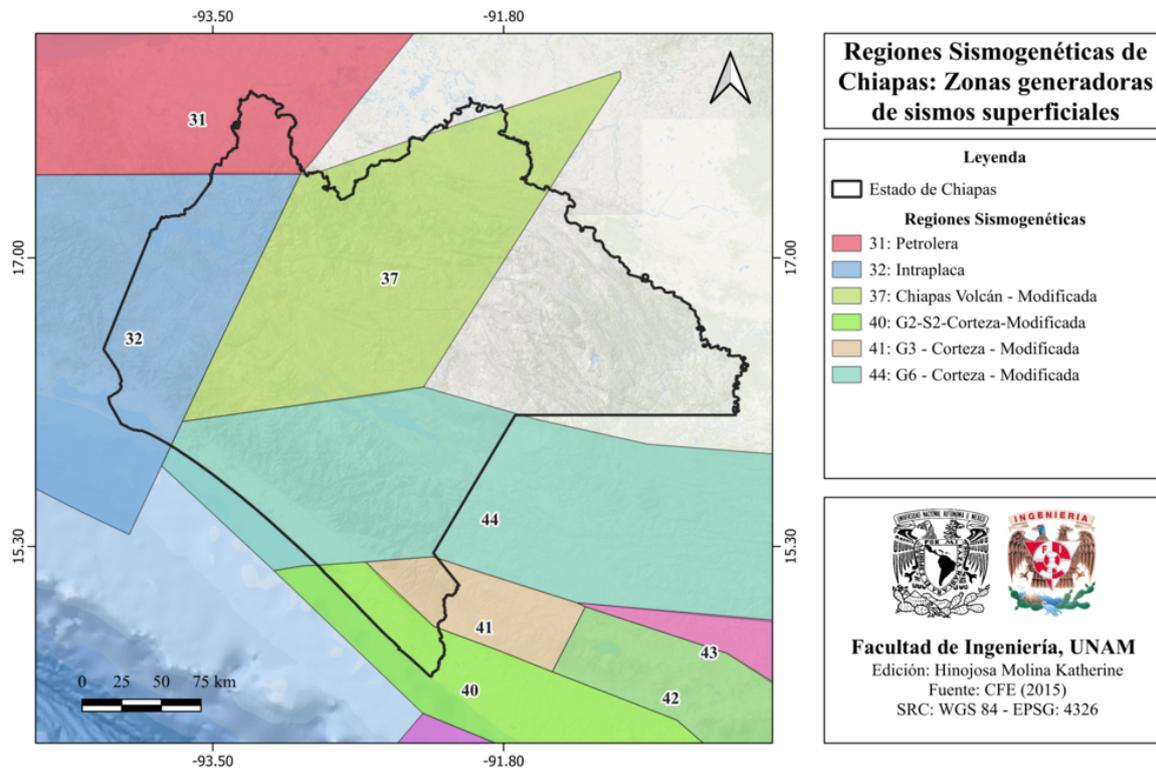


Figura 11.9: Zonas generadoras de sismos superficiales de Chiapas, México [CFE, 2015].

### 11.3 Sismicidad reportada por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) en el período 1900-2022

El Servicio Sismológico Nacional (SSN) ha reportado 48 740 sismos en el período de 1900 al 2022 (UTC), con magnitudes desde 1 hasta 8.2 en el estado de Chiapas.

Los sismos de magnitud mayor que 6.0 se muestran en el mapa de la figura 11.10.

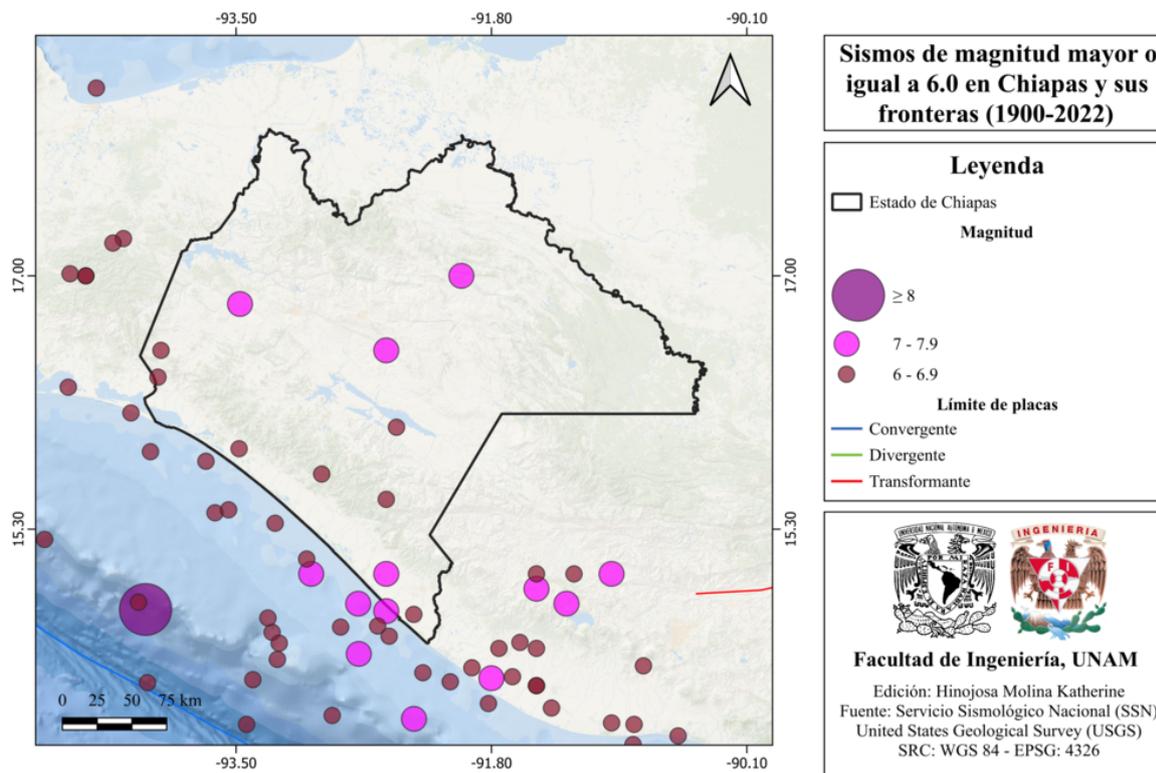


Figura 11.10: Sismos de magnitud mayor o igual a 6.0 en Chiapas, México (1900-2022) [SSN, 2023].

## 11.4 Sismos históricos

- **7 de septiembre de 2017, M 8.2**

El día 7 de septiembre de 2017, el Servicio Sismológico Nacional (SSN) reportó un sismo de magnitud 8.2, ubicado en el Golfo de Tehuantepec, a 133 km al suroeste de Pijijiapan, Chiapas. Éste ocurrió a las 23:49:17 horas (hora local) y tuvo una profundidad de 45.9 km. El mecanismo focal de este sismo, muestra una falla de tipo normal, la cual es característica de un sismo intraplaca. La zona cercana al epicentro alcanzó aceleraciones de hasta  $500 \frac{cm}{s^2}$  en Santiago Niltepec, Oaxaca; de  $230 \frac{cm}{s^2}$  en Puerto Ángel, Oaxaca; en Tuxtla Gutierrez, Chiapas  $70-200 \frac{cm}{s^2}$  y en Tapachula de  $108 \frac{cm}{s^2}$  [Aguilar Carboney et al., 2020]. De acuerdo con datos de Protección Civil del estado de Chiapas, se reportaron daños en 1588 localidades de 97 municipios de la entidad. Entre ellos se encuentran:

- 83 monumentos históricos en 35 municipios

- 5 zonas arqueológicas
- 13 museos
- 1 monumento artístico

Este sismo dejó un saldo de aproximadamente 100 fallecidos, 78 de los cuales tuvieron lugar en Oaxaca [Allier Montaña, 2018]. En la figura 11.11 se muestra el mapa de intensidad macrosísmica para este sismo, en el cual se observa que se tienen intensidades entre los 11 hasta los 150  $\frac{cm}{s^2}$  en el estado de Chiapas.

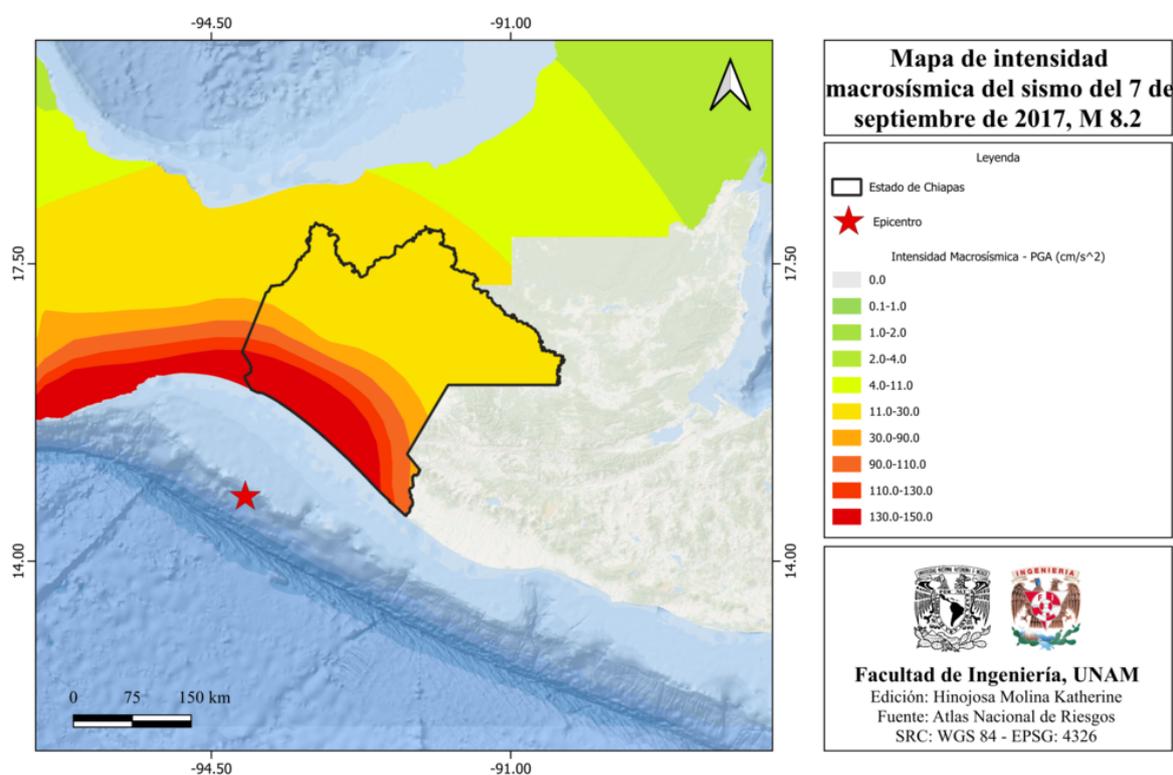


Figura 11.11: Mapa de intensidad macrosísmica del sismo del 7 de septiembre de 2017, M 8.2 [SSN, 2023].

### • 7 de noviembre de 2012, M 7.3

El día 7 de noviembre de 2012, el SSN reportó un sismo con magnitud 7.3, localizado a 68 km al suroeste de Cd. Hidalgo, Chiapas. Este ocurrió a las 10:35 horas (hora local) a una profundidad de 16 km. El mecanismo focal de este evento es de falla inversa, característico de sismos de subducción. Este evento causó varios daños,

entre ellos 48 decesos, 155 heridos, 100 desaparecidos y docenas de edificios dañados en Guatemala.

- **10 de septiembre de 1993, M 7.2**

Este sismo ocurrió a las 13:12:57 horas (hora local) y se ubicó a 44 km al suroeste de Huixtla, Chiapas a una profundidad de 44 km y una magnitud de 7.2.

- **29 de abril de 1970, M 7.3** Este sismo ocurrió a las 08:01:34 (hora local), se localizó a 62 km al suroeste de Cd. Hidalgo, Chiapas a una profundidad de 44 km y una magnitud de 7.3

- **23 de septiembre de 1902, M 7.7** Este evento ocurrió a las 14:18 (hora local), se localizó a 5 km al suroeste de Teopisca, Chiapas a una profundidad de 25 km a una profundidad de 25 km y una magnitud de 7.7.

## 11.5 Peligro por tsunami

La costa del estado de Chiapas se encuentra expuesta a la ocurrencia de tsunamis, ya que es parte la zona generadora de tsunamis locales y receptora de tsunamis lejanos, tal como se muestra en la figura 11.12.

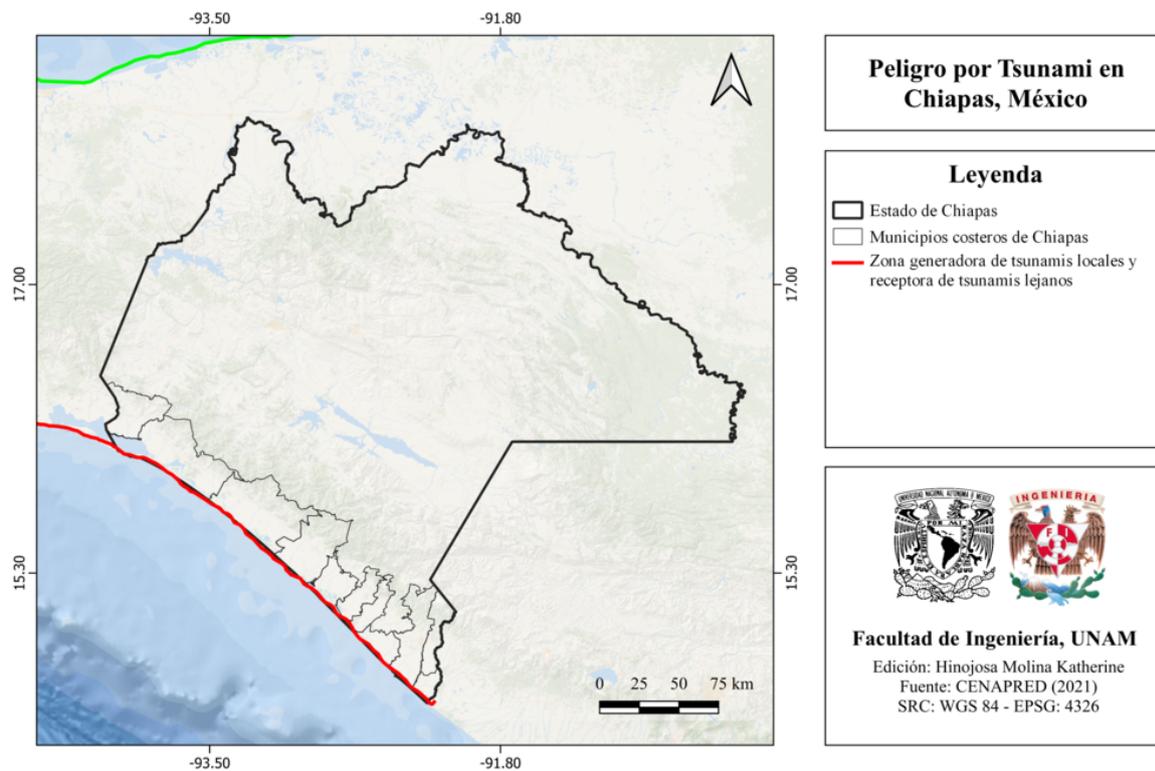


Figura 11.12: Peligro por tsunami en Chiapas, México [Cenapred, 2021].

## 11.6 Información general de peligro sísmico

### 11.6.1 Global de intensidades

El mapa que corresponde al global de intensidades de Chiapas, se muestra en la figura 11.13.

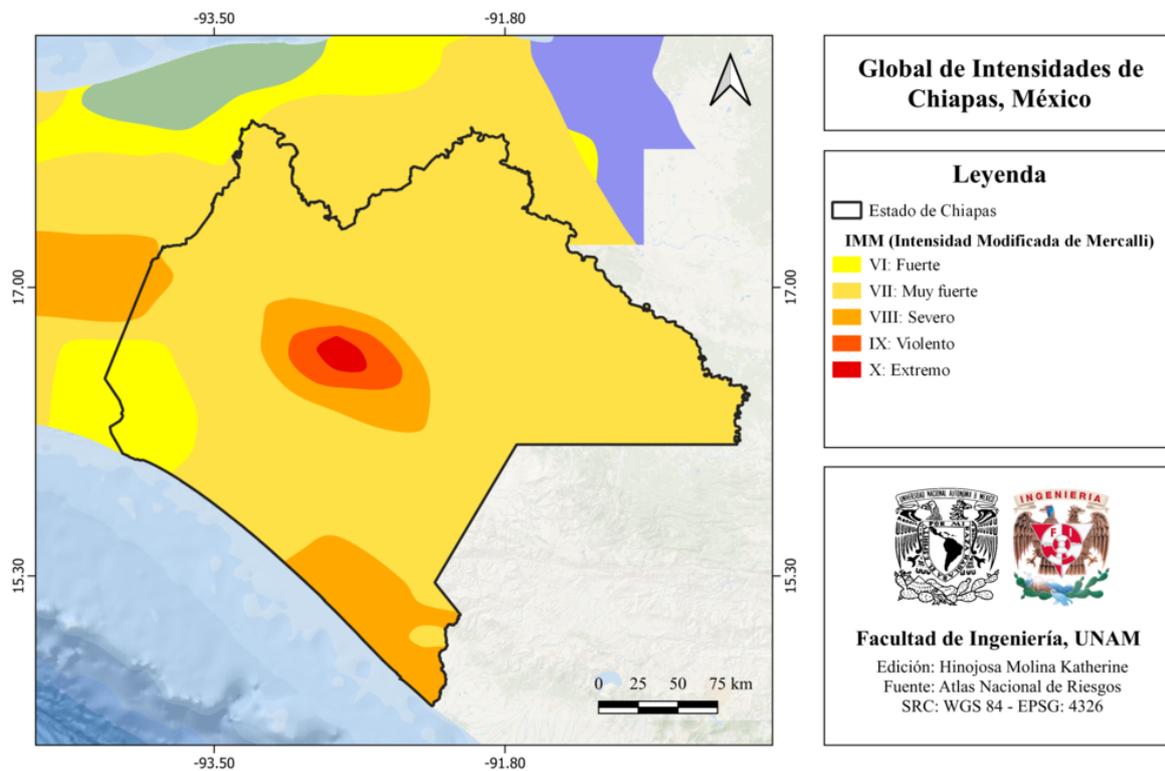


Figura 11.13: Global de intensidades de Chiapas, México [Cenapred, 2006].

### 11.6.2 Regionalización sísmica de acuerdo con la CFE (2015)

De acuerdo con la Regionalización sísmica de la Comisión Federal de Electricidad (2015), Chiapas se encuentra dentro de las zonas B, C y D que corresponden a sismicidad media, alta y muy alta, ver figura 11.14.

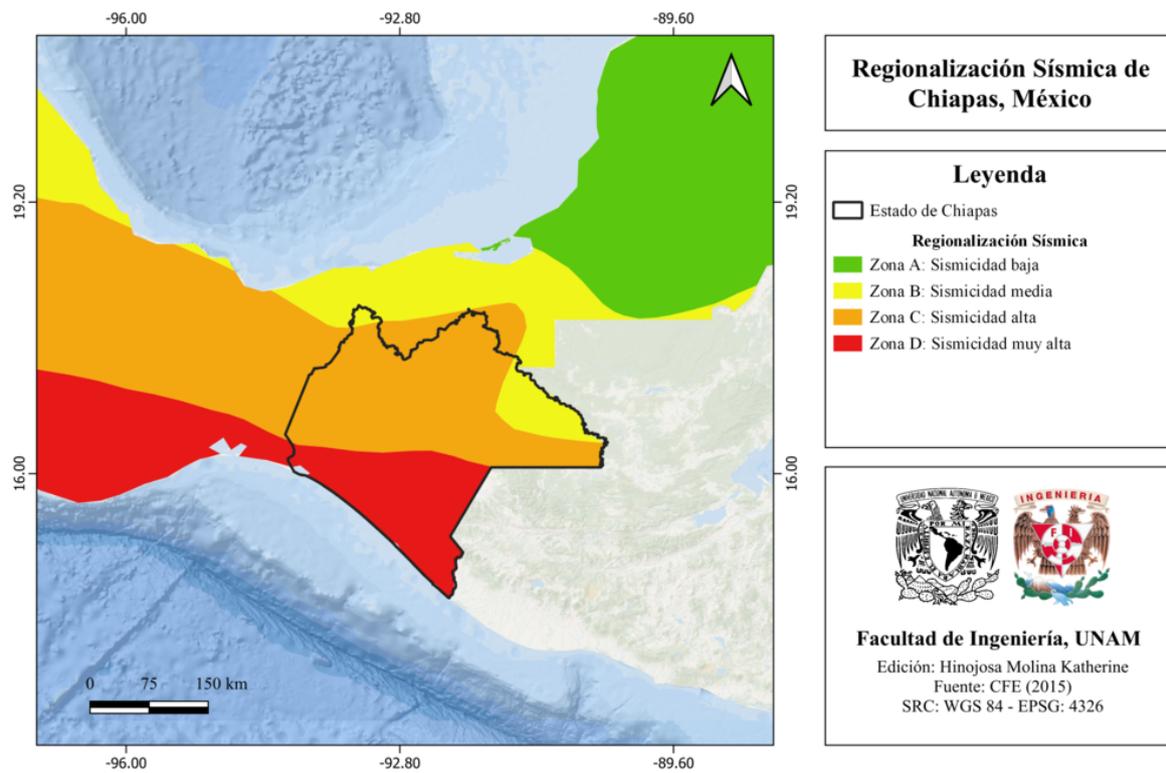


Figura 11.14: Regionalización sísmica de Chiapas, México [CFE, 2015].

### 11.6.3 Parámetro Vs30 (USGS)

El mapa de velocidad de onda de corte Vs30 (USGS) de Chiapas, se muestra en la figura 11.15.

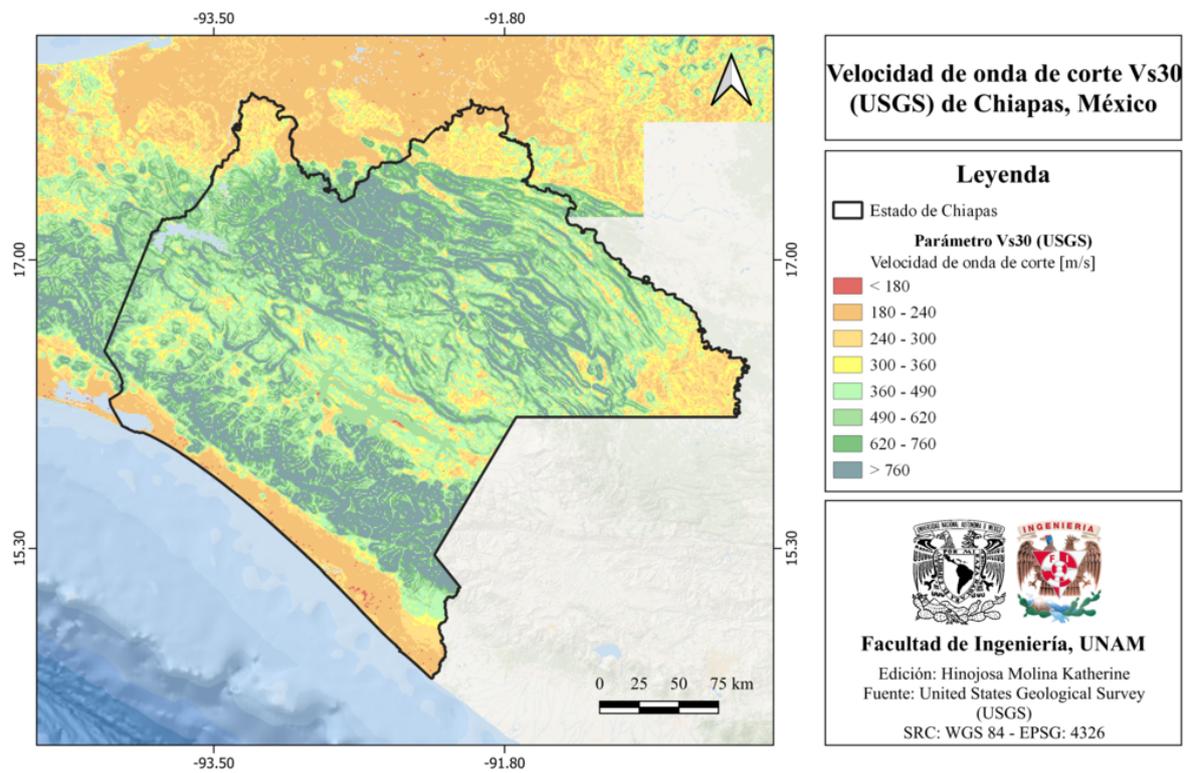


Figura 11.15: Velocidad de onda de corte Vs30 (USGS) de Chiapas, México [Heath et al., 2020].

#### 11.6.4 Municipios con posible efecto de sitio

Los municipios de Chiapas que presentan posibles efectos de sitio se muestran en la figura 11.16.

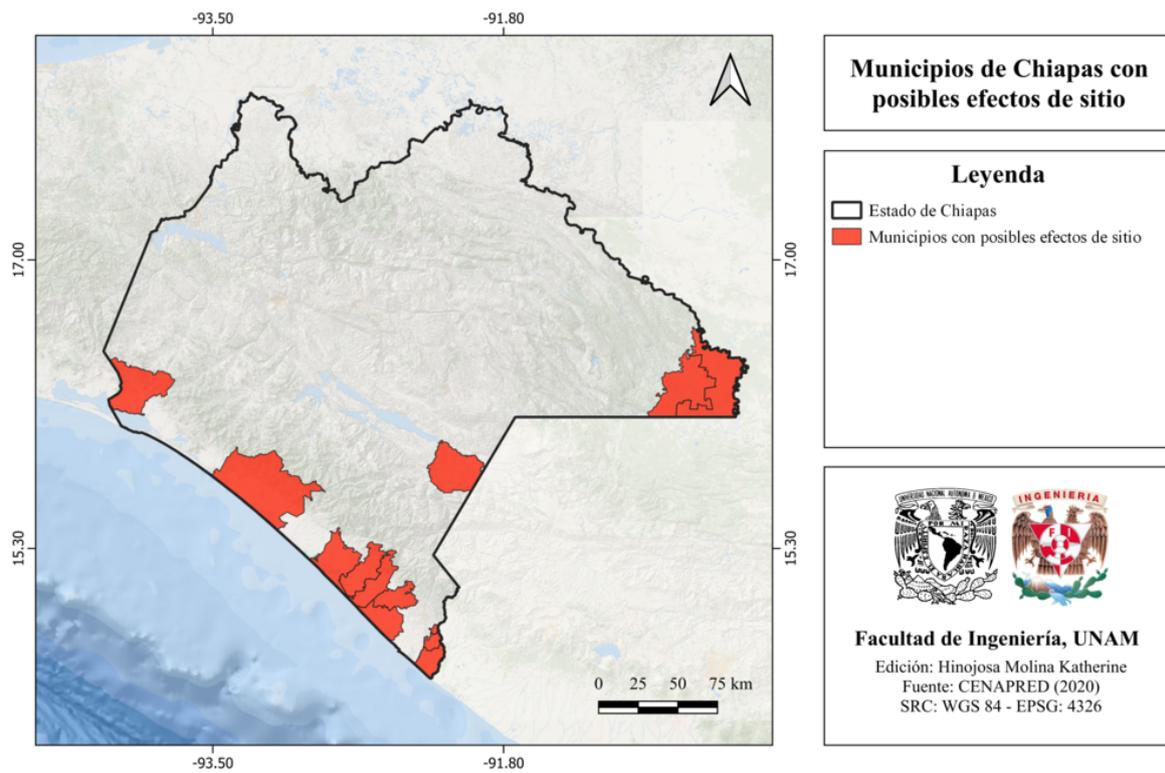


Figura 11.16: Municipios de Chiapas con posibles efectos de sitio [Cenapred, 2020].

### 11.6.5 Municipios con peligro de deslizamiento por sismo

Los municipios de Chiapas que presentan peligro de deslizamiento por sismo en Chiapas se muestran en la figura 11.17.

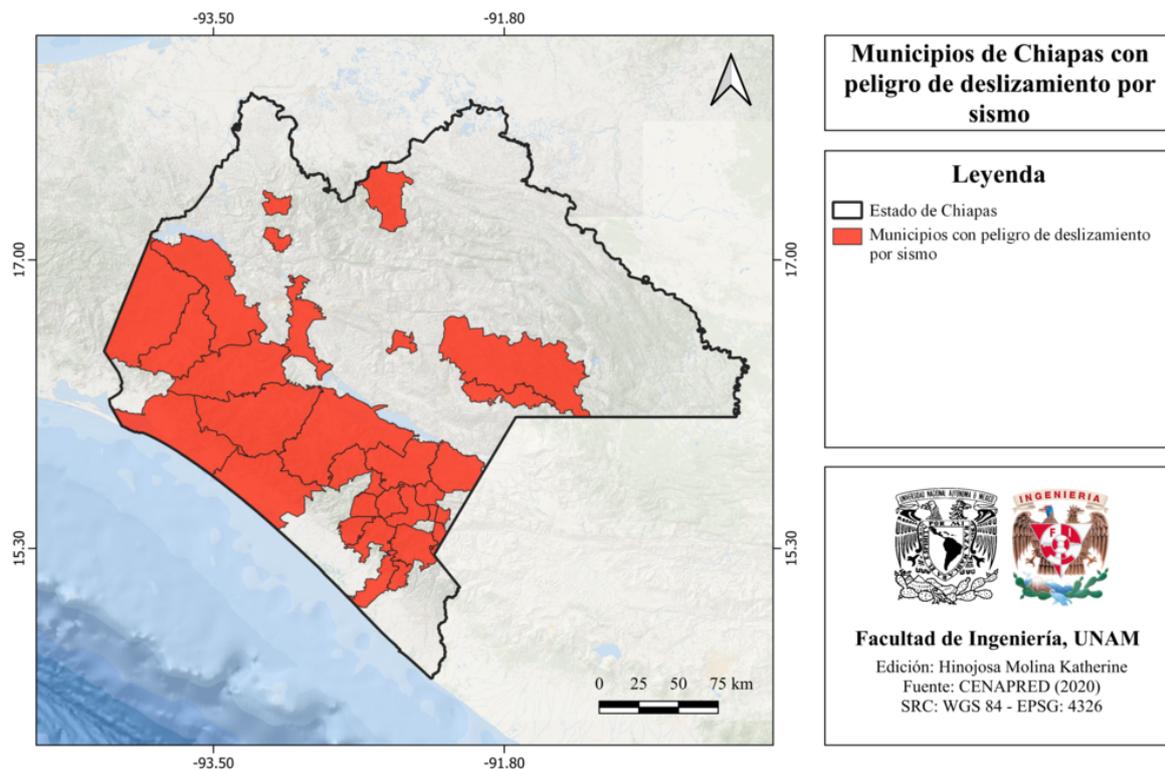


Figura 11.17: Municipios de Chiapas con peligro de deslizamiento por sismo [Cenapred, 2020].

### 11.6.6 Municipios con reglamento de construcción de obras civiles

El estado de Chiapas cuenta con doce reglamentos municipales de obras civiles. Los municipios con estos reglamentos se muestran en la figura 11.18.

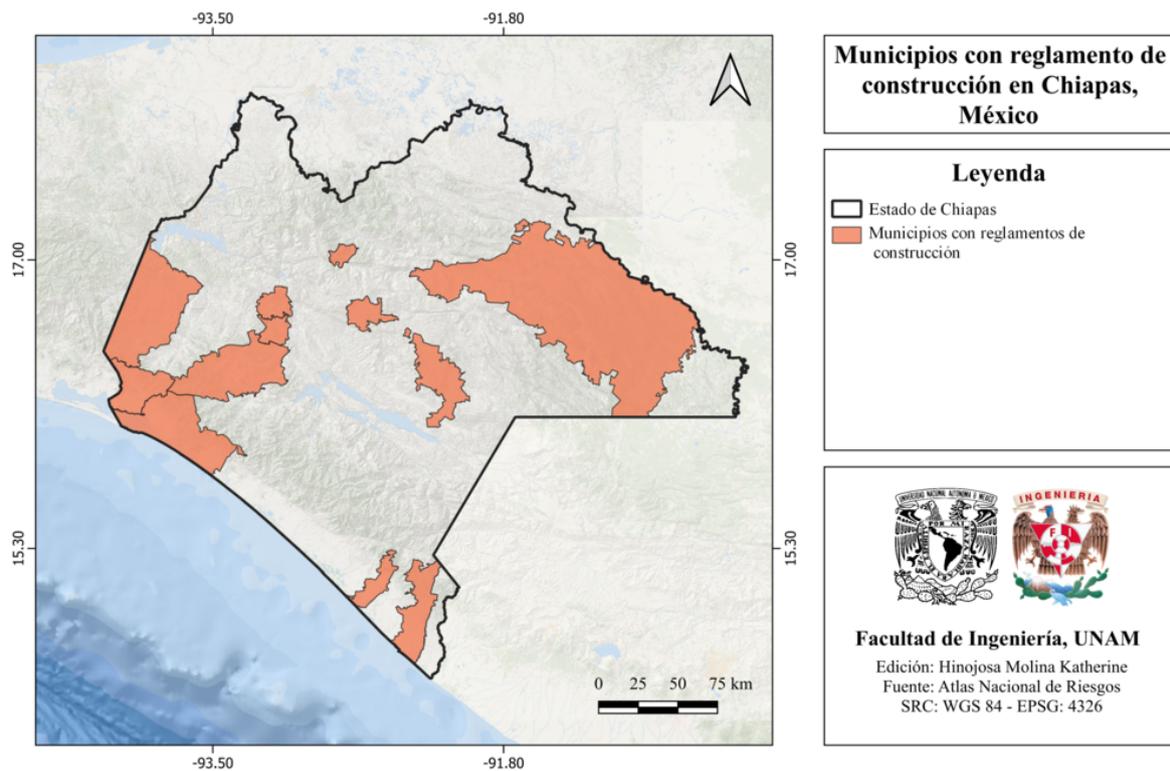


Figura 11.18: Municipios con reglamento de construcción en Chiapas, México [ANR-Cenapred, 2016].

## 11.7 Secuencias sísmicas (enjambres) reportadas por el Servicio Sismológico Nacional (SSN)

### Secuencia sísmica del 25 de diciembre de 2020 al 24 de marzo de 2021

El Servicio Sismológico Nacional (SSN) reportó una secuencia sísmica con 60 sismos localizados en las cercanías de Pichucalco, Chiapas. El sismo de mayor magnitud fue de 4.1 y ocurrió a las 01:27 (hora local) del 27 de diciembre de 2020. En la figura 11.19 se muestra el mapa de epicentros correspondiente a esta secuencia sísmica.

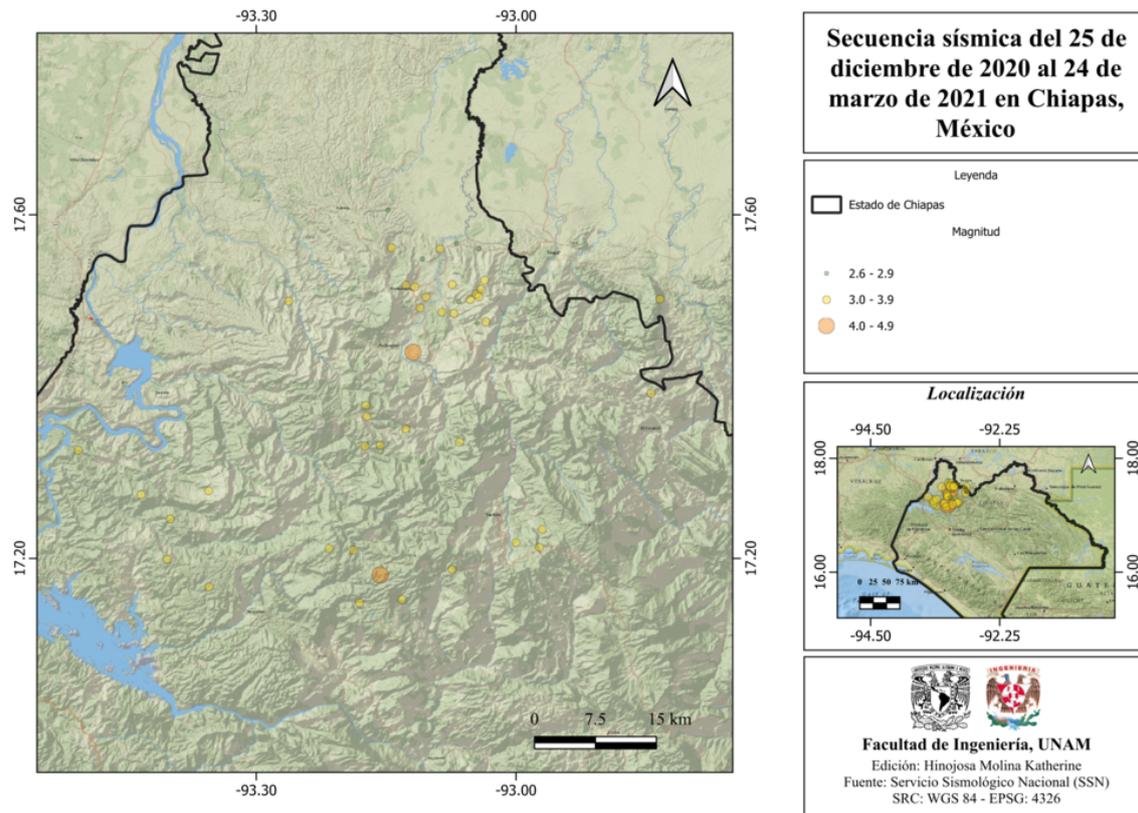


Figura 11.19: Secuencia sísmica del 25 de diciembre de 2020 al 24 de marzo de 2021 en Chiapas, México [SSN, 2023].

## 11.8 Estaciones de registro sísmico en el estado

El Servicio Sismológico Nacional (SSN) cuenta con cuatro estaciones sísmicas:

- **CCIG:** Comitán
- **PCIG:** Pijijiapan
- **TGIG:** Tuxtla Gutierrez
- **THIG:** Tapachula

Además de 3 estaciones monitoreando el volcán Tacaná:

- **CHIQ:** Chiquihuite
- **PATR:** Patria
- **PAVE:** Pavencul

La Universidad de Ciencias y Artes cuenta con 3 estaciones para el monitoreo del Volcán el Chichón:

- **VVCH:** Viejo Volcán
- **FLCH:** Francisco León
- **NCCH:** Nicapa

La Red Acelerográfica del Instituto de Ingeniería de la UNAM cuenta con 4 estaciones:

- **CHPA:** Preparatoria Arriaga
- **SCCB:** San Cristobal de las Casas CB 11
- **TAJN:** Tapachula Jardín de Niños JM Villalpando
- **TGBT:** Tuxtla Gutierrez CBTIS 144

Estas estaciones de registro sísmico se pueden visualizar en el mapa de la figura 11.20.

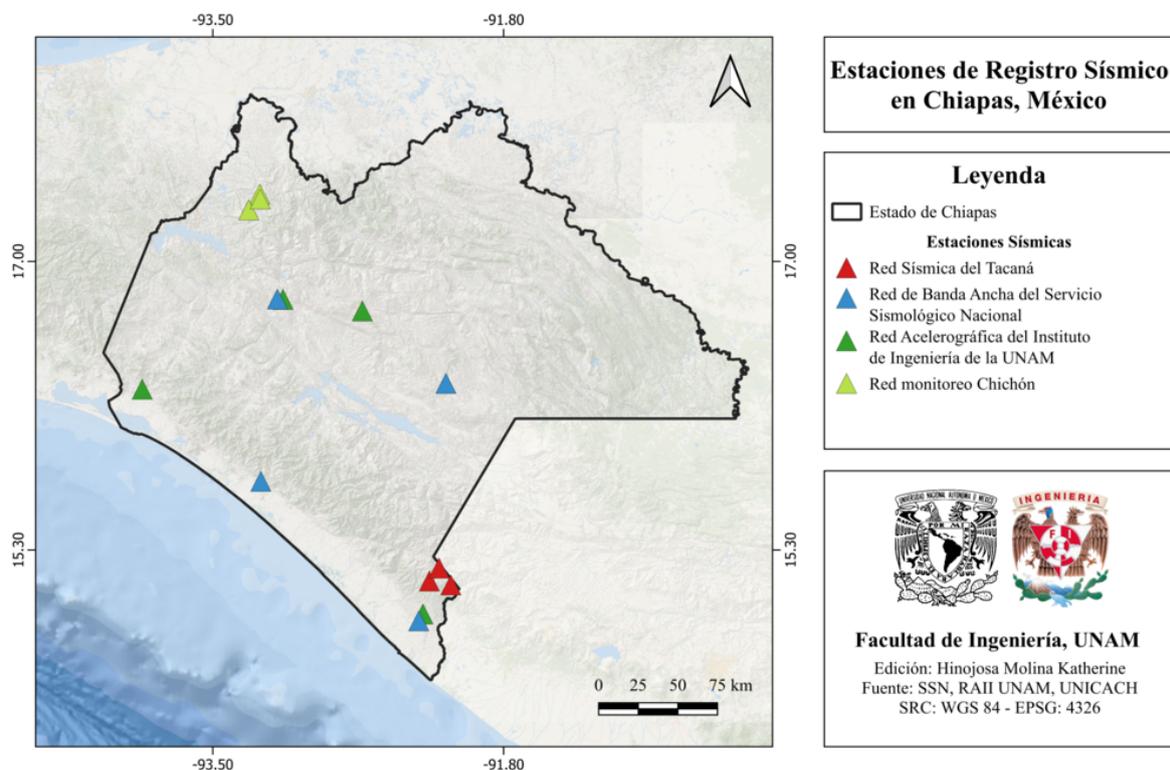


Figura 11.20: Estaciones de registro sísmico en Chiapas, México [SSN, 2023].

## 11.9 Instituciones educativas que han realizado estudios en alguna zona del estado o en sus cercanías

- Universidad Nacional Autónoma de México
- Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas
- Instituto de Ingeniería de la UNAM
- Instituto de Geofísica
- Instituto de Protección Civil para el Manejo Integral de Riesgos de Desastres, estado de Chiapas

## 11.10 Estudios de sismicidad o de peligro sísmico en alguna zona del estado

- Atlas de riesgos del estado de Chiapas. (2007). SGM. Recuperado de [http://rmgir.proyectomesoamerica.org/PDFAtlasEstatales/CHIAPAS\\_2007.pdf](http://rmgir.proyectomesoamerica.org/PDFAtlasEstatales/CHIAPAS_2007.pdf)
- González-Herrera, R., Mora-Chaparro, J. C., Aguirre-González, J., y Novelo-Casanova, D. A. (2013). La estructura de velocidades y su relación con el peligro sísmico en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. *Revista mexicana de ciencias geológicas*, 30(1), 121-134.
- González-Herrera, R., Aguilar-Carboney, J. A., Mora-Chaparro, J. C., Palacios-Silva, R. J., y Figueroa-Gallegos, J. A. (2012). Análisis estadístico del peligro e inferencia del riesgo sísmico en el norte del estado de Chiapas. *Ingeniería*, 16(1), 58-70.
- Gonzalez Herrera, R., y Piña Flores, J. (2011). Microzonificación sísmica de las laderas de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.
- González Herrera, R., Mora Chaparro, J. C., Aguirre González, J., Aguilar Carboney, J. A., Paz Tenorio, J. A., y Moreno Ceballo, R. (2020). Efecto de sitio en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, un determinante en los daños históricos en edificaciones. *Ingeniería sísmica*, (102), 42-64.

- González-Herrera, R., 2011, ".<sup>El</sup> sismo de Villaflores, Chiapas: su realidad y consecuencias", Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Colección Jaguar.
- Rebollar, C., L., Quintanar, J. Yamamoto y A. Uribe, 1999, "Source process of the Chiapas, Mexico, Intermediate-Depth Earthquake ( $M_w = 7.2$ ) of 21 October 1995", *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 89, No. 2, pp. 348-358.
- Rodríguez-Lomelí, A. G. y García-Mayordomo, J., 2019, "Seismic hazard at a triple plate junction: the state of Chiapas", *Springer Nature*, Vol. 97, pp. 1297-1325.
- Suárez G., M. A. Santoyo, V. Hjorleifsdottir, A. Iglesias, C. Villafuerte y V. M. Cruz-Atienza, 2019, "Large Scale Lithospheric Detachment of the Downgoing Cocos Plate: The 8 September 2017 Earthquake ( $M_w 8.2$ )", *Earth and Planetary Science Letters*, Vol. 509, pp. 9-14.
- Valerie J. Sahakian, Diego Melgar, Luis Quintanar, Leonardo Ramírez-Guzmán, Xyoli Pérez-Campos, y Annemarie Baltay, 2018, "Ground Motions from the 7 and 19 septiembre 2017 Tehuantepec and Puebla-Morelos, Mexico, Earthquakes", *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 108, No. 6, pp. 3300-3312.

# Capítulo 12

## Chihuahua

### 12.1 Localización y provincias fisiográficas

#### 12.1.1 Localización

Chihuahua se ubica en la región noroeste de México, limita al norte con los estados de Nuevo México y Texas (Estados Unidos) y colinda al este con Coahuila, al sur con Durango, al suroeste con Sinaloa y al oeste con Sonora.

#### 12.1.2 Provincias fisiográficas

El estado de Chihuahua se encuentra dentro de las siguientes provincias fisiográficas [INEGI, 2001], las cuales se muestran en la figura 12.1

- Sierra Madre Occidental
- Sierras y Llanuras del Norte

Estas provincias fisiográficas se muestran en la figura 12.1.

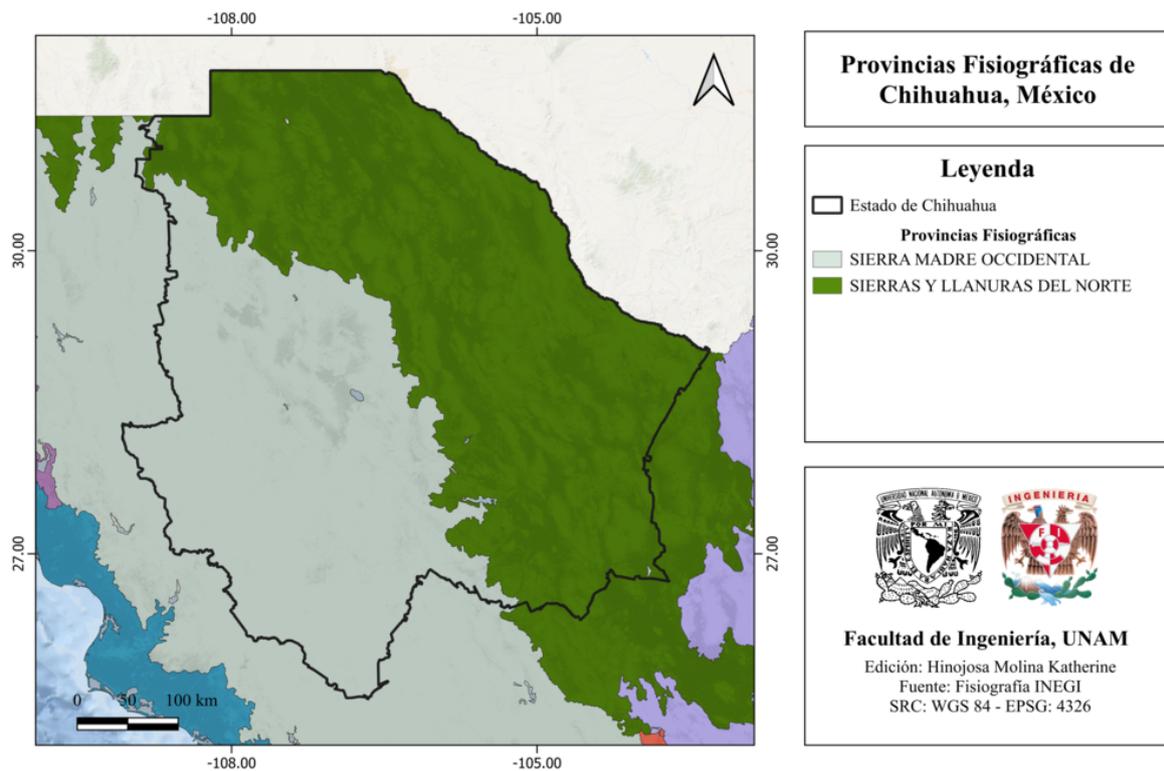


Figura 12.1: Provincias fisiográficas del estado de Chihuahua, México. [INEGI, 2001]

### 12.1.3 Subprovincias fisiográficas

Al mismo tiempo, Chihuahua forma parte de las siguientes subprovincias fisiográficas:

- Del Bolsón de Mapimí
- Gran Meseta y Cañadas Duranguenses
- Gran Meseta y Cañones Chihuahuenses
- Llanuras y Medanos del Norte
- Llanuras y Sierras Volcánicas
- Sierras Plegadas del Norte
- Sierras y Cañadas del Norte
- Sierras y Llanuras de Durango
- Sierras y Lanuras Tarahumaras

Estas subprovincias fisiográficas se muestran en la figura 12.2.

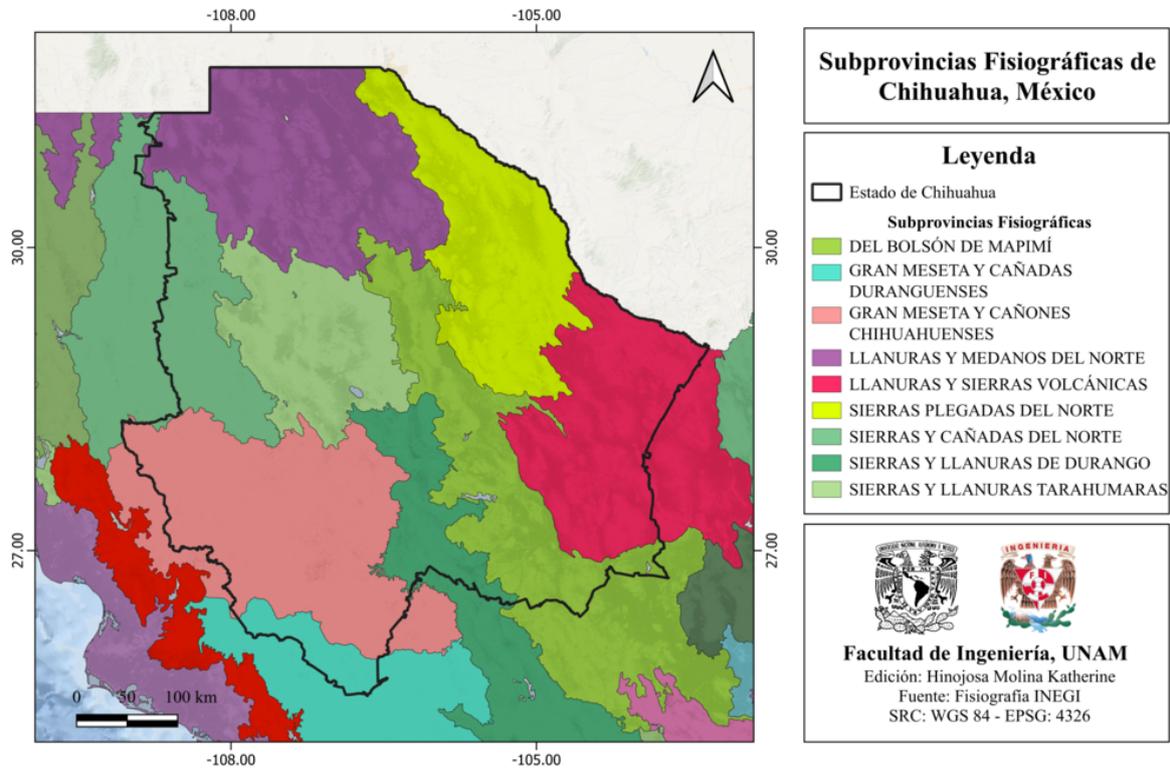


Figura 12.2: Subprovincias fisiográficas del estado de Chihuahua, México. [INEGI, 2001]

### 12.1.4 Rasgos geológicos estructurales

En la figura 12.3 se muestra el mapa de rasgos estructurales de Chihuahua, México.

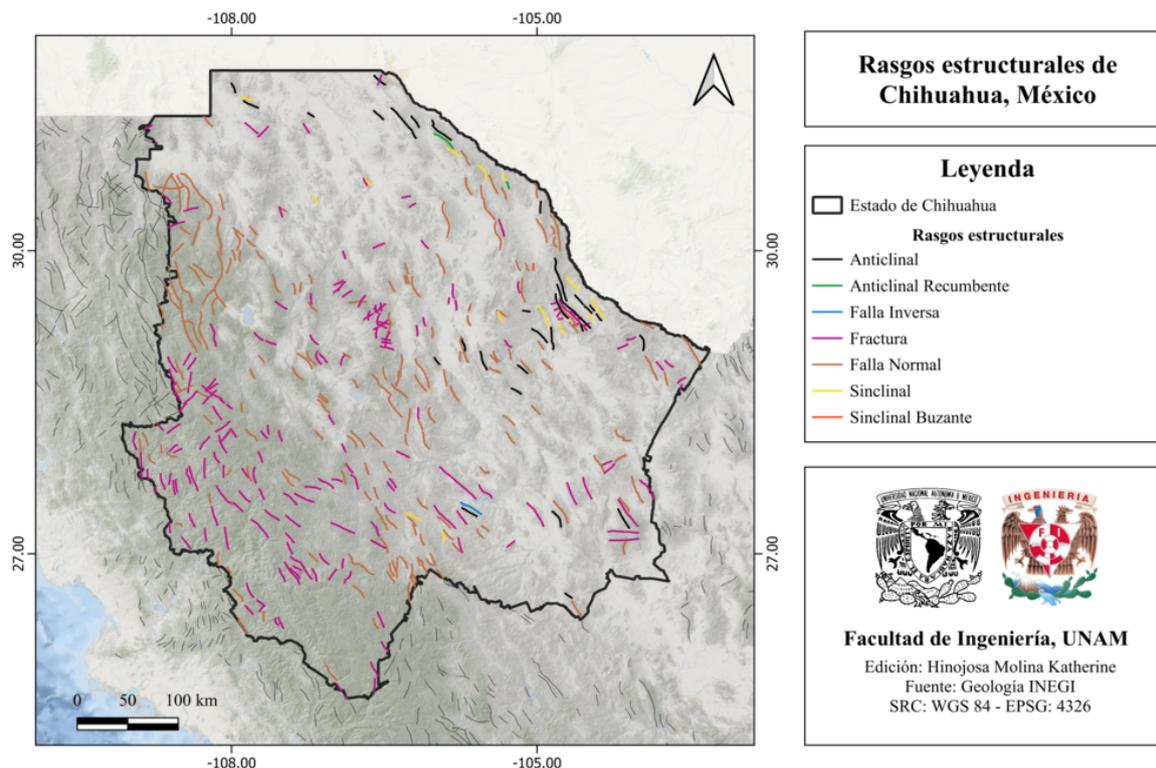


Figura 12.3: Rasgos estructurales del estado de Chihuahua, México [INEGI, 2002].

## 12.2 Zonas sismogénéticas (sismotectónicas)

### 12.2.1 Zonas sismogénéticas de acuerdo con Zúñiga et al., (2017)

Chihuahua es parte de las siguientes zonas sismogénéticas [Zúñiga et al., 2017]:

#### Zonas sismogénéticas someras ( $h < 40$ km)

- **BAR:** Zona de eventos dentro de la placa Norteamericana de poca profundidad ( $h < 20$  km), baja magnitud y escasa frecuencia. Posible extensión sur de las provincias de la Cuenca y cadena Río Grande.
- **SMO:** Zona de eventos intra-placa en la placa de Norteamérica. Provincia tectónica de Sierra Madre ( $h < 20$  km).

Las zonas sismogénéticas someras [Zúñiga et al., 2017] de Chihuahua se muestran en la figura 12.4.

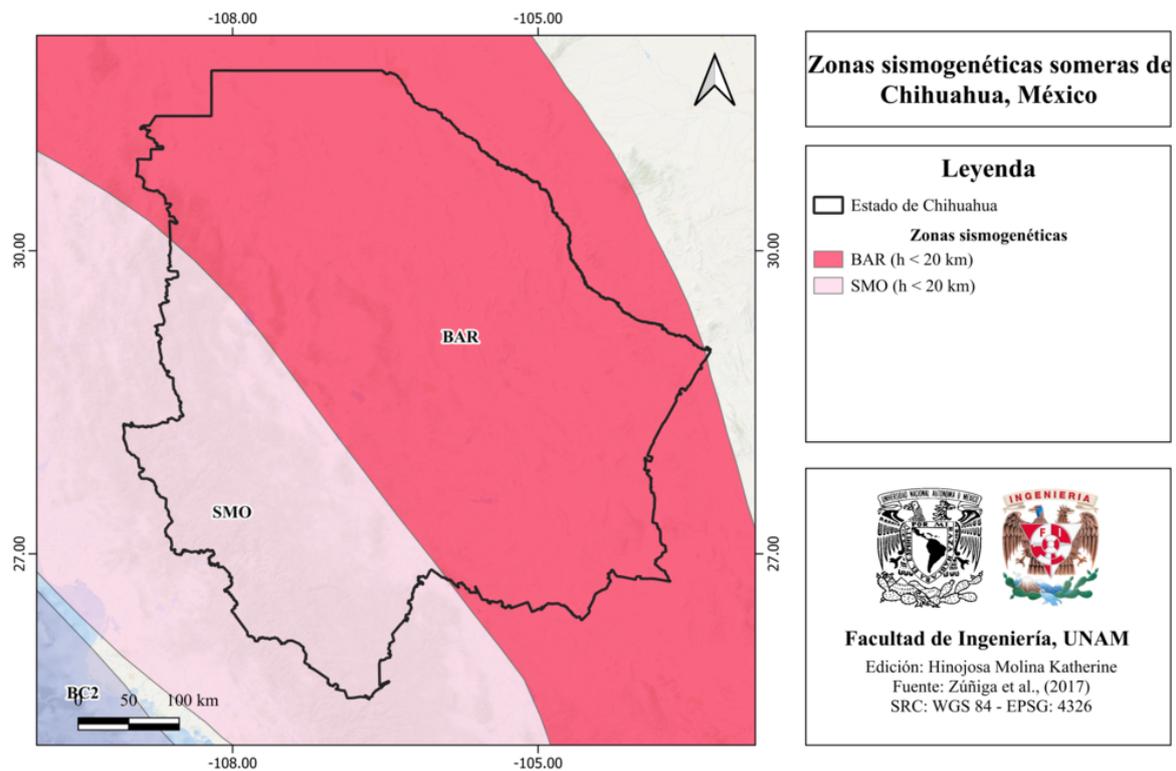


Figura 12.4: Zonas sismogénicas someras de Chihuahua, México. [Zúñiga et al., 2017]

### 12.2.2 Zonas sismogénicas de acuerdo con la Comisión Federal de Electricidad (2015)

Chihuahua es parte de las siguientes zonas sismogénicas [CFE, 2015]:

#### Zonas generadoras de sismos superficiales

- **Región 6:** Sierra Madre Occidental
- **Región 7:** Cuencas y Sierras
- **Región 8:** Cuenca de Burgos
- **Región 34:** Sismicidad difusa 1
- **Región 46:** Bavispe - Bavispe GR
- **Región 48:** Chihuahua Oriental

Las zonas sismogénicas someras [CFE, 2015] de Chihuahua se muestran en la figura 12.5.

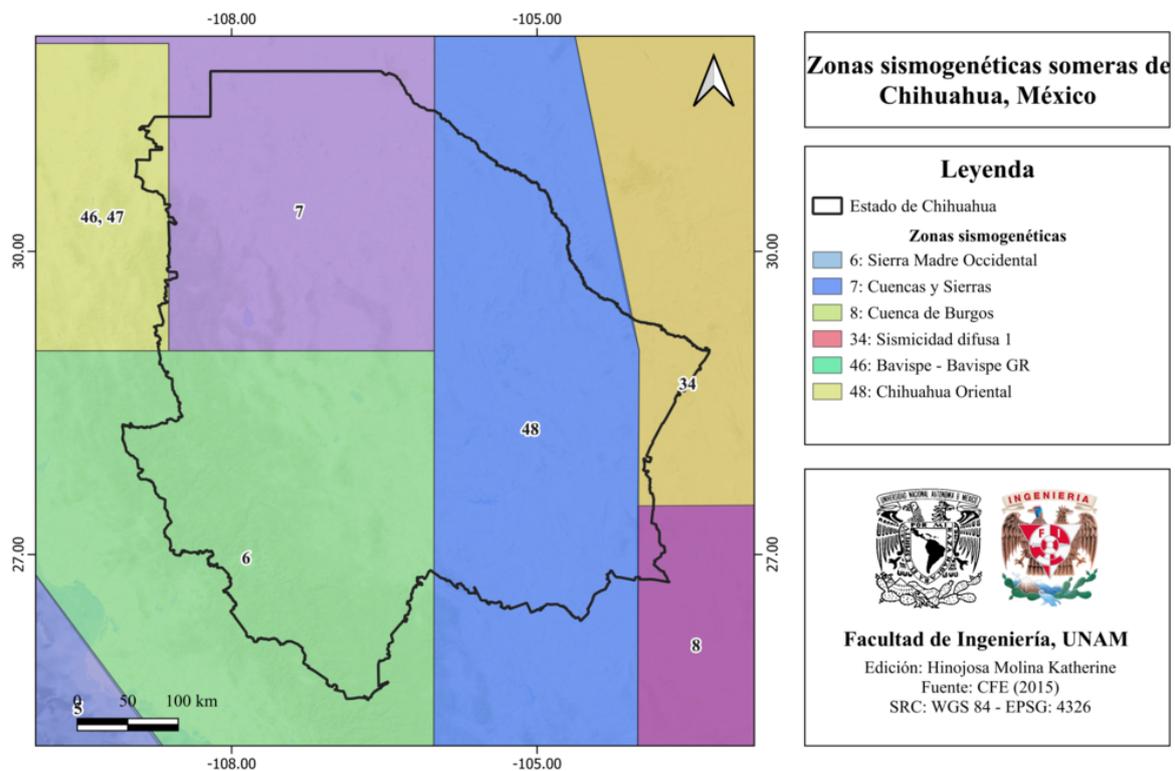


Figura 12.5: Zonas sismogénicas someras de Chihuahua, México. [CFE, 2015]

## 12.3 Sismicidad reportada por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) en el período 1900-2022

El Servicio Sismológico Nacional (SSN) ha reportado 675 sismos en el período comprendido entre el 1 de enero de 1900 al 31 de diciembre de 2022 (UTC), con magnitudes desde 1.8 hasta 6.3. Siendo el de mayor magnitud el ocurrido el 1 de noviembre de 1928 a las 04:12:54 (hora UTC) a 10 km de profundidad y con magnitud de 6.3, localizado a 17 km al noroeste de Hidalgo del Parral, Chihuahua.

## 12.4 Sismos históricos

- **Sismo de Bavispe, Sonora, 3 de mayo de 1887, M 7.6**

El sismo de Bavispe, Sonora ocurrió el 3 de mayo de 1887 y fue percibido desde

la ciudad de Agua Prieta hasta el puerto de Mazatlán. Éste tuvo una magnitud estimada de 7.6 [Suárez and Hough, 2008] y ocurrió a las 22:13 UTC. A pesar de que no existen registros sísmicos de este evento, se estima que los daños leves en la escala modificada de Mercalli (intensidad VI) tuvieron lugar en distancias de hasta 200 kilómetros aproximadamente, en México como en Estados Unidos.

- **Sismo de Parral, Chihuahua, en 1928, M 6.3**

El sismo de Parral ocurrió el 1 de noviembre de 1928 a las 04:12:54 UTC, tuvo una profundidad de 10 km y una magnitud de 6.3 Mw. Este ha sido uno de los sismos más grandes ocurridos dentro de la provincia de Cuencas y Sierras (Basin and Range). Se registró daño considerable en la Ciudad de Meoqui, a pesar de que ésta se encuentra a 125 km del epicentro. Este evento también fue percibido en varias regiones de Texas como El Paso, Canutillo y Valentine, donde se tuvieron intensidades en la escala de Mercalli de V, IV y V, respectivamente. Así como en Chihuahua en Santa Rosalía, Jiménez y la ciudad de Chihuahua, donde se tuvieron intensidades en la escala de Mercalli de VII, III, VI [Doser and Rodriguez, 1993].

En el mapa de la figura 12.6 se muestra el mapa de intensidad correspondiente a este evento.

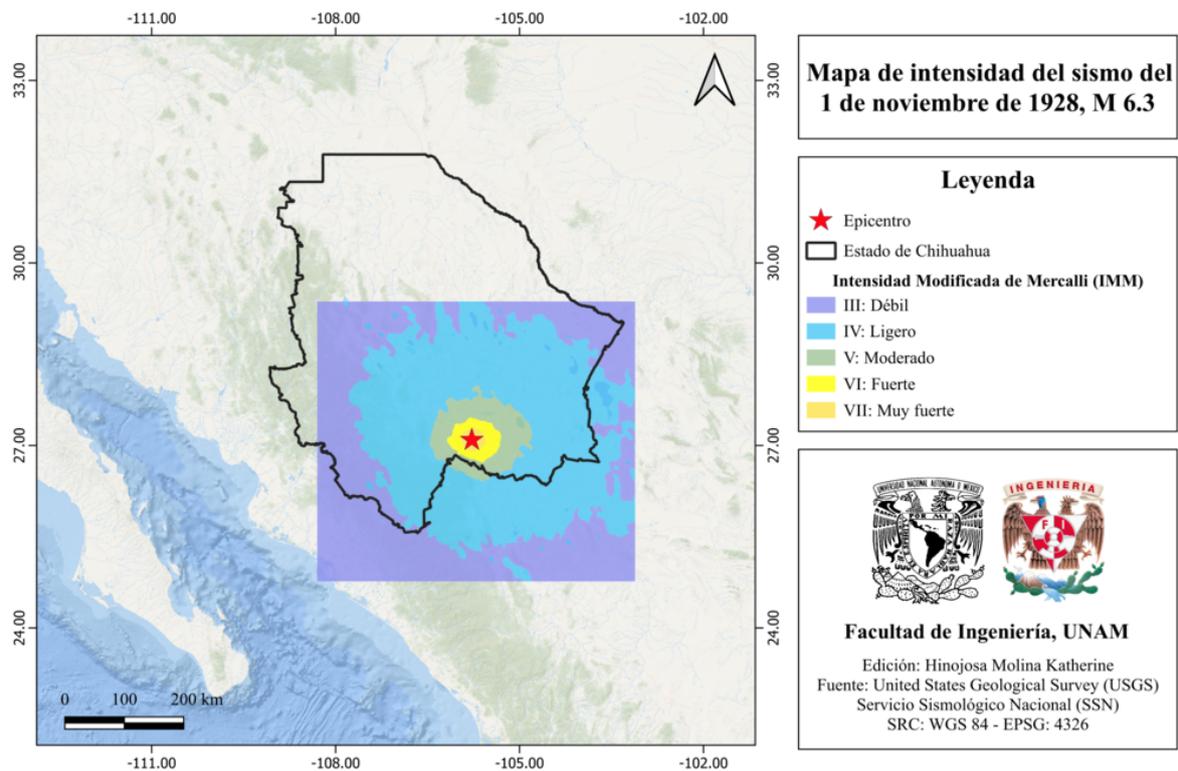


Figura 12.6: Mapa de intensidad del sismo del 1 de noviembre de 1928, M 6.3. [SSN, 2023]

## 12.5 Peligro por tsunami

El estado no está expuesto a este fenómeno, ya que se encuentra a 395 km a la costa del golfo de California.

## 12.6 Información general de peligro sísmico

### 12.6.1 Global de intensidades

El mapa que corresponde al global de intensidades de Chihuahua, se muestra en la figura 12.7.

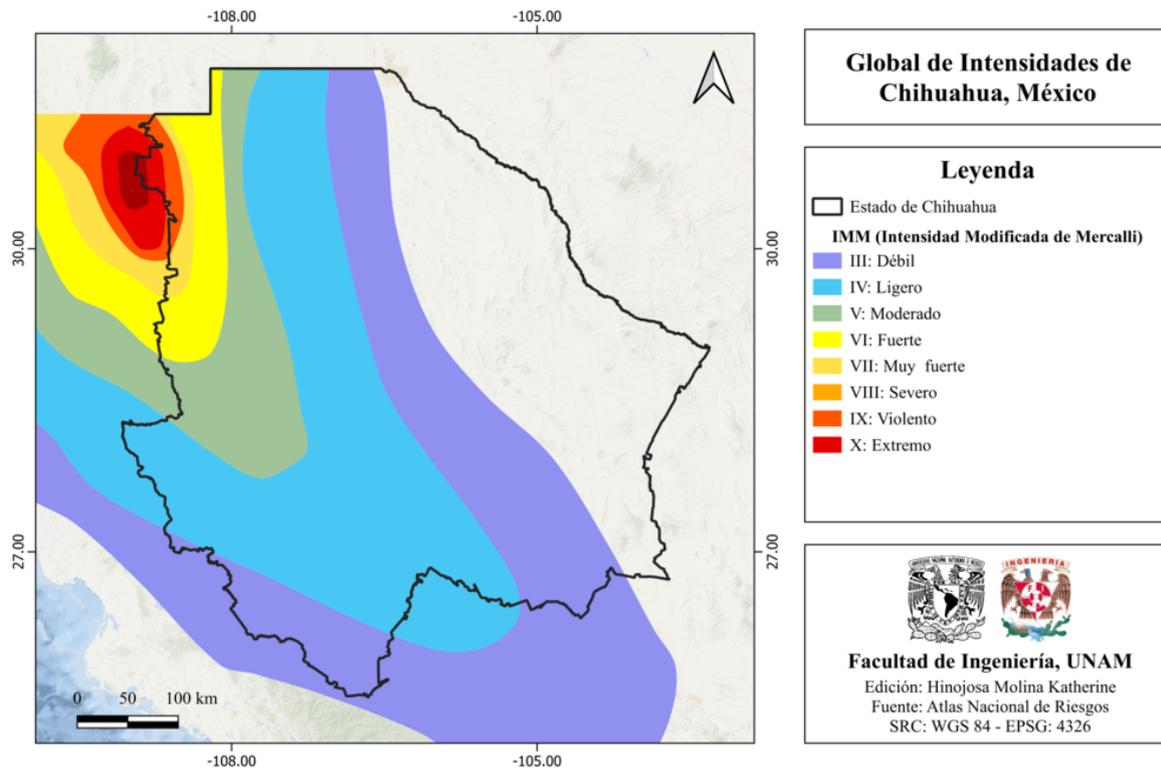


Figura 12.7: Global de intensidades de Chihuahua, México [Cenapred, 2006].

### 12.6.2 Regionalización sísmica de acuerdo con la CFE (2015)

Chihuahua forma parte de las zonas A, B y C de acuerdo con la regionalización sísmica [CFE, 2015], las cuales corresponden a sismicidad baja, media y alta respectivamente. En el mapa de la figura 12.8 se muestra la regionalización sísmica de este estado.

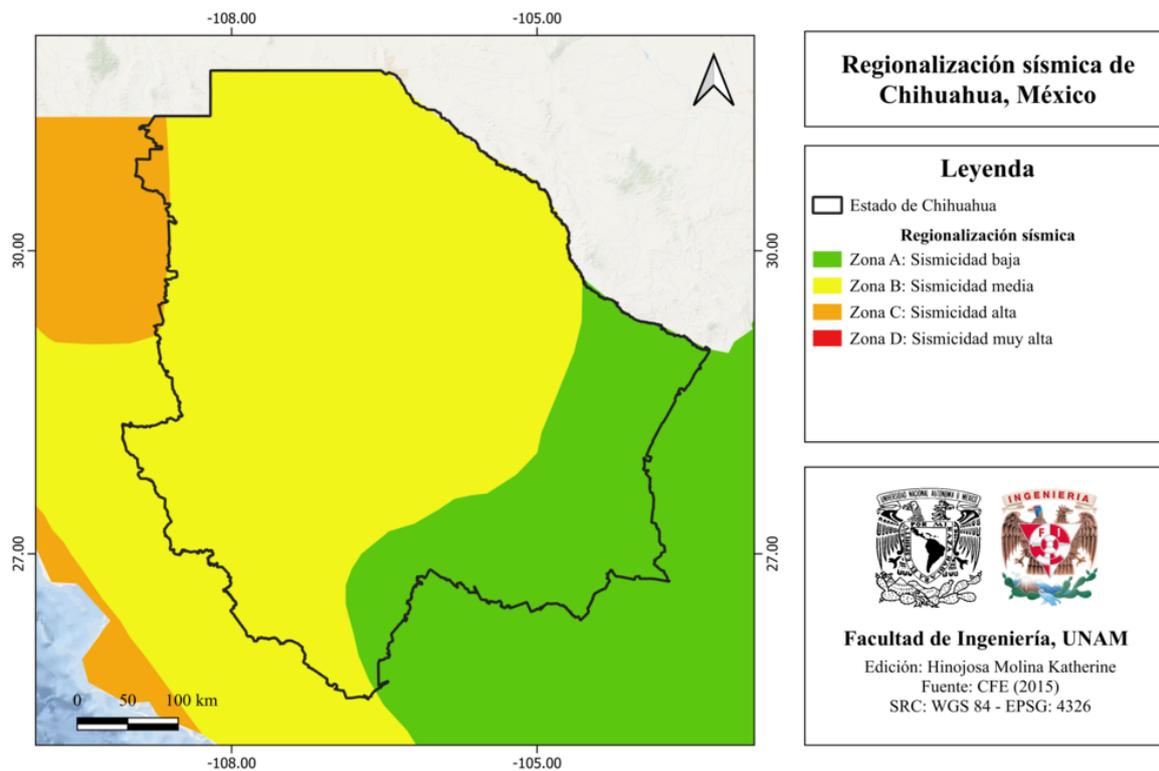


Figura 12.8: Regionalización sísmica de Chihuahua, México. [CFE, 2015]

### 12.6.3 Parámetro Vs30 (USGS)

El mapa de velocidad de onda de corte [Heath et al., 2020] de Chihuahua se muestra en la figura 12.9.

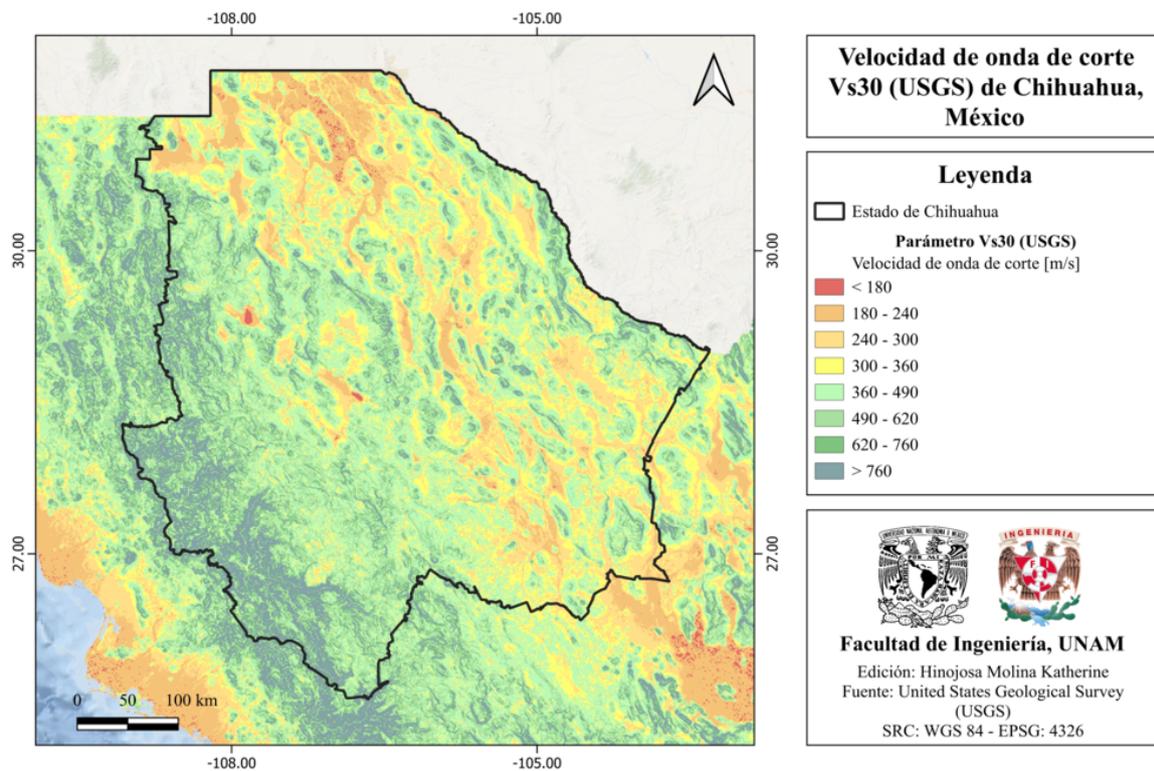


Figura 12.9: Velocidad de onda de corte Vs30 (USGS) de Chihuahua, México. [Heath et al., 2020]

#### 12.6.4 Municipios con posibles efectos de sitio

Los municipios de Chihuahua que presentan posibles efectos de sitio se muestran en el mapa de la figura 12.10.

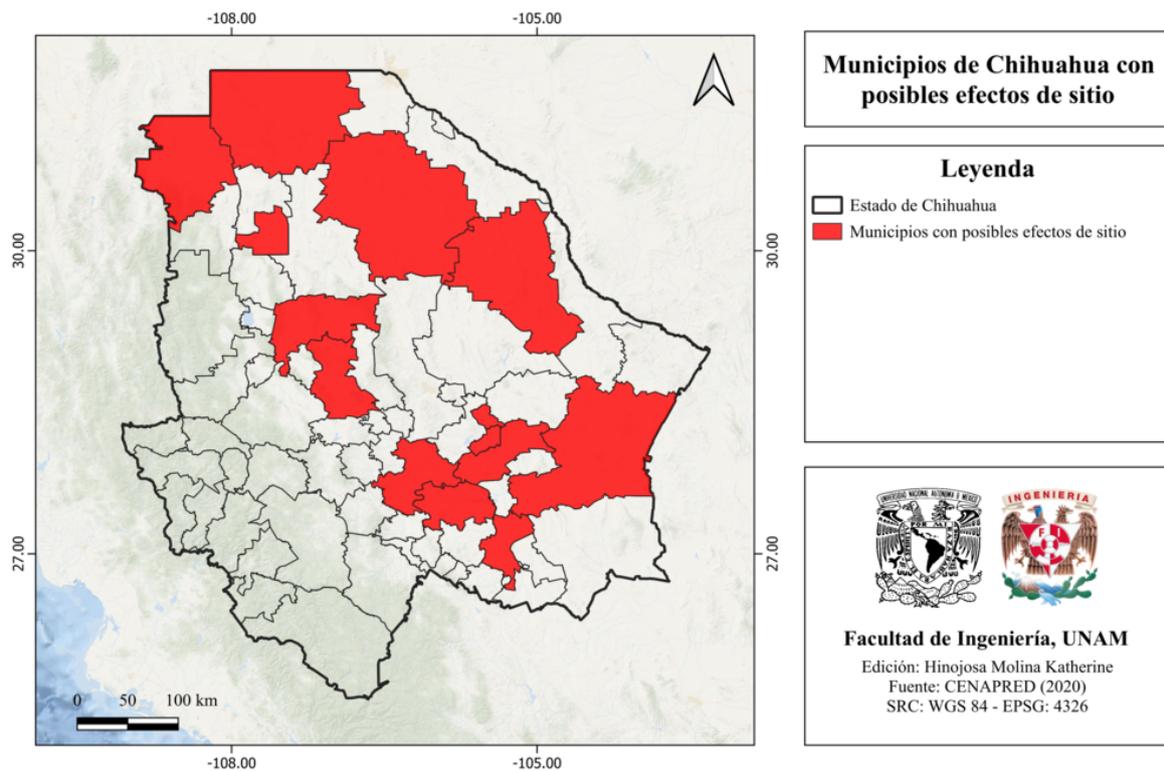


Figura 12.10: Municipios de Chihuahua con posibles efectos de sitio [Cenapred, 2020].

### 12.6.5 Municipios con peligro de deslizamiento por sismo

Los municipios de Chihuahua que presentan peligro de deslizamiento por sismo se muestran en el mapa de la figura 12.11.

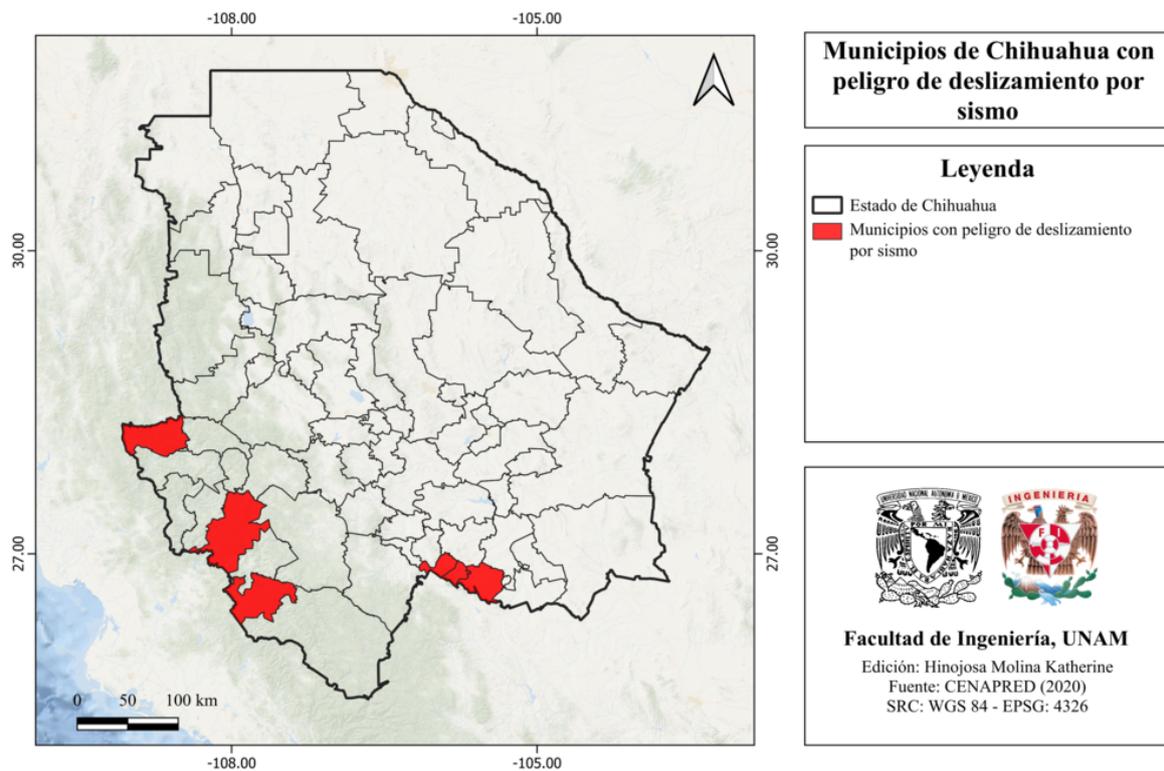


Figura 12.11: Municipios de Chihuahua con peligro de deslizamiento por sismo [Cenapred, 2020].

### 12.6.6 Municipios con reglamento de construcción de obras civiles

El estado de Chihuahua cuenta con 33 reglamentos municipales de construcción de obras civiles. Estos municipios se muestran en el mapa de la figura 12.12.

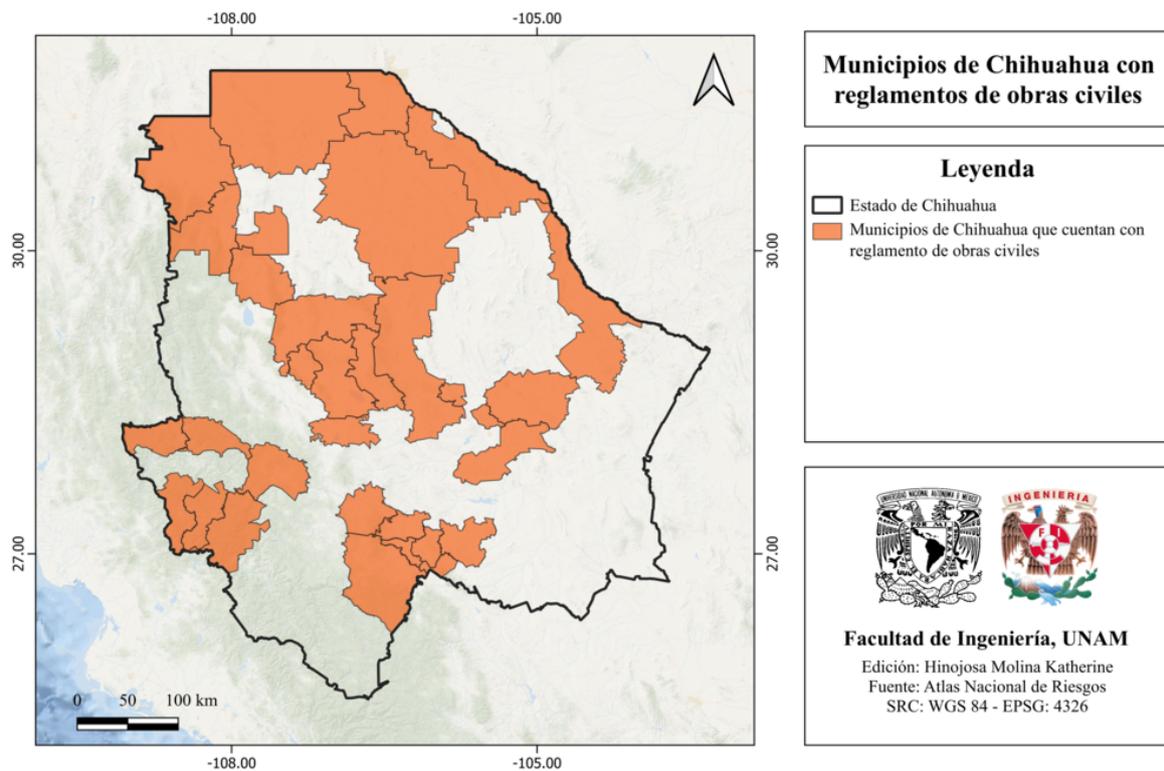


Figura 12.12: Municipios de Chihuahua con reglamento de construcción de obras civiles [ANR-Cenapred, 2016].

## 12.7 Secuencias sísmicas (enjambres) reportadas por el Servicio Sismológico Nacional (SSN)

No existen registros de secuencias sísmicas para este estado.

## 12.8 Estaciones de registro sísmico en el estado

El Servicio Sismológico Nacional (SSN) cuenta con tres estaciones de registro sísmico en Chihuahua (ver figura 12.13):

- **CGIG:** Casas Grandes
- **BCIG:** La Boquilla
- **HPIG:** Hidalgo del Parral

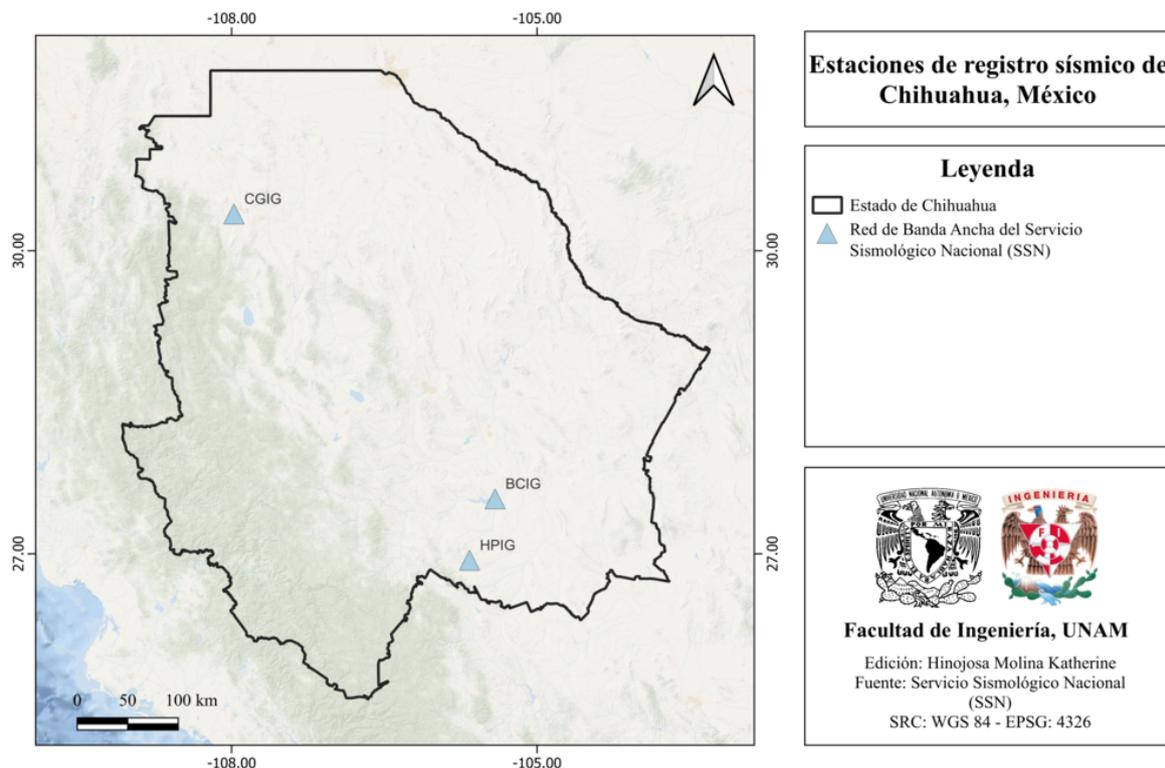


Figura 12.13: Estaciones de registro sísmico en Chihuahua, México [SSN, 2023].

## 12.9 Instituciones educativas que han realizado estudios en alguna zona del estado o en sus cercanías

El Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE) ha realizado estudios en materia de ciencias de la Tierra en Chihuahua.

## 12.10 Estudios de sismicidad o de peligro sísmico en alguna zona del estado

- D.I. Doser, 1987, “The 16 August 1931 Valentine, Texas, earthquake: Evidence for normal faulting in west Texas”, *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 77, No. 6, pp. 2005-2017.
- D.I. Doser y J. Rodríguez, 1993, “The seismicity of Chihuahua, Mexico, and the 1928 Parral earthquake”, *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, Vol. 78, p.

97-104.

- I.N. Galván-Ramírez y J.C. Montalvo-Arrieta, 2008, “The historical seismicity and prediction of ground motion in northeast Mexico”, *Journal of South American Earth Sciences*, Vol. 25, pp. 37-48.
- A. González-Rangel, M. Royo-León y L. H. Colmenero-Sujo, 2012, “Los sismos en el estado de Chihuahua y su Potencial Peligro para la Construcción”, Facultad de Ingeniería Mochis, Universidad Autónoma de Sinaloa.
- M. Suter, 2001, “The historical seismicity of northeastern Sonora and northwestern Chihuahua, Mexico (28-32°N, 106-111°W)”, *Journal of South American Earth Sciences*, 14, 521-532.

# Capítulo 13

## Ciudad de México

### 13.1 Localización y provincias fisiográficas

#### 13.1.1 Localización

La Ciudad de México se localiza en el Valle de México, en la región centro sur del país; colinda al norte, oeste y este con estado de México y al sur con Morelos.

#### 13.1.2 Provincias fisiográficas

La Ciudad de México forma parte de la provincia fisiográfica Eje Neovolcánico, tal como se muestra en el mapa de la figura 13.1.

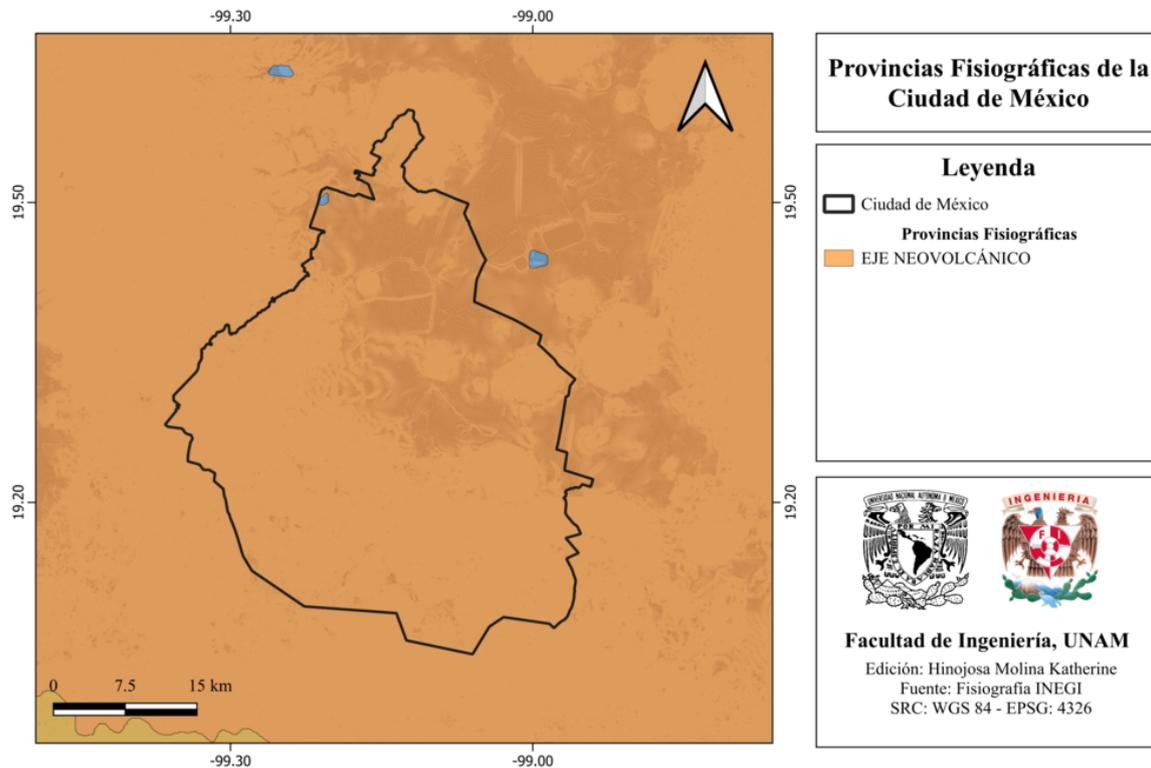


Figura 13.1: Provincias fisiográficas de la Ciudad de México [INEGI, 2001].

### 13.1.3 Subprovincias fisiográficas

La Ciudad de México forma parte de la subprovincia fisiográfica Lagos de Anáhuac, tal como se muestra en el mapa de la figura 13.2.

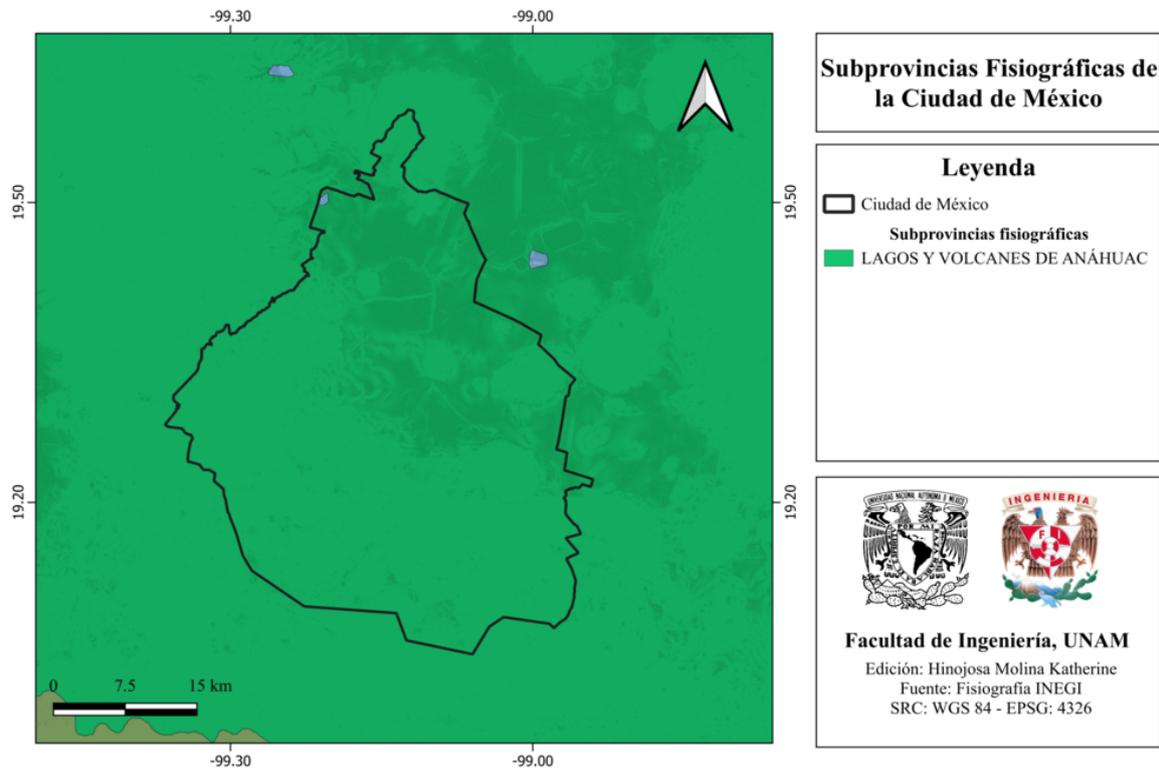


Figura 13.2: Subprovincias fisiográficas de la Ciudad de México [INEGI, 2001].

### 13.1.4 Rasgos geológicos estructurales

En el mapa de la figura 13.3 se muestran las fallas geológicas inferidas de acuerdo con el Atlas Nacional de Riesgos [ANR-Cenapred, 2016].

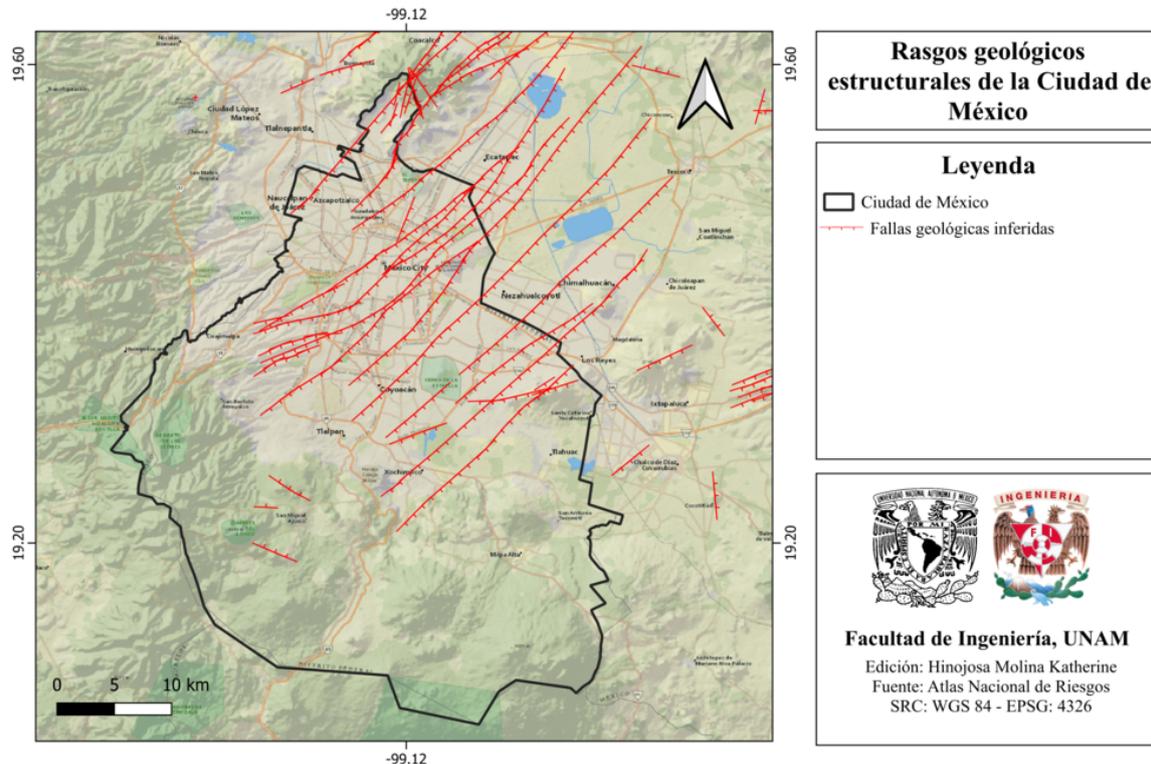


Figura 13.3: Rasgos geológicos estructurales de la Ciudad de México [ANR-Cenapred, 2016].

## 13.2 Zonas sismogénéticas (sismotectónicas)

### 13.2.1 Zonas sismogénéticas de acuerdo con Zúñiga et al., (2017)

#### Zonas sismogénéticas someras ( $h < 40$ km)

La Ciudad de México forma parte de las siguientes provincias fisiográficas [Zúñiga et al., 2017] (ver figura 13.4):

- **MVB:** Zona de eventos intraplaca de la parte somera ( $h < 15$  km) de la placa Norteamericana, asociado a esfuerzos tensionales en el centro de México. Estos esfuerzos están relacionados con la ubicación de la Faja Volcánica Transmexicana ( $h < 20$  km).

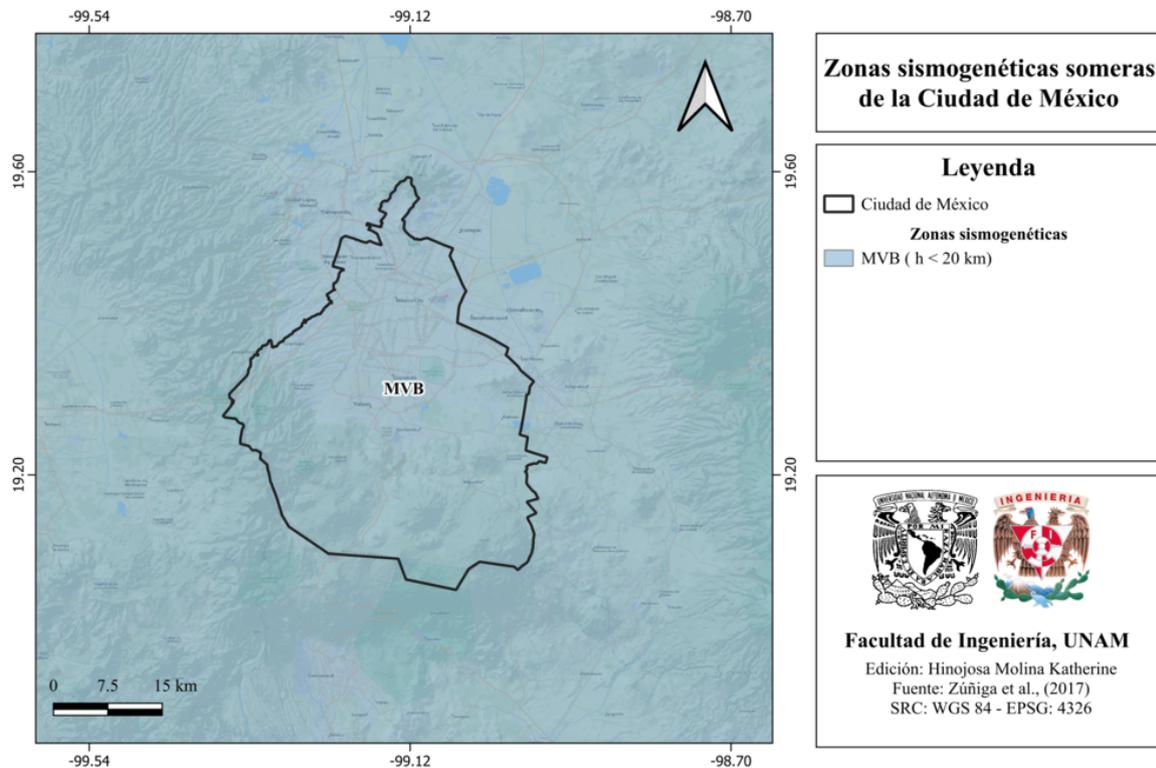


Figura 13.4: Zonas sismogénicas someras de la Ciudad de México [Zúñiga et al., 2017].

### 13.2.2 Zonas sismogénicas de acuerdo con la Comisión Federal de Electricidad (2015)

#### Zonas generadoras de sismos superficiales

La Ciudad de México forma parte de las siguientes zonas sismogénicas (ver figura 13.5):

- **33:** Eje Volcánico

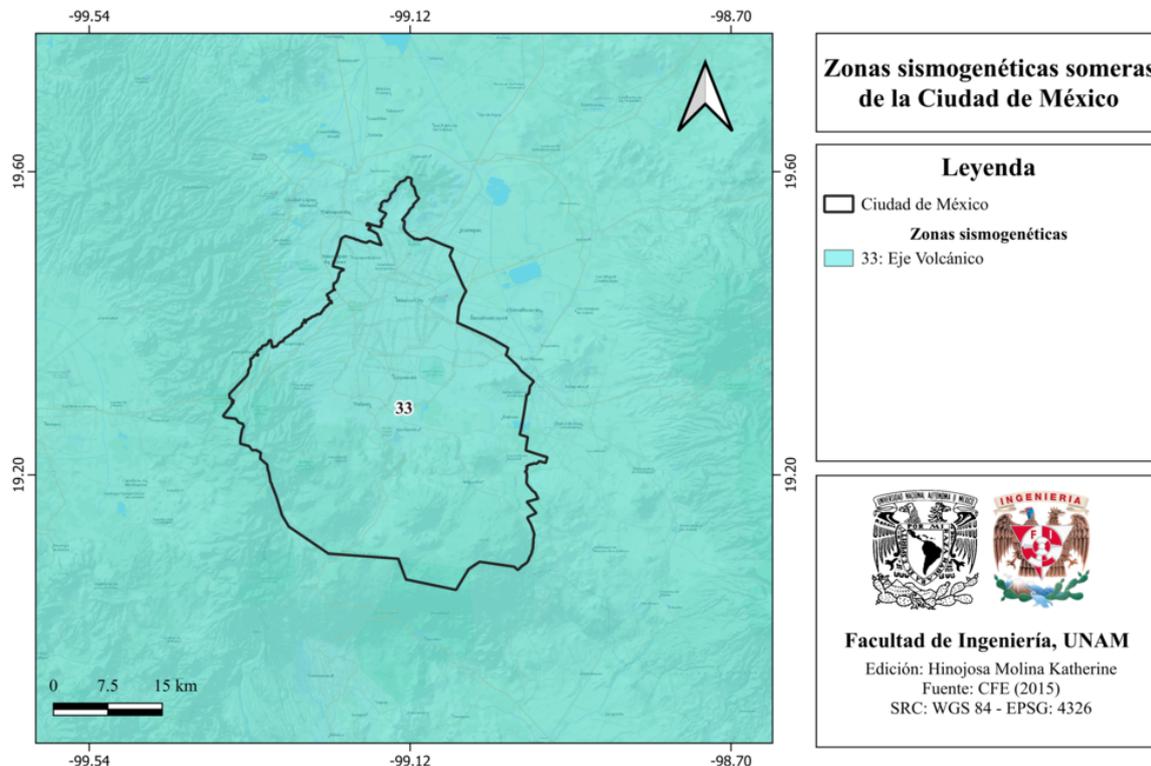


Figura 13.5: Zonas sismogénicas someras de la Ciudad de México [CFE, 2015].

### 13.3 Sismicidad reportada por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) en el período 1900-2022

El Servicio Sismológico Nacional (SSN) ha reportado 337 sismos en la Ciudad de México, en el período correspondiente del 1 de enero de 1900 al 31 de diciembre de 2022 (UTC), con magnitudes desde 0.3 hasta 4 para todas las profundidades.

### 13.4 Sismos históricos

- **19 de septiembre de 1985, M 8.1** El sismo del 19 de septiembre de 1985 de magnitud 8.1 ocurrió a las 07:17:49 horas, su epicentro se localizó en el océano Pacífico, en la costa de Michoacán y tuvo una profundidad de 15 km. De acuerdo con información del Gobierno de México, este sismo afectó particularmente a la Ciudad de México, donde se alcanzó en su mayor parte una intensidad violenta (IX) en la escala modificada de Mercalli (ver figura 13.6). Al día de hoy se desconoce la canti-

dad oficial de fallecimientos y daños materiales, pero se estiman aproximadamente 20000 decesos.

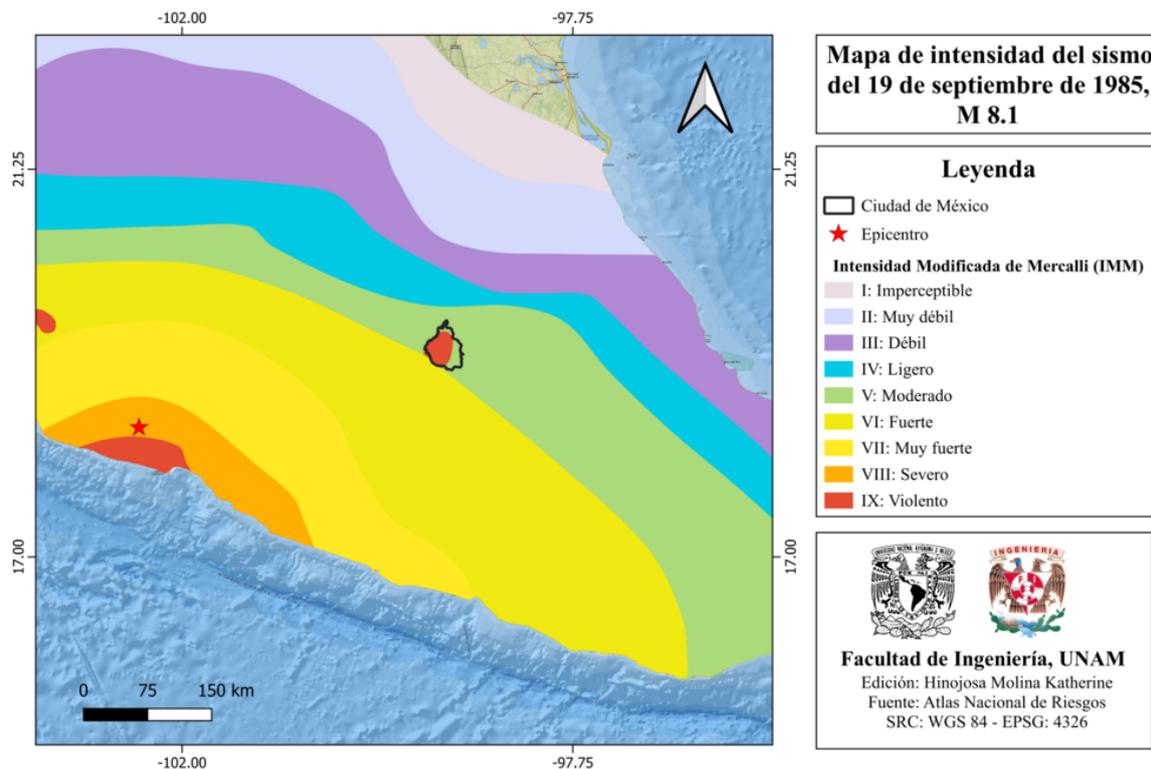


Figura 13.6: Mapa de intensidad del sismo del 19 de septiembre de 1985, M 8.1 [ANR-Cenapred, 2016].

- **7 de septiembre de 2017, M 8.2** El día 7 de septiembre de 2017, el Servicio Sismológico Nacional (SSN) reportó un sismo de magnitud 8.2, ubicado en el Golfo de Tehuantepec, a 133 km al suroeste de Pijijiapan, Chiapas. Éste ocurrió a las 23:49:17 horas (hora local) y tuvo una profundidad de 45.9 km.
- **19 de septiembre de 2017, M 7.1** El 19 de septiembre de 2017, el SSN registró un sismo de magnitud 7.1 a las 13:14:39 (hora local). Este evento fue de tipo intraplaca, dentro de la placa oceánica de Cocos, por debajo del continente, a una profundidad de 51 km. La Ciudad de México registró aceleraciones entre los 11 y 30  $\frac{cm}{s^2}$  (ver figura 13.7). La CDMX, Morelos, Puebla, estado de México, Guerrero y Oaxaca reportaron 228, 74, 45, 15, 6 y 1 decesos respectivamente. El costo de las afectaciones se estima en 62 mil 99 millones de pesos [García Arróliga et al., 2019].

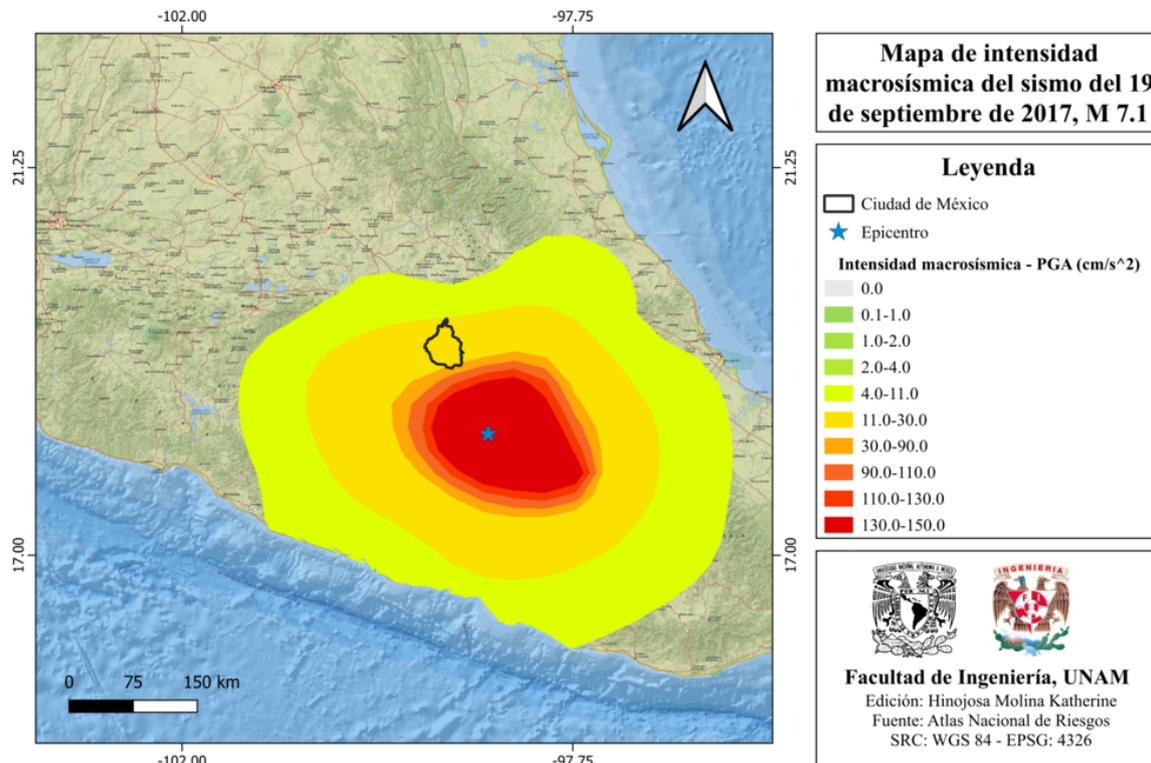


Figura 13.7: Mapa de intensidad del sismo del 19 de septiembre de 2017, M 7.1 [ANR-Cenapred, 2016].

## 13.5 Peligro por tsunami

La Ciudad de México no está expuesta a este fenómeno, ya que se encuentra a 296 km a la costa más cercana del océano Pacífico.

## 13.6 Información general de peligro sísmico

### 13.6.1 Global de intensidades

El mapa del global de intensidades para la Ciudad de México se muestra en la figura 13.8.

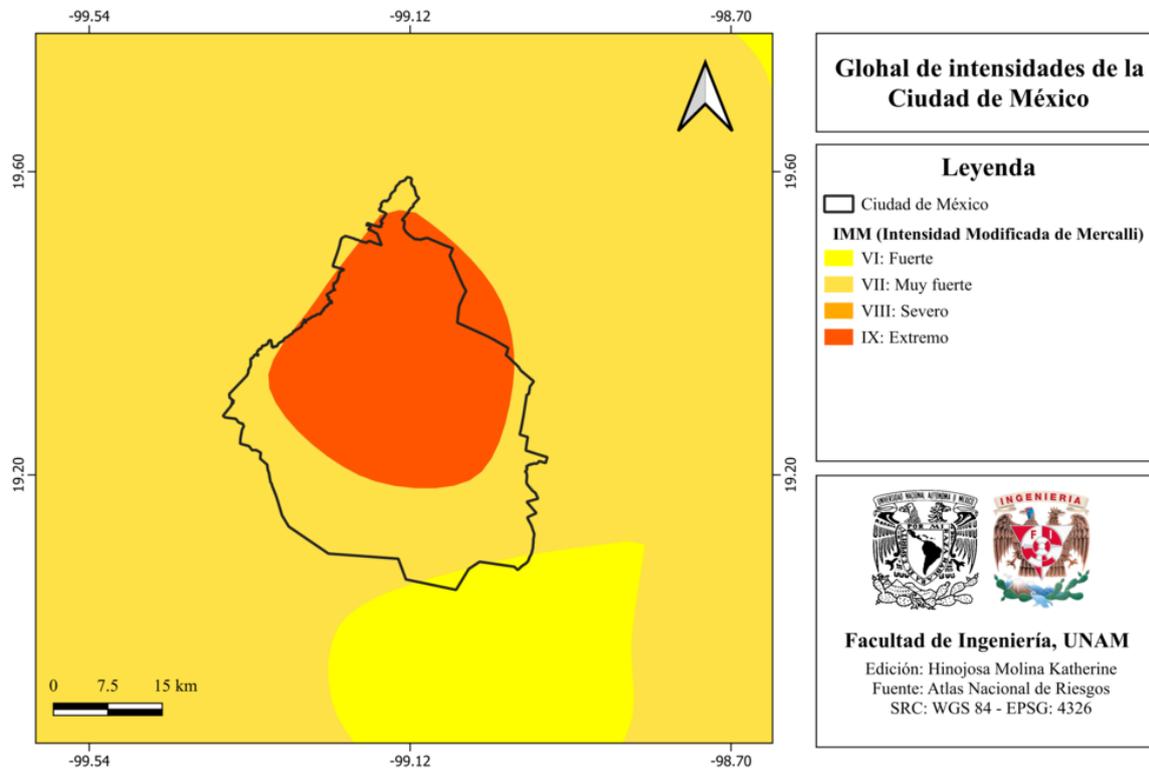


Figura 13.8: Global de intensidades de la Ciudad de México [ANR-Cenapred, 2016].

### 13.6.2 Regionalización sísmica de acuerdo con la CFE (2015)

De acuerdo con la regionalización sísmica de la CFE [CFE, 2015], la Ciudad de México forma parte de las zonas B y C que corresponden a sismicidad media y sismicidad alta, respectivamente (ver figura 13.9).

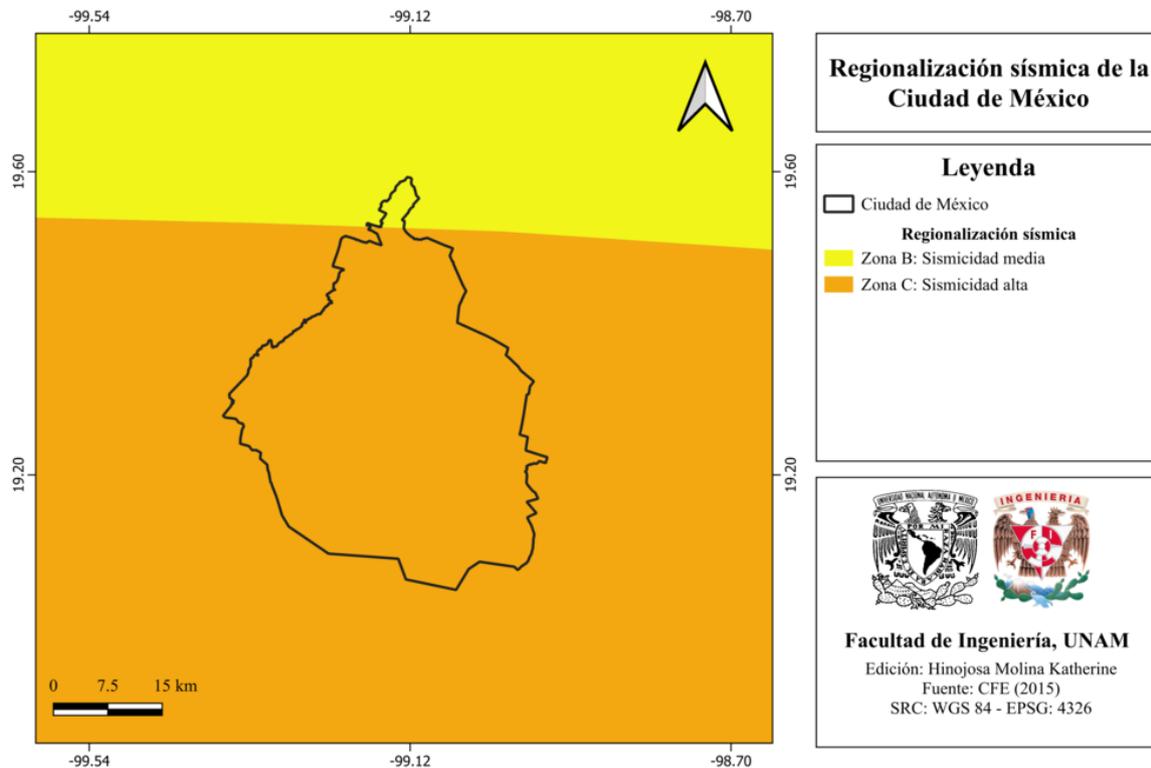


Figura 13.9: Regionalización sísmica de la Ciudad de México [CFE, 2015].

### 13.6.3 Parámetro Vs30 (USGS)

El mapa de velocidad de onda de corte de la Ciudad de México se muestra en la figura 13.10.

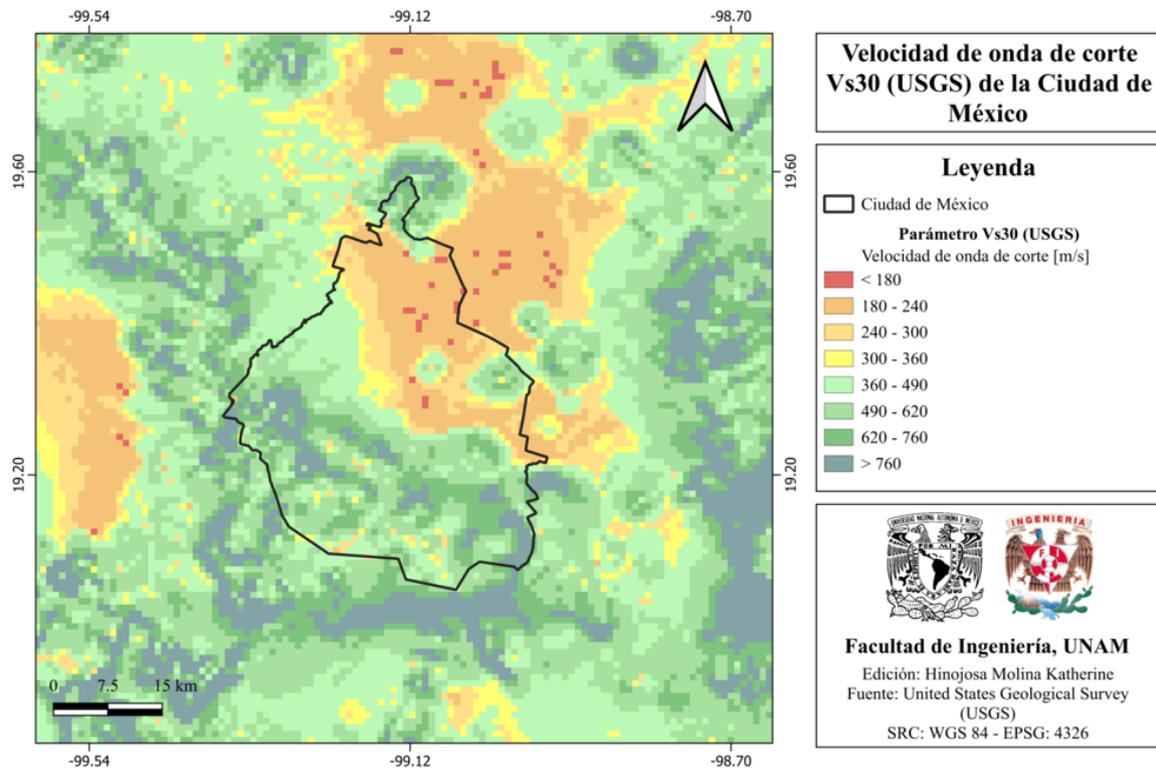


Figura 13.10: Velocidad de onda de corte Vs30 (USGS) de la Ciudad de México [Heath et al., 2020].

#### 13.6.4 Municipios con posibles efectos de sitio

Las alcaldías que presentan posibles efectos de sitio en la Ciudad de México se muestran en el mapa de la figura 13.11.

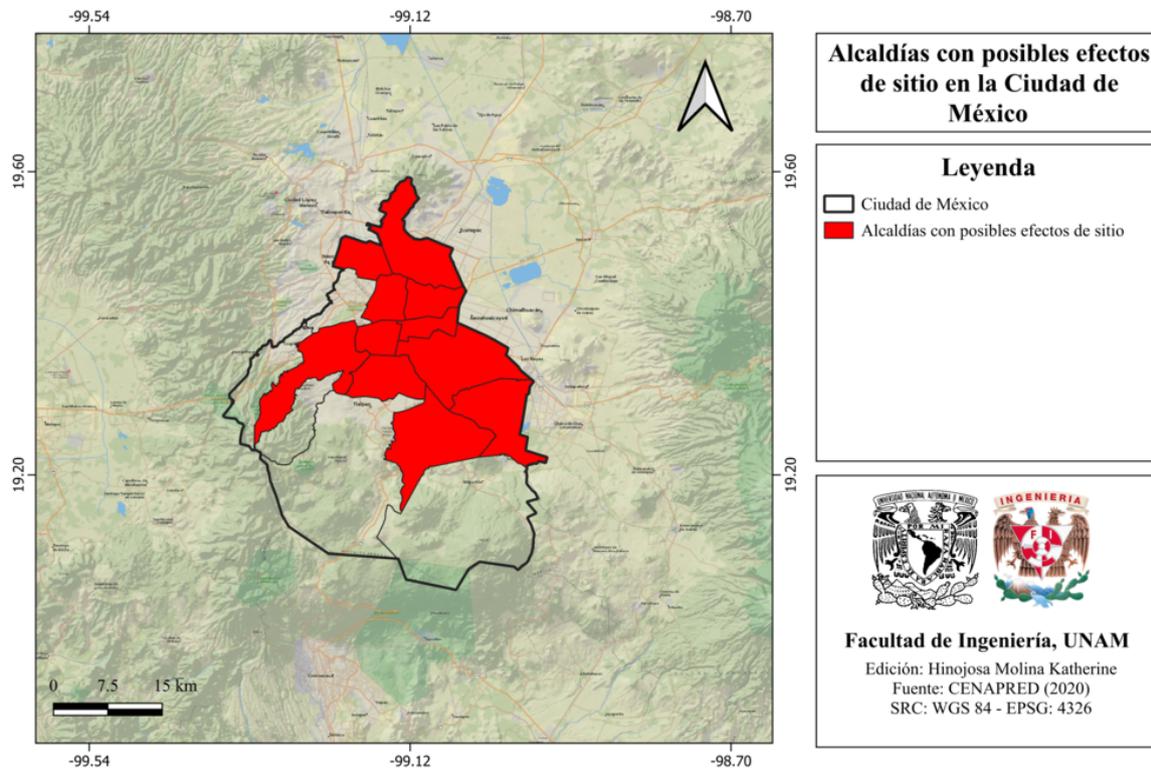


Figura 13.11: Alcaldías de la CDMX con posibles efectos de sitio [Cenapred, 2020].

### 13.6.5 Municipios con peligro de deslizamiento por sismo

No se cuenta con información

### 13.6.6 Municipios con reglamento de construcción de obras civiles

La Ciudad de México cuenta con el siguiente reglamento de construcción:

- Reglamento estatal de construcciones de la Ciudad de México (2017).

## 13.7 Secuencias sísmicas (enjambres) reportadas por el Servicio Sismológico Nacional (SSN)

- **Secuencia sísmica del 12 al 14 de diciembre de 2023**

Entre los días 12 y 14 de diciembre de 2023, el SSN reportó una secuencia de sismos

con epicentro en la Ciudad de México. El mayor evento del día 12 de diciembre fue a las 11:07 (hora local), de magnitud 3.0 y con epicentro en la alcaldía Álvaro Obregón. Por otra parte, el mayor evento del día 14 de diciembre ocurrió el sismo de mayor magnitud de toda la secuencia, el cual fue de magnitud 3.2 con epicentro en la misma región. El día 14 también fueron registrados 15 eventos en la misma zona, de los cuales sólo 12 fueron calculados.

- **Secuencia sísmica del 10 y 11 de mayo de 2023**

El día 10 de mayo de 2023, el SSN reportó un sismo las 22:20 (hora local) de magnitud 3.0 con epicentro en la alcaldía Álvaro Obregón. Hasta el día 11 de mayo se registraron otros 13 eventos con magnitudes entre 1.0 y 2.3 en la misma zona.

- **Secuencia sísmica del 29 de marzo al 21 de abril de 2023**

El SSN reportó siete sismos el día 29 de marzo de 2023, sus magnitudes se encontraron en un rango de 1.0 a 2.6 Mc (magnitud de coda), con profundidades entre los 1 y 2 km. El sismo más reciente ocurrió el 23 de abril de 2023, con magnitud 1.8, localizado a 3 km al noroeste de Coyoacán.

- **Secuencia sísmica del 7 al 8 de febrero de 2023**

Entre el 7 y 8 de febrero de 2023, el SSN reportó tres sismos con epicentro en la cuenca de México. El primero de ellos localizado a 3 km al suroeste de Coyoacán, de magnitud 1.5 el día 7 de febrero; el segundo de magnitud 0.7 localizado a 3 km al noreste de la alcaldía Magdalena Contreras el mismo día; el tercero, acaecido el 8 de febrero, de magnitud 1.2 con epicentro a 2 km al sureste de la alcaldía Álvaro Obregón.

- **Secuencia sísmica del 12 al 18 de julio de 2019**

El SSN reportó 20 eventos sísmicos los días 12, 13, 14, 16, 17 y 18 de julio de 2019. Estos eventos fueron localizados en la alcaldía Miguel Hidalgo. El menor fue de magnitud 1.5 el día 18 de julio a las 15:43:49 (hora local) y el de mayor fue de magnitud 3 el día 16 de julio a la 01:36:45 (hora local).

- **Secuencia sísmica del 28 de febrero al 1 de marzo de 2017**

Entre los días 28 de febrero y 1 de marzo de 2017, el SSN reportó cuatro sismos de magnitudes entre 2.4 y 2.7, los cuales fueron localizados en la delegación Coyoacán.

- **Secuencia sísmica del 1 de diciembre de 2014**

El día 1 de diciembre de 2014 el Servicio Sismológico Nacional (SSN) reportó una secuencia sísmica de cuatro eventos, en la cual el mayor tuvo una magnitud de 3.4 y fue localizado en la delegación La Magdalena Contreras, en la Ciudad de México.

## 13.8 Estaciones de registro sísmico en el estado

La Ciudad de México cuenta con la Red sísmica de la Ciudad de México, la cual está conformada por las instituciones y sus respectivas estaciones enlistadas a continuación:

- **Servicio Sismológico Nacional (SSN):** con diez estaciones.
- **Centro Nacional de Prevención de Desastres (Cenapred):** con nueve estaciones.
- **Centro de instrumentación y registro sísmica (CIRES):** con diez estaciones.
- **UAM:** con cuatro estaciones.
- **RESBAC:** con cinco estaciones.
- **Red Acelerográfica Instituto de Ingeniería:** con cinco estaciones.

En el mapa de la figura 13.12 se muestra dicha distribución de estaciones.

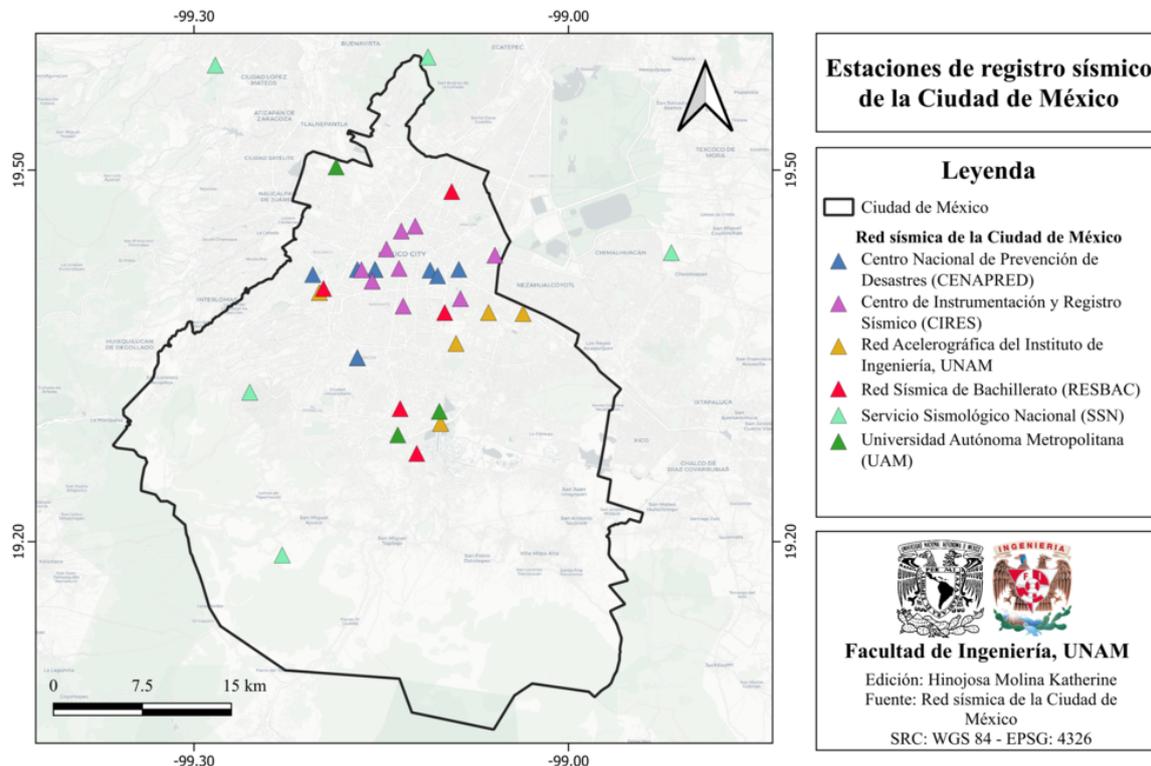


Figura 13.12: Estaciones de registro sísmico en la Ciudad de México [SSN, 2023], [II, 2023], [Cenapred, 2014].

### 13.9 Instituciones educativas que han realizado estudios en alguna zona del estado o en sus cercanías

Las instituciones que han realizado estudios en materia de peligro sísmico y sismología son:

- Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)
- Instituto Politécnico Nacional (IPN)

### 13.10 Estudios de sismicidad o de peligro sísmico en alguna zona del estado

Algunos estudios de sismicidad o peligro sísmico en la Ciudad de México, se enlistan a continuación:

- Bello-Segura, D. I. y M. Ordaz, 2020, “Lessons from a Small Local Earthquake (Mw 3.2) That Produced the Highest Acceleration Ever Recorded in Mexico City”, Seismological Society of America, Seismological Research Letters.
- Chávez, M. (1992). Seismic hazard and structural safety in Mexico City. In Proceedings of the Tenth World Conference on Earthquake Engineering, Ottawa, Ont., AA Balkema, Rotterdam, The Netherlands (pp. 5797-5802).
- Cruz-Atienza, V.M., Iglesias, A., Pacheco, J. F., Shapiro, N. M. y Singh, S.K., 2010, “Crustal structure below the Valley of Mexico estimated from receiver functions”. Bull. Seismol. Soc. Am., Vol. 100, No. 6, pp. 3304-3311
- Flores-Estrella, H., Yussim, S., y Lomnitz, C. (2007). Seismic response of the Mexico City Basin: A review of twenty years of research. *Natural Hazards*, 40, 357-372.
- Gómez-Bernal, A., Peña, A. R., y de Anda Gil, J. (2023). Probabilistic seismic vulnerability and loss assessment of the buildings in Mexico City. In *Natural Hazards- New Insights*. IntechOpen.
- Morán-Rodríguez, S. y Novelo-Casanova, D. A. (2012). Spatial analysis of the level of exposure to seismic hazards of health facilities in Mexico City, Mexico. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 3(3), 279-292.
- Novelo-Casanova, D. A., Suárez, G., Cabral-Cano, E., Fernández-Torres, E. A., Fuentes-Mariles, O. A., Havazli, E., ... y Velasco-Herrera, V. M. (2021). The Risk Atlas of Mexico City, Mexico: a tool for decision-making and disaster prevention. *Natural Hazards*, 1-27.
- Ordaz, M. y Reyes, C. (1999). Earthquake hazard in Mexico City: Observations versus computations. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 89(5), 1379-1383.
- Reinoso, E. (1996). ALGUNOS RESULTADOS RECIENTES SOBRE EL PELIGRO SÍSMICO EN LA CIUDAD DE MÉXICO. *Revista de Ingeniería sísmica*, (53), 1-24.

- Singh, S. K., Ordaz, M., Pérez-Campos, X., y Iglesias, A. (2015). Intraslab versus interplate earthquakes as recorded in Mexico City: Implications for seismic hazard. *Earthquake Spectra*, 31(2), 795-812.
- Singh, S.K., Quintanar-Robles, L., Danny Arroyo, Cruz-Atienza, V. M., Espíndola, V. H., Bello-Segura D. I. y M. Ordaz 2020, “Lessons from a Small Local Earthquake (Mw 3.2) That Produced the Highest Acceleration Ever Recorded in Mexico City”, *Seismological Society of America, Seismological Research Letters*.
- S. K. Singh, E. Reinoso, D. Arroyo, M. Ordaz, V. Cruz-Atienza, X. Pérez-Campos, A. Iglesias, y V. Hjörleifsdóttir, 2018, “Deadly Intraslab Mexico Earthquake of 19 September 2017 (Mw 7.1): Ground Motion and Damage Pattern in Mexico City”, *Seismological Research Letters*, Vol. 89, No. 6, pp. 2193-2203

# Capítulo 14

## Durango

### 14.1 Localización y provincias fisiográficas

#### 14.1.1 Localización

El estado de Durango se localiza en la región noroeste de México. Limita al norte con Chihuahua, al noreste con Coahuila, al sureste con Zacatecas, al sur con Nayarit y al oeste con Sinaloa.

#### 14.1.2 Provincias fisiográficas

Durango forma parte de las siguientes cuatro provincias fisiográficas [INEGI, 2001]:

- Mesa del Centro
- Sierra Madre Occidental
- Sierra Madre Oriental
- Sierras y Llanuras del Norte

En el mapa de la figura 14.1 se visualizan dichas provincias fisiográficas.

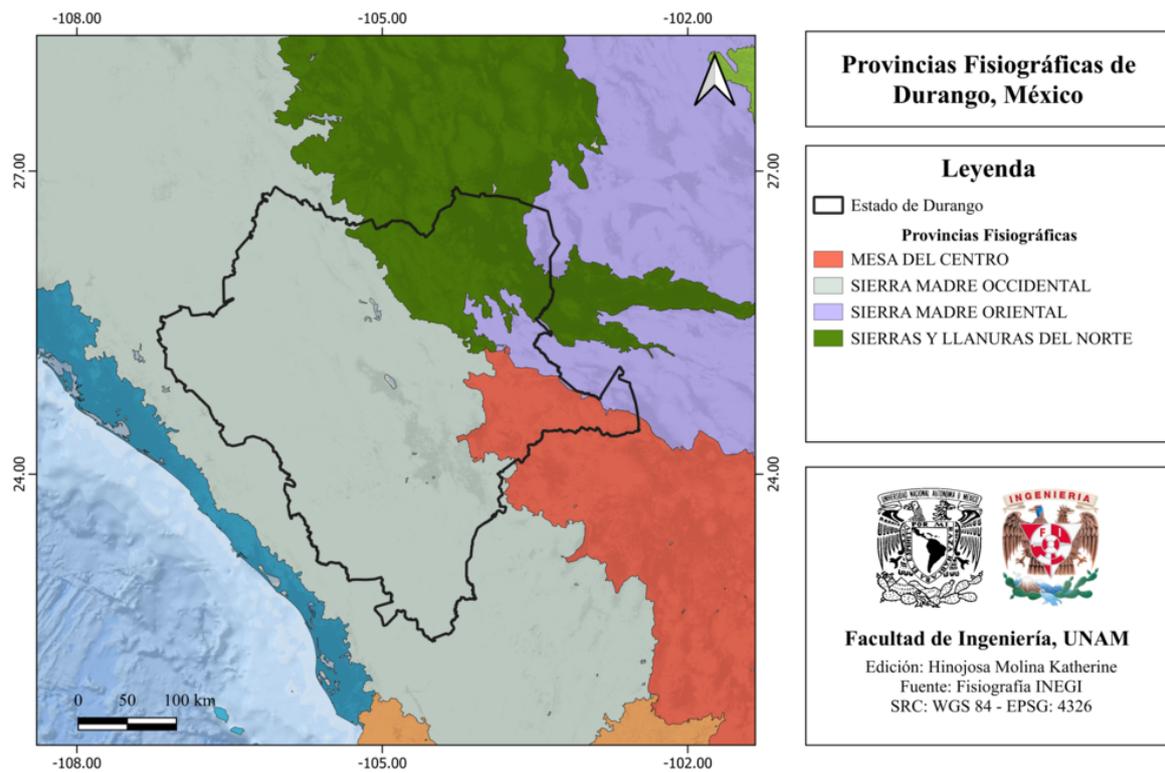


Figura 14.1: Provincias fisiográficas de Durango, México [INEGI, 2001].

### 14.1.3 Subprovincias fisiográficas

Al mismo tiempo, Durango forma parte de las siguientes subprovincias fisiográficas [INEGI, 2001] (ver figura 14.2).

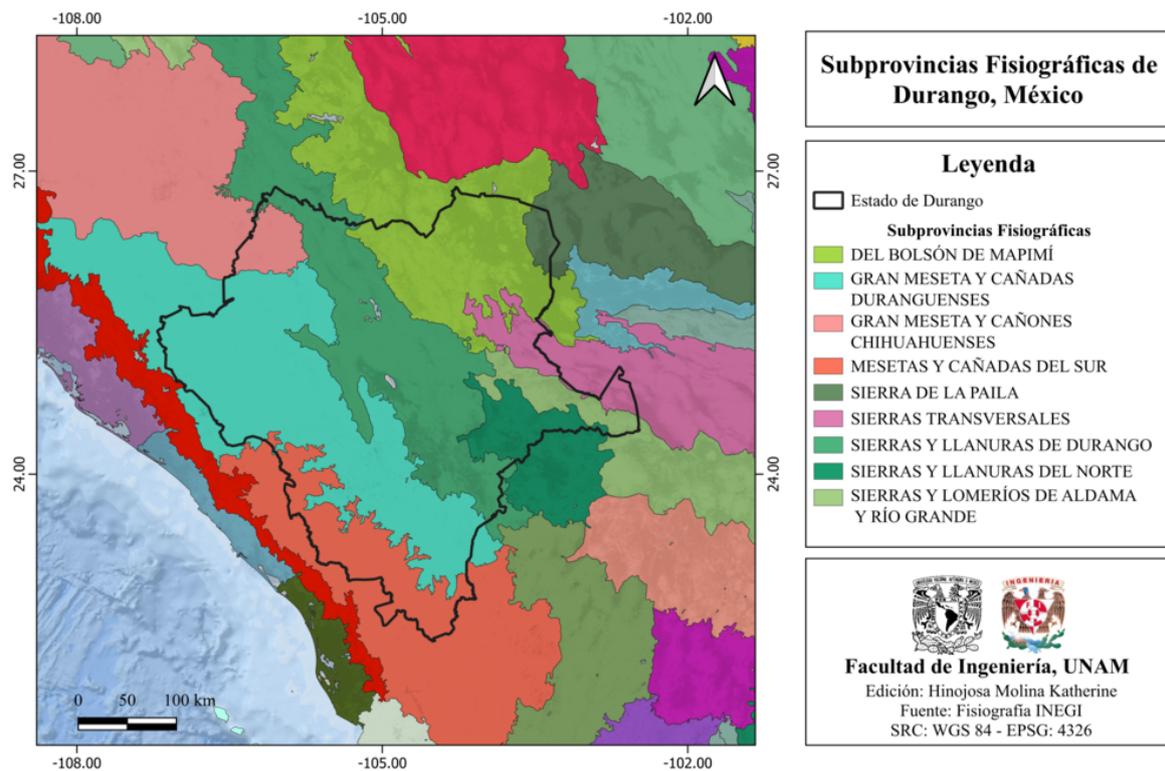


Figura 14.2: Subprovincias fisiográficas de Durango, México [INEGI, 2001].

#### 14.1.4 Rasgos geológicos estructurales

El estado de Durango cuenta con diferentes rasgos estructurales tales como anticlinales, fallas de tipo inverso y normal y sinclinales (ver figura 14.3).

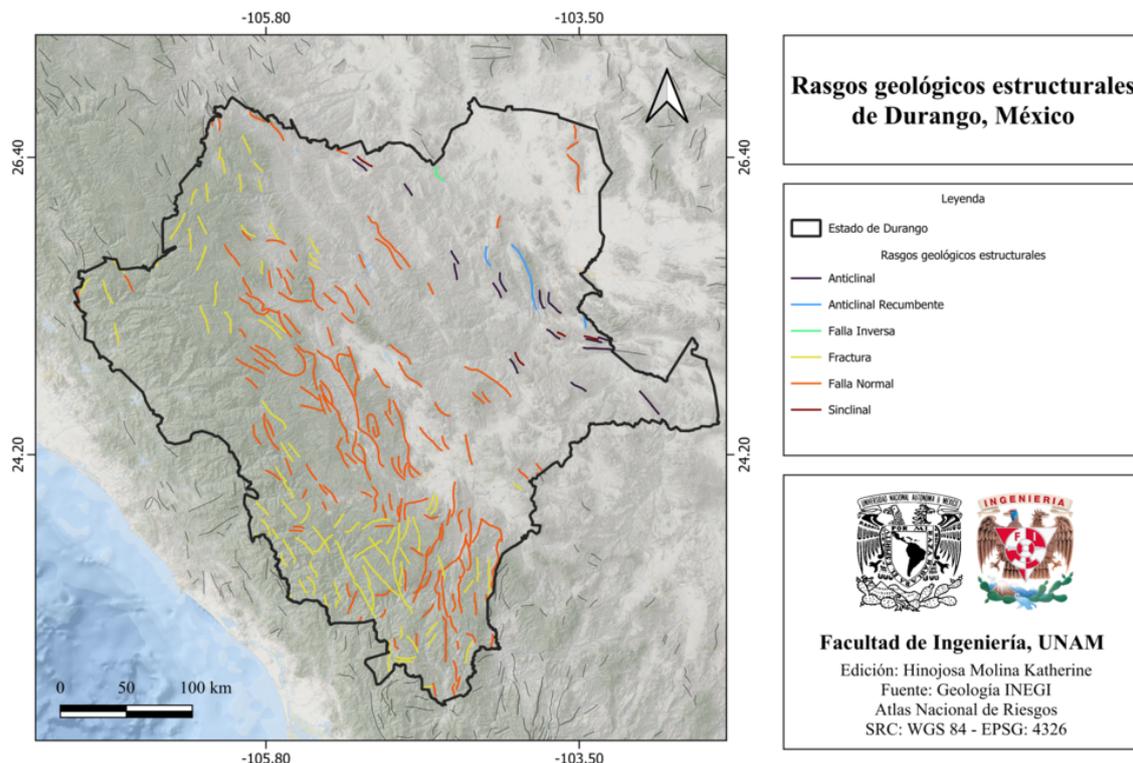


Figura 14.3: Rasgos estructurales de Durango, México [INEGI, 2002].

## 14.2 Zonas sismogénéticas (sismotectónicas)

### 14.2.1 Zonas sismogénéticas de acuerdo con Zúñiga et al., (2017)

De acuerdo con [Zúñiga et al., 2017], Durango forma parte de las siguientes zonas sismogénéticas:

#### Zonas sismogénéticas someras ( $h < 40$ km)

- **BAR:** Zona de eventos dentro de la placa Norteamericana de poca profundidad ( $h < 20$  km), baja magnitud y escasa frecuencia. Posible extensión sur de las provincias de la Cuenca y cadena Río Grande.
- **BB:** Zona de eventos intra-placa en la placa de Norteamérica ( $h < 20$  km). Provincia de Estrés de la Cuenca de Burgos.
- **SMO:** Zona de eventos intra-placa (corticales en la placa de Norteamérica). Pro-

vincia tectónica de la Sierra Madre. ( $h < 20$  km).

En el mapa de la figura 14.4, se muestran dichas zonas sismogénicas.

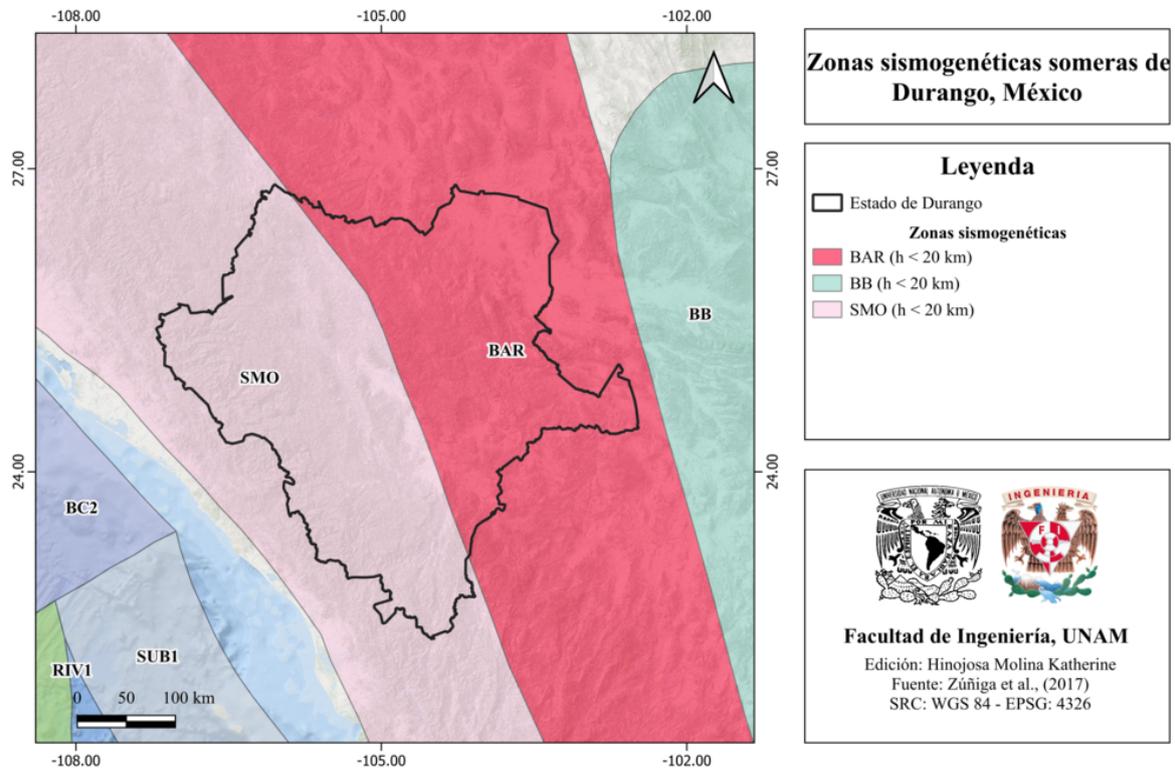


Figura 14.4: Zonas sismogénicas de Durango, México [Zúñiga et al., 2017].

## 14.2.2 Zonas sismogénicas de acuerdo con la Comisión Federal de Electricidad (2015)

Durango forma parte de las siguientes zonas sismogénicas [CFE, 2015].

### Zonas generadoras de sismos superficiales

- **6:** Sierra Madre Occidental
- **8:** Cuenca de Burgos
- **33:** Eje Volcánico
- **34:** Sismicidad difusa 1
- **48:** Chihuahua Oriental

Estas zonas sismogénicas se observan en el mapa de la figura 14.5.

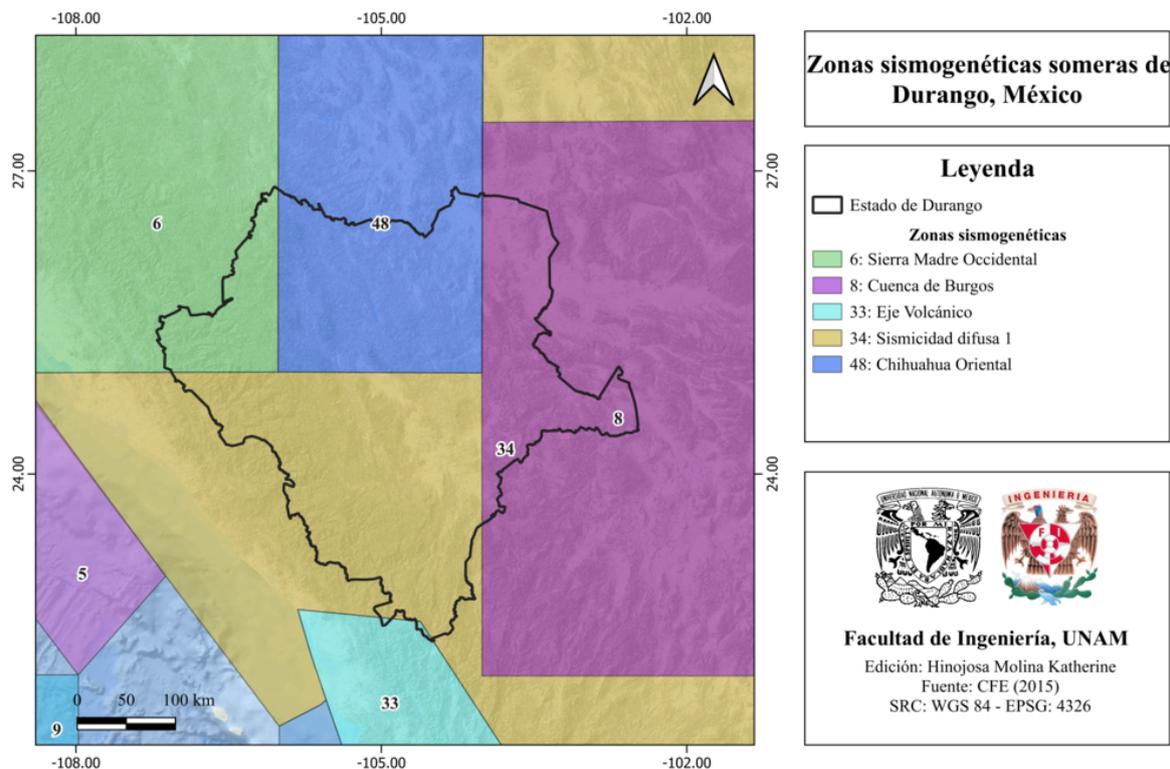


Figura 14.5: Zonas sismogénicas de Durango, México [CFE, 2015].

### 14.3 Sismicidad reportada por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) en el período 1900-2022

El Servicio Sismológico Nacional (SSN) ha reportado 71 sismos en el período comprendido entre el 1 de enero de 1900 al 31 de diciembre de 2022 (UTC), con magnitudes desde 2.9 hasta 4.6 y profundidades entre los 3.0 y 33.0 km.

### 14.4 Sismos históricos

- Sismo de Parral, Chihuahua, 1 de noviembre de 1928, M 6.3

El sismo de Parral ocurrió el 1 de noviembre de 1928 a las 04:12:54 UTC, tuvo una profundidad de 10 km y una magnitud de 6.3 Mw. Este ha sido uno de los

sismos más grandes ocurridos dentro de la provincia de Cuencas y Sierras (Basin and Range). Se registró daño considerable en la Ciudad de Meoqui, a pesar de que ésta se encuentra a 125 km del epicentro. Este evento también fue percibido en varias regiones de Texas como El Paso, Canutillo y Valentine, donde se tuvieron intensidades en la escala de Mercalli de V, IV y V, respectivamente. Así como en Chihuahua en Santa Rosalía, Jiménez y la ciudad de Chihuahua, donde se tuvieron intensidades en la escala de Mercalli de VII, III, VI [Doser and Rodriguez, 1993].

En el mapa de la figura 14.6 se muestra el mapa de intensidad correspondiente a este evento.

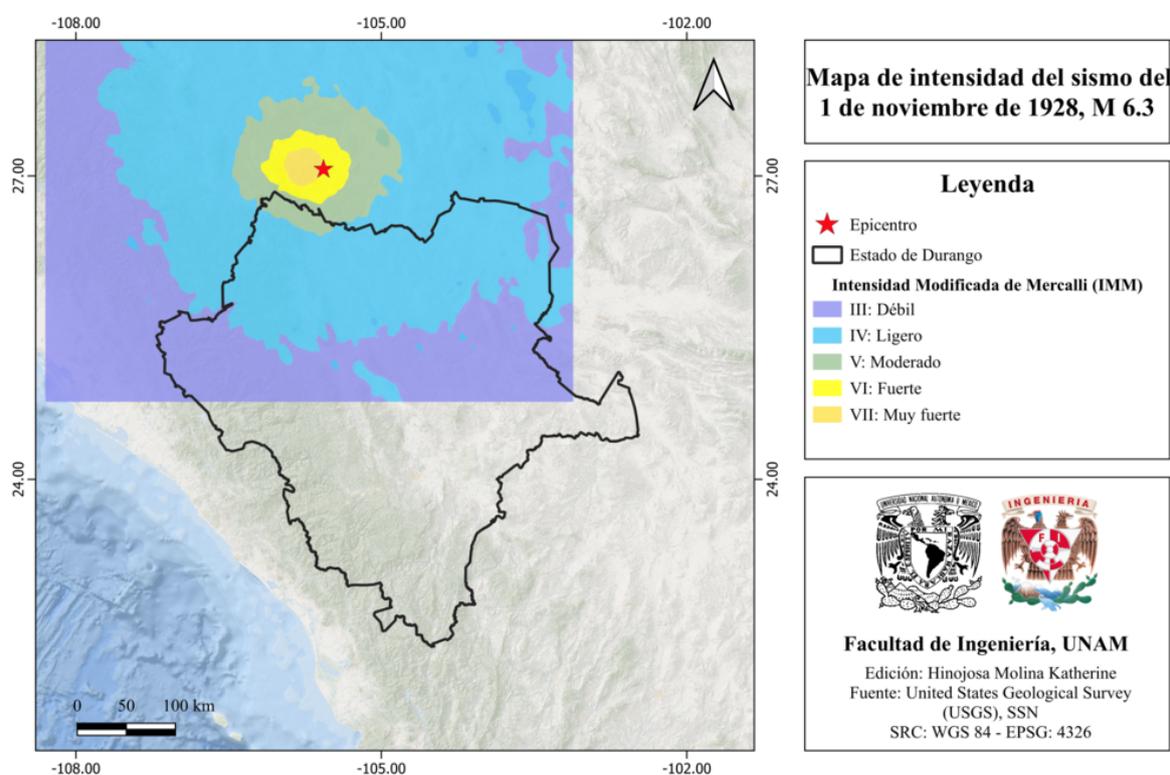


Figura 14.6: Mapa de intensidad del sismo del 1 de noviembre de 1928, M 6.3. [SSN, 2023]

- **Sismo de Bavispe, Sonora, 3 de mayo de 1887, M 7.6**

El sismo de Bavispe, Sonora ocurrió el 3 de mayo de 1887 y fue percibido desde la ciudad de Agua Prieta hasta el puerto de Mazatlán. Éste tuvo una magnitud estimada de 7.6 [Suárez and Hough, 2008] y ocurrió a las 22:13 UTC. A pesar de que no existen registros sísmicos de este evento, se estima que los daños leves en la

escala modificada de Mercalli (intensidad VI) tuvieron lugar en distancias de hasta 200 kilómetros aproximadamente, en México como en estados Unidos.

## 14.5 Peligro por tsunami

El estado de Durango no está expuesto a este fenómeno, ya que se encuentra a 200 km de la costa del océano Pacífico.

## 14.6 Información general de peligro sísmico

### 14.6.1 Global de intensidades

El mapa global de intensidades del estado de Durango [ANR-Cenapred, 2016], se muestra en la figura 14.7.

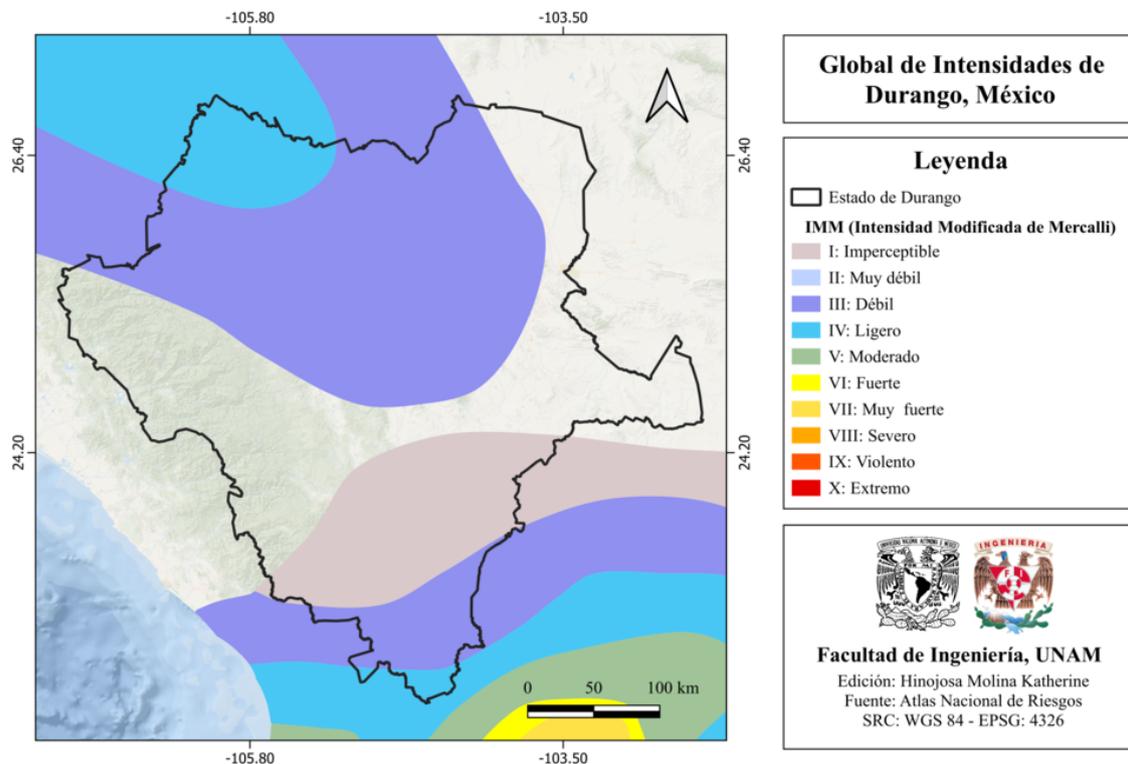


Figura 14.7: Global de intensidades de Durango, México [ANR-Cenapred, 2016].

### 14.6.2 Regionalización sísmica de acuerdo con la CFE (2015)

El estado de Durango se encuentra dentro de las zonas A y B, correspondientes a sismicidad baja y media [CFE, 2015], tal como se muestra en la figura 14.8

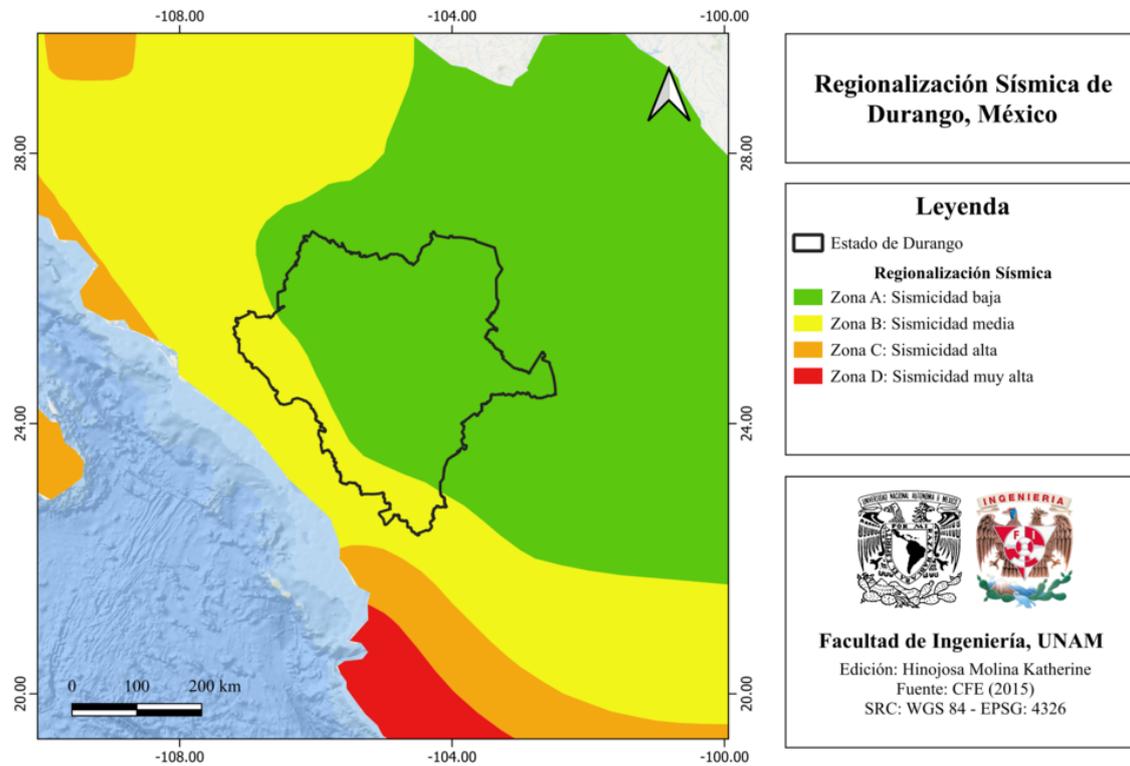


Figura 14.8: Regionalización sísmica de Durango, México [CFE, 2015].

### 14.6.3 Parámetro Vs30 (USGS)

De acuerdo con la clasificación del parámetro Vs30 (USGS), Durango tiene la distribución de velocidad de onda de corte mostrada en el mapa de la figura 14.9.

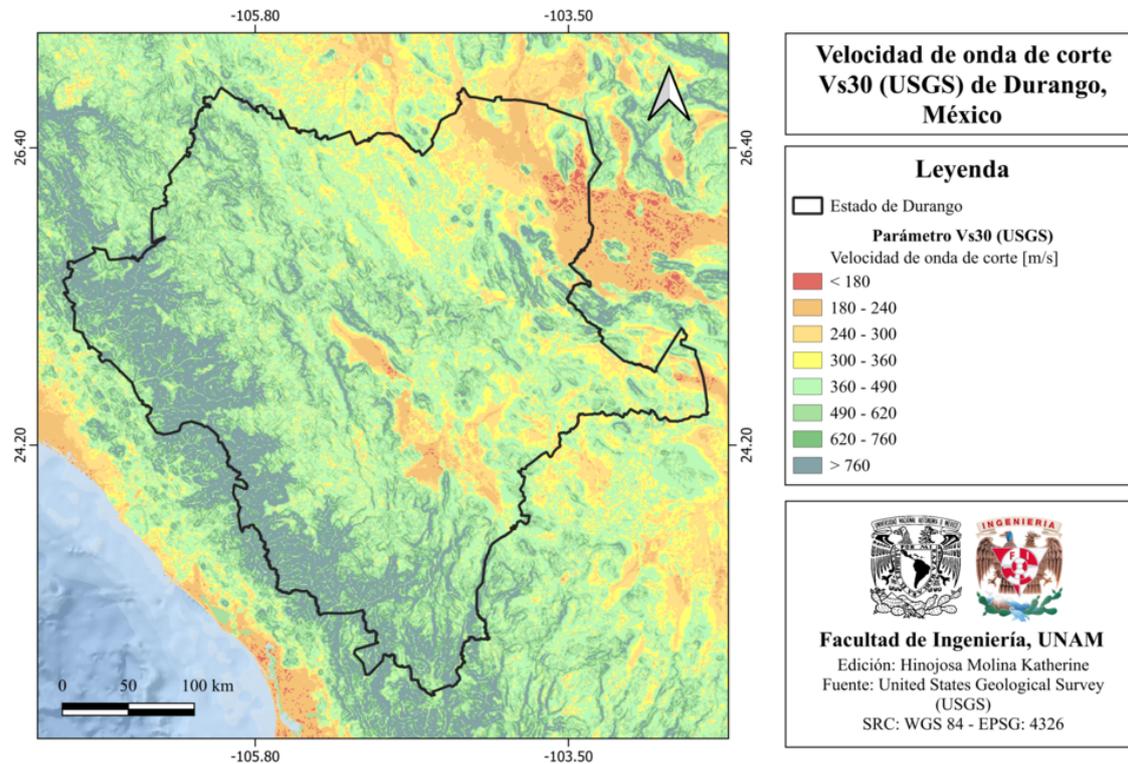


Figura 14.9: Velocidad de onda de corte Vs30 (USGS) de Durango, México [Heath et al., 2020].

#### 14.6.4 Municipios con posibles efectos de sitio

El mapa de la figura 14.10 muestra los municipios de Durango con posibles efectos de sitio [Cenapred, 2020].

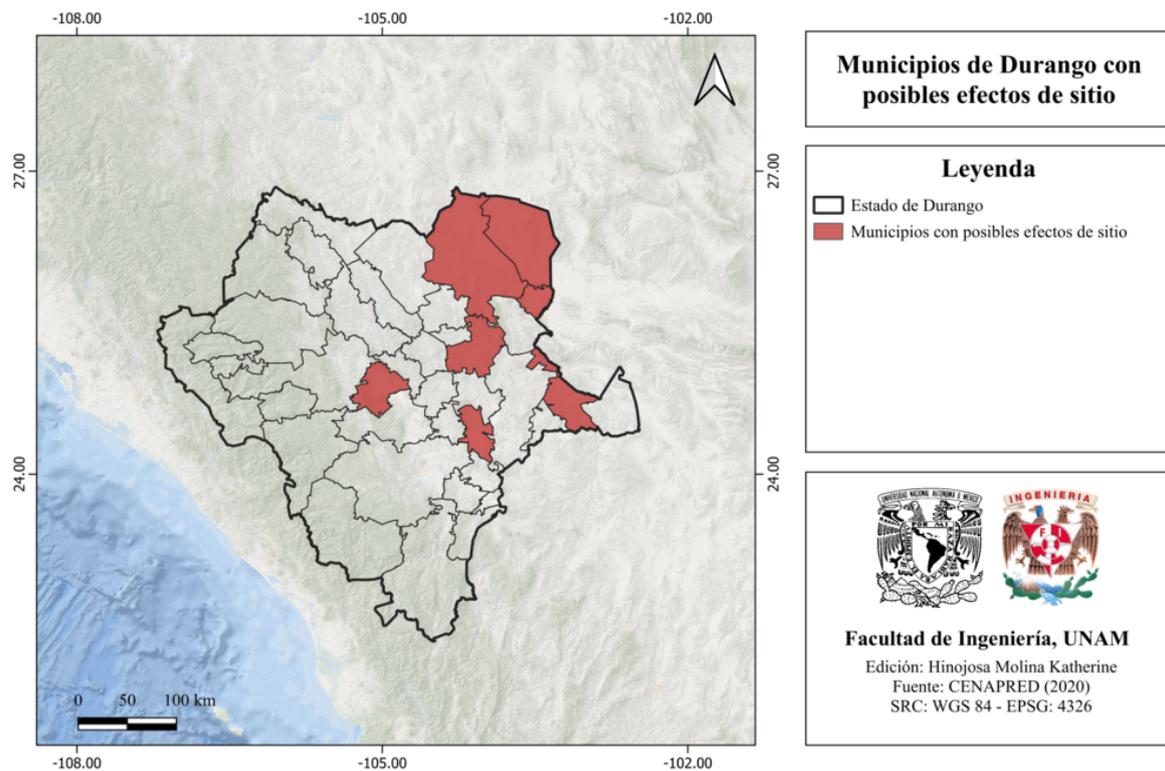


Figura 14.10: Municipios de Durango con posibles efectos de sitio [Cenapred, 2020].

### 14.6.5 Municipios con peligro de deslizamiento por sismo

No se cuenta con información.

### 14.6.6 Municipios con reglamento de construcción de obras civiles

El estado de Durango cuenta con un reglamento estatal de obras civiles:

- Reglamento para las Construcciones y Servicios Urbanos en el estado de Durango (1969).

Así como con un reglamento municipal:

- Reglamento de Construcciones y Desarrollo Urbano para el Municipio de Gómez Palacio (2001).

## 14.7 Secuencias sísmicas (enjambres) reportadas por el Servicio Sismológico Nacional (SSN)

Los días 29 y 30 de enero de 2018, el Servicio Sismológico Nacional (SSN) reportó una secuencia sísmica de 12 sismos en las cercanías de Papasquiario, Durango. Los eventos tuvieron magnitudes entre 3.4 y 4.7. El sismo de mayor magnitud ocurrió el 29 de enero a las 19:00 (hora local), de magnitud 4.7 y profundidad de 5 km.

## 14.8 Estaciones de registro sísmico en el estado

El Servicio Sismológico Nacional (SSN) cuenta con una estación sísmica perteneciente a la Red de Banda Ancha del SSN (ver figura 14.11):

- Estación Papasquiario (PDIG)

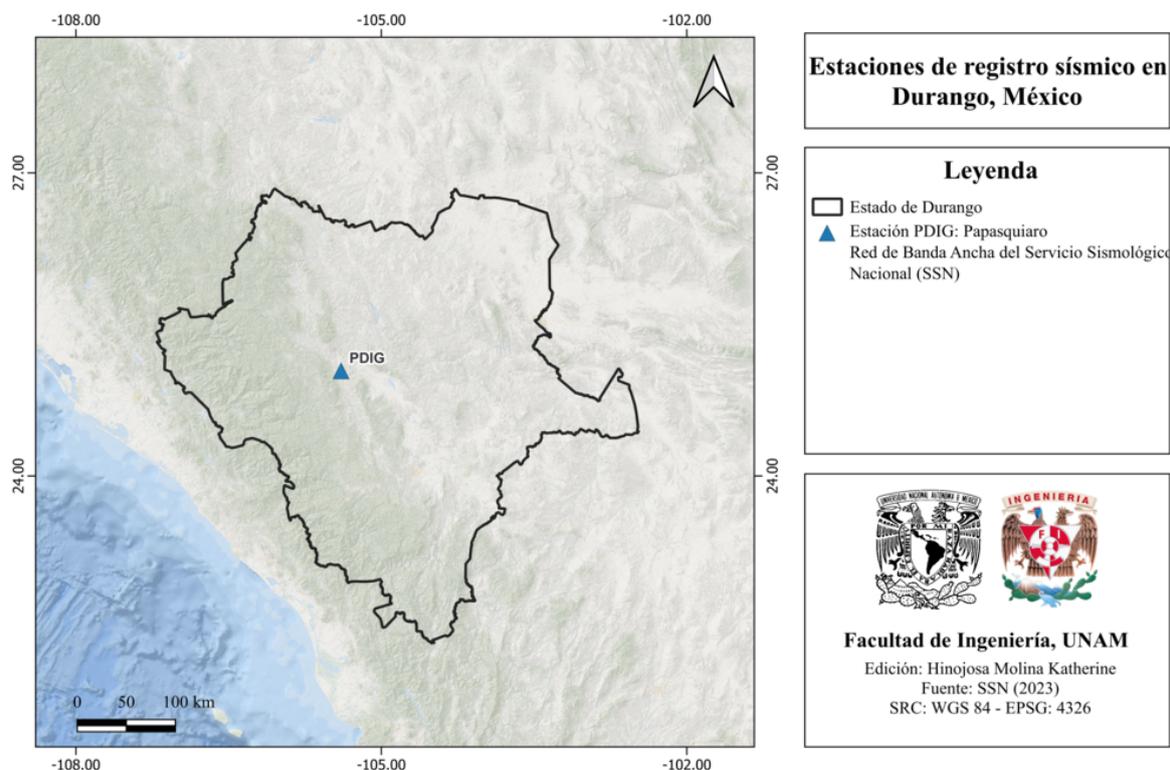


Figura 14.11: Estaciones de registro sísmico en Durango, México [SSN, 2023].

## 14.9 Instituciones educativas que han realizado estudios en alguna zona del estado o en sus cercanías

El Centro de Estudios Superiores del estado de Sonora ha realizado estudios en el campo de Ciencias de la Tierra en Durango.

## 14.10 Estudios de sismicidad o de peligro sísmico en alguna zona del estado

- Á. F. Nieto-Samaniego, C. I. Barajas-Gea, J. M. Gómez-González, A. Rojas, S. A. Alanís-Álvarez, y S. Xu, 2012, “Geología, evolución estructural (Eoceno al actual) y eventos sísmicos del Graben de Santiaguillo, Durango, México”, *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, Vol. 29, No.1, pp. 115-130.
- C. I. Barajas-Gea, 2008, “Estudio de la deformación Cenozoica y sismicidad en la región de Canatlán, Durango”, Tesis de Maestría, UNAM.
- J. Yamamoto, 1993, “Actividad microsísmica en el área de Canatlán, Durango y su relación con la geología regional”, *Geofísica Internacional*, Vol. 32, No. 3, p, 501-510.
- R. L. Sosa-Ramírez, E. G. Paz-Martínez y J. C. Montalvo-Arrieta, 2021, “The Mw6.2 Punta Santa Elena (Coahuila-Zacatecas) earthquake of 28 April 1841, the largest documented pre-instrumental evento and its implication on seismic Hazard in Northeastern Mexico”

# Capítulo 15

## Guanajuato

### 15.1 Localización y provincias fisiográficas

#### 15.1.1 Localización

Guanajuato se ubica en el Bajío que se encuentra en la región centronorte del país. Limita al norte con Zacatecas y San Luis Potosí, al este con Querétaro, al sur con Michoacán y al oeste con Jalisco.

#### 15.1.2 Provincias fisiográficas

El estado de Guanajuato forma parte de tres provincias fisiográficas (ver figura 15.1):

- Eje Neovolcánico
- Mesa del Centro
- Sierra Madre Oriental

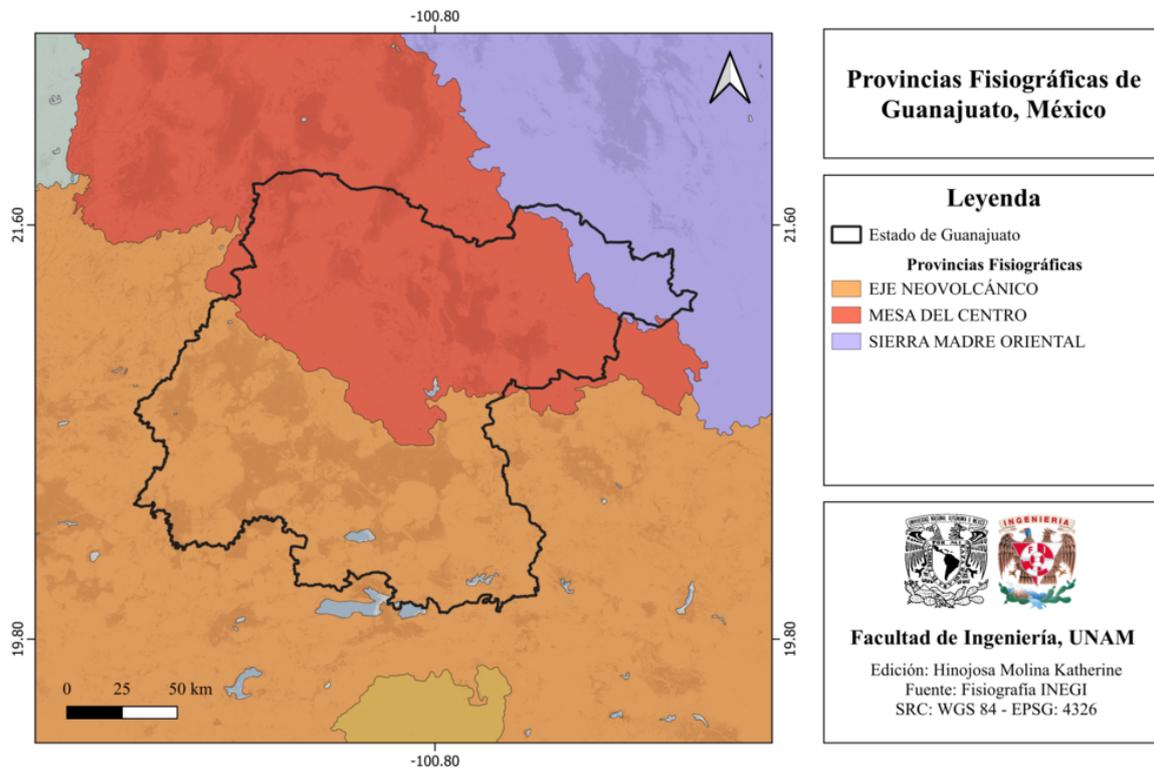


Figura 15.1: Provincias fisiográficas de Guanajuato [INEGI, 2001].

### 15.1.3 Subprovincias fisiográficas

Guanajuato forma parte de las siguientes subprovincias fisiográficas (ver figura 15.2):

- Altos de Jalisco
- Bajío Guanajuatense
- Carso Huasteco
- Llanuras de Ojuelos-Aguascalientes
- Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo
- Mil Cumbres
- Sierra Cuatralba
- Sierra de Guanajuato
- Sierras y Bajíos Michoacanos

- Sierras y Llanuras del Norte de Guanajuato

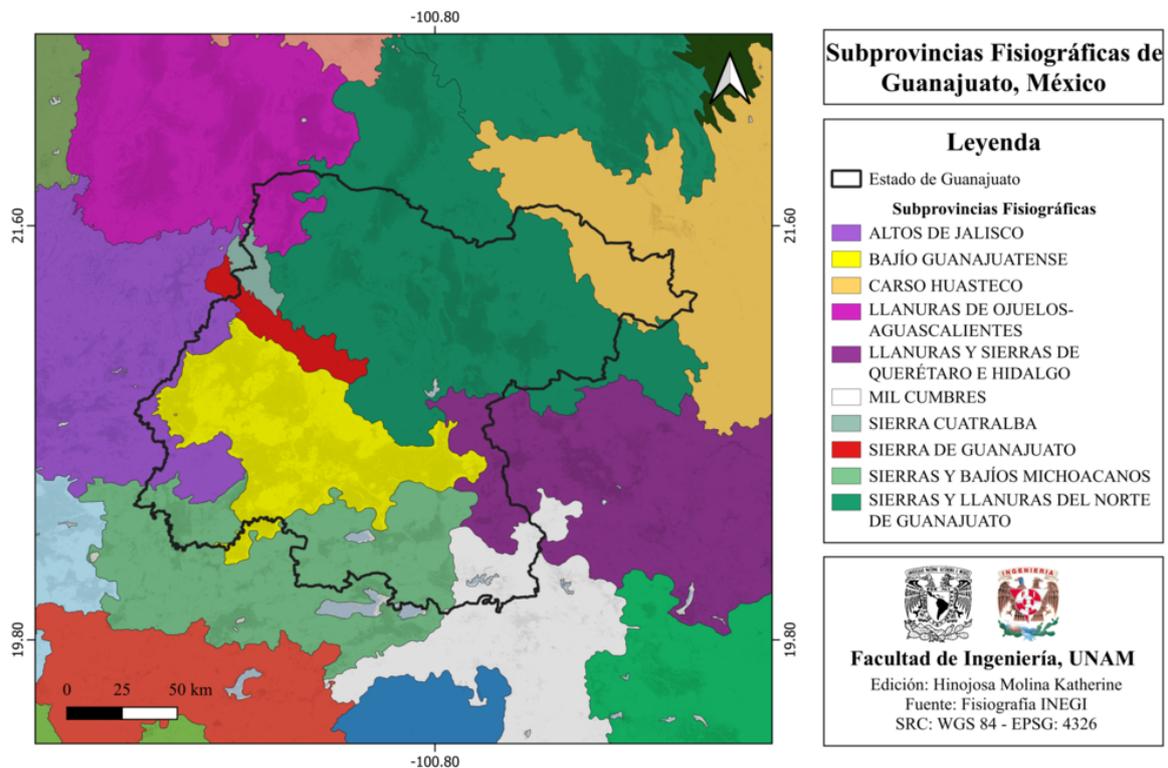


Figura 15.2: Subprovincias fisiográficas de Guanajuato [INEGI, 2001].

### 15.1.4 Rasgos estructurales

En el estado de Guanajuato existe una diversa cantidad de fallas geológicas y fracturas (ver figura 15.3).

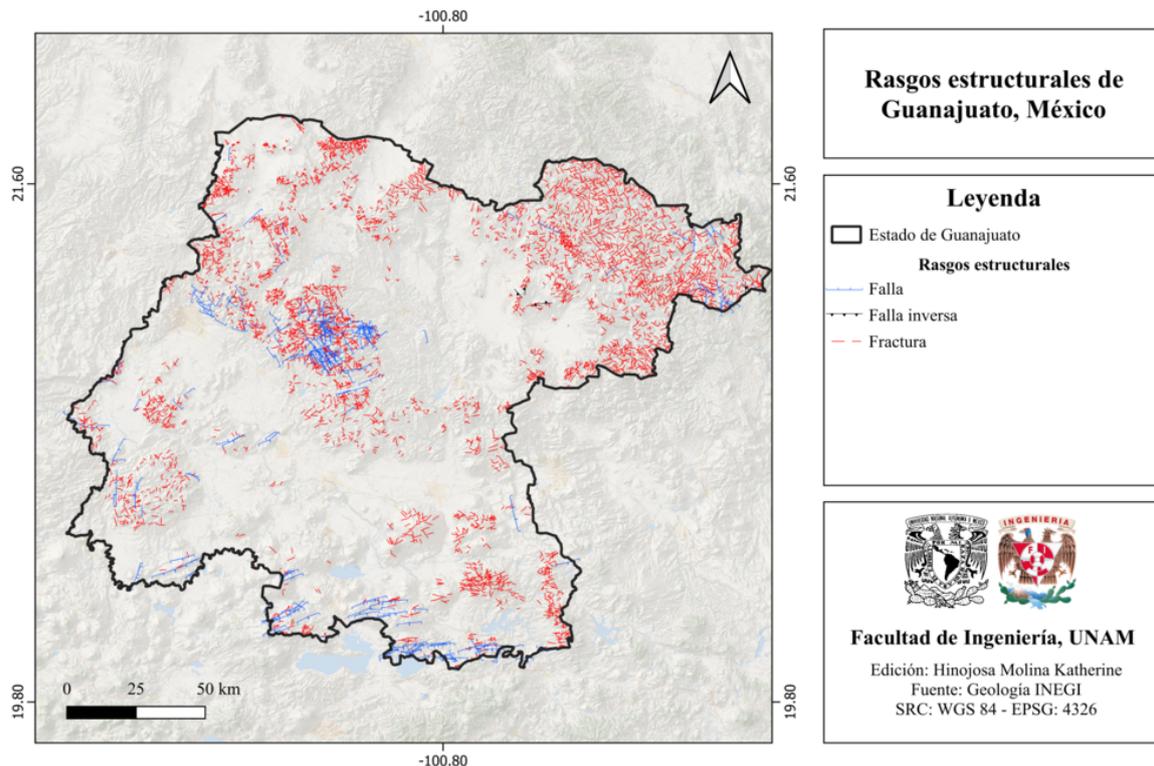


Figura 15.3: Rasgos geológicos estructurales de Guanajuato, México [INEGI, 2002].

## 15.2 Zonas sismogénéticas (sismotectónicas)

### 15.2.1 Zonas sismogénéticas de acuerdo con Zúñiga et al., (2017)

El estado de Guanajuato es parte de las siguientes zonas sismogénéticas [Zúñiga et al., 2017]:

#### Zonas sismogénéticas someras ( $h < 40$ km)

- **BAR:** Zona de eventos dentro de la placa Norteamericana de poca profundidad ( $h < 20$  km), baja magnitud y escasa frecuencia. Posible extensión sur de las provincias de la Cuenca y cadena Río Grande.
- **BB:** Zona de eventos intra-placa en la placa de Norteamérica ( $h < 20$  km). Provincia de Estrés de la Cuenca de Burgos.
- **MVB:** Zona de eventos intraplaca de la parte somera ( $h < 15$  km) de la placa

Norteamericana, asociado a esfuerzos tensionales en el centro de México. Estos esfuerzos están relacionados con la ubicación de la Faja Volcánica Transmexicana ( $h < 20$  km).

En el mapa de a figura 15.4 se muestran las regiones sismogénicas someras de Guanajuato.

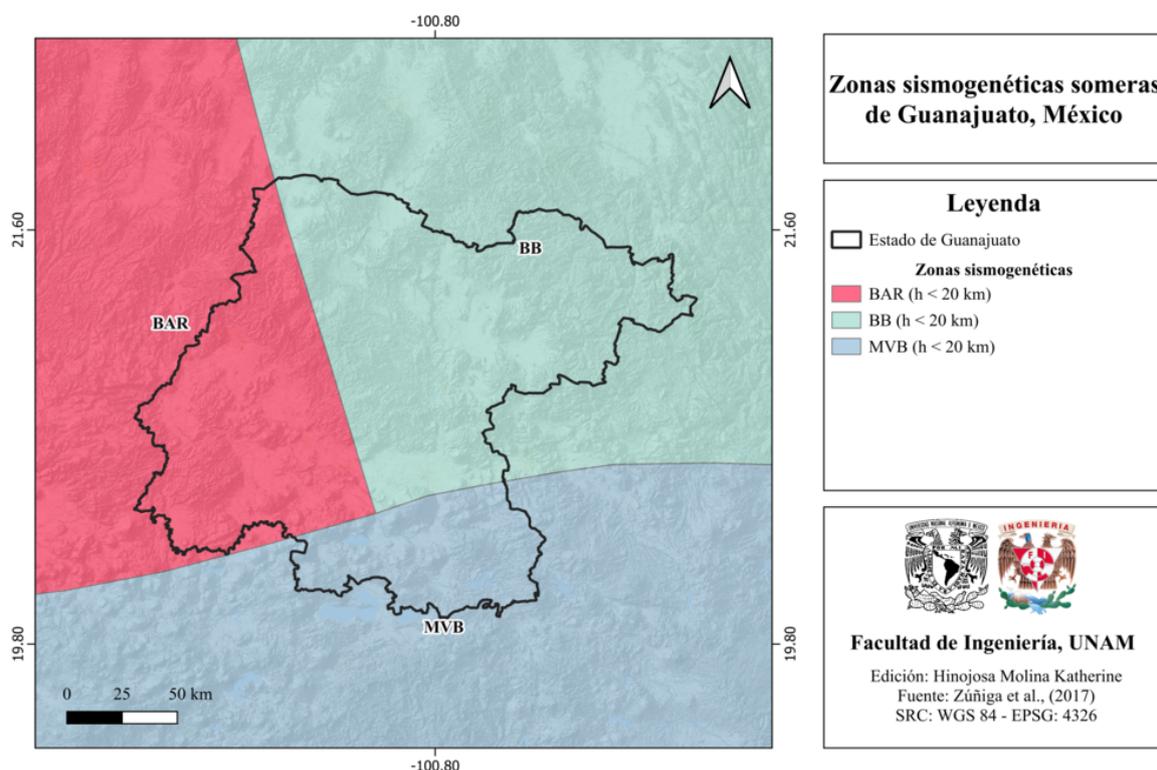


Figura 15.4: Zonas sismogénicas someras de Guanajuato, México [Zúñiga et al., 2017].

## 15.2.2 Zonas sismogénicas de acuerdo con la Comisión Federal de Electricidad (2015)

De acuerdo con información de la Comisión Federal de Electricidad [CFE, 2015], el estado de Guanajuato se encuentra dentro de las siguientes zonas sismogénicas:

### Zonas generadoras de sismos superficiales

- **8:** Cuenca de Burgos
- **33:** Eje Volcánico

- **34:** Sismicidad difusa 1

En la figura 15.5 se muestran estas zonas sismogénicas.

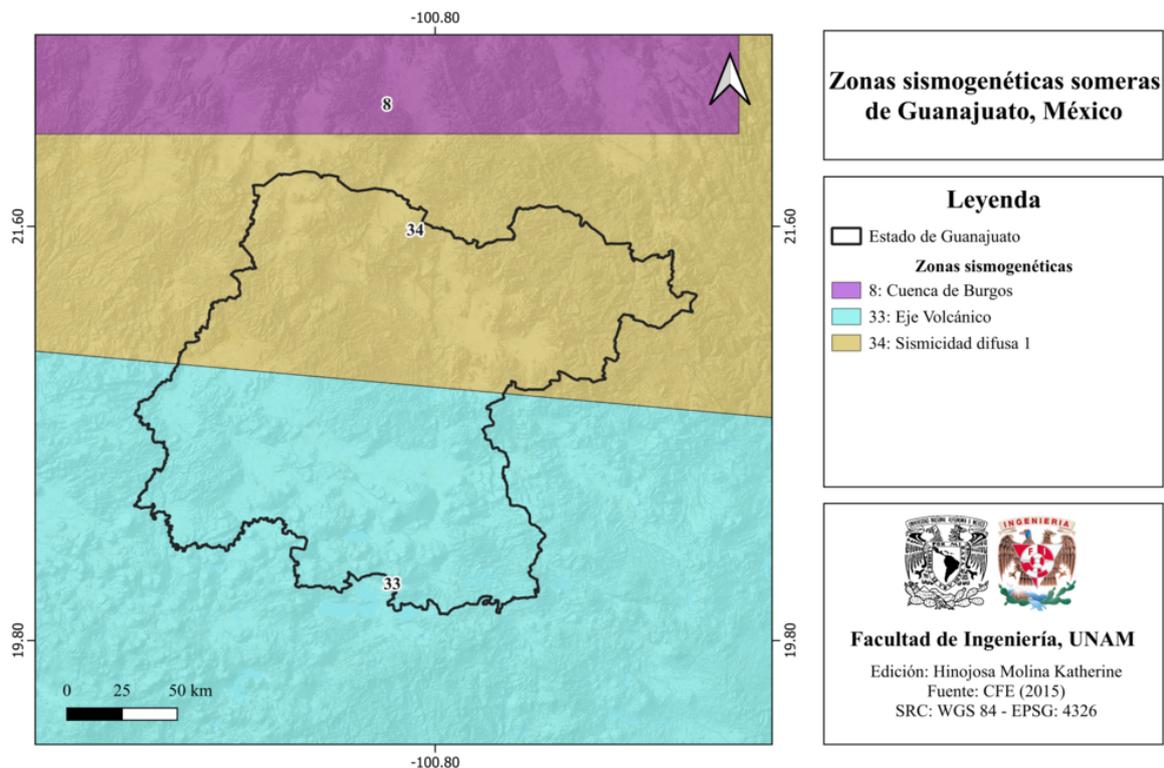


Figura 15.5: Zonas generadoras de sismos superficiales en Guanajuato, México. [CFE, 2015].

### 15.3 Sismicidad reportada por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) en el período 1900-2022

El Servicio Sismológico Nacional (SSN) ha reportado 107 sismos en el período del 1 de enero de 1900 al 31 de diciembre de 2022 (UTC), con magnitudes de 3.4 hasta 4.5.

### 15.4 Sismos históricos

- **19 de septiembre de 1985, M 8.1**

El SSN reportó este sismo el 19 de septiembre de 1985 a las 07:17:49 horas (tiempo del centro de México). Tuvo una magnitud de 8.1, una profundidad de 15 km y

se localizó a 45 km al noroeste de La Mira, Michoacán. Las zonas de afectación del sismo fueron el centro, sur y occidente de México, particularmente la ciudad de México. Hasta el momento este sismo es considerado el más dañino y significativo en la historia del país. Actualmente se desconoce la cifra oficial de fallecidos y daños materiales de este sismo pero se estima que aproximadamente 20000 personas murieron. En la figura 15.6 se muestra el mapa de intensidad de este sismo.

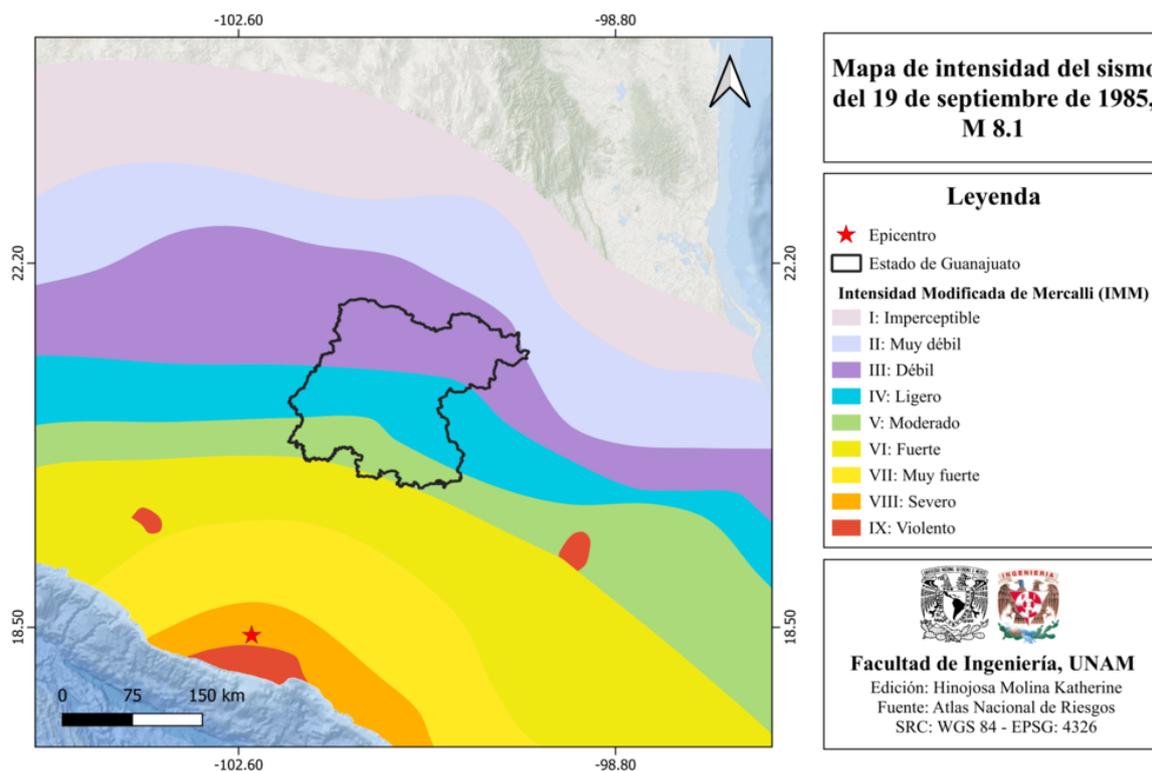


Figura 15.6: Mapa de intensidad del sismo del 19 de septiembre de 1985, M 8.1 [ANR-Cenapred, 2016].

- **15 de abril de 1941, M 7.6**

El 15 de abril de 1941 ocurrió un sismo de magnitud 7.6, a las 13:09:51 (hora local) que se localizó a 25 km al noreste de Coalcomán, Michoacán y tuvo una profundidad de 33 km. Fue percibido en otros estados como Puebla, Ciudad de México, Guerrero, Michoacán, Guanajuato y parte de Jalisco.

- **7 de junio de 1911, M 7.6**

De acuerdo con información del Servicio Sismológico Nacional (SSN), este sismo se ubicó a 59 km al suroeste de Ciudad Lázaro Cárdenas, Michoacán, tuvo una profun-

didad de 33 km y una magnitud de 7.6. Este evento fue percibido en Guanajuato.

- **19 de junio de 1858, M 7.6**

Este sismo es considerado de origen cortical dentro de la Faja Volcánica Transmexicana [Suárez et al., 2019], provocó daños importantes asociados a una intensidad estimada de IX en la escala de Mercalli [Gaytán Rodríguez et al., 2022]. En Guanajuato, este sismo alcanzó intensidades en la escala de Mercalli de III (débil), IV (ligero), V (moderado), VI (fuerte) y VIII (severo) (ver figura 15.7).

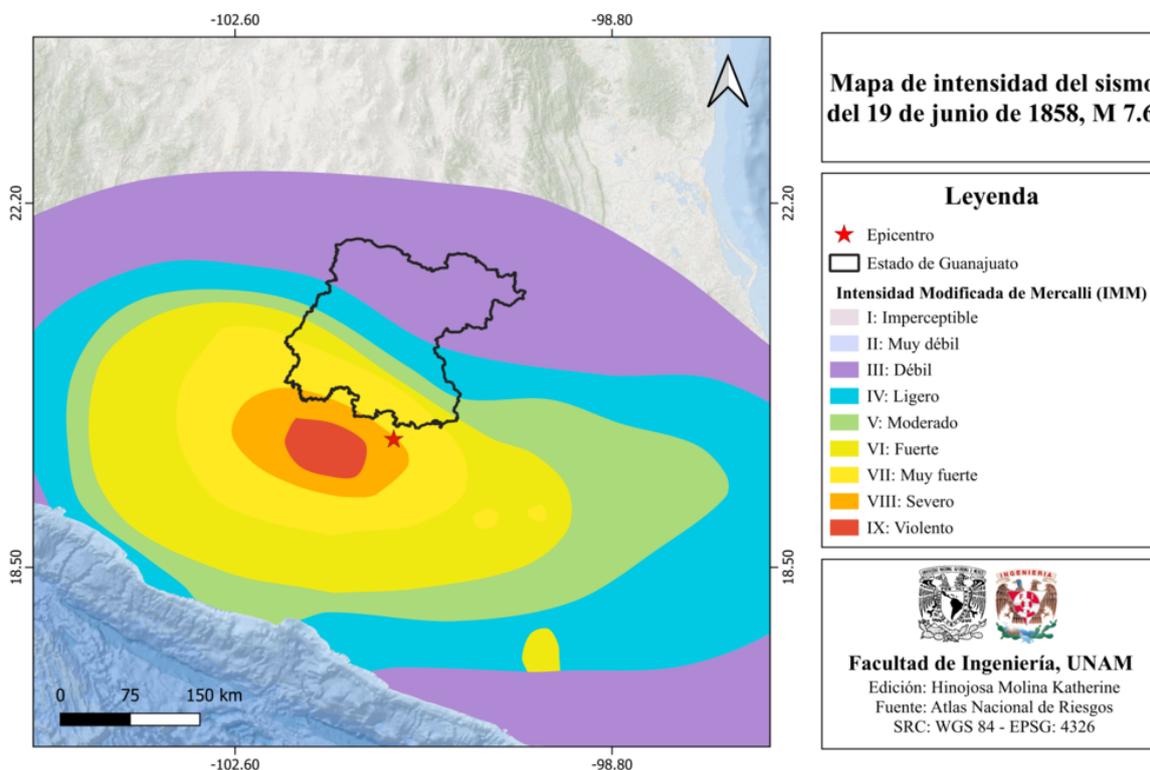


Figura 15.7: Mapa de intensidad del sismo del 19 de junio de 1858, M 7.6 [ANR-Cenapred, 2016].

## 15.5 Peligro por tsunami

El estado no está expuesto a este fenómeno, ya que se encuentra a 345 km de la costa más cercana.

## 15.6 Información general de peligro sísmico

### 15.6.1 Global de intensidades

El mapa del global de intensidades de Guanajuato se muestra en la figura 15.8.

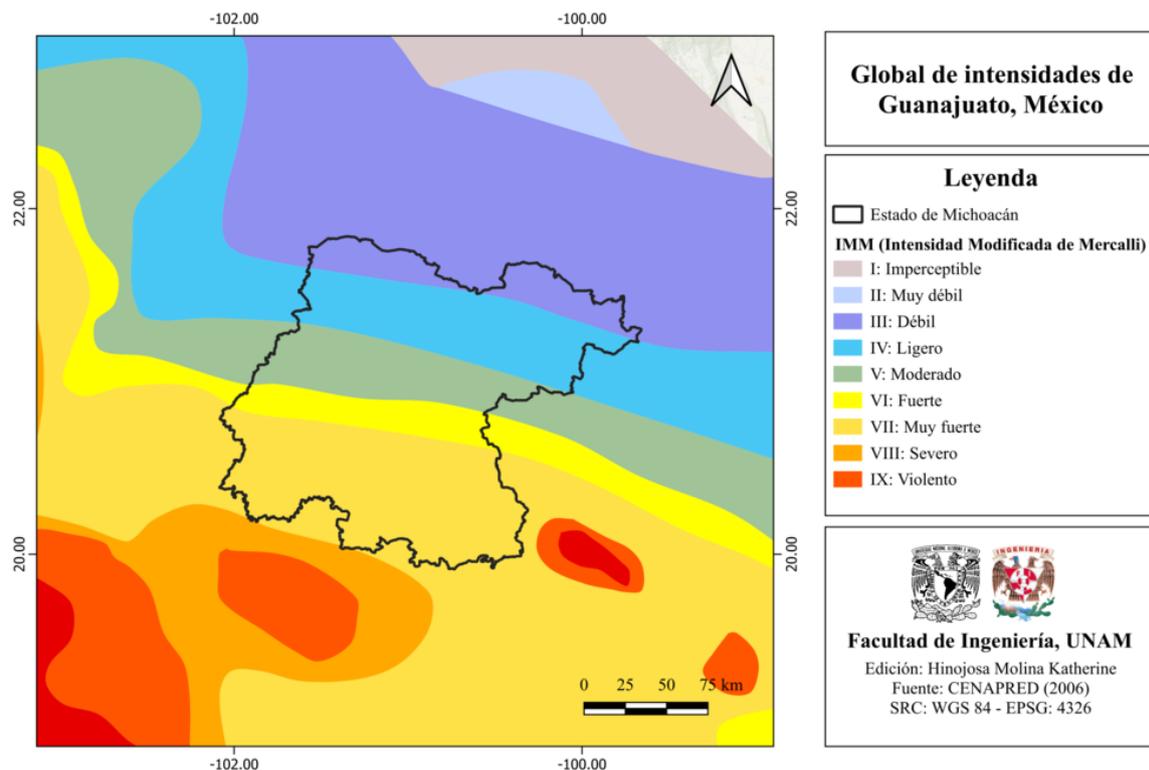


Figura 15.8: Global de intensidades de Guanajuato, México [ANR-Cenapred, 2016].

### 15.6.2 Regionalización sísmica de acuerdo con la CFE (2015)

El estado de Guanajuato forma parte de las zonas A y B [CFE, 2015] correspondientes a sismicidad baja y media, respectivamente (ver figura 15.9).

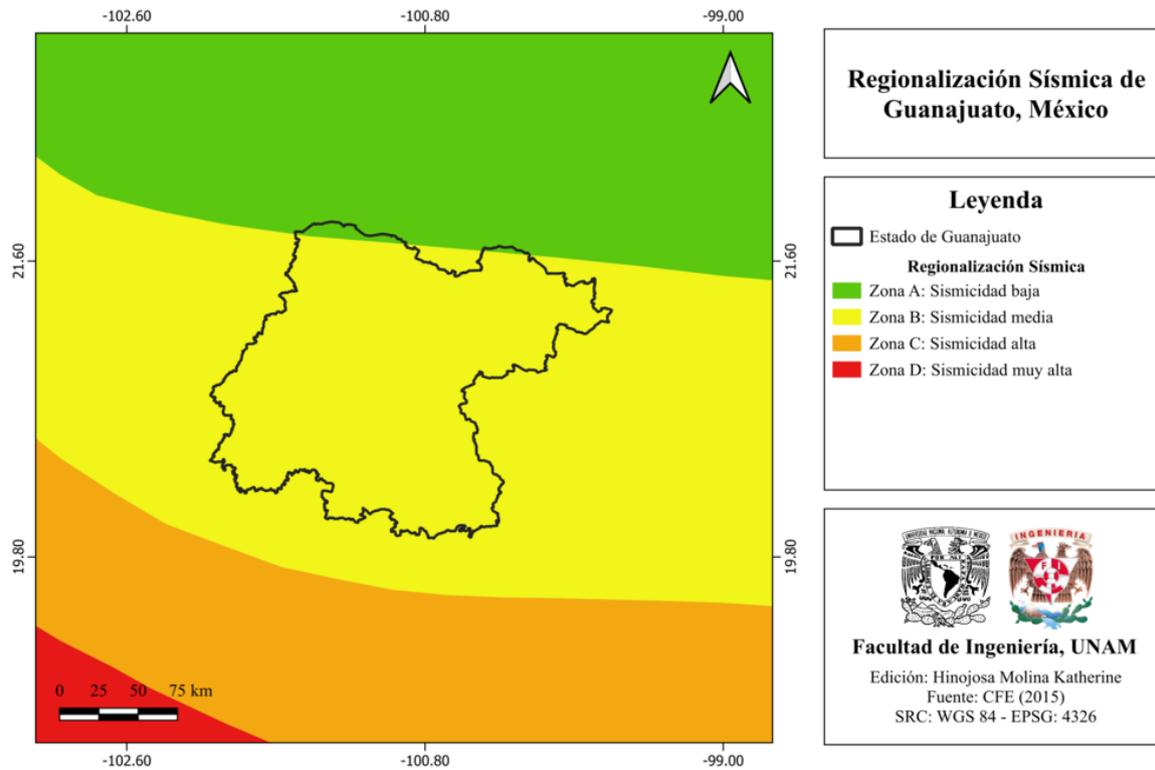


Figura 15.9: Regionalización sísmica de Guanajuato, México [CFE, 2015].

### 15.6.3 Parámetro Vs30 (USGS)

El mapa correspondiente al parámetro Vs30 del USGS para Guanajuato, se muestra en la figura 15.10.

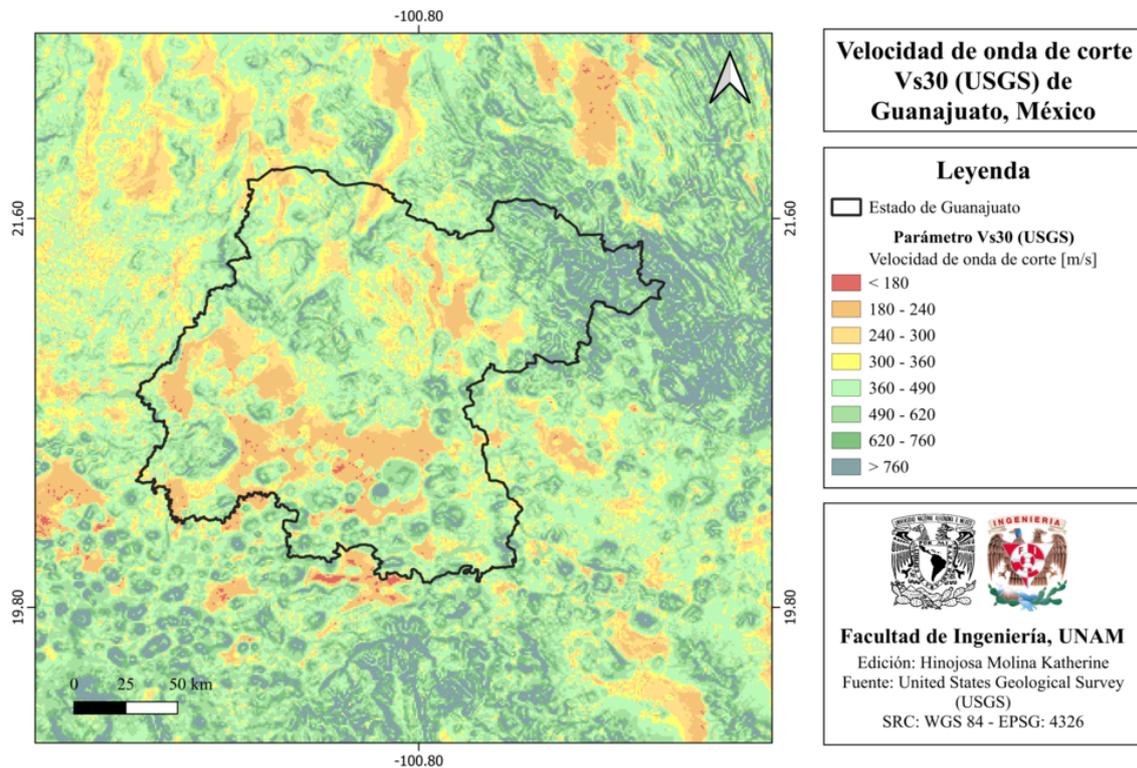


Figura 15.10: Velocidad de onda de corte Vs30 (USGS) de Guanajuato, México [Heath et al., 2020].

#### 15.6.4 Municipios con posibles efectos de sitio

En el mapa de la figura 15.11 se muestran los municipios de Guanajuato con posibles efectos de sitio.

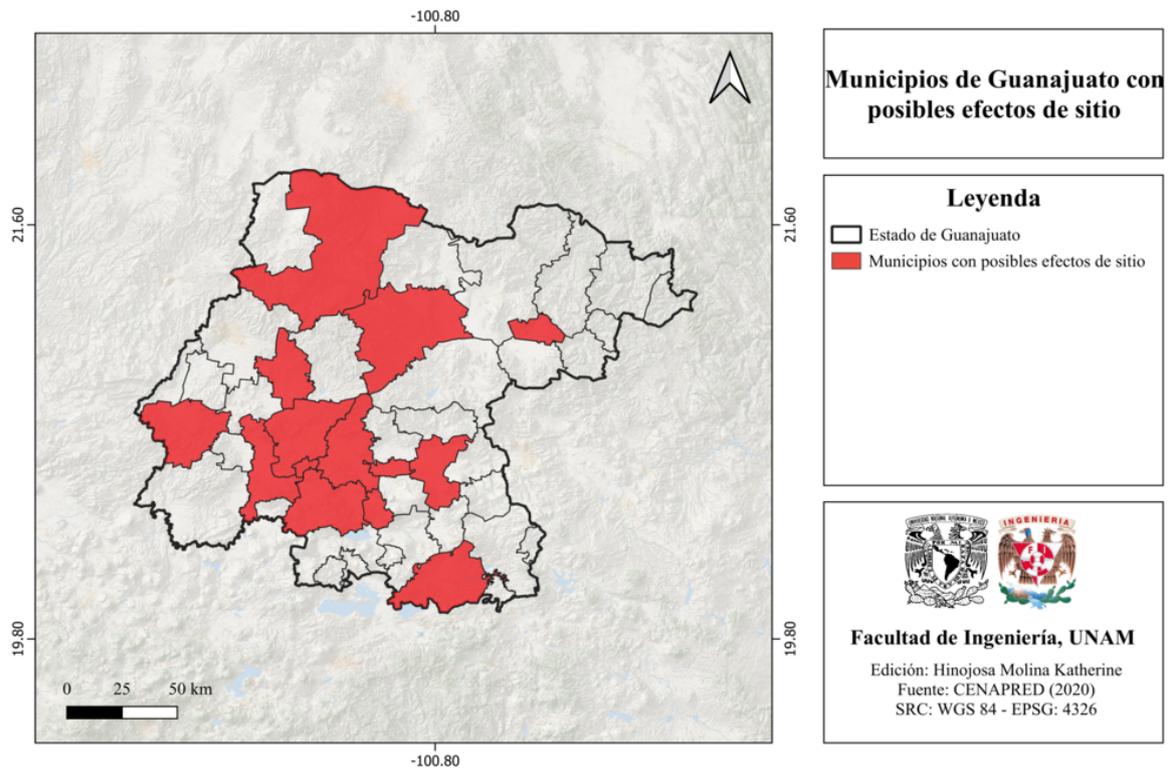


Figura 15.11: Municipios de Guanajuato con posibles efectos de sitio [Cenapred, 2020].

### 15.6.5 Municipios con peligro de deslizamiento por sismo

En el mapa de la figura 15.12 se muestran los municipios de Guanajuato con peligro de deslizamiento por sismo.

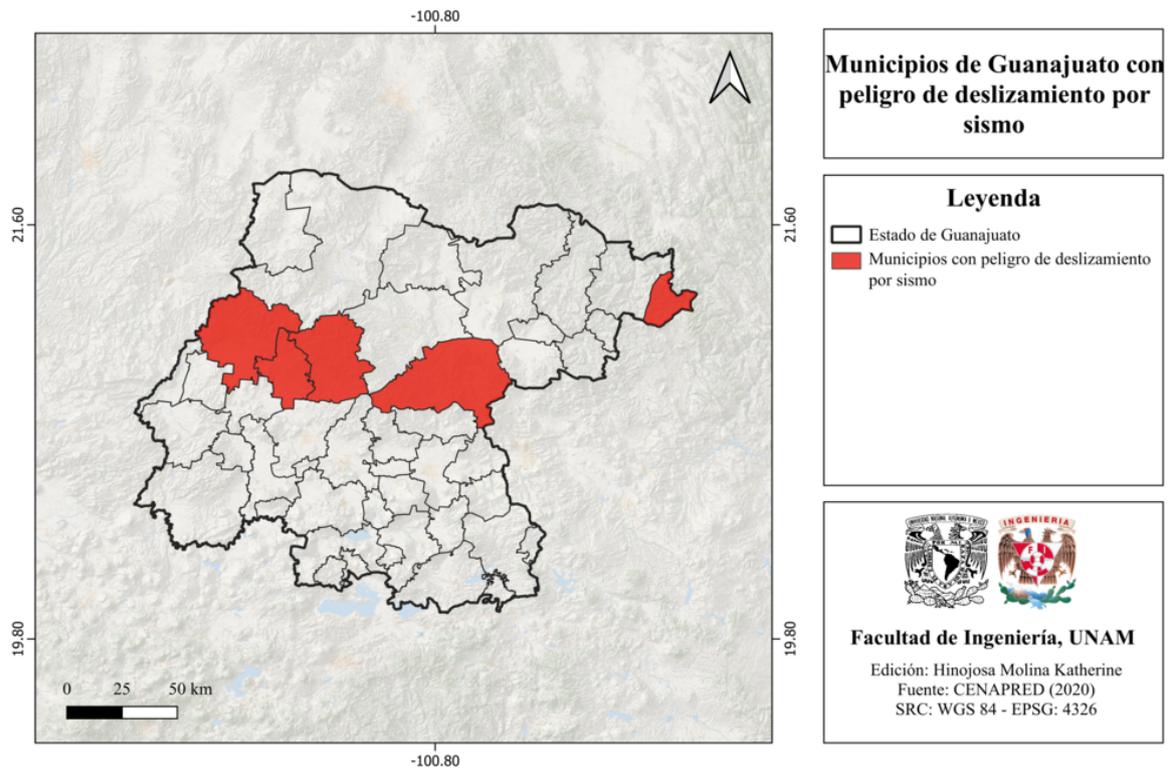


Figura 15.12: Municipios de Guanajuato con peligro de deslizamiento por sismo [Cenapred, 2020].

### 15.6.6 Municipios con reglamento de construcción de obras civiles

El estado de Guanajuato cuenta con 34 reglamentos municipales de construcción de obras civiles (ver figura 15.13).

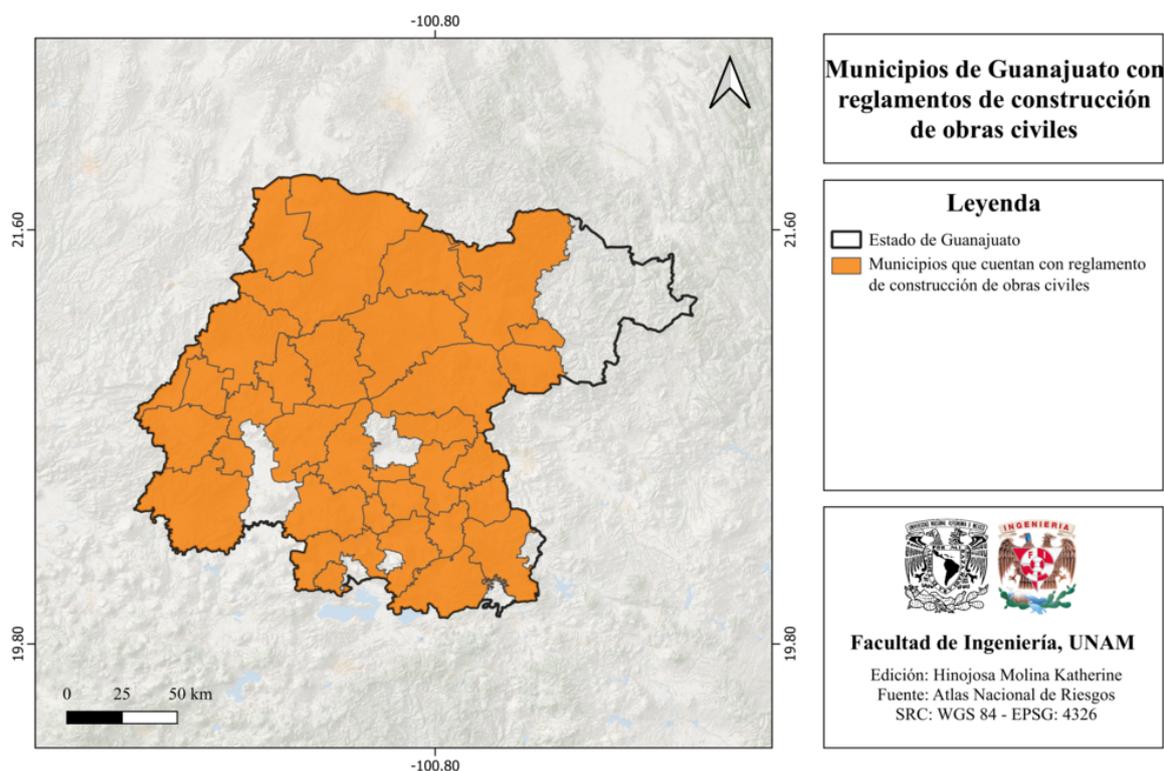


Figura 15.13: Municipios de Guanajuato con reglamentos de construcción de obras civiles [ANR-Cenapred, 2016].

## 15.7 Secuencias sísmicas (enjambres) reportadas por el Servicio Sismológico Nacional (SSN)

- **Secuencia sísmica del 4 al 6 de septiembre de 2021**

El Servicio Sismológico Nacional (SSN) reportó una secuencia sísmica entre los días 4 y 6 de septiembre de 2021. La secuencia tuvo un total de 32 sismos localizados en la región del límite entre Guanajuato y San Luis Potosí, principalmente en los municipios de San Felipe, Gto. y Santa María del Río, SLP. Los sismos de mayor magnitud fueron dos eventos de 4.5. Es probable que esta secuencia sísmica se asocie a la falla existente entre la Ciudad de San Luis Potosí y San Felipe [SSN, 2023].

## 15.8 Estaciones de registro sísmico en el estado

El Servicio Sismológico Nacional (SSN) cuenta con una estación sísmica (ver figura 15.14):

- Irapuato (IGIG)

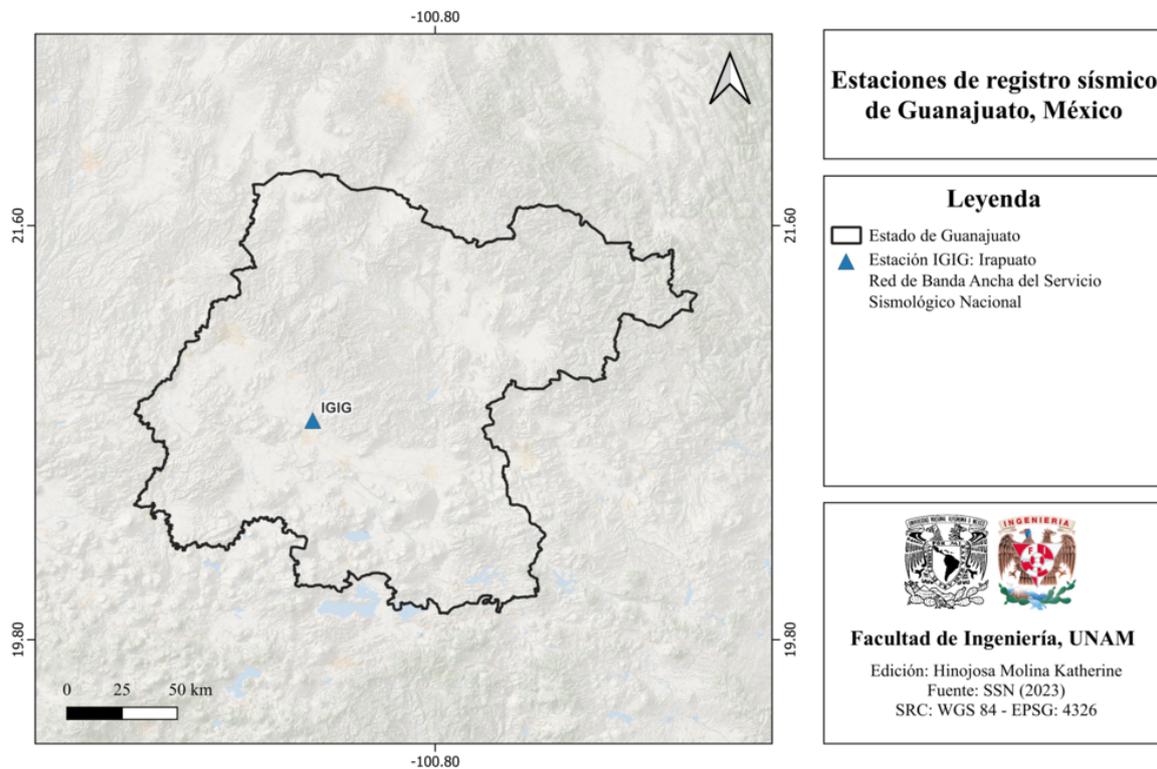


Figura 15.14: Estaciones de registro sísmico en Guanajuato, México [SSN, 2023].

## 15.9 Instituciones educativas que han realizado estudios en alguna zona del estado o en sus cercanías

Las instituciones que han realizado estudios geocientíficos en la zona son:

- Universidad de Guanajuato (UG)
- el Centro de Geociencias, UNAM campus Juriquilla

## 15.10 Estudios de sismicidad o de peligro sísmico en alguna zona del estado

- Servicio Sismológico Nacional (SSN), UNAM, 2021, “Secuencia sísmica del 4 al 6 de septiembre 2021, Guanajuato - San Luis Potosí”

# Capítulo 16

## Guerrero

### 16.1 Localización y provincias fisiográficas

#### 16.1.1 Localización

Guerrero se localiza en la parte suroeste de México. Limita al norte con el estado de México, Morelos y Puebla, al sureste con Oaxaca, al suroeste con el océano Pacífico y al noroeste con el río Balsas que lo separa de Michoacán.

#### 16.1.2 Provincias fisiográficas

Con base en información sobre la fisiografía de México obtenida del INEGI, el estado de Guerrero forma parte de dos:

1. Eje Neovolcánico
2. Sierra Madre del Sur

En la figura 16.1 se muestra el mapa de las provincias fisiográficas correspondientes de Guerrero.

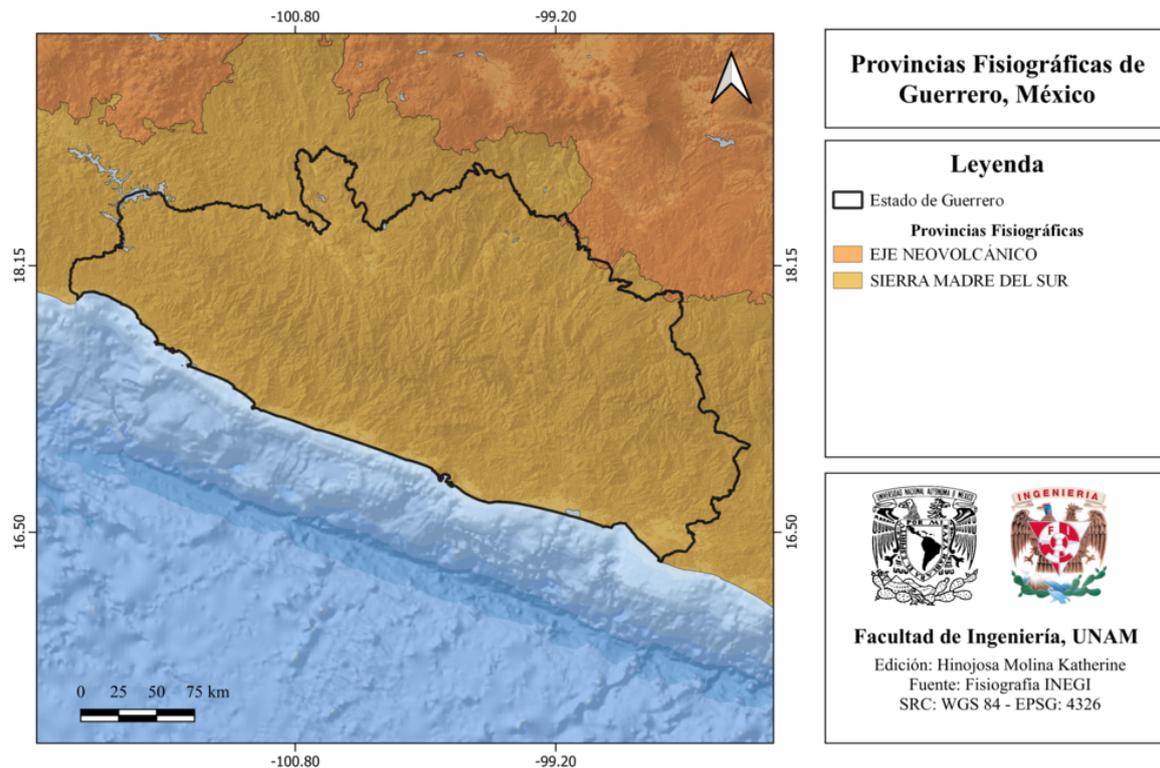


Figura 16.1: Provincias fisiográficas del estado de Guerrero, México. [INEGI, 2001]

### 16.1.3 Subprovincias fisiográficas

Al mismo tiempo, Guerrero se subdivide en cinco subprovincias fisiográficas:

- Cordillera Costera del Sur
- Costas del Sur
- Depresión del Balsas
- Sierras del Sur de Puebla
- Sierras y Valles Guerrerenses

Estas subprovincias se muestran en la figura 16.2.

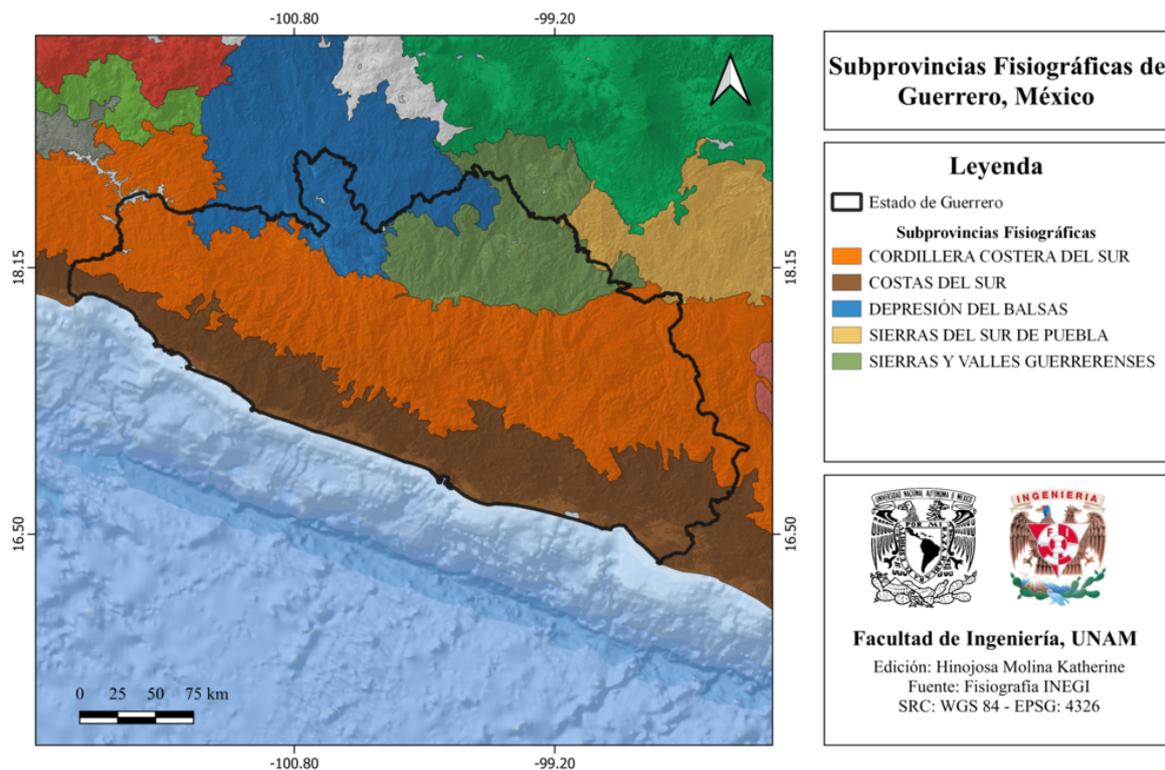


Figura 16.2: Subprovincias fisiográficas del estado de Guerrero, México. [INEGI, 2001]

#### 16.1.4 Rasgos geológicos estructurales

En Guerrero existe una gran cantidad de fallas y fracturas geológicas como consecuencia de las tensiones generadas por el fenómeno de subducción. Ver figura 16.3.

De acuerdo con el atlas estatal de riesgos geológicos de Guerrero, entre sus rasgos estructurales destacan los siguientes:

- Estructuras de más de 40 km, ubicadas en el municipio de Coahuayutla, que aparentemente forman un bloque de gran dimensión, delimitado por fallas normales que se encuentran sobre la riera del río Balsas. Además de fracturas dentadas menores sobre los afluentes del mismo río.
- Fallas de tipo inverso provenientes de Michoacán que miden más de 40 km y que atraviesan comunidades de Zirandaro, posiblemente el bloque tectónico del río Balsas pertenece a esta secuencia.
- Falla “el Pejo”, de tipo normal, de longitud de más de 40 km y de orientación casi

norte-sur. Atraviesa la carretera Cd. Altamirano-Zihuatanejo y se prolonga al norte, perdiéndose en Michoacán.

- Fallas importantes pero de menor dimensión que atraviesan o pasan por los siguientes municipios: Arcelia, Ajuchitlán del Progreso, Apaxtla de Castrejón, Teloloapán y Tlalchapa.
- Fallas inversas ubicadas en la región norte del estado, producto de la colisión y cabalgamiento de las calizas de la formación Morelos sobre rocas metamorizadas del Jurásico Superior-Cretácico Inferior. Tienen una longitud de más de 30 km y orientación casi norte-sur; comienzan al sur de Taxco y llegan hasta el municipio de Cuetzala del Progreso.
- Numerosas fracturas a lo largo de varias zonas del estado.

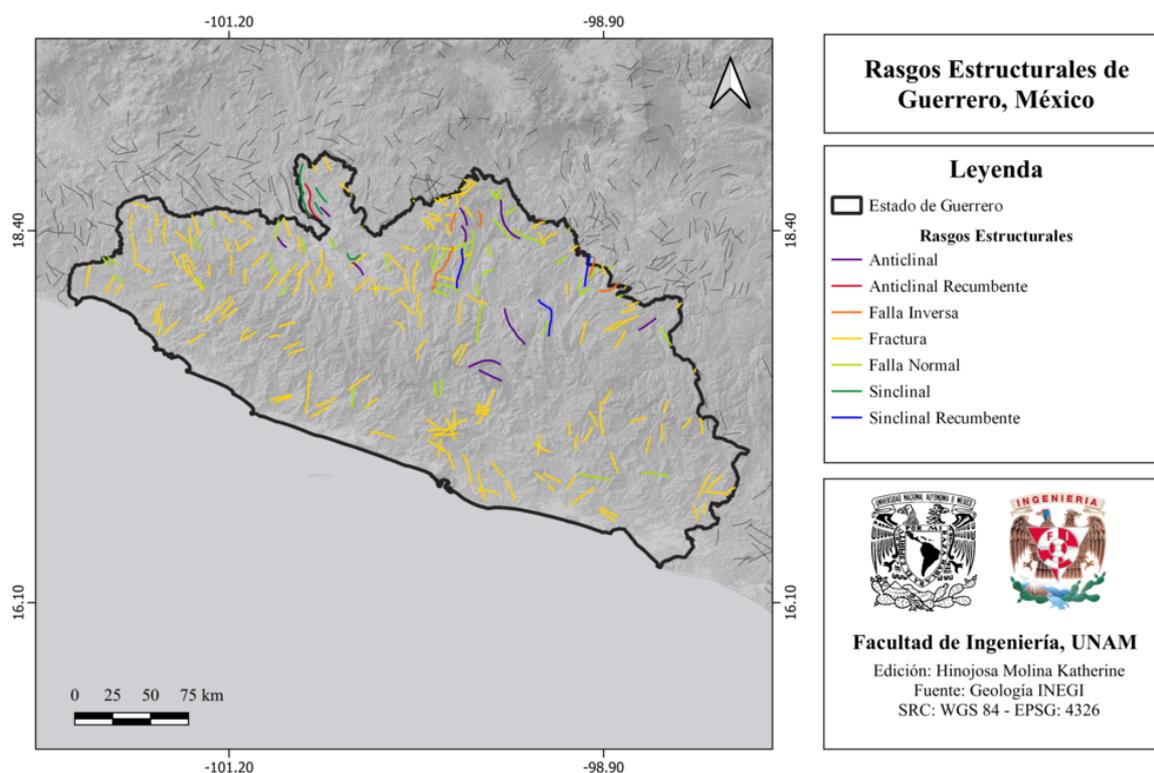


Figura 16.3: Rasgos estructurales del estado de Guerrero, México. [INEGI, 2001]

## 16.2 Zonas sismogénicas (sismotectónicas)

### 16.2.1 Zonas sismogénicas de acuerdo con Zúñiga et al., (2017)

Guerrero forma parte de seis regiones sismogénicas, de acuerdo con [Zúñiga et al., 2017].

#### Zonas sismogénicas someras ( $h < 40$ km)

- **MVB:** Zona de eventos intraplaca de la parte somera ( $h < 15$  km) de la placa Norteamericana, asociado a esfuerzos tensionales en el centro de México. Estos esfuerzos están relacionados con la ubicación de la Faja Volcánica Transmexicana ( $h < 20$  km).
- **NAM:** Intraplaca o corticales en la placa Norteamericana al sureste de México. No relacionados con el régimen volcánico de la Faja Volcánica Transmexicana ( $h < 20$  km).
- **SUB2:** Zona de eventos de subducción de acoplamiento fuerte. Convergencia entre la placa de Cocos y Norteamérica ( $h < 40$  km).
- **SUB3:** Zona de eventos de subducción de acoplamiento fuerte. Zona de transición. Convergencia entre la placa de Cocos y Norteamérica ( $h < 40$  km).

Estas zonas sismogénicas se muestran en la figura 16.4.

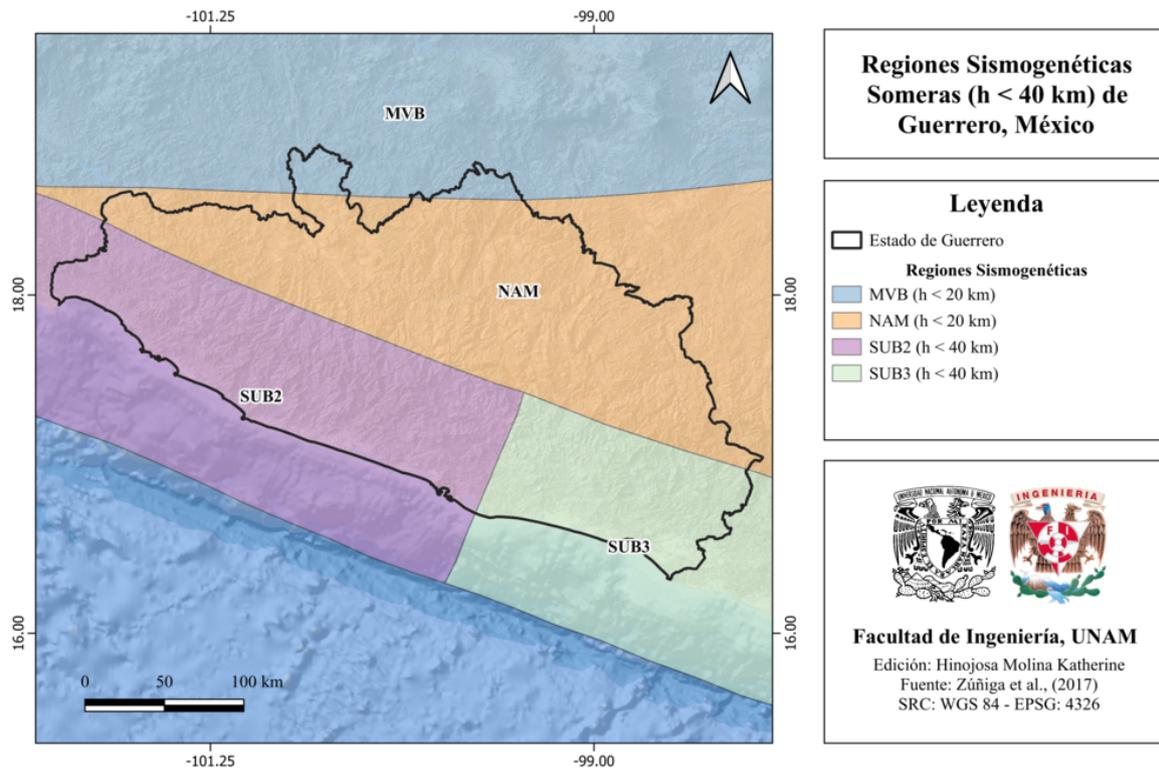


Figura 16.4: Regiones sísmicas someras de Guerrero, México. [Zúñiga et al., 2017]

### Zonas sísmicas de profundidad intermedia ( $h > 40$ km)

- **IN1:** Zona de eventos intraplaca de la placa de Cocos. Ampliación en profundidad de la zona SUB2 ( $40 \text{ km} \leq h \leq 180 \text{ km}$ ).
- **IN2:** Zona de eventos intraplaca de profundidad intermedia ( $40 \text{ km} \leq h < 255 \text{ km}$ ). Zona de transición de las placas de Cocos y corresponde a la extensión a profundidad de la región SUB3.

Estas zonas sísmicas se muestran en la figura 16.5

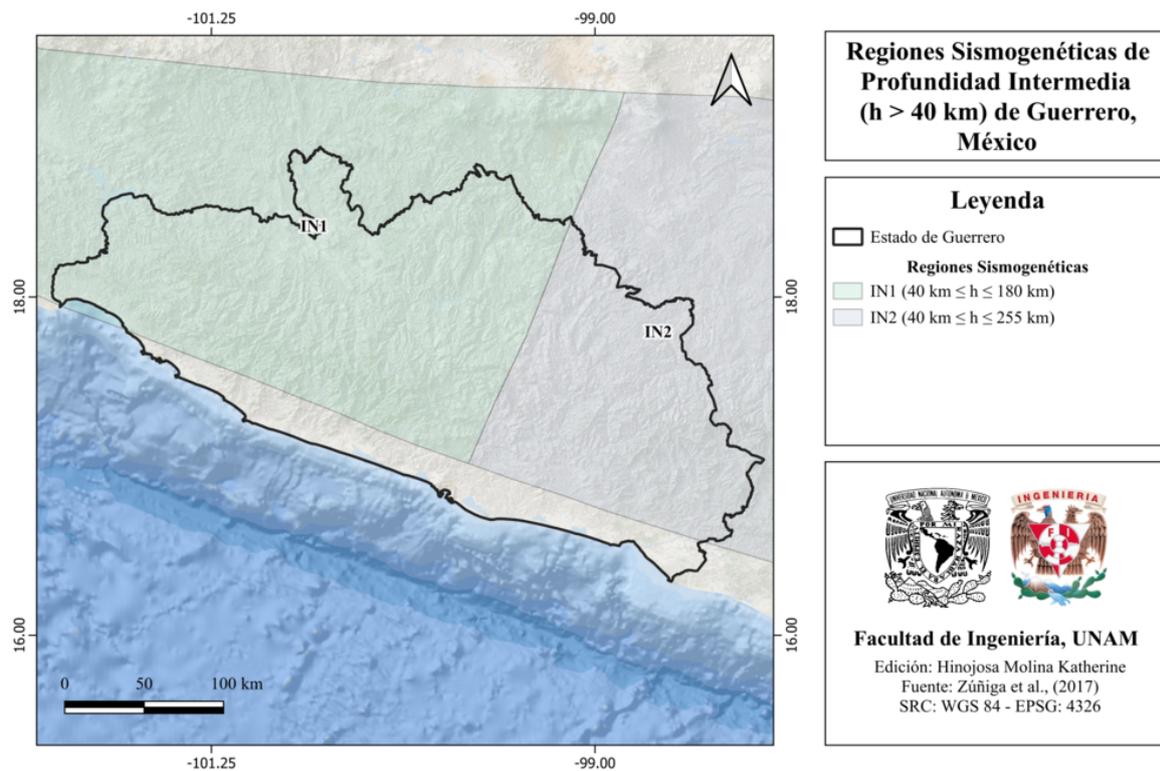


Figura 16.5: Regiones sismogénicas de profundidad intermedia de Guerrero, México. [Zúñiga et al., 2017]

## 16.2.2 Zonas sismogénicas de acuerdo con la Comisión Federal de Electricidad (2015)

### Zonas de fuerte ocurrencia de sismos de subducción ( $M > 7$ )

- **Región 16:** Subducción Oaxaca Este
- **Región 17:** Subducción Ometepepec
- **Región 18:** Subducción San Marcos
- **Región 19:** Subducción Guerrero
- **Región 20:** Subducción Petatlán
- **Región 21:** Subducción Michoacán

Estas zonas sismogénicas se muestran en la figura 16.6.

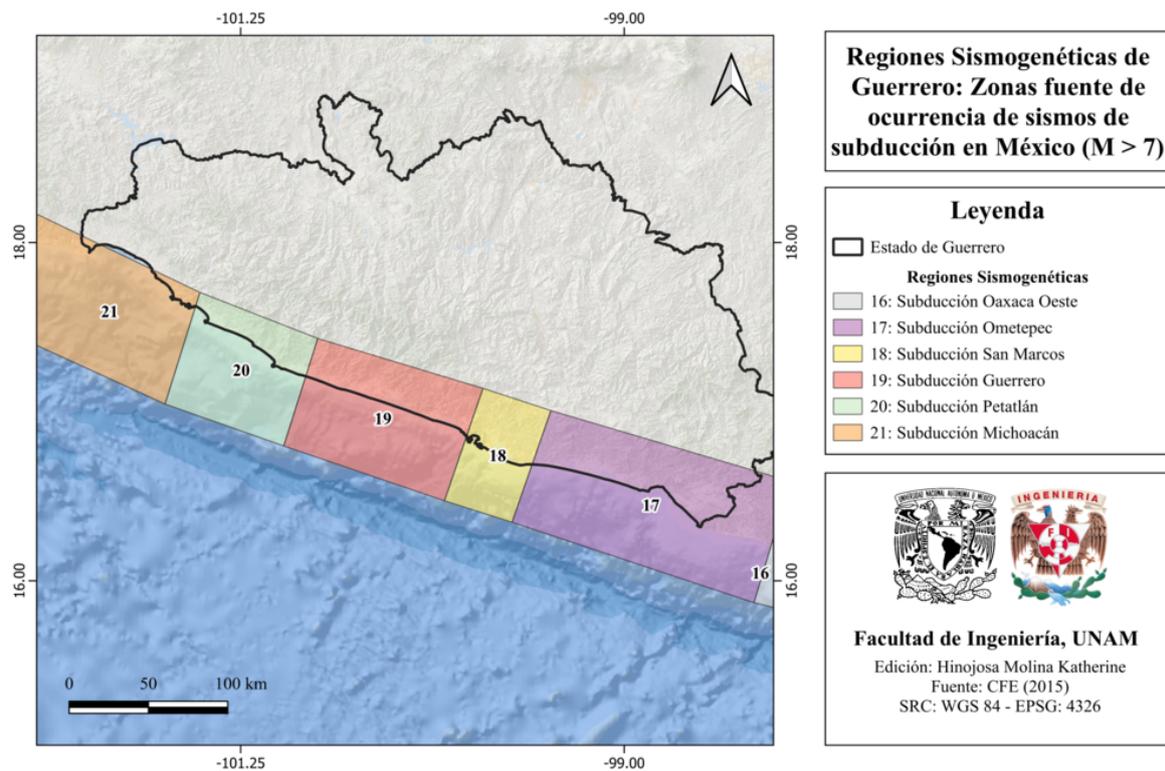


Figura 16.6: Zonas de fuerte ocurrencia de sismos de subducción ( $M > 7$ ) de Guerrero, México. [CFE, 2015]

### Zonas fuente de ocurrencia de sismos de subducción $M < 7$

- **26:** Guerrero - Michoacán Nuevo
- **27:** Oaxaca Nuevo

Estas zonas sismogénicas se muestran en la figura 16.7.

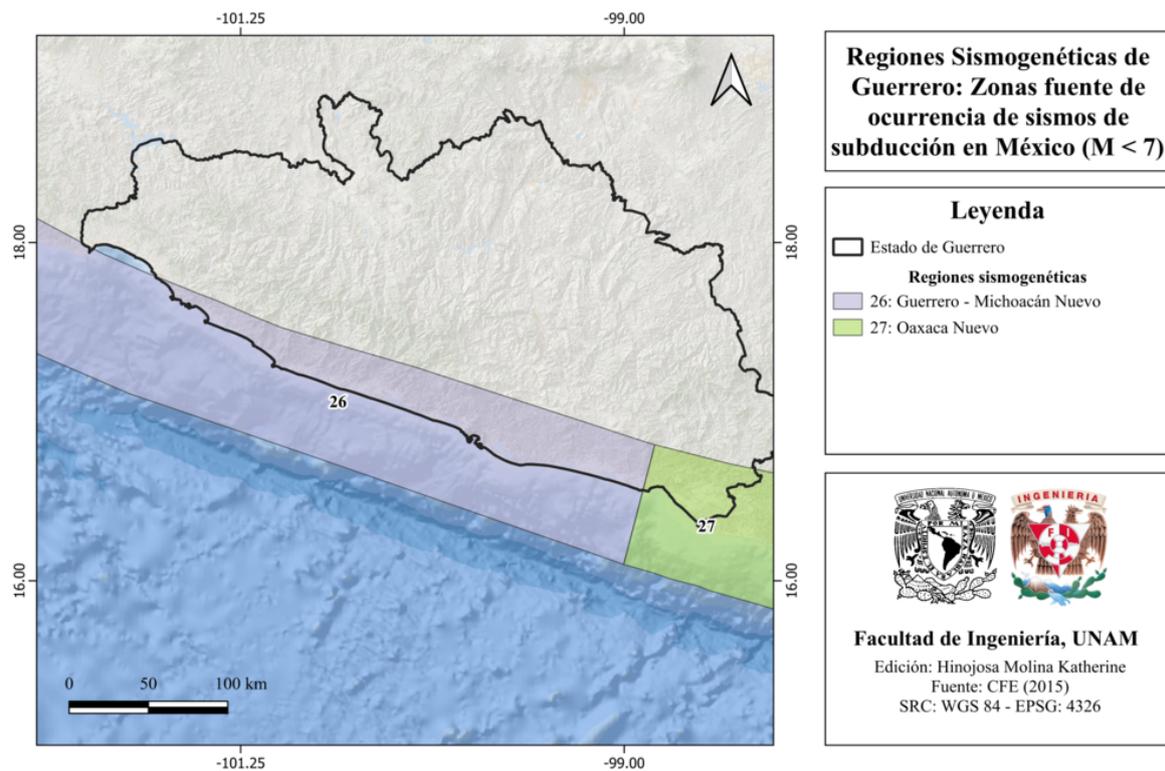


Figura 16.7: Zonas de fuerte ocurrencia de sismos de subducción ( $M < 7$ ) de Guerrero, México. [CFE, 2015]

## Zonas generadoras de sismos de profundidad intermedia

- **Región 28:** Profundidad Intermedia Oeste Nueva
- **Región 29:** Profundidad Intermedia Centro Nueva

Estas zonas generadoras de sismos de profundidad intermedia en el estado de Guerrero se muestran en la figura 16.8.

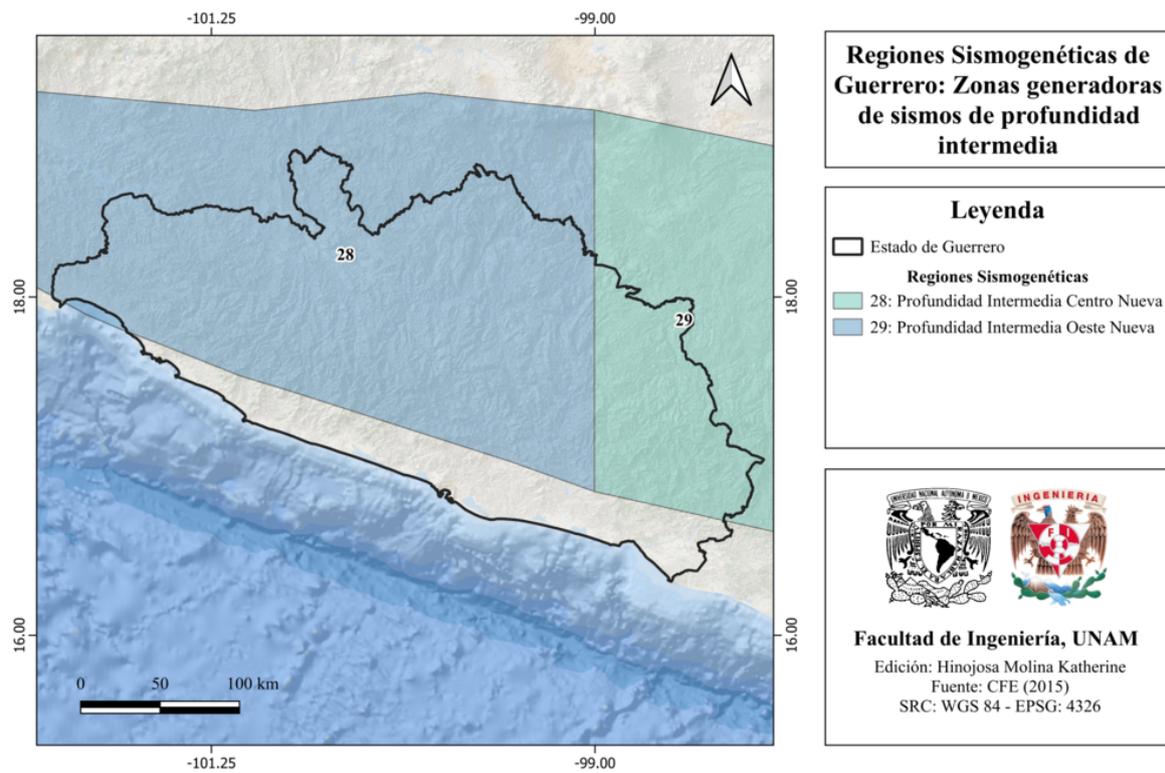


Figura 16.8: Zonas generadoras de sismos de profundidad intermedia en Guerrero, México. [CFE, 2015]

### Zonas generadoras de sismos superficiales

- **Región 32:** Intraplaca
- **Región 33:** Eje Volcánico

Esta zona generadora de sismos superficiales en Guerrero se muestra en la figura 16.9.

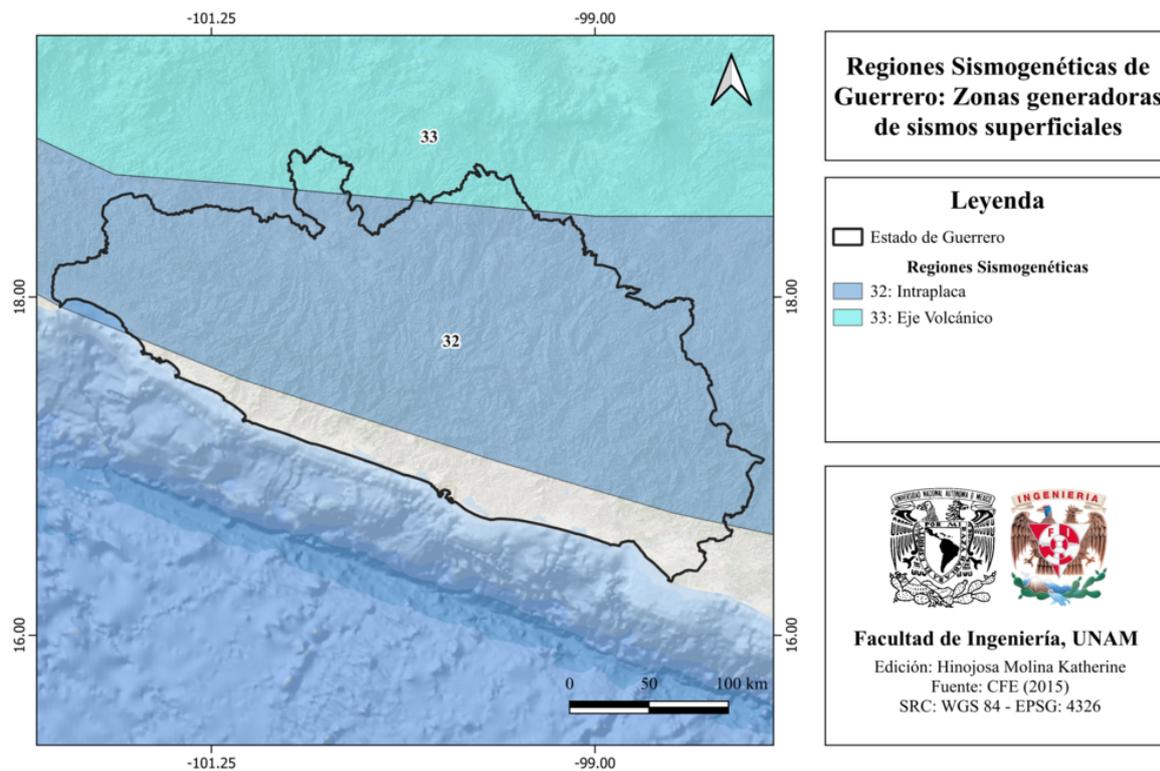


Figura 16.9: Zonas generadoras de sismos superficiales en Guerrero, México. [CFE, 2015]

### 16.3 Sismicidad reportada por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) en el período 1900-2022

El Servicio Sismológico Nacional (SSN) reportó 46 803 sismos desde el 1 de enero de 1900 hasta el 31 de diciembre de 2022 (horario UTC), de todas las magnitudes y profundidades en el estado de Guerrero. Los sismos de magnitud mayor a 6.0 se muestran en la figura 16.10.

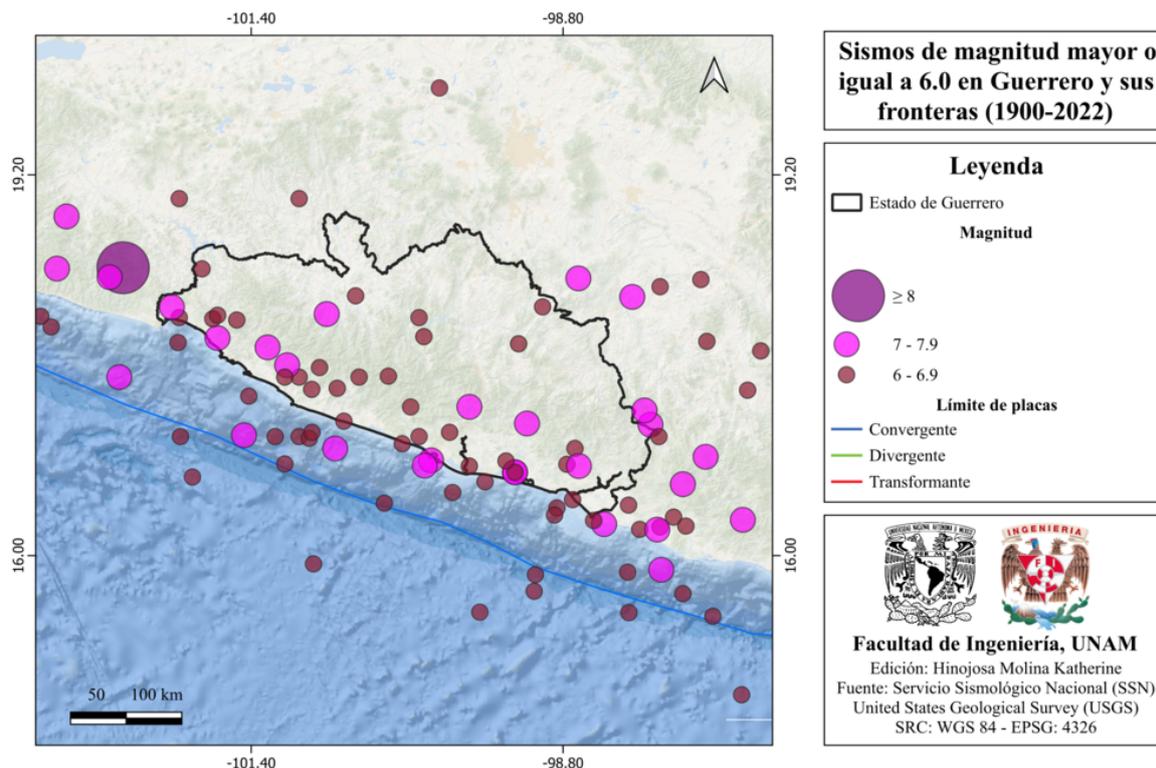


Figura 16.10: Sismos de magnitud mayor o igual a 6.0 en Guerrero, México (1900-2022). [SSN, 2023]

## 16.4 Sismos históricos

- **16 de enero de 1902**

De acuerdo con el catálogo de sismos históricos, este sismo se ubicó en la zona intraplaca de Guerrero, Morelos, Puebla, Oaxaca (IN2) y ocurrió a las 16:15 (hora local). La magnitud estimada de acuerdo con el SSN fue de 7, a una profundidad de 33 km. Tuvo una intensidad máxima de VIII y fue percibido en 53 localidades. En la figura 16.11 se muestra el mapa de intensidades asociadas a este evento.

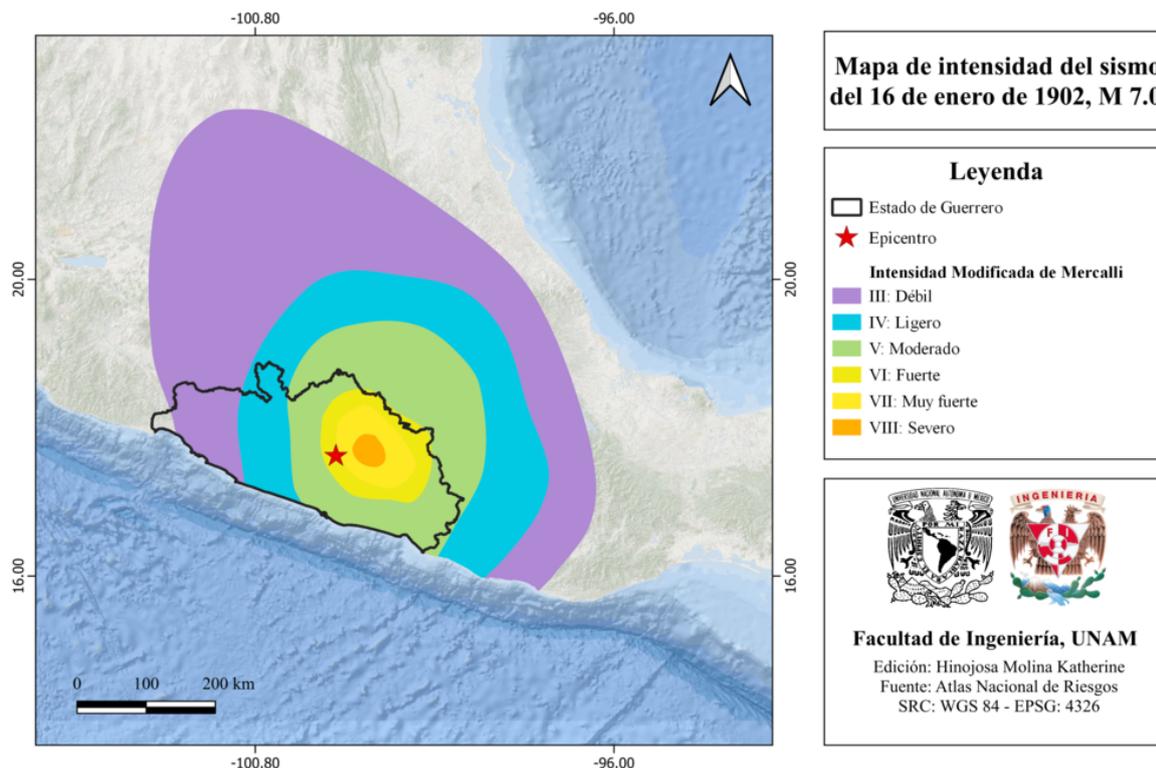


Figura 16.11: Mapa de intensidad del sismo del 16 de enero de 1902, M 7.0 [ANR-Cenapred, 2016]

- **14 de abril de 1907** De acuerdo con el catálogo de sismos históricos, este sismo se ubicó en la zona de subducción SUB3, ocurrió aproximadamente a las 23:10 (hora local) tuvo una magnitud estimada de 7 y una intensidad máxima de 10. Fue percibido fuertemente en 87 localidades.
- **28 de julio de 1957** El SSN reportó un sismo el día 28 de julio de 1957, a las 02:40 (hora local), de magnitud 7.8 y profundidad de 33 km, ubicado a 47 km al noreste de San Marcos, Guerrero. Este sismo es conocido como “El Temblor del Ángel”, debido a que la estatua conocida como El Ángel de la Independencia en la CDMX, cayó al suelo. De acuerdo con Narváez et al., (2007) se estiman 50 fallecidos y el valor de daños en lo que respecta a propiedad particular y gubernamental se calculó en 2 mil millones de pesos de esa época. En la figura 16.12 se muestra el mapa de intensidad de este sismo.

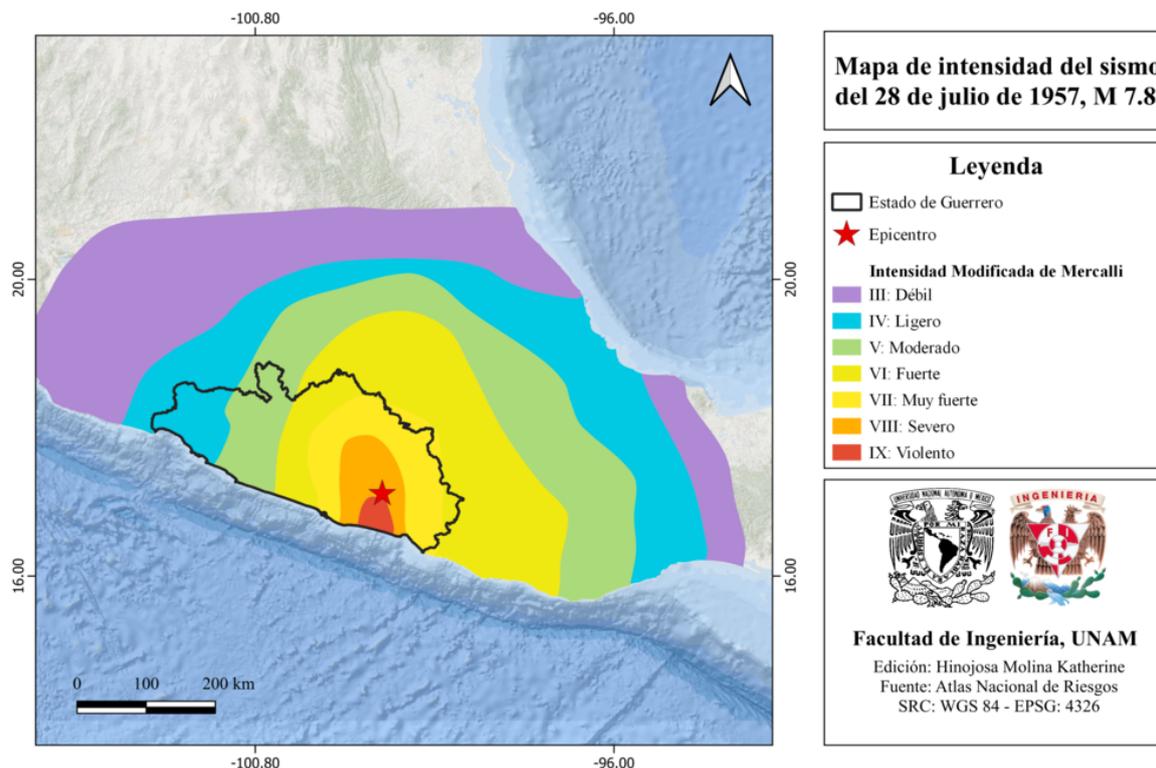


Figura 16.12: Mapa de intensidad del sismo del 28 de julio de 1902, M 7.8 [ANR-Cenapred, 2016]

- **21 de septiembre de 1985** El SSN reportó un sismo el 21 de septiembre de 1985, de magnitud 7.6, a una profundidad de 17 km y ubicado a 25 km al noroeste de Zihuatanejo, Guerrero.
- **10 de diciembre de 2011** El 10 de diciembre de 2011, ocurrió un sismo a las 19:47:25 hora local, con magnitud de 6.5 y profundidad de 58 km, ubicado a 55 km al noroeste de Chilpancingo, Guerrero. Este sismo fue fuertemente percibido en los estados de Guerrero, Oaxaca, Michoacán, Morelos, Puebla, Tlaxcala, Ciudad de México e Hidalgo.
- **20 de marzo de 2012** El día 20 de marzo de 2012 a las 12:02 (hora local) ocurrió un sismo de magnitud 7.4, con una profundidad de 15 km y localizado en las cercanías de Ometepec, Guerrero y Pinotepa Nacional, Oaxaca. Este sismo fue percibido en gran parte de la zona centro de la República Mexicana. De acuerdo con [García et al., 2012] se presentaron daños importantes en 19 municipios de Guerrero y 28 en Oaxaca.

- **18 de abril de 2014** El día 18 de abril de 2014, el SSN reportó un sismo de magnitud 7.2 localizado a 40 km al sur de Petatlán, Guerrero, a las 9:27 (hora local) y tuvo una magnitud de 18 km. Fue fuertemente sentido en la Ciudad de México, Guerrero, Morelos, Hidalgo, Tlaxcala, Michoacán, Jalisco, Oaxaca y otras localidades.
- **7 de septiembre de 2021** El 7 de septiembre de 2021 el SSN reportó a las 20:47 (hora del centro de México) un sismo de magnitud 7.1, a una profundidad de 10 km y localizado a 11 km al suroeste de Acapulco, Guerrero. Este sismo fue percibido en los estados de Guerrero, Morelos, Puebla, Michoacán, Oaxaca, Querétaro, Guanajuato, estado de México y Ciudad de México.

## 16.5 Peligro por tsunami

De acuerdo con información del Cenapred (2021), la costa de Guerrero es parte de la zona generadora de tsunamis locales y receptora de tsunamis lejanos.

Entre los tsunamis que han sido generados desde el estado de Guerrero, se encuentran los siguientes (CAT-SEMAR):

- **28 de marzo de 1787** Un sismo de una magnitud estimada de 8.0, aproximadamente a las 11:30 (hora local), cerca de San Marcos Guerrero, generó un tsunami que afectó el puerto de Acapulco.
- **4 de mayo de 1820** Un sismo de magnitud aproximada de 7.6 localizado frente a Acapulco y San Marcos, Guerrero generó un tsunami que fue observado en Acapulco.
- **4 de mayo de 1826** Un registro en los archivos del ayuntamiento de Acapulco, Guerrero explica que hubo un tsunami el 4 de mayo de 1826 que ocasionó que el mar se saliera de 40 a 48 m.
- **7 de abril de 1845** Un sismo de magnitud aproximada de Ms 7.9 ocurrió en la costa de Acapulco y generó un tsunami que inundó en una extensión horizontal de 40 m aproximadamente.
- **12 de agosto 1868** El faro de Acapulco reportó que se registraron en la madrugada dos sismos en la costa de Guerrero que generaron que el mar se retirara por

aproximadamente 24 metros, inundando las casas inmediatas.

- **14 de abril de 1906** Este fue el primer tsunami registrado en el siglo XX en las costas de Guerrero. Ocasionó la inundación del pueblo de Coyuca de Catalán y algunos daños al puerto de Acapulco; además, se reportó que el mar en algunas zonas se retiró por más de 200 m.
- **30 de julio de 1909** El sismo de magnitud 7.4 se localizó cerca de Acapulco, Guerrero. En el puerto de Acapulco el mar se retiró 10 metros de la costa recobrando lentamente su estado normal.
- **16 de noviembre de 1925** El sismo de magnitud 7.0 se localizó cerca de Zihuatanejo, Gro., y generó un tsunami destructivo. Cerca de las seis de la tarde, el nivel del mar se elevó de forma repentina de 6 a 7 metros; invadió las calles y arrasó las casas.
- **28 de julio de 1957** El sismo de magnitud 7.8 que se localizó cerca de San Marcos, Guerrero. Generó un tsunami que fue registrado en los mareógrafos de Acapulco y Salina Cruz, Oaxaca.
- **14 de marzo de 1979** El sismo de magnitud 7.6 ocurrió cerca del pueblo de Petatlán, Guerrero. El tsunami asociado al sismo fue registrado en las estaciones mareográficas de Acapulco, Guerrero y Manzanillo, Colima. En Acapulco, la estación mareográfica más cercana indicó que la ola inicial fue de 0.21 m y la bajada máxima de 1.31 m.
- **19 de septiembre de 1985** El sismo de magnitud 8.1 ocurrido cerca de las costas de Michoacán generó un tsunami que fue percibido en el estado de Guerrero; de hecho, la estación mareográfica de Acapulco fue de la única Red Mareográfica de México que registró el tsunami.
- **20 de marzo de 2012** El sismo de magnitud 7.4 que ocurrió cerca del sur de Ometepec, Gro., generó un tsunami que no provocó ninguna víctima. Este tsunami fue documentado por algunos pobladores de Punta Maldonado.
- **18 de abril de 2014** El sismo de magnitud 7.2, localizado al sur de Petatlán Guerrero, generó un tsunami pequeño con variaciones que oscilaron alrededor de

los 30 cm, tal como fue registrado en los mareógrafos de Acapulco y Zihuatanejo.

En la figura 16.13 se muestra el mapa de peligro por tsunami de Guerrero, México. En este se observa que la costa de Guerrero se encuentra en la zona generadora de tsunamis locales y receptora de tsunamis lejanos.

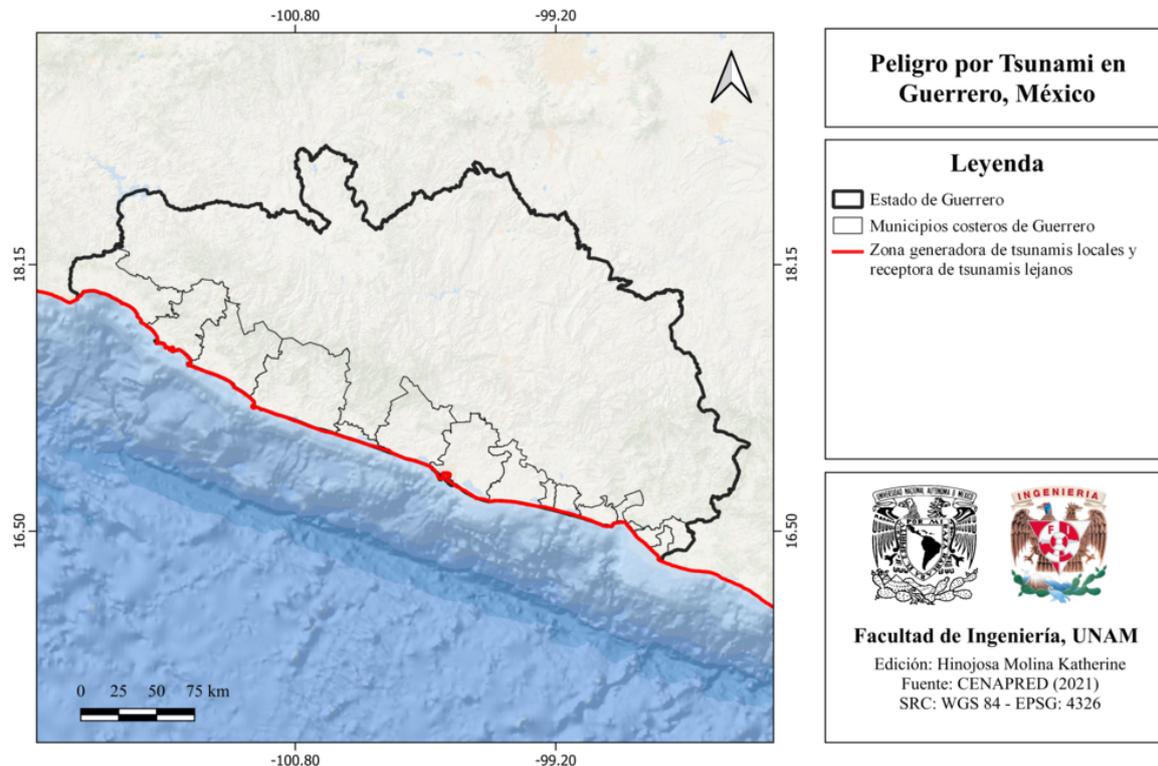


Figura 16.13: Peligro por tsunami en Guerrero, México [Cenapred, 2021]

## 16.6 Información general de peligro sísmico

### 16.6.1 Global de intensidades

El mapa correspondiente al global de intensidades para Guerrero, se muestra en la figura 16.14.

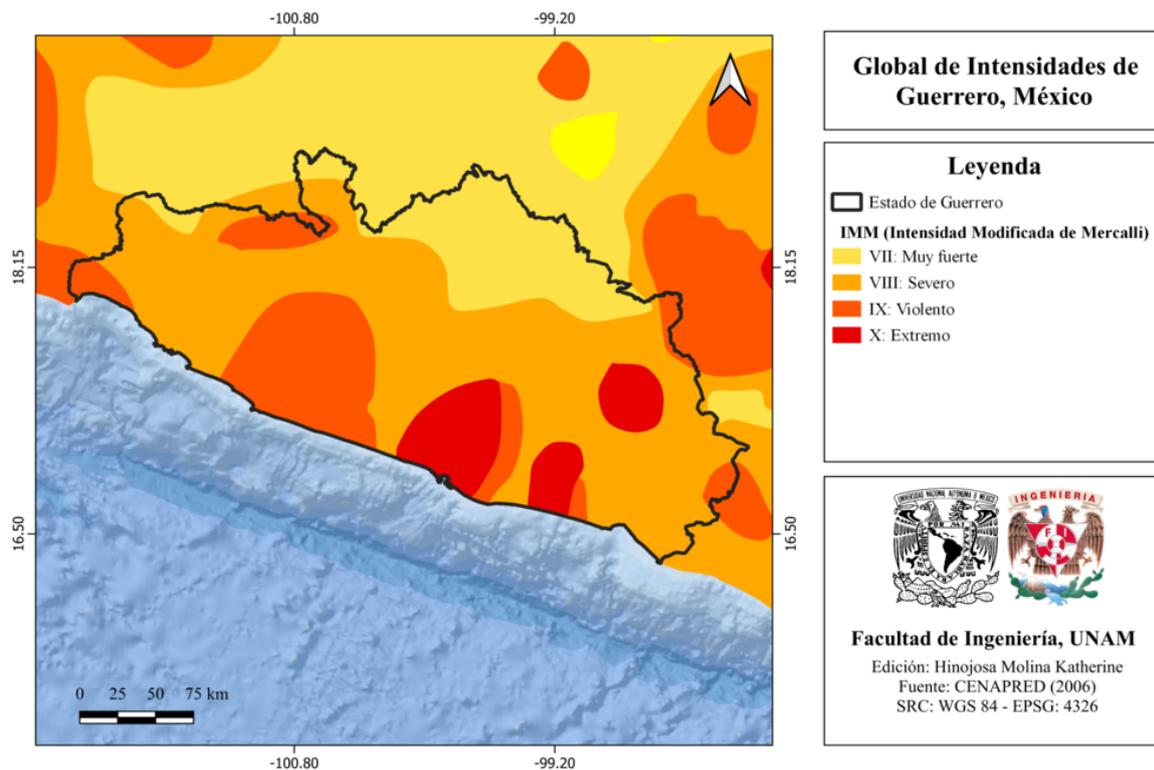


Figura 16.14: Global de intensidades de Guerrero, México [ANR-Cenapred, 2016].

### 16.6.2 Regionalización sísmica de acuerdo con la CFE (2015)

De acuerdo con la regionalización sísmica de la República Mexicana de la Comisión Federal de Electricidad [CFE, 2015], Guerrero se encuentra dentro de las zonas C y D correspondientes a sismicidad alta y muy alta, respectivamente. La regionalización sísmica de Guerrero se muestra en el mapa de la figura 16.15.

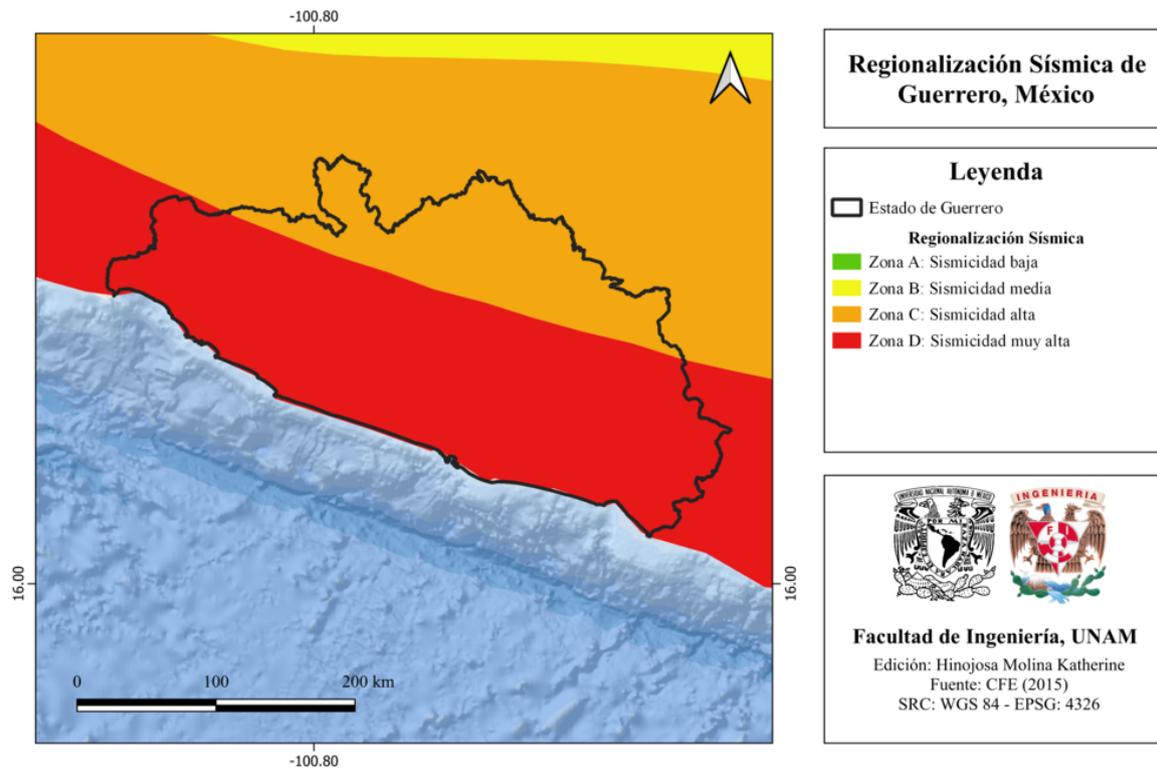


Figura 16.15: Regionalización sísmica de Guerrero, México [CFE, 2015].

### 16.6.3 Parámetro Vs30 (USGS)

Según la clasificación del parámetro Vs30 (USGS), el estado de Guerrero tiene el mapa de velocidad de onda de corte mostrado en la figura 16.16.

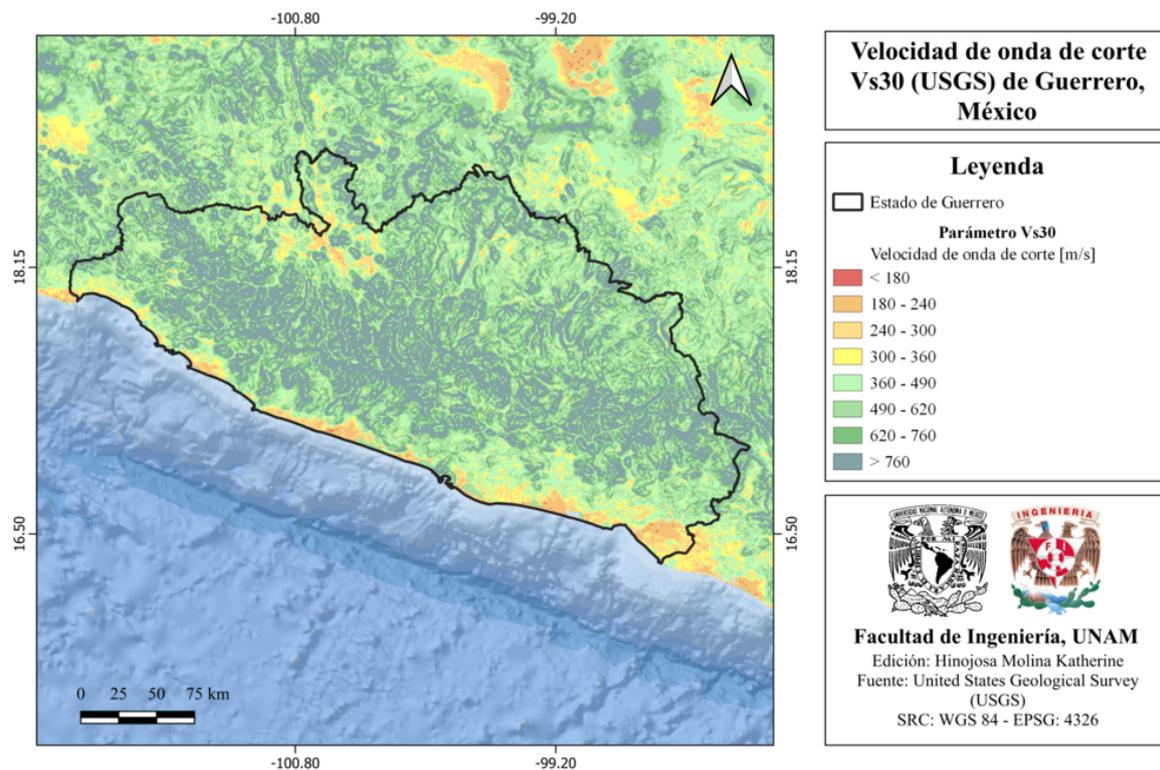


Figura 16.16: Velocidad de onda de corte Vs30 (USGS) de Guerrero, México [Heath et al., 2020].

#### 16.6.4 Municipios con posible efecto de sitio

En el mapa de la figura 16.17 se muestran los municipios con posibles efectos de sitio en Guerrero [Cenapred, 2020].

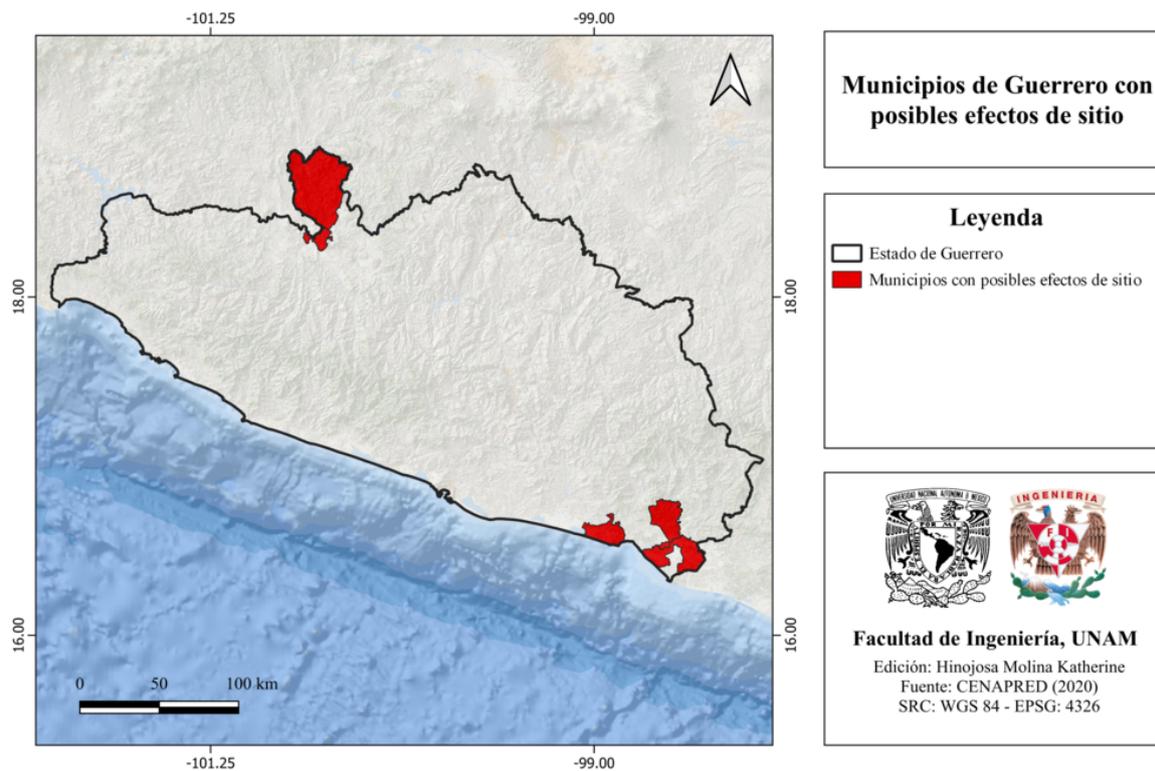


Figura 16.17: Municipios con posibles efectos de sitio de Guerrero, México [Cenapred, 2020].

### 16.6.5 Municipios con peligro de deslizamiento por sismo

De acuerdo con información del Cenapred, en el mapa de la figura 16.18 se muestran los municipios con peligro de deslizamiento por sismo.

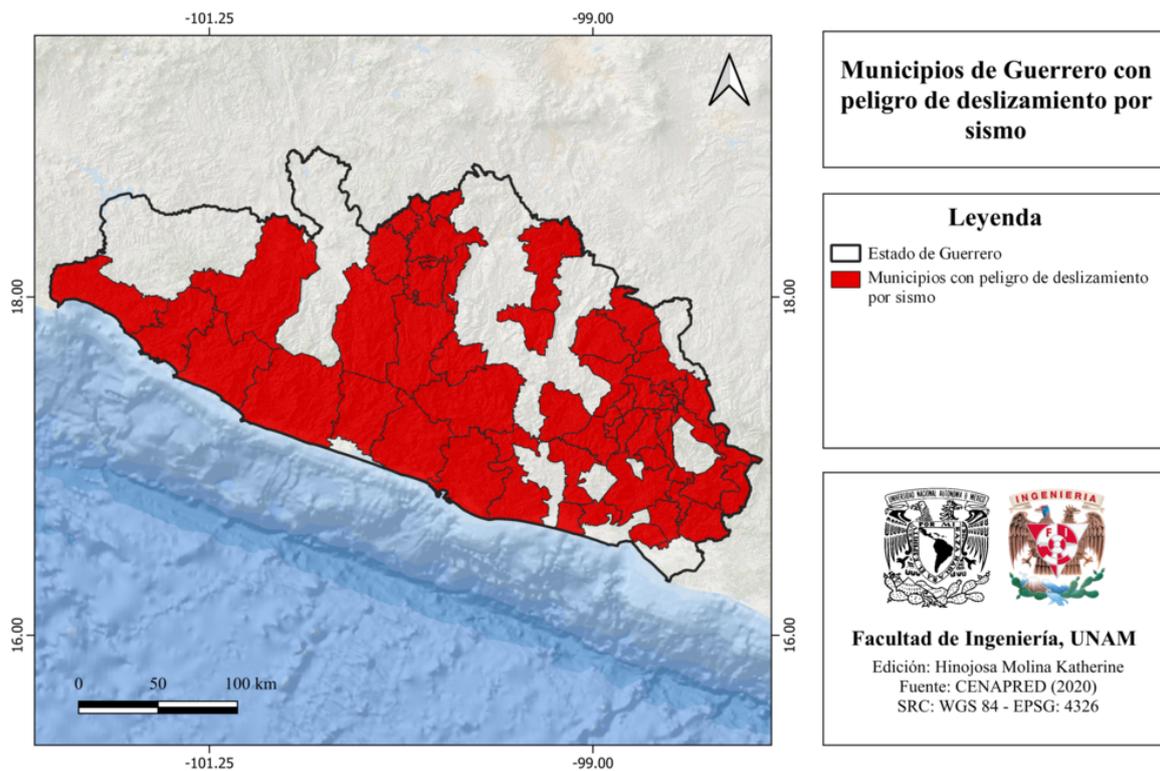


Figura 16.18: Municipios con peligro de deslizamiento por sismo de Guerrero, México [Cenapred, 2020].

### 16.6.6 Municipios con reglamento de construcción de obras civiles

El estado de Guerrero cuenta con los siguientes reglamentos de construcción de obras civiles [ANR-Cenapred, 2016].

- Reglamento estatal de construcciones para el estado de Guerrero (1994).
- Reglamento de construcciones para el municipio de Acapulco de Juárez (2000).
- Reglamento de construcción para municipio de Chilpancingo de los Bravo (2009).
- Reglamento de construcciones para el municipio de Zihuatanejo de Azueta (2011).

## 16.7 Secuencias sísmicas (enjambres) reportadas por el Servicio Sismológico Nacional (SSN)

### Secuencia sísmica del 6 de octubre de 2013

El día 6 de octubre de 2013 el Servicio Sismológico Nacional (SSN) registró una secuencia sísmica de 21 eventos, donde la mayor magnitud fue de 4.9 localizado a 22 km al sur de Coyuca de Benítez, Guerrero. Este sismo ocurrió a las 10:10 tiempo del centro y fue sentido en casi todas las localidades del estado. En el mapa de la figura 16.19 se muestra la distribución de sismos de esta secuencia sísmica.

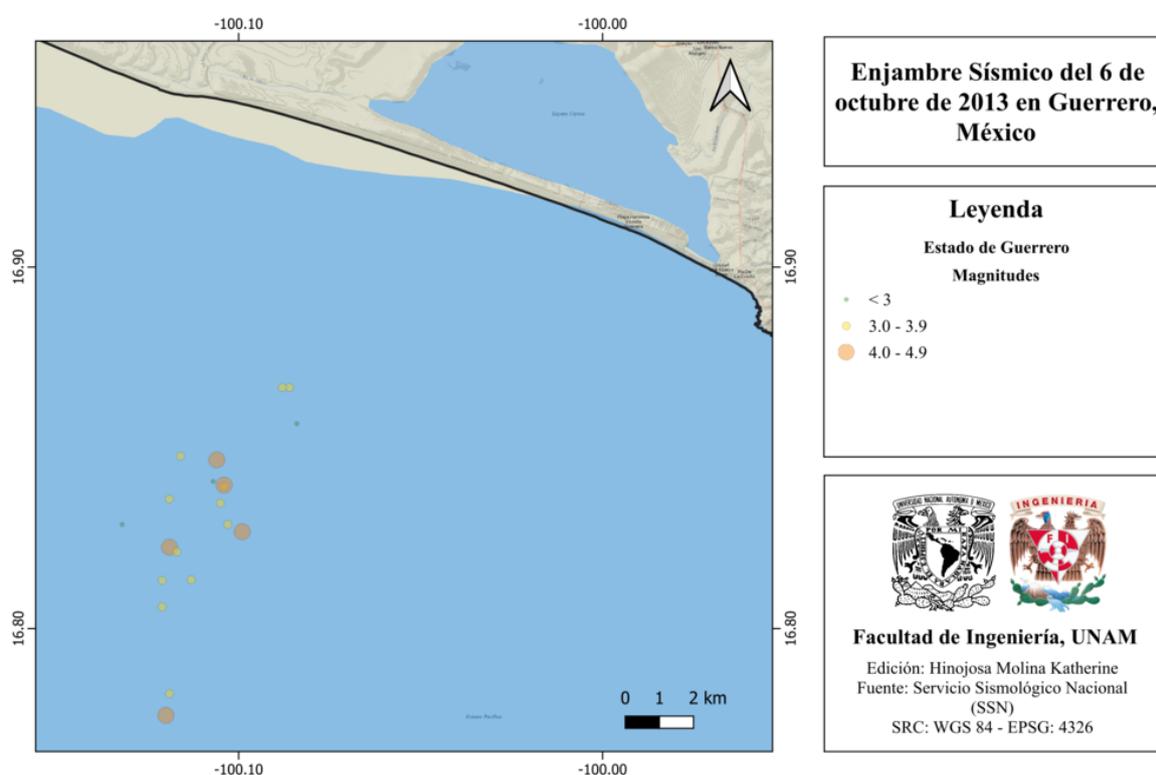


Figura 16.19: Enjambre sísmico del 6 de octubre de 2013 en Guerrero, México. [SSN, 2023].

### Secuencia sísmica del 21 al 24 de octubre de 2019

Entre los días del 21 al 24 de octubre de 2019, el Servicio Sismológico Nacional (SSN) reportó un enjambre sísmico con 50 eventos, con magnitudes entre 3.4 y 4.9 localizado en el Pacífico mexicano, cerca de Petatlán, en las costas de Guerrero. El sismo de mayor

magnitud de la secuencia sísmica ocurrió a las 18:25 horas del día 22 de octubre, de magnitud 4.9 y fue sentido en Petatlán, así como en localidades cercanas. En el mapa de la figura 16.20 se muestran los sismos de esta secuencia sísmica.

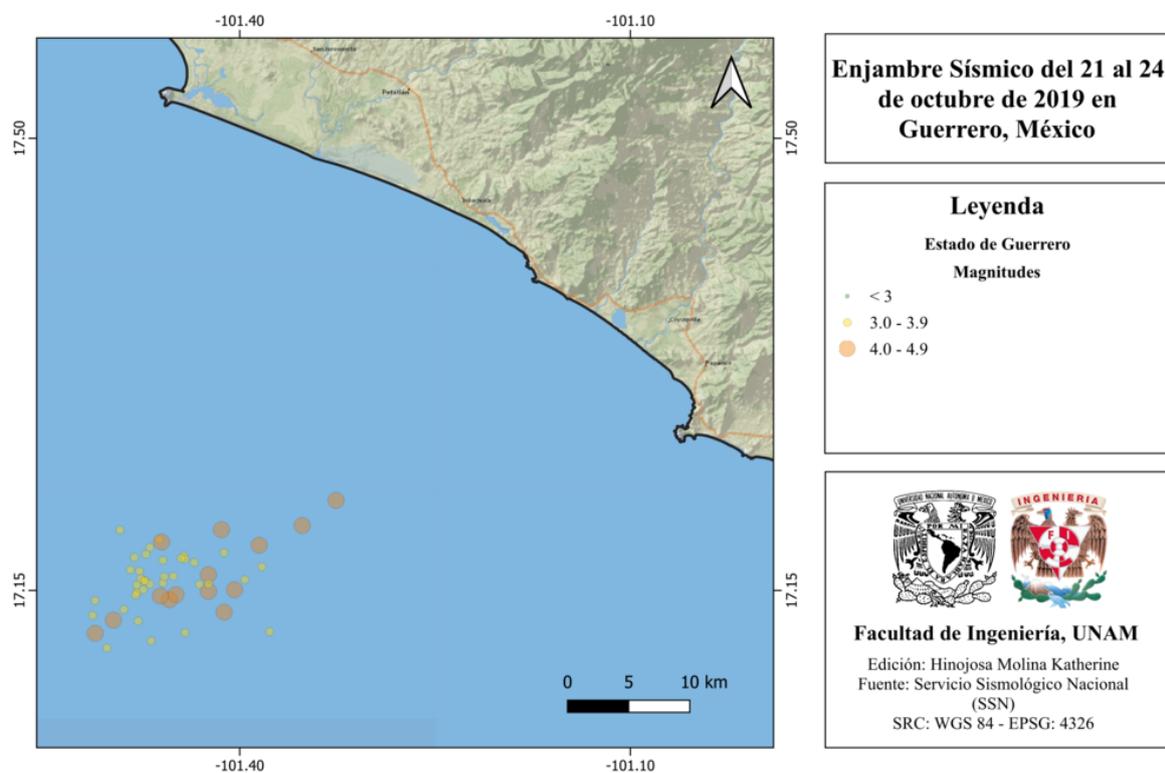


Figura 16.20: Enjambre sísmico del 21 al 24 de octubre de 2019 en Guerrero, México. [SSN, 2023].

## 16.8 Estaciones de registro sísmico en el estado

El estado de Guerrero cuenta con 22 estaciones sísmicas pertenecientes a la Red Acelerográfica del Instituto de Ingeniería de la UNAM (RAII-UNAM)

- **PET2**: Petatlán II
- **COMD**: La Comunidad
- **SJLL**: San Juan de los Llanos
- **HMTT**: Huamuxtitlan
- **TNLP**: Tonalapa del Sur

- **COYC:** Coyuca
- **OCLL:** Ocotillo
- **ATYC:** Atoyac
- **UNIO:** La Union
- **ACAC:** Acapulco Centro Cultural
- **ACAD:** Acapulco Escuela Diana
- **ACAR:** Acapulco Renacimiento
- **ACAZ:** Acapulco la Zanja
- **ACP2:** Acapulco Preparatoria No. 2
- **AGCA:** Aguacaliente
- **POZU:** Pozuelos
- **VNTA:** La Venta
- **COPL:** Copala
- **NUX2:** Nuxco 2
- **SLU2:** San Luis de la Loma 2
- **SUCH:** El Suchil
- **VIGA:** Las Vigas

Se cuenta con 9 estaciones de la Red de Banda Ancha del Servicio Sismológico Nacional (SSN):

- **ARIG:** Arcelia
- **CAIG:** El Cayaco
- **CRIG:** Cruz Grande
- **DAIG:** Dos Arroyos

- **MEIG:** Mezcala
- **MGIG:** Malinaltepec
- **PLIG:** Platanillo
- **TLIG:** Tlapa
- **ZIIG:** Zihuatanejo

La distribución de estaciones de registro sísmico en Guerrero, se muestra en el mapa de la figura 16.21.

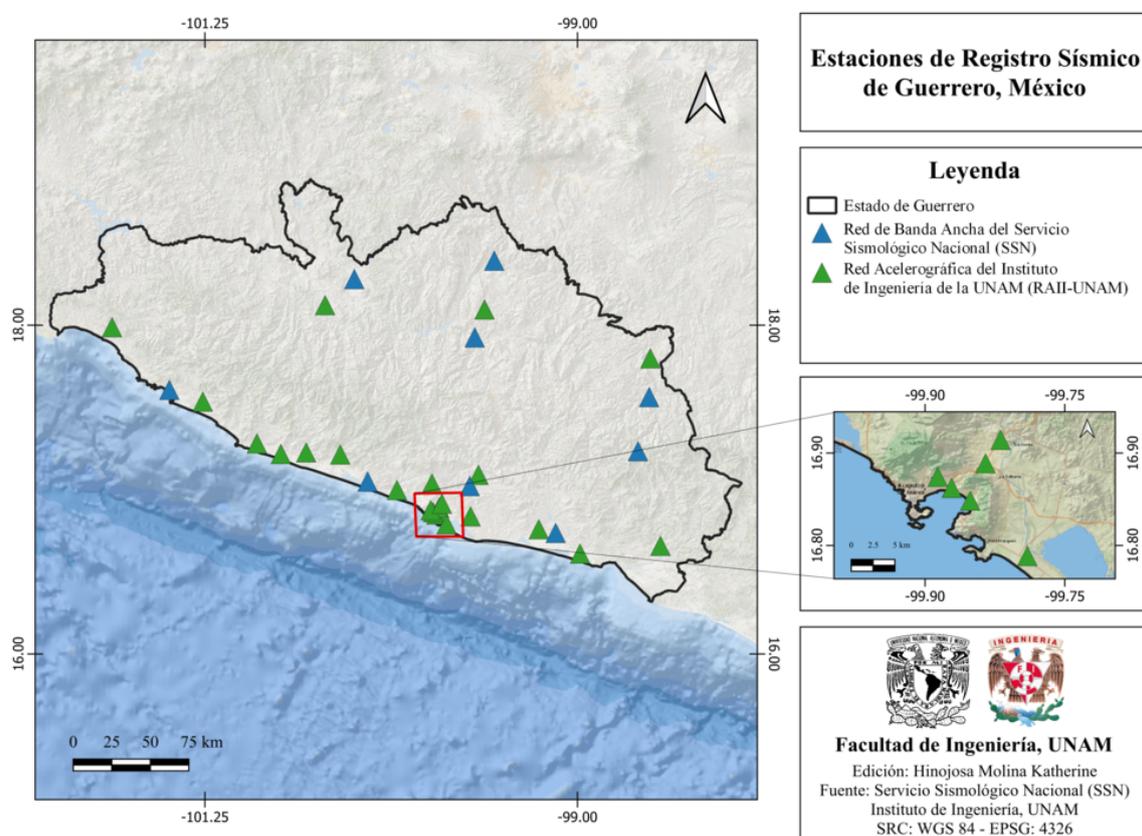


Figura 16.21: Estaciones de registro sísmico en Guerrero, México. [SSN, 2023].

## 16.9 Instituciones educativas que han realizado estudios en alguna zona del estado o en sus cercanías

- Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)

- Instituto Politécnico Nacional (IPN)
- Universidad Autónoma Metropolitana (UAM)

## 16.10 Estudios de sismicidad o de peligro sísmico en alguna zona del estado

- Arellanes, G. V., García, H. J., y Bernal, A. G. Comportamiento sísmico de componentes no estructurales en hospitales del estado de Guerrero.
- Bernal, A. G., y González, J. A. Amplificación sísmica en Chilpancingo, Guerrero.
- Gama García, A. (2010). Estudio de peligro sísmico para la ciudad de Chilpancingo, Guerrero.
- Iglesias, A., 2004, Algunos eventos recientes asociados a la Brecha sísmica de Guerrero: Implicaciones para la sismotectónica y el peligro sísmico de la región, Tesis de Doctorado, UNAM.
- Inca, E. (2013). Estudio de peligro sísmico para la ciudad de Ometepec y otras ciudades aledañas del estado de Guerrero (Master's thesis, Universidad Autónoma Metropolitana (México). Unidad Azcapotzalco. Coordinación de Servicios de Información.).
- Juárez-García, H., Inca-Cabrera, E., y Gómez-Bernal, A. Seismic hazard assessment for Ometepec, Guerrero, México.
- Matus, R. A., Tizapa, S. S., y Herrera, E. R. G. Prevención y mitigación de un desastre sísmico en el estado de Guerrero.
- Niño, Á. C., y Tizapa, S. S. Espectro de diseño sismo-resistente para estructuras tipo B ubicadas en Chilpancingo, Guerrero (México).
- Ortiz Huerta, L. G. Peligro y vulnerabilidad por tsunamis de campo lejano en la Bahía de Todos Santos, Baja California.

- Tizapa, S. S., Lozano, A. M., Sandoval, A. C., Matus, R. A., y de la Cruz, G. A. Vulnerabilidad y riesgo sísmico en construcciones de Chilpancingo, Guerrero. Estudios de riesgos y desastres, 120.
- Vasquez Bustos, J.P.J., 2016, "Sismicidad, Efecto de Sitio y Análisis Sísmico no Lineal Empleando Datos de Tres Redes Acelerográficas en Guerrero y Oaxaca", Tesis de licenciatura, IPN.

# Capítulo 17

## Hidalgo

### 17.1 Localización y provincias fisiográficas

#### 17.1.1 Localización

Hidalgo se localiza en la región este del país, colinda al norte con San Luis Potosí y Veracruz, al este con Puebla, al sur con Tlaxcala y el estado de México y al oeste con Querétaro.

#### 17.1.2 Provincias fisiográficas

El estado de Hidalgo forma parte de tres provincias fisiográficas (ver figura 17.1):

- Eje Neovolcánico
- Llanura Costera del Golfo Norte
- Sierra Madre Oriental

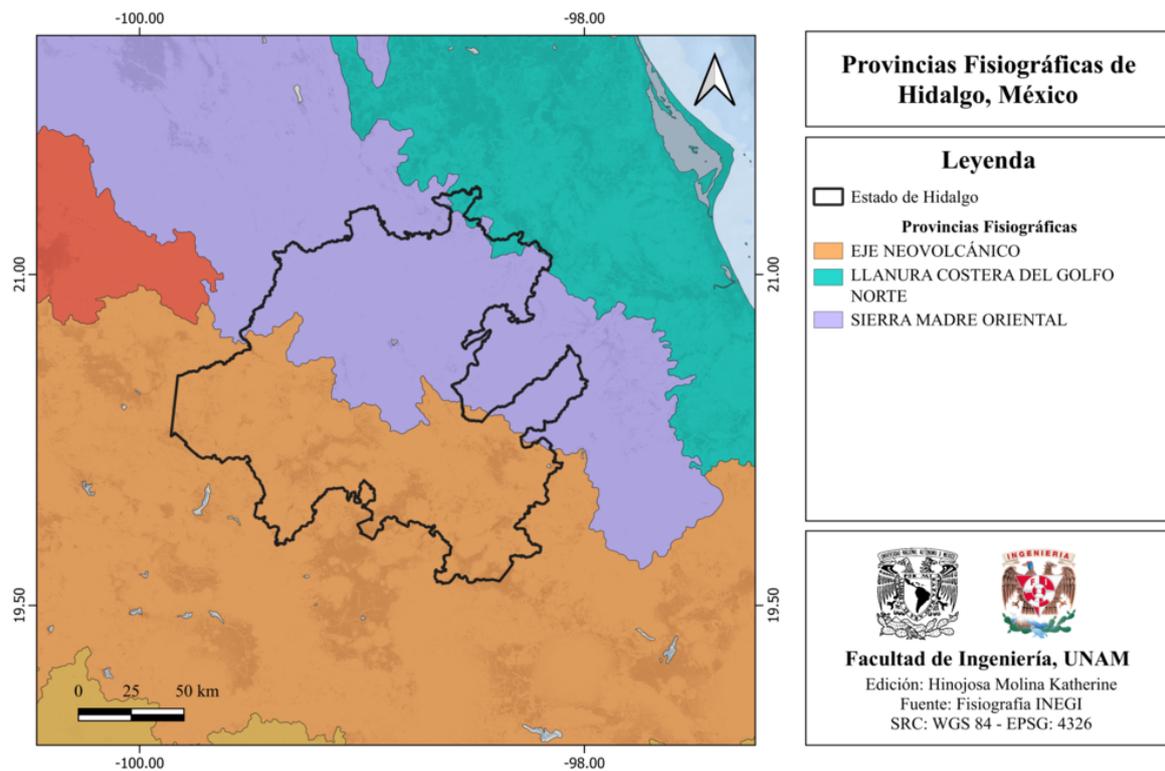


Figura 17.1: Provincias fisiográficas de Hidalgo [INEGI, 2001].

### 17.1.3 Subprovincias fisiográficas

Hidalgo forma parte de las siguientes subprovincias fisiográficas (ver figura 15.2):

- Carso Huasteco
- Lagos y Volcanes de Anáhuac
- Llanuras y Lomeríos
- Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo

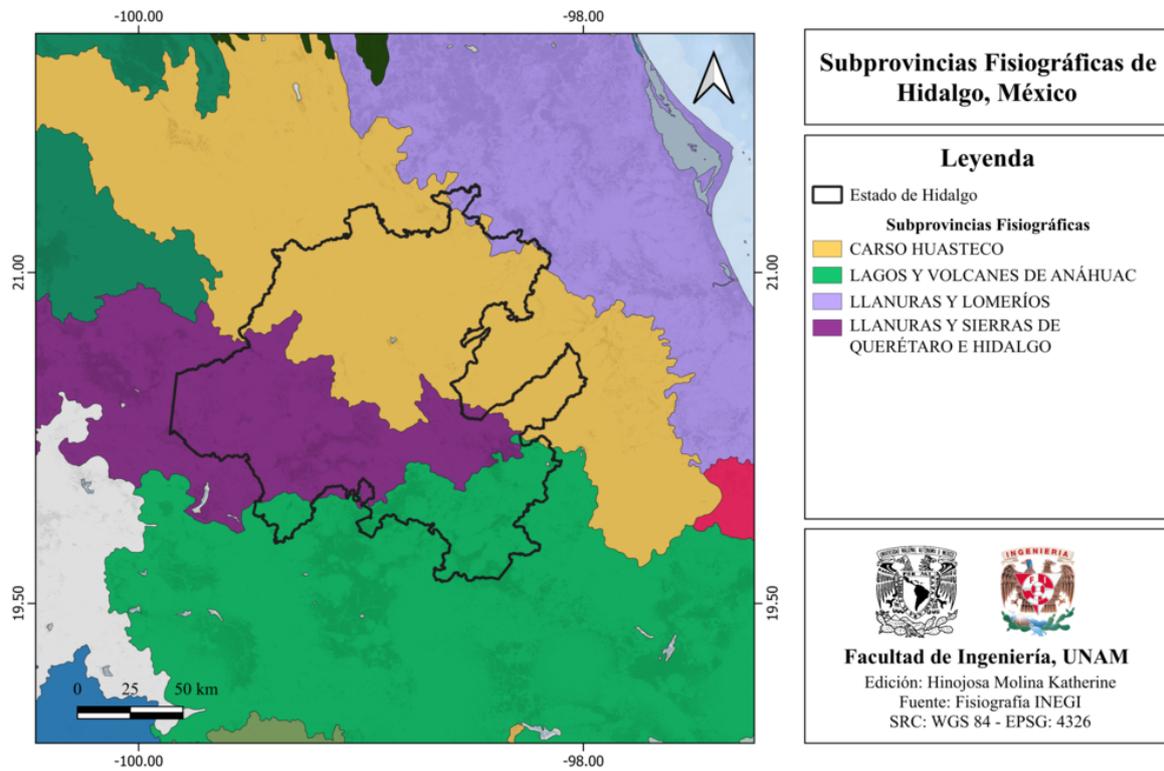


Figura 17.2: Subprovincias fisiográficas de Hidalgo [INEGI, 2001].

### 17.1.4 Rasgos estructurales

En el estado de Hidalgo existe una diversa cantidad de fallas geológicas y fracturas (ver figura 17.3).

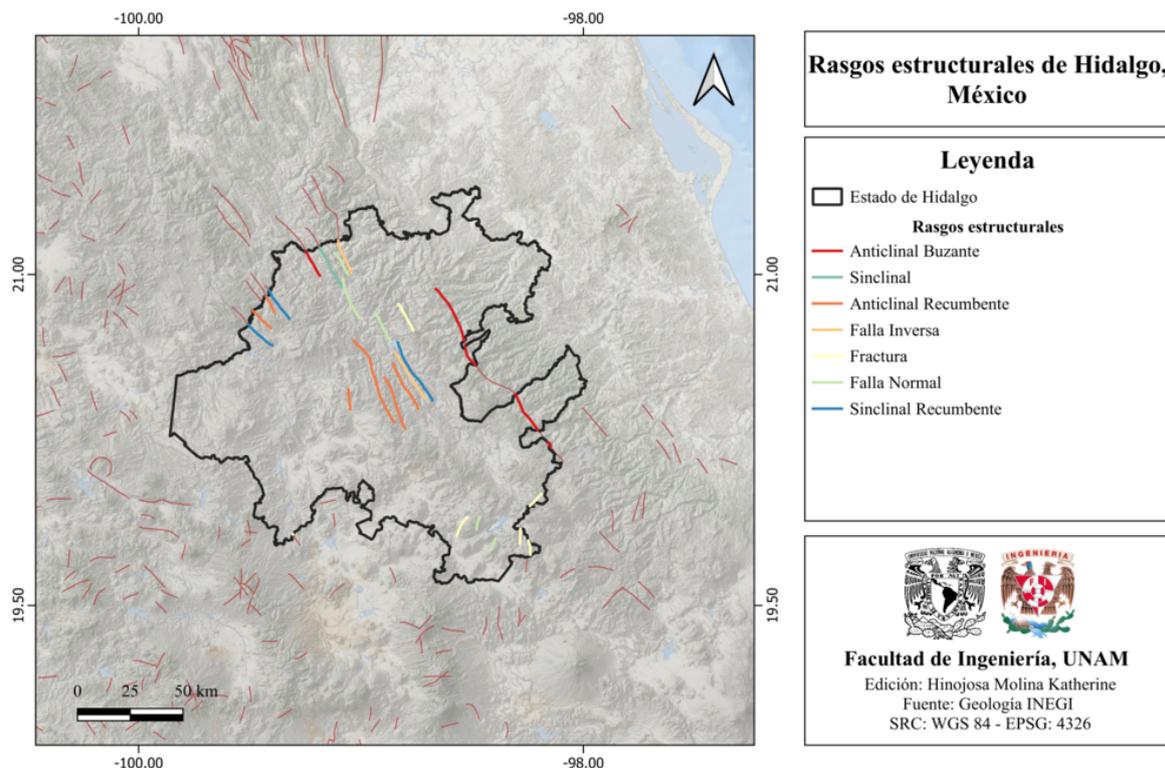


Figura 17.3: Rasgos estructurales de Hidalgo [INEGI, 2002].

## 17.2 Zonas sismogénéticas (sismotectónicas)

### 17.2.1 Zonas sismogénéticas de acuerdo con Zúñiga et al., (2017)

El estado de Hidalgo es parte de las siguientes zonas sismogénéticas [Zúñiga et al., 2017]:

#### Zonas sismogénéticas someras ( $h < 40$ km)

- **GMX**: Zona de eventos intraplaca (corticales) en la placa de Norteamérica. Provincia del Golfo de México ( $h < 20$  km).
- **BB**: Zona de eventos intra-placa en la placa de Norteamérica ( $h < 20$  km). Provincia de Estrés de la Cuenca de Burgos.
- **MVB**: Zona de eventos intraplaca de la parte somera ( $h < 15$  km) de la placa Norteamericana, asociado a esfuerzos tensionales en el centro de México. Estos esfuerzos están relacionados con la ubicación de la Faja Volcánica Transmexicana

(h < 20 km).

En el mapa de la figura 17.4 se muestran las regiones sismogénicas someras de Hidalgo.

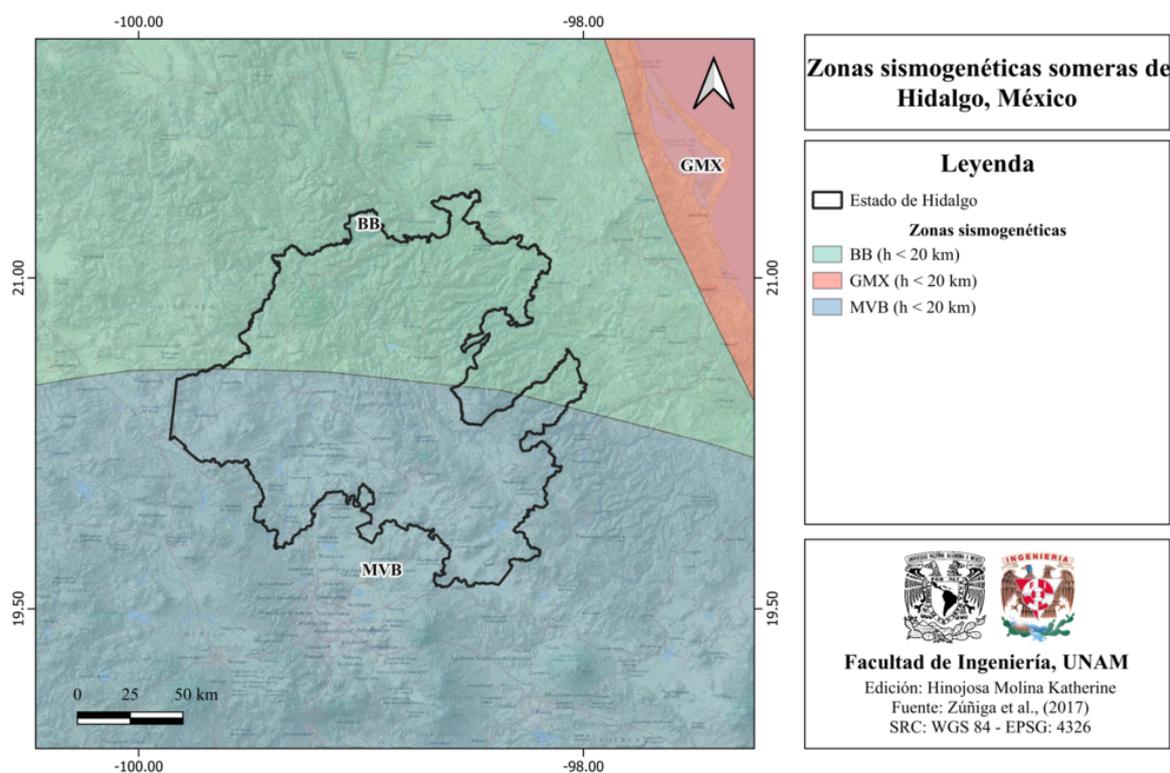


Figura 17.4: Zonas sismogénicas de Hidalgo, México [Heath et al., 2020].

### 17.2.2 Zonas sismogénicas de acuerdo con la Comisión Federal de Electricidad (2015)

De acuerdo con información de la Comisión Federal de Electricidad [CFE, 2015], el estado de Hidalgo se encuentra dentro de las siguientes zonas sismogénicas:

#### Zonas generadoras de sismos superficiales

- **33:** Eje Volcánico
- **34:** Sismicidad difusa 1

En la figura 17.5 se muestran estas zonas sismogénicas.

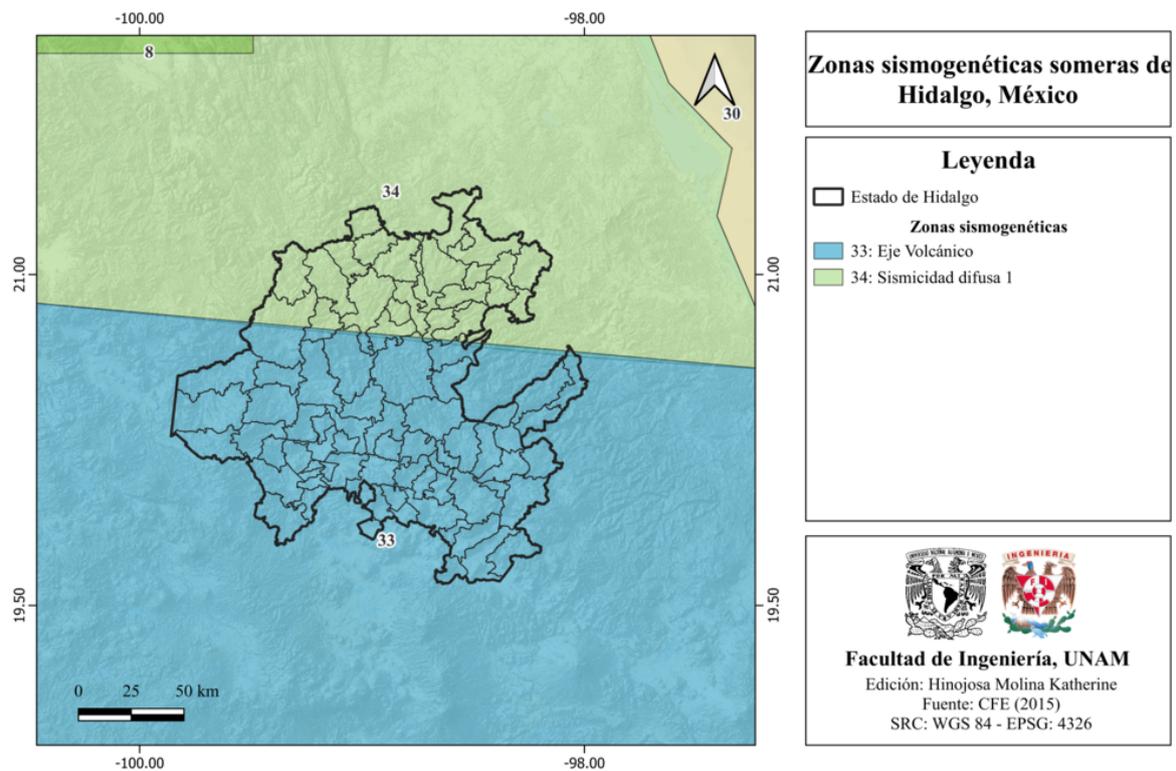


Figura 17.5: Zonas generadoras de sismos superficiales en Hidalgo, México [CFE, 2015].

### 17.3 Sismicidad reportada por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) en el período 1900-2022

El Servicio Sismológico Nacional (SSN) ha reportado 689 sismos en el período del 1 de enero de 1900 al 31 de diciembre de 2022 (UTC), con magnitudes desde 1.5 hasta 5.1.

### 17.4 Sismos históricos

- **Sismo de Acambay, 19 de noviembre de 1912, M 6.9**

El día 19 de noviembre de 1912 ocurrió un sismo con magnitud aproximada de 6.9, el cual fue localizado en el poblado de Acambay, estado de México. Ocurrió a las 7:55 (hora local). Este evento fue un sismo intraplaca, ubicado en la placa tectónica de Norteamérica [SSN, 2023].

Este sismo causó el lamentable fallecimiento de más de 100 personas, además de daños materiales en Acambay y Tixmadejé. En el estado de Hidalgo, se alcanzaron intensidades en la escala de Mercalli de III y IV, correspondientes a Débil y Ligero (ver figura 17.6).

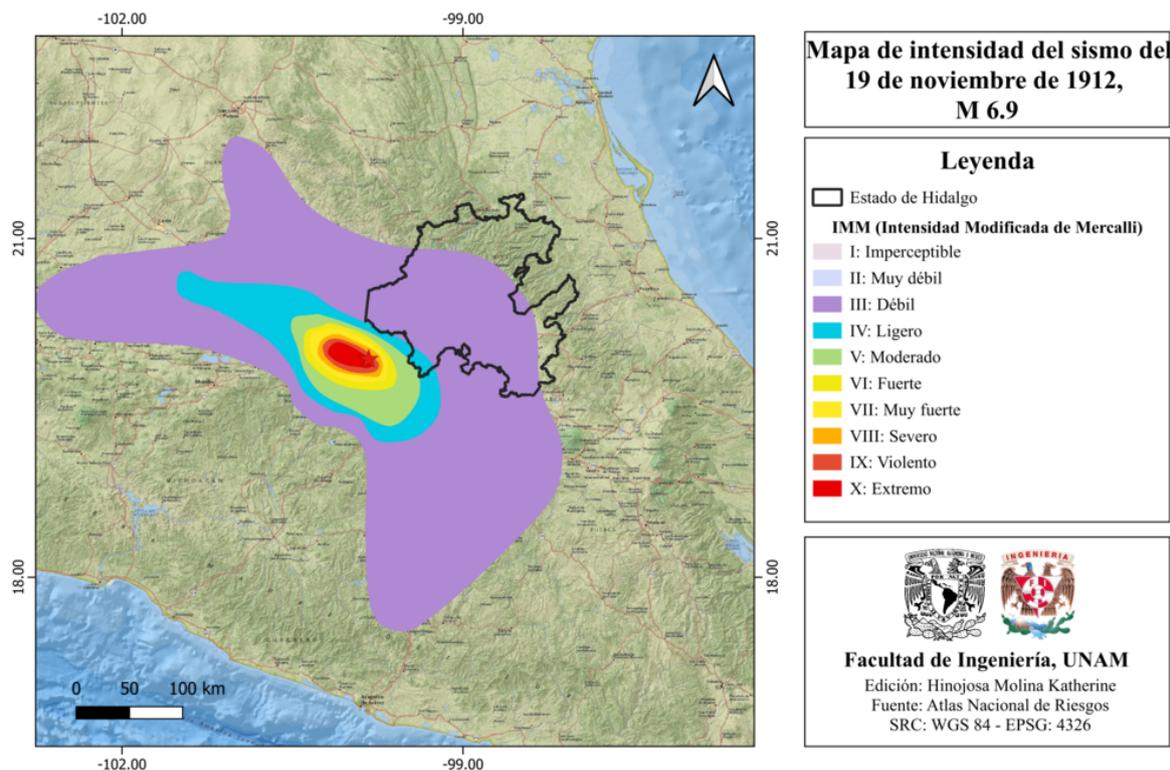


Figura 17.6: Mapa de intensidad del sismo del 19 de noviembre de 1912, M 6.9 [ANR-Cenapred, 2016].

- **4 de enero de 1920, M 6.4**

El día 3 de enero de 1920 ocurrió un sismo con magnitud aproximada de 6.4, ubicado en los alrededores de Xalapa, Veracruz. Ocurrió a las 22:25 (hora local) y tuvo una profundidad de 10 km. Este evento fue fuertemente percibido en la Ciudad de México y ocasionó grandes daños en la Ciudad de Xalapa, por lo que se caracteriza como uno de los sismos corticales intraplaca que más víctimas humanas ha causado en México [SSN, 2023].

- **25 de marzo de 1976, M 5.1**

Este sismo ocurrió el 25 de marzo de 1976, a las 23:05:06 (UTC), tuvo una magnitud de 5.1, profundidad de 15 km y se localizó a 10 km al este de Tlaxcoapan, Hidalgo.

En el mapa de la figura 17.7 se muestra el mapa de intensidades de este evento.

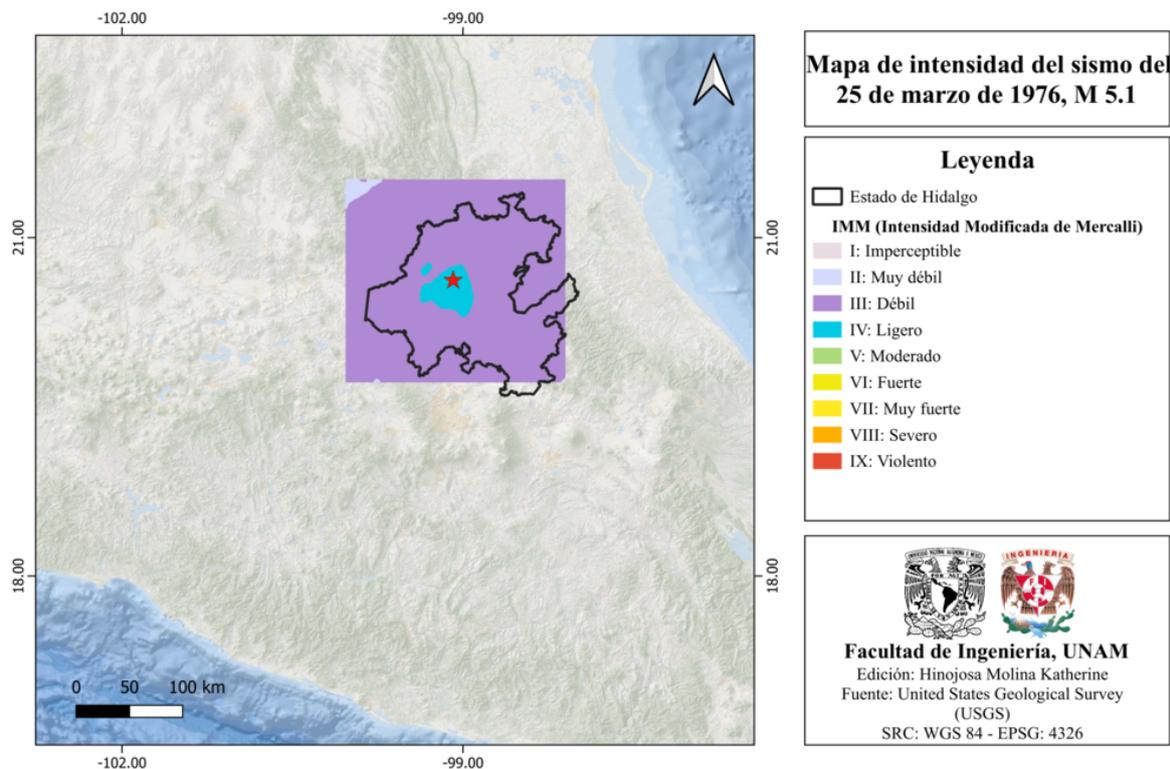


Figura 17.7: Mapa de intensidad del sismo del 25 de marzo de 1976, M 5.1 [Heath et al., 2020].

- **27 de enero de 1987, Actopan, Hidalgo, M 4.1**

Este sismo ocurrió el 10:33:29 (hora local), el día 27 de enero de 1987, tuvo una profundidad de 15 km, magnitud de 4.1 y se localizó a 8 km al noroeste de Progreso, Hidalgo.

## 17.5 Peligro por tsunami

El estado no está expuesto a este fenómeno, ya que se encuentra a 175 km a la costa del Golfo de México.

## 17.6 Información general de peligro sísmico

### 17.6.1 Global de intensidades

El mapa del global de intensidades correspondiente a Hidalgo se muestra en la figura 17.8.

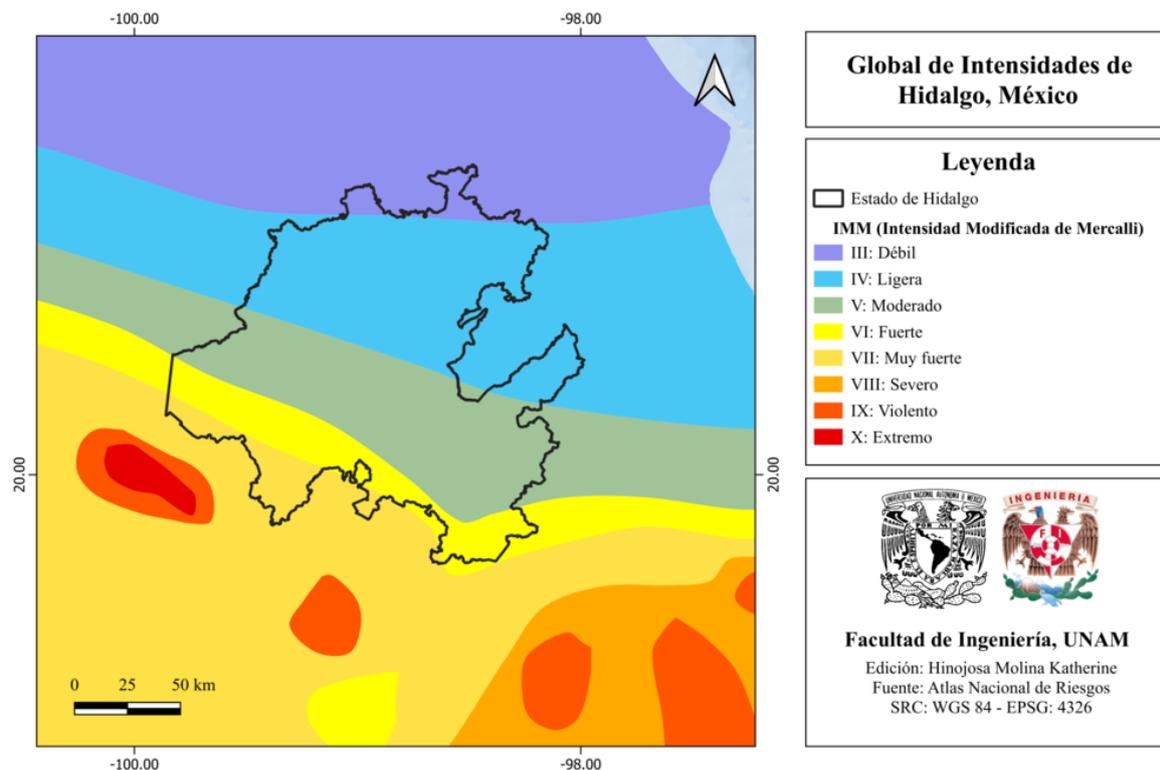


Figura 17.8: Global de intensidades de Hidalgo, México [Cenapred, 2006].

### 17.6.2 Regionalización sísmica de acuerdo con la CFE (2015)

Hidalgo es parte de las zonas A y B que corresponden a sismicidad baja y sismicidad media, respectivamente [CFE, 2015]. El mapa de la regionalización sísmica de Hidalgo [CFE, 2015], se muestra en la figura 17.9.

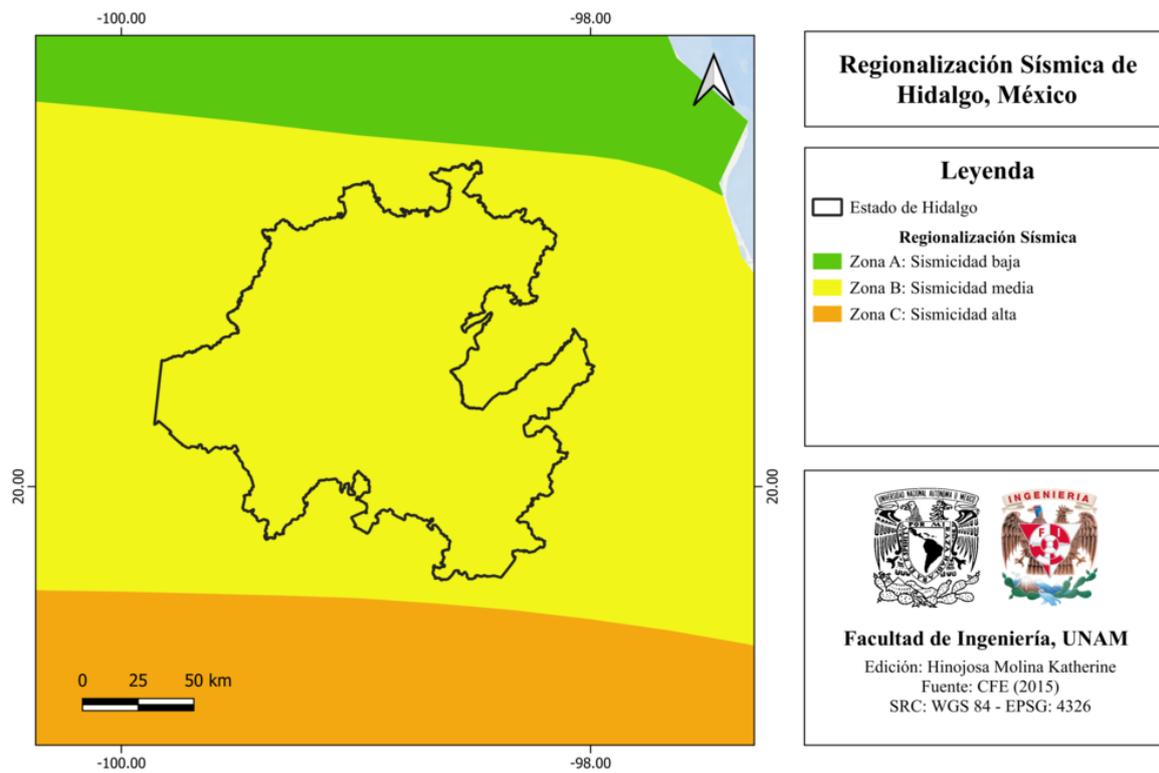


Figura 17.9: Regionalización sísmica de Hidalgo, México [CFE, 2015].

### 17.6.3 Parámetro $V_{s30}$ (USGS)

El mapa de velocidad de onda de corte [Heath et al., 2020] de Hidalgo, se muestra en la figura 17.10.

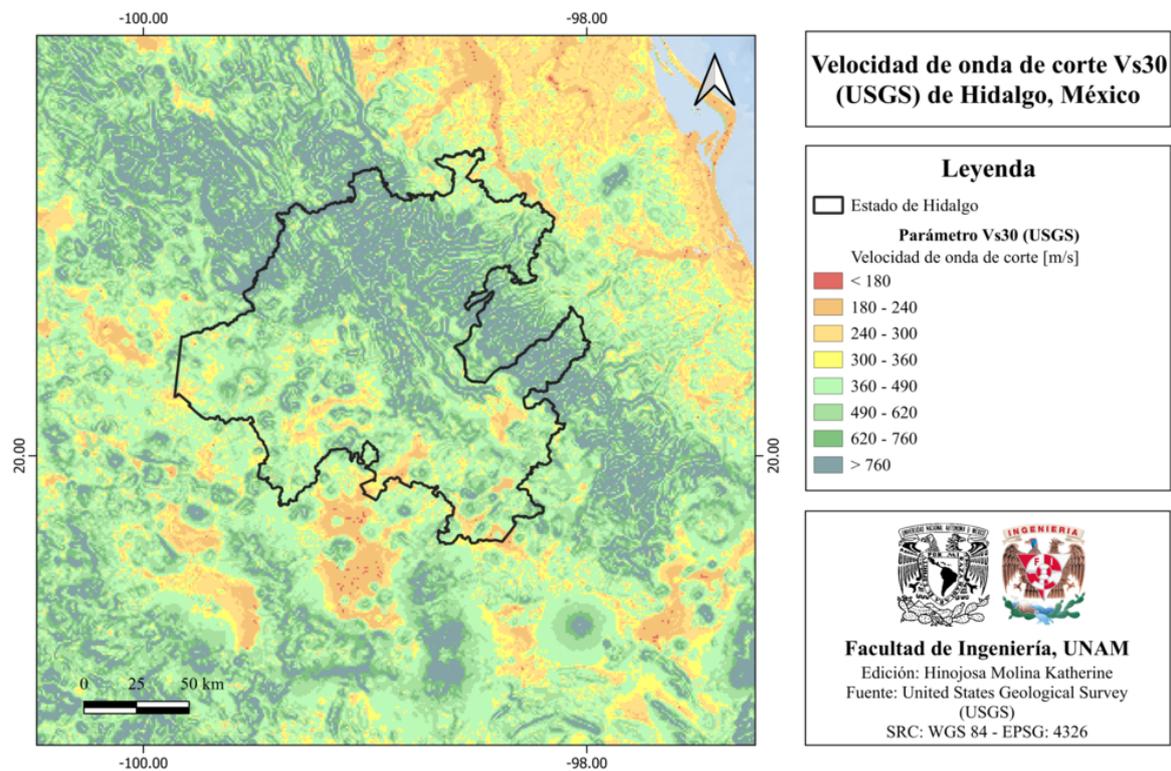


Figura 17.10: Velocidad de onda de corte Vs30 (USGS) de Hidalgo, México [Heath et al., 2020].

#### 17.6.4 Municipios con posibles efectos de sitio

El mapa de la figura 17.11 muestra los municipios de Hidalgo con posibles efectos de sitio.

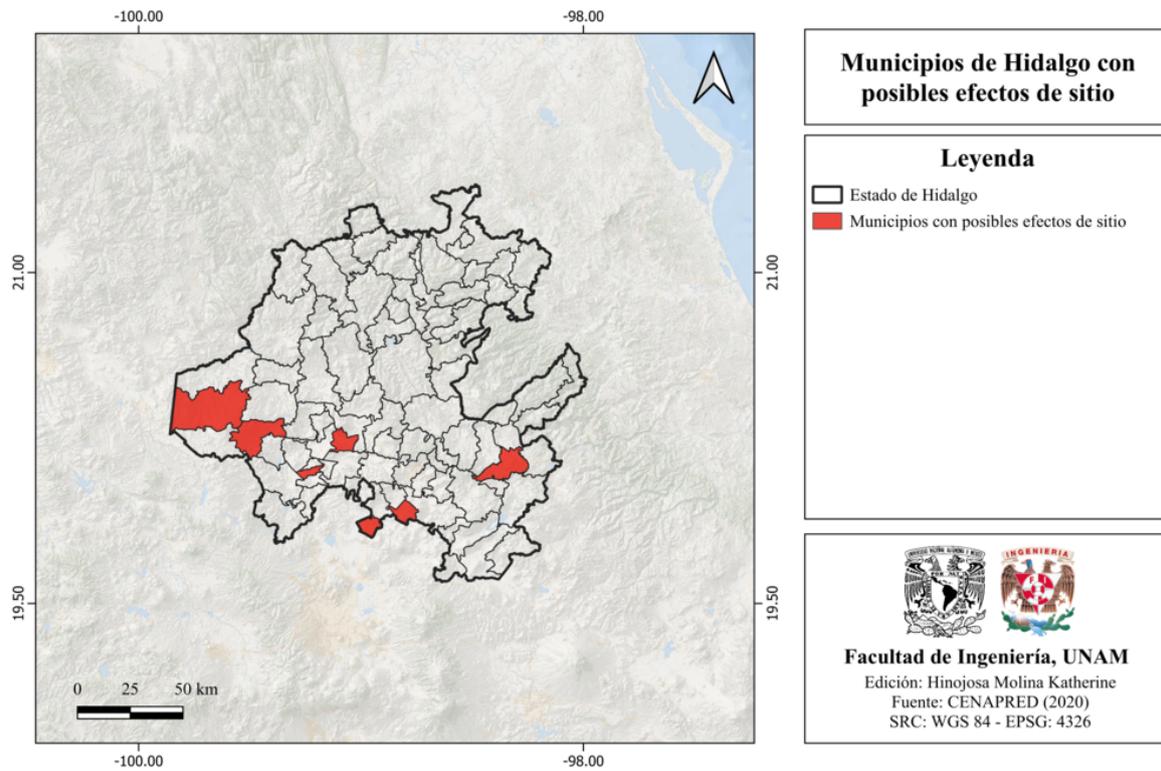


Figura 17.11: Municipios de Hidalgo con posibles efectos de sitio [Cenapred, 2020].

### 17.6.5 Municipios con peligro de deslizamiento por sismo

El mapa de la figura 17.12 muestra los municipios de Hidalgo con peligro de deslizamiento por sismo.

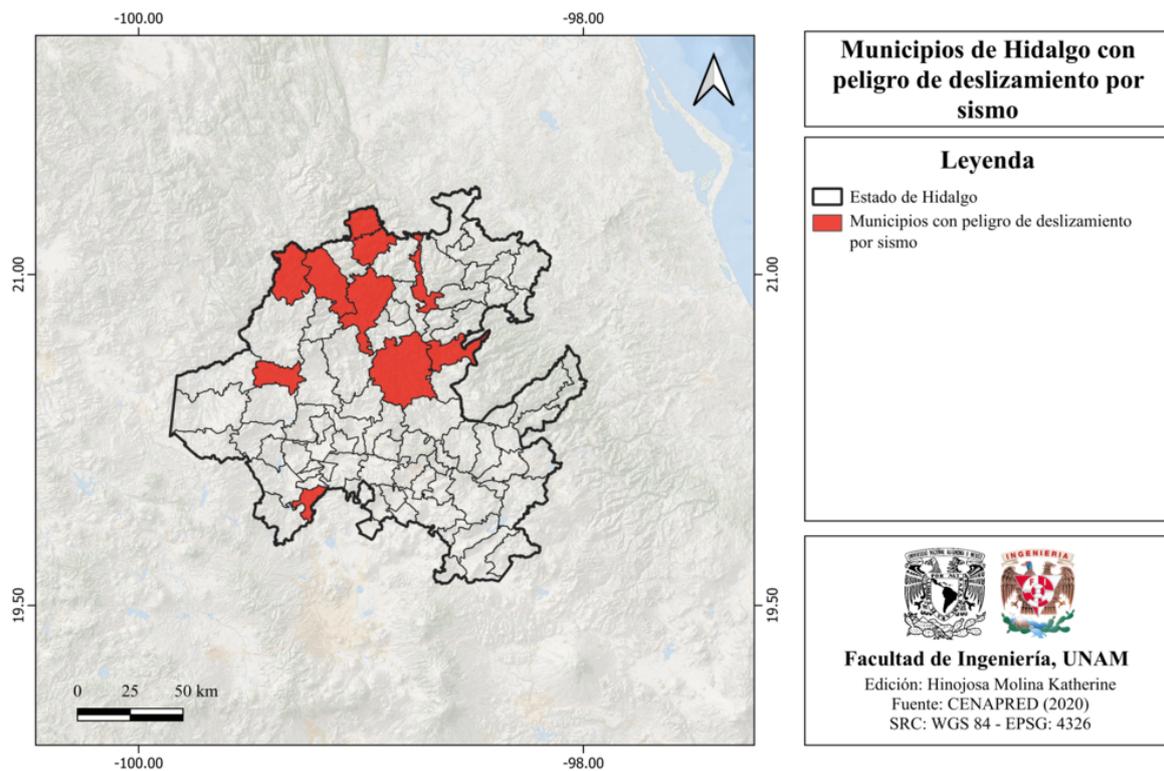


Figura 17.12: Municipios de Hidalgo con peligro de deslizamiento por sismo [Cenapred, 2020].

### 17.6.6 Municipios con reglamento de construcción de obras civiles

El estado de Hidalgo cuenta con cinco reglamentos municipales de construcción de obras civiles (ver figura 17.13).

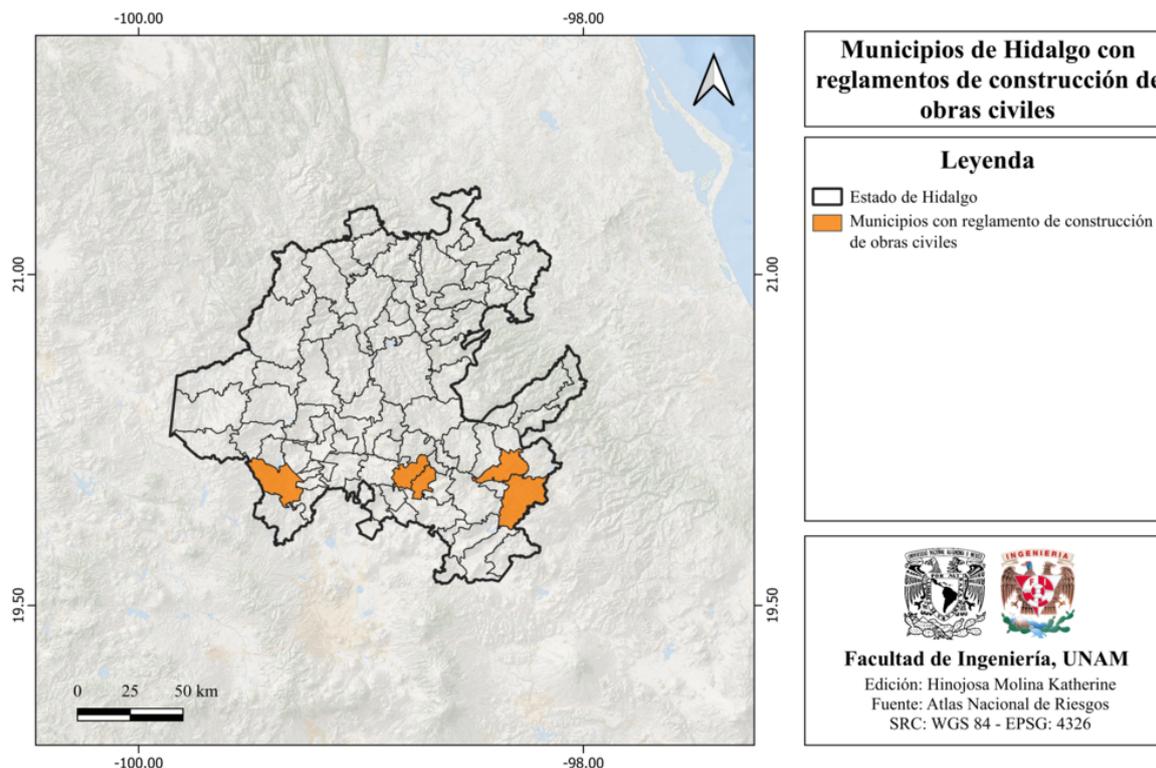


Figura 17.13: Municipios con reglamento de construcción de obras civiles en Hidalgo, México [ANR-Cenapred, 2016].

## 17.7 Secuencias sísmicas (enjambres) reportadas por el Servicio Sismológico Nacional (SSN)

- **Secuencia sísmica del 17 al 18 de septiembre de 2013**

Entre los días 17 y 18 de septiembre de 2013, el SSN reportó una secuencia sísmica de 11 eventos sísmicos. Las magnitudes de estos estuvieron en un rango de magnitud de 3.4 y 3.8. Estos sismos se relacionan con los sistemas de fallas que existen en la región, ya que ahí se localiza la frontera del Eje Neovolcánico. Los sismos tienen profundidades someras, lo cual hace que su percepción sea mayor en la región cercana al epicentro, aunque la magnitud sea pequeña. El mapa de esta secuencia sísmica se muestra en la figura 17.14.

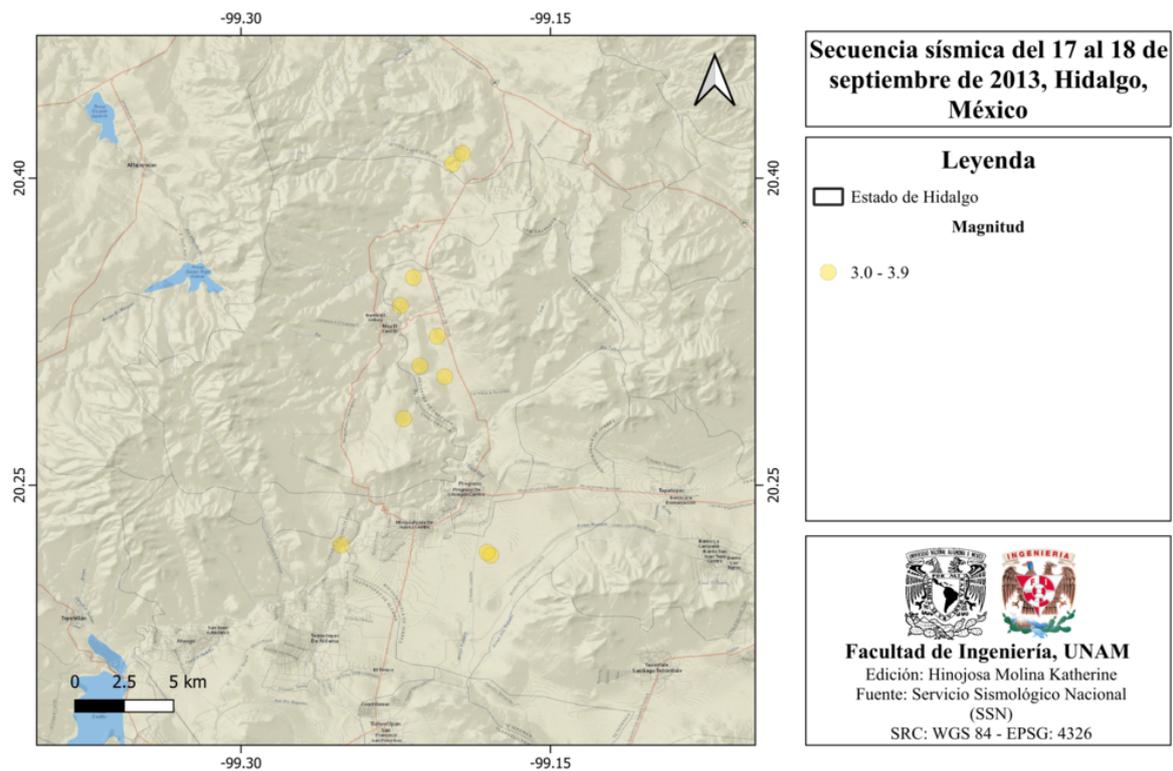


Figura 17.14: Secuencia sísmica del 17 al 18 de septiembre de 2013 en Hidalgo, México [SSN, 2023].

- **Secuencia sísmica del 18 al 21 de mayo de 2010**

Entre los días del 18 al 21 de Mayo de 2010, el SSN reportó una secuencia sísmica de 22 eventos, de los cuales sólo pudieron ser localizados 13 de ellos, ya que los restantes tienen magnitudes muy pequeñas. El sismo de menor magnitud fue de 2.8 y el sismo de mayor magnitud fue de 4.0, las profundidades fueron de entre 2 a 15 km. Estos eventos se relacionan con el sistema de fallas existente de la región, la cual es la frontera norte del Eje Neovolcánico. El mapa de esta secuencia sísmica se muestra en la figura 17.15.

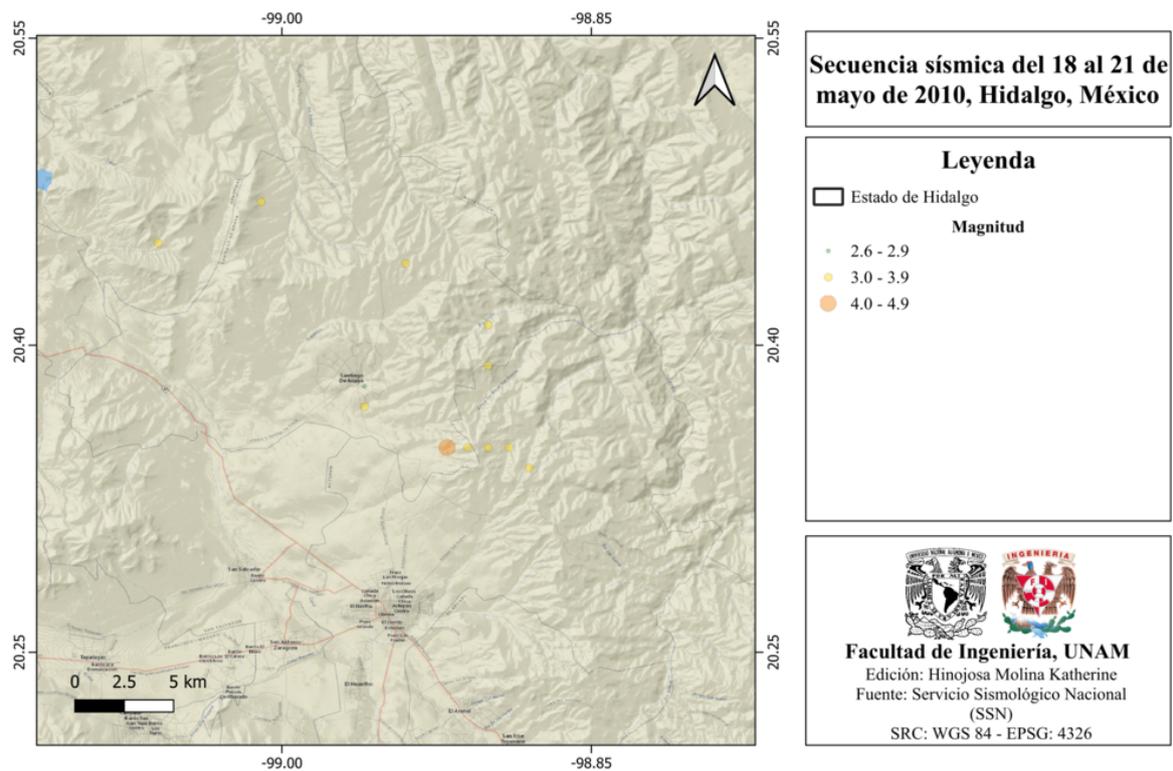


Figura 17.15: Secuencia sísmica del 18 al 21 de mayo de 2010 en Hidalgo, México [SSN, 2023].

## 17.8 Estaciones de registro sísmico en el estado

La Red de Banda Ancha del Servicio Sismológico Nacional (SSN) cuenta con una estación sísmica (ver figura 17.16):

- Demacú (DHIG)

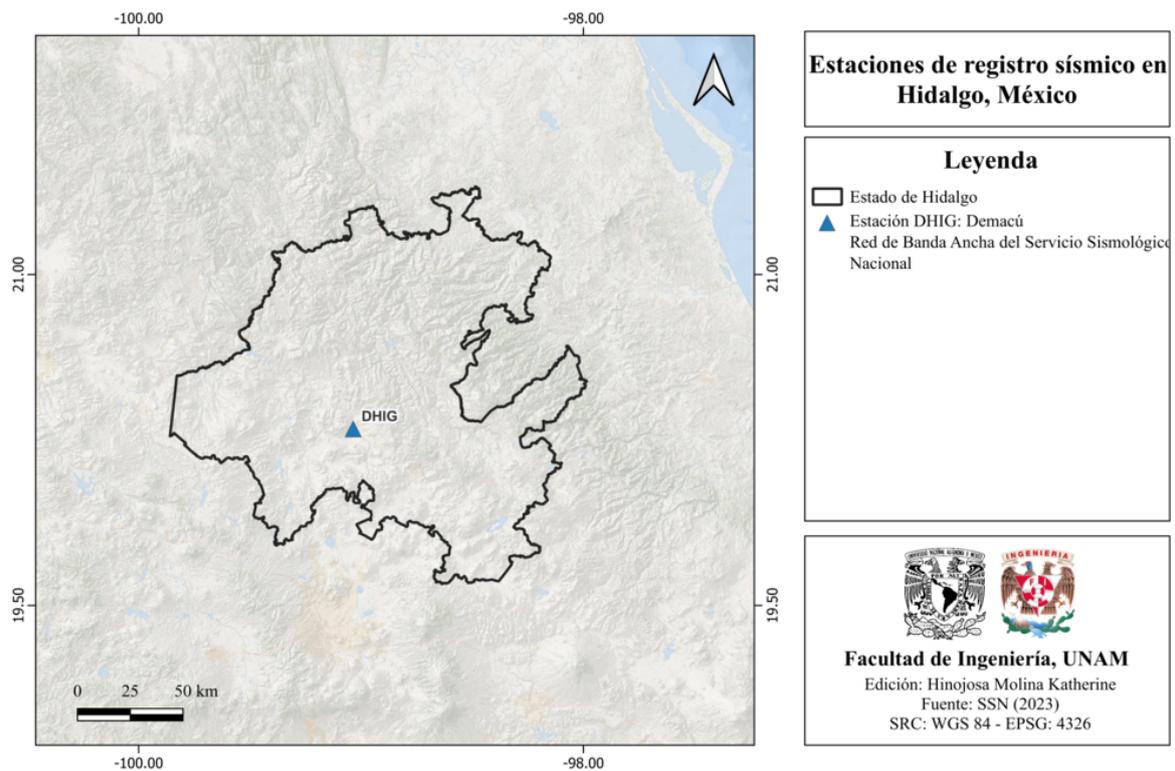


Figura 17.16: Estaciones de registro sísmico en Hidalgo, México [SSN, 2023].

## 17.9 Instituciones educativas que han realizado estudios en alguna zona del estado o en sus cercanías

Las siguientes instituciones educativas han realizado estudios en materia de ciencias de la Tierra:

- Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)
- Centro de Geociencias, UNAM, Campus Juriquilla

## 17.10 Estudios de sismicidad o de peligro sísmico en alguna zona del estado

- J. Soto-Peredo, 2012, “Sismicidad en el estado de Hidalgo. Durante 1997-2010”, Facultad de Ingeniería, UNAM.

- M. Suter, M. Carrillo-Martínez, O. Quintero-Legorreta, 1996, “Macroseismic study of shallow earthquake in the central and eastern parts of the trans-Mexican volcanic belt, Mexico”, *Bull Seism. Soc. Am.* 86: 1952-1963.
- A. Robles-Mendoza, 2014, “Efecto de sitio en la ciudad de Tula de Allende, Hidalgo y sus alrededores por medio de los métodos H/V y SPAC”, Facultad de Ingeniería, UNAM.

# Capítulo 18

## Jalisco

### 18.1 Localización y provincias fisiográficas

#### 18.1.1 Localización

El estado de Jalisco se localiza al oeste del país, limitando al norte con Nayarit, Zacatecas y Aguascalientes, al noreste con San Luis Potosí, al este con Guanajuato, al sur con Michoacán y Colima, y al oeste con el océano Pacífico.

#### 18.1.2 Provincias fisiográficas

De acuerdo con información del INEGI, Jalisco forma parte de las siguientes provincias fisiográficas:

- Eje Neovolcánico
- Mesa del Centro
- Sierra Madre del Sur
- Sierra Madre Occidental

En el mapa de la figura 18.1 se muestran dichas provincias fisiográficas.

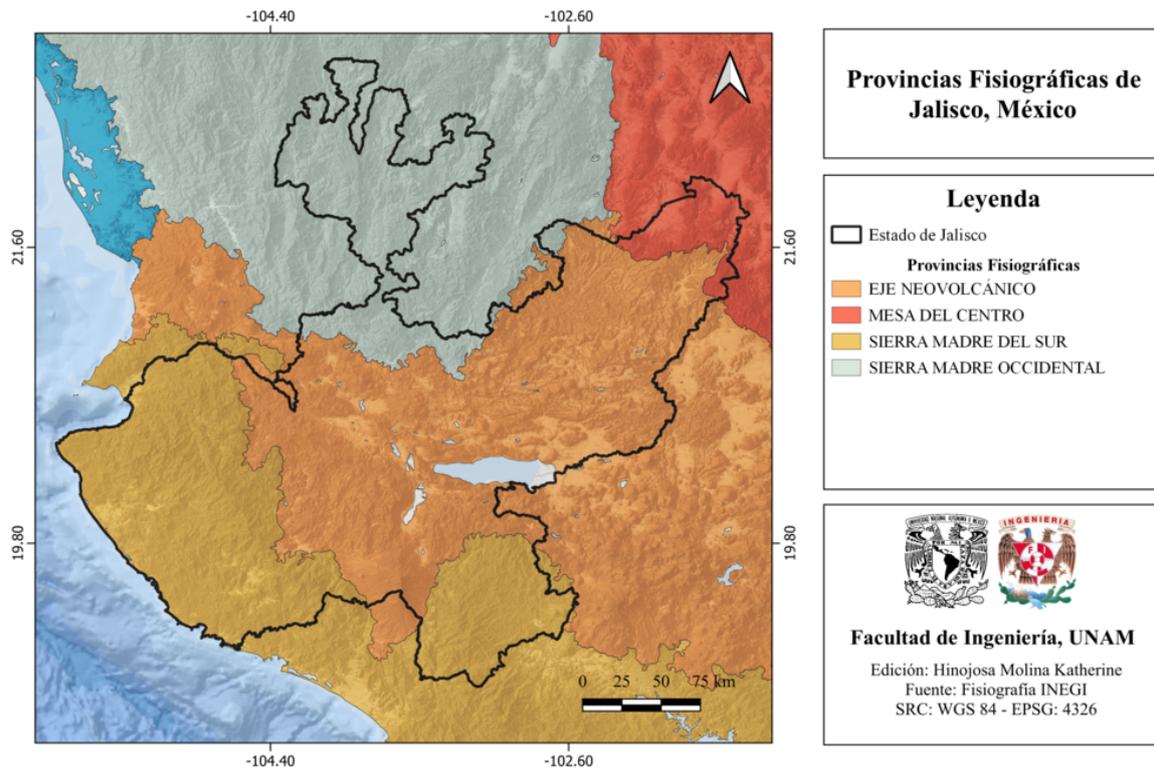


Figura 18.1: Provincias fisiográficas de Jalisco, México [INEGI, 2001].

### 18.1.3 Subprovincias fisiográficas

A su vez, forma parte de las siguientes subprovincias fisiográficas:

- Altos de Jalisco
- Chapala
- Cordillera Costera del Sur
- Depresión del Tepalcatepec
- Escarpa Limítrofe del Sur
- Guadalajara
- Llanuras de Ojuelos-Aguascalientes
- Mesetas y Cañadas del Sur
- Neovolcánica Tarasca

- Sierra Cuatralba
- Sierra de Guanajuato
- Sierras de Jalisco
- Sierras de la Costa de Jalisco y Colima
- Sierras Neovolcánicas Nayaritas
- Sierras y Bajíos Michoacanos
- Sierras y Valles Zacatecanos
- Volcanes de Colima

En el mapa de la figura 18.2 se muestran las Subprovincias fisiográficas de Jalisco.

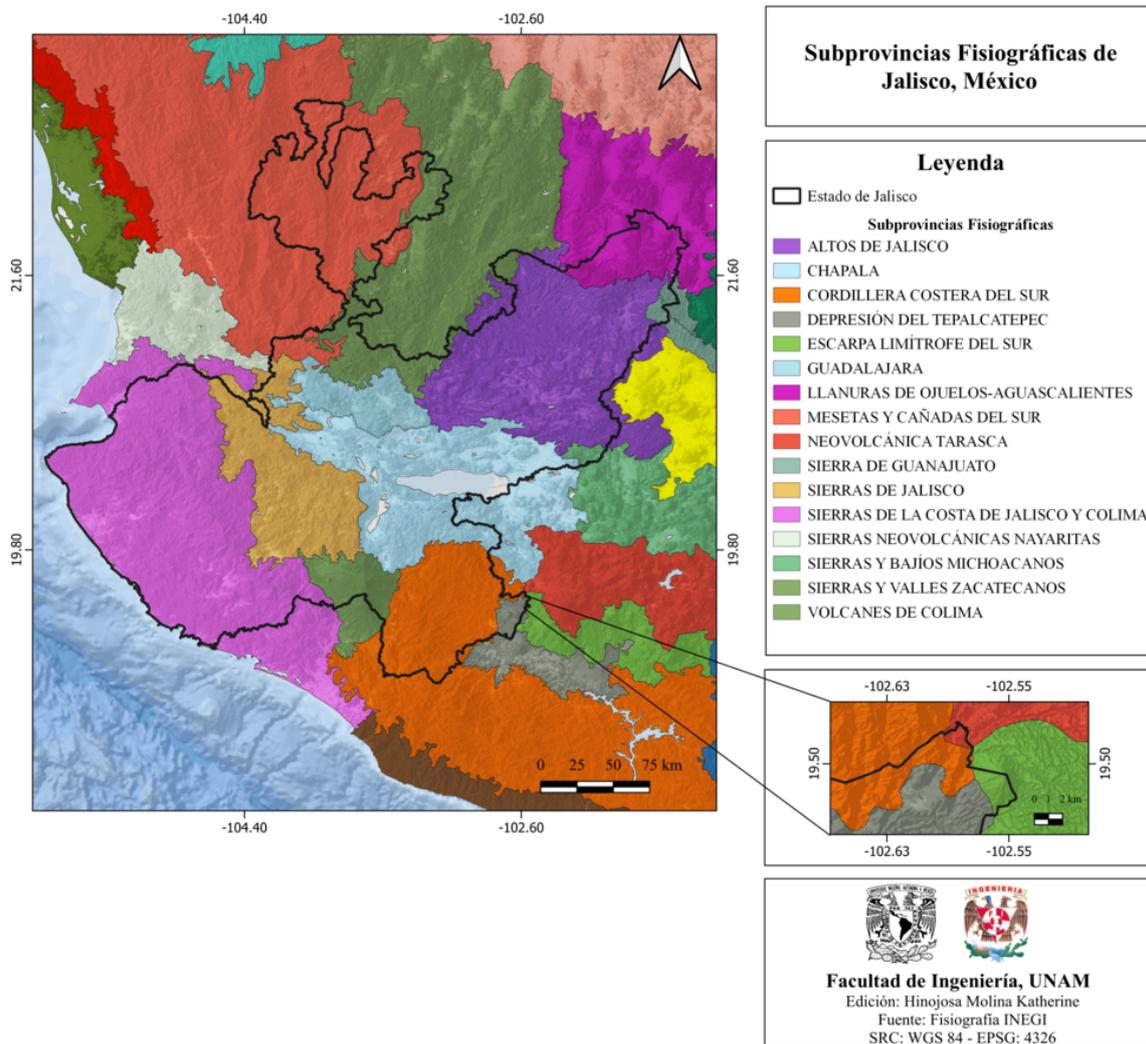


Figura 18.2: Subprovincias fisiográficas de Jalisco, México [INEGI, 2001].

### 18.1.4 Rasgos geológicos estructurales

Jalisco presenta a lo largo de su territorio diversos rasgos estructurales, como fallas geológicas de tipo normal, fracturas y anticlinales. Los rasgos estructurales de este estado se observan en la figura 18.3.

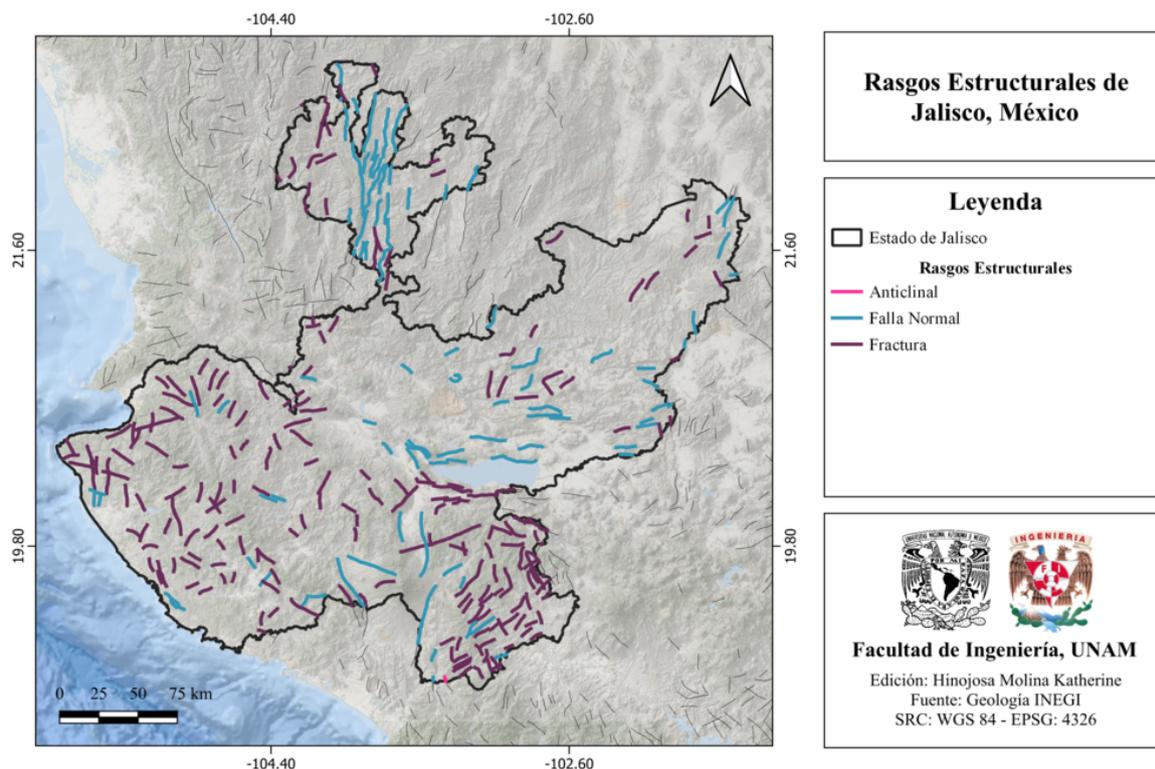


Figura 18.3: Rasgos estructurales de Jalisco, México [INEGI, 2002].

## 18.2 Zonas sismogénéticas (sismotectónicas)

### 18.2.1 Zonas sismogénéticas de acuerdo con Zúñiga et al., (2017)

El estado de Jalisco es parte de las siguientes zonas sismogénéticas [Zúñiga et al., 2017]:

#### Zonas sismogénéticas someras ( $h < 40$ km)

- **BAR:** Zona de eventos dentro de la placa Norteamericana de poca profundidad ( $h < 20$  km), baja magnitud y escasa frecuencia. Posible extensión sur de las provincias de la Cuenca y cadena Río Grande.
- **BB:** Zona de eventos intra-placa en la placa de Norteamérica ( $h < 20$  km). Provincia de Estrés de la Cuenca de Burgos.
- **MVB:** Zona de eventos intraplaca de la parte somera ( $h < 15$  km) de la placa Norteamericana, asociado a esfuerzos tensionales en el centro de México. Estos

esfuerzos están relacionados con la ubicación de la Faja Volcánica Transmexicana ( $h < 20$  km).

- **SMO:** Zona de eventos intra-placa (corticales en la placa de Norteamérica). Provincia tectónica de la Sierra Madre. ( $h < 20$  km).
- **SUB1:** Zona de eventos de subducción de acoplamiento intermedio. Zona de transición entre la convergencia de las placas de Rivera y Norteamérica y la convergencia de la placa de Cocos y Norteamérica.
- **SUB2:** Zona de eventos de subducción de acoplamiento fuerte. Convergencia entre la placa de Cocos y Norteamérica ( $h < 40$  km).

En el mapa de a figura 18.4 se muestran las regiones sismogénicas someras de Jalisco.

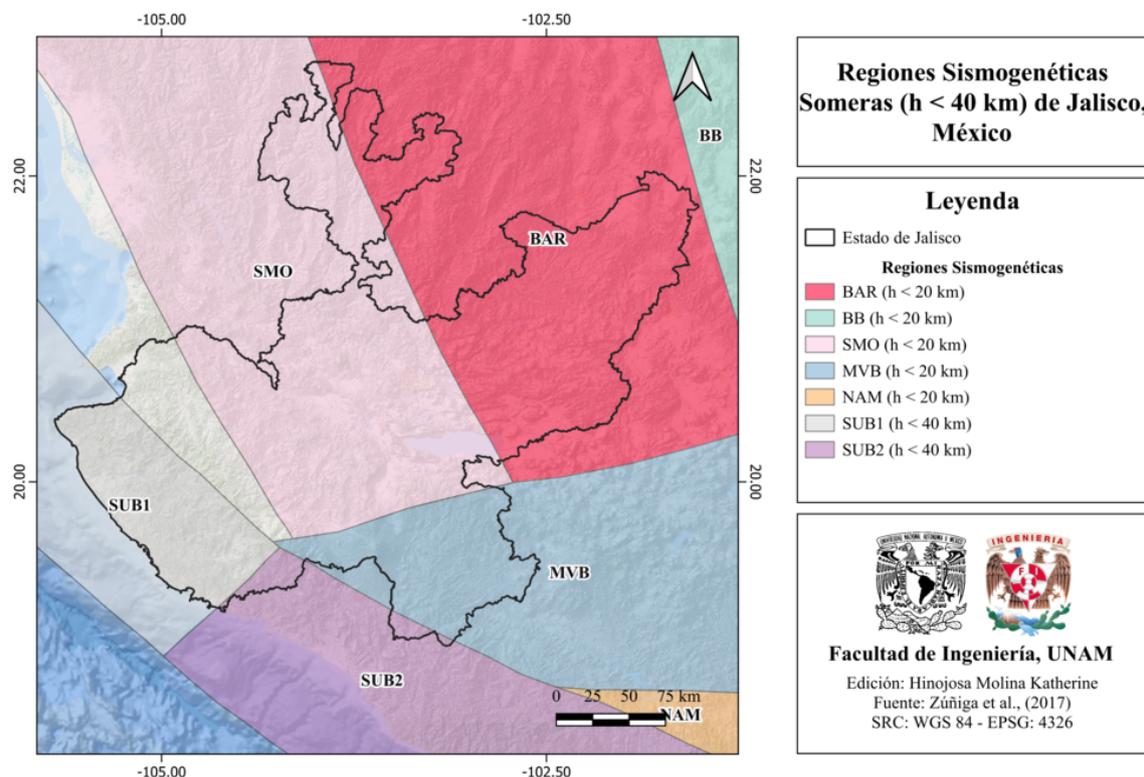


Figura 18.4: Regiones sismogénicas someras de Jalisco, México [Zúñiga et al., 2017].

### Zonas sismogénicas de profundidad intermedia ( $h > 40$ km)

- **IN1:** Zona de eventos intraplaca en la placa de Cocos ( $40 \text{ km} \leq h < 180$  km). Es la extensión en profundidad de la zona SUB2.

En el mapa de la figura 18.5 se muestran las zonas sismogénicas de profundidad intermedia de Jalisco.

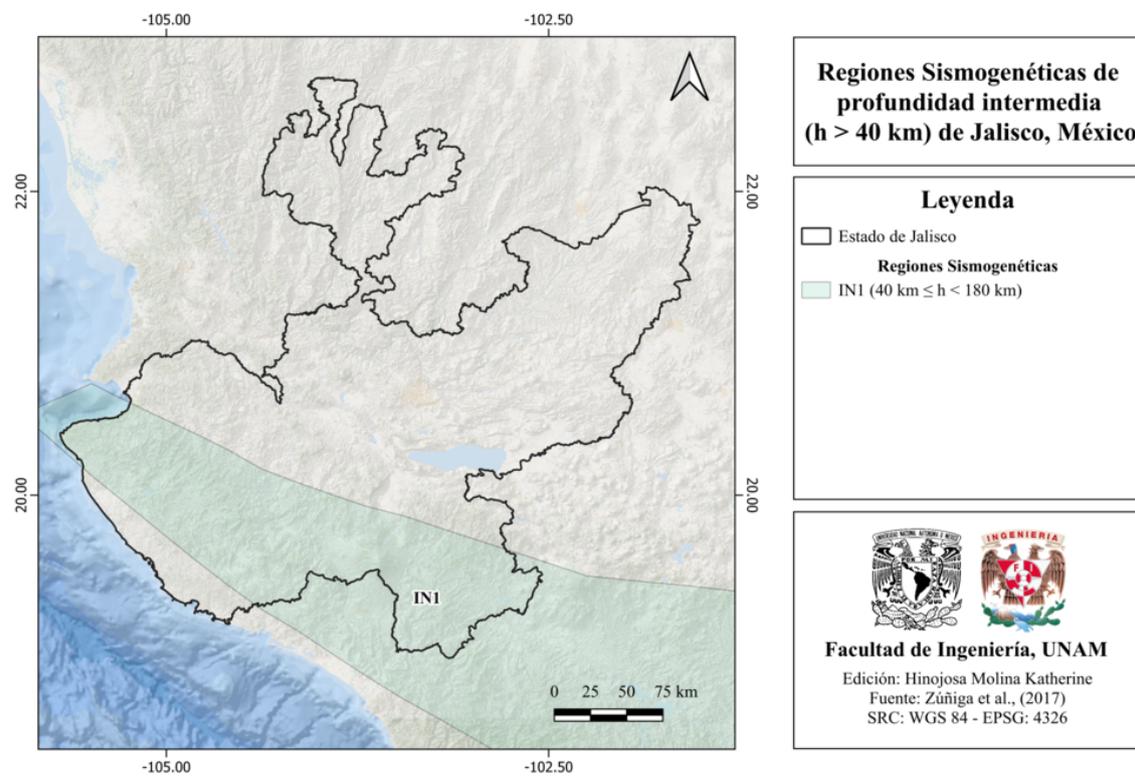


Figura 18.5: Regiones sismogénicas de profundidad intermedia de Jalisco, México [Zúñiga et al., 2017].

### 18.2.2 Zonas sismogénicas de acuerdo con la Comisión Federal de Electricidad (2015)

De acuerdo con información de la Comisión Federal de Electricidad [CFE, 2015], el estado de Jalisco se encuentra dentro de las siguientes zonas sismogénicas:

#### Zonas generadoras de sismos superficiales

- **8:** Cuenca de Burgos
- **9:** Interfaz Pacífico - Rivera
- **32:** Intraplaca
- **33:** Eje Volcánico

- **34:** Sismicidad difusa 1

En la figura 18.6 se muestran estas zonas sismogénicas.

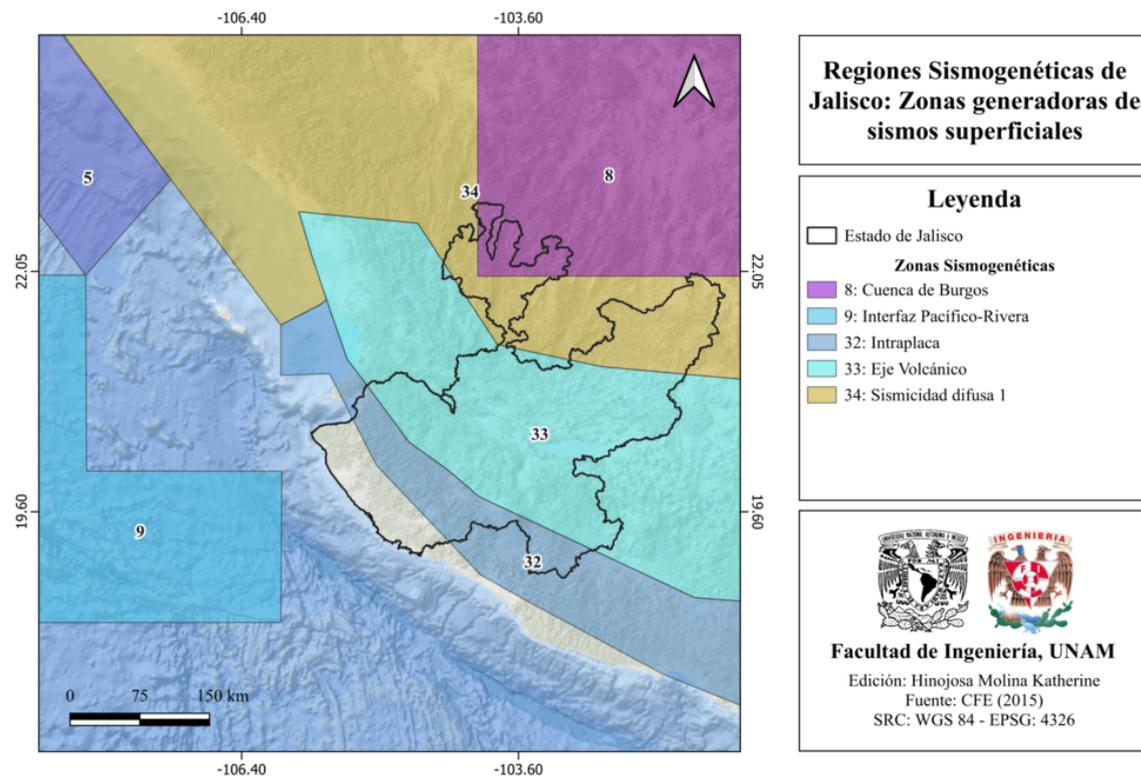


Figura 18.6: Regiones sismogénicas de Jalisco: Zonas generadoras de sismos superficiales. [CFE, 2015].

## Zonas generadoras de sismos de profundidad intermedia

- **28:** Profundidad Intermedia Oeste Nueva

En la figura 18.7 se muestran estas zonas sismogénicas.

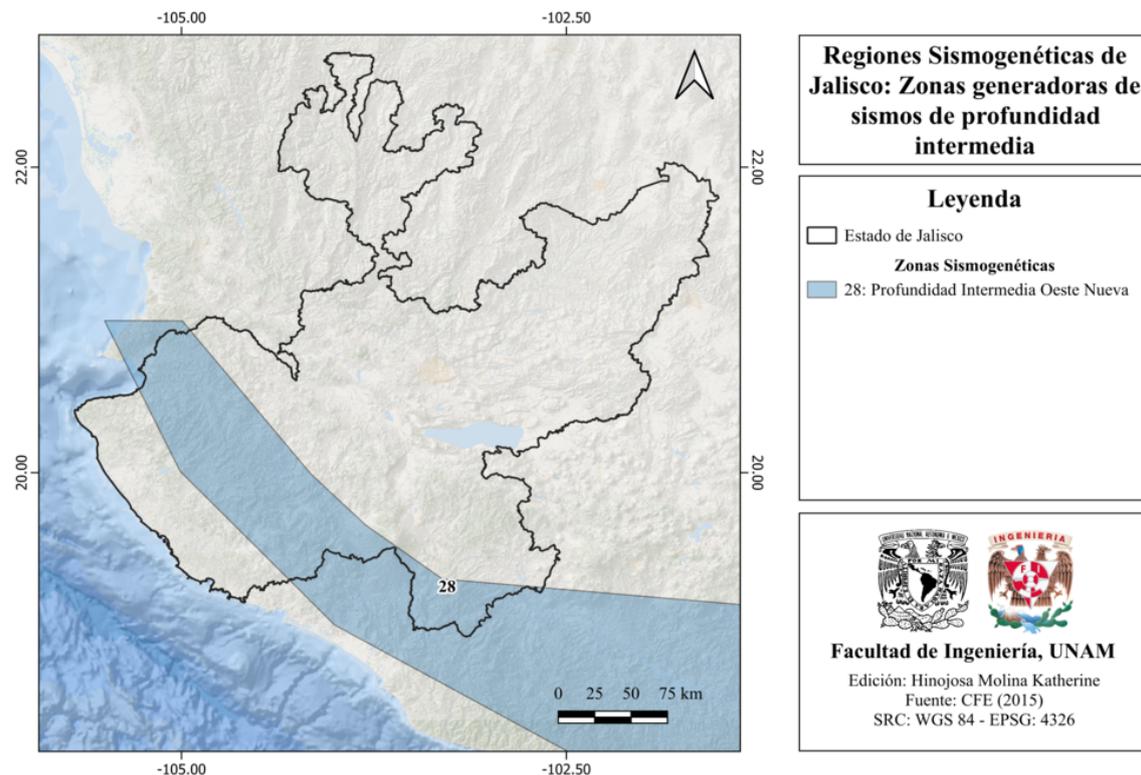


Figura 18.7: Regiones sismogénicas de Jalisco: Zonas generadoras de sismos de profundidad intermedia. [CFE, 2015].

### Zonas fuente de ocurrencia de sismos de subducción ( $M > 7$ )

- **24:** Subducción Jalisco
- **23:** Subducción de Brecha de Colima
- **22:** Subducción Colima 1
- **21:** Subducción Michoacán

En la figura 18.8 se muestran las zonas fuente de ocurrencia de sismos de subducción ( $M > 7$ ) de Jalisco.

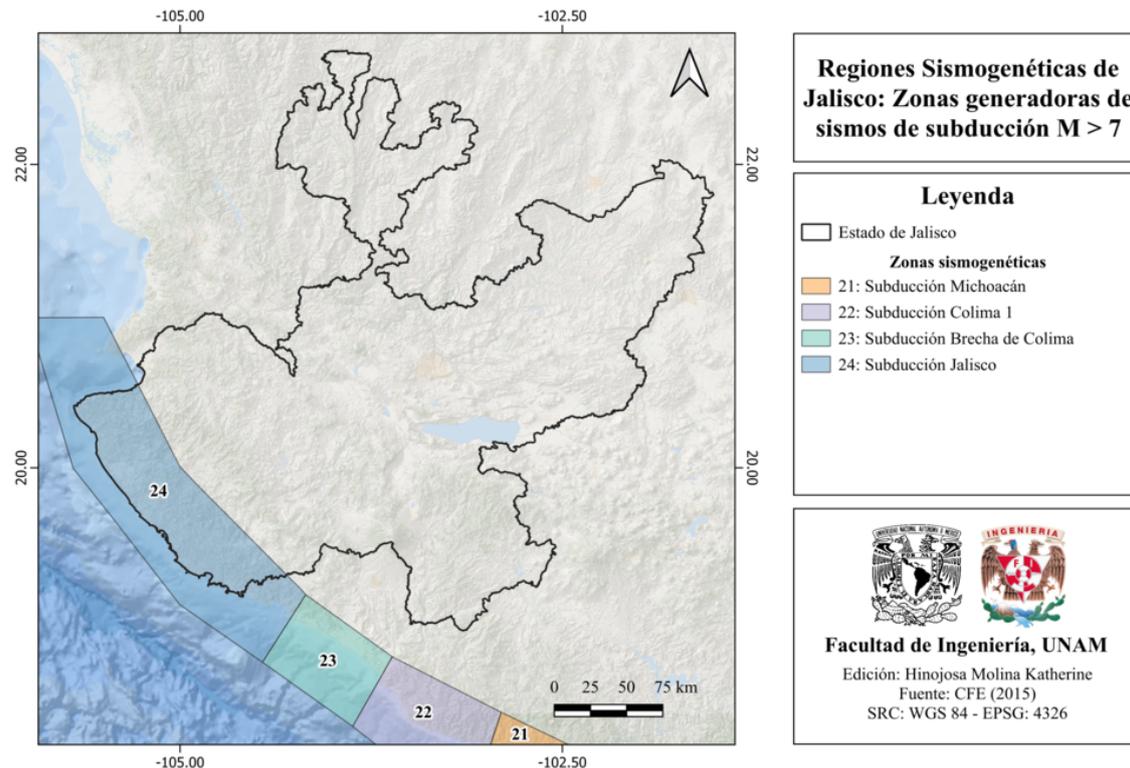


Figura 18.8: Regiones sismogénicas de Jalisco: Zonas fuente de ocurrencia de sismos de subducción ( $M > 7$ ). [CFE, 2015].

### Zonas fuente de ocurrencia de sismos de subducción ( $M < 7$ )

- **25:** Jalisco Nuevo
- **26:** Guerrero – Michoacán Nuevo

En la figura 18.9 se muestran las zonas fuente de ocurrencia de sismos de subducción ( $M < 7$ ) de Jalisco.

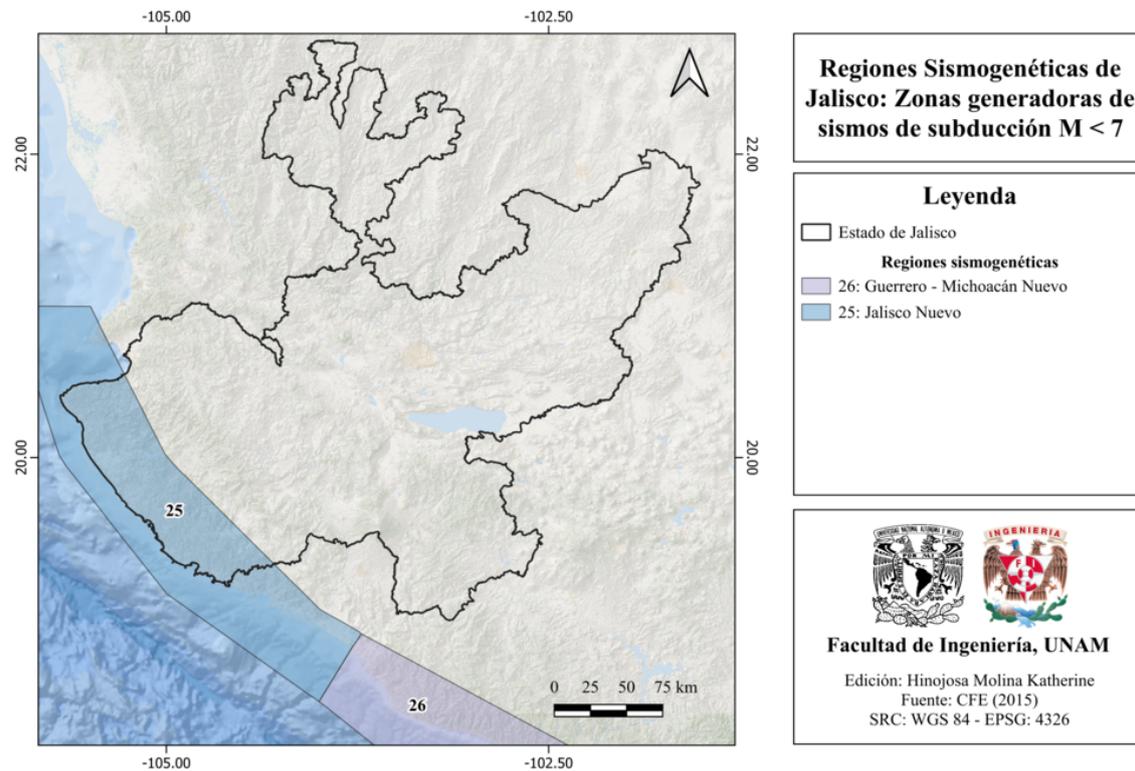


Figura 18.9: Regiones sismogénicas de Jalisco: Zonas fuente de ocurrencia de sismos de subducción ( $M < 7$ ). [CFE, 2015].

### 18.3 Sismicidad reportada por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) en el período 1900-2022

El Servicio Sismológico Nacional ha reportado en Jalisco 9 148 sismos durante el período de 1900-2022 (UTC), con magnitudes desde 1.8 hasta 8.2

Los sismos de magnitud mayor o igual a 6.0 se muestran en la figura 18.10.

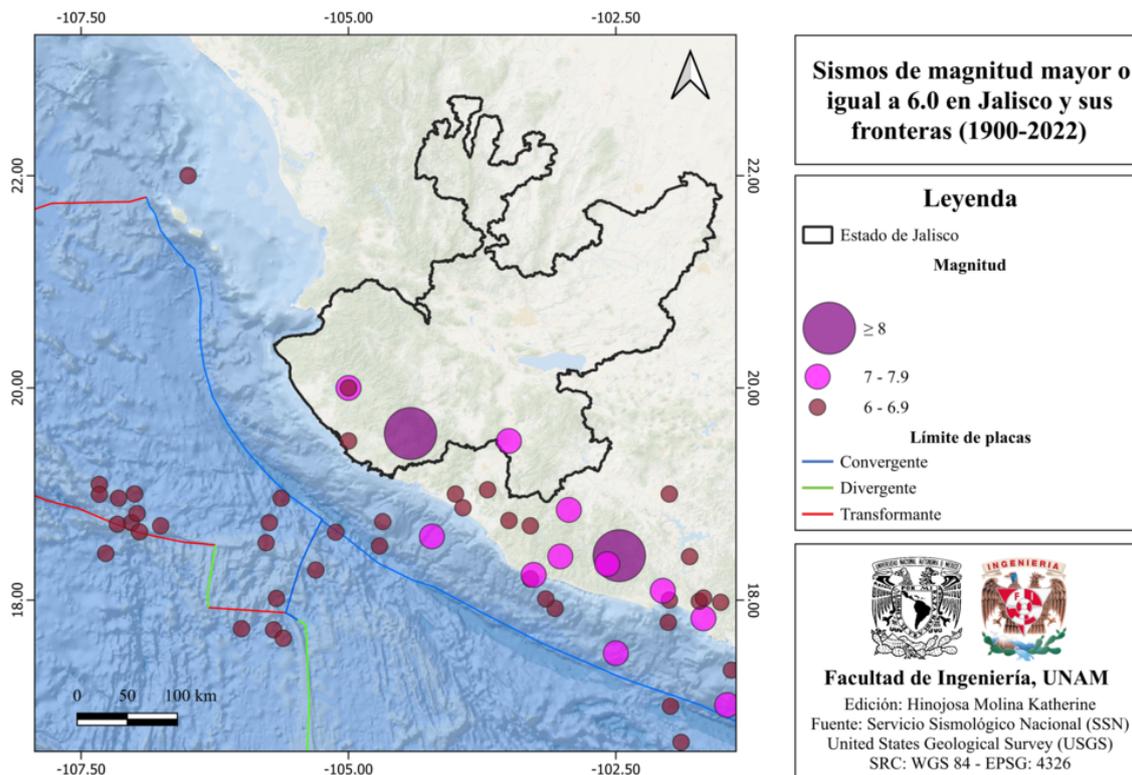


Figura 18.10: sismos de magnitud mayor o igual a 6.0 en Jalisco, México [SSN, 2023].

## 18.4 Sismos históricos

- Casimiro Castillo, Jalisco 1932 M 8.2** El 3 de junio de 1932 a las 04:36:52 (hora local) ocurrió un sismo de magnitud 8.2, tuvo una profundidad de 33 km y fue localizado a 4 km al sureste de Casimiro Castillo, Jalisco, en las costas de Colima-Jalisco. Este sismo ha sido ubicado entre las placas de Rivera y Norteamérica. Posterior a este evento, le siguieron otros dos eventos de magnitudes 7.8 y 6.9 los días 18 y 22 de junio del mismo año. Éste último sismo generó un tsunami más devastador que el del evento principal. En cuestión de daños, este sismo cobró la vida de aproximadamente 400 personas y dañó severamente a varios edificios principalmente de Manzanillo [SSN, 2023]. El mapa de intensidades de este sismo se muestra en la figura 18.11.

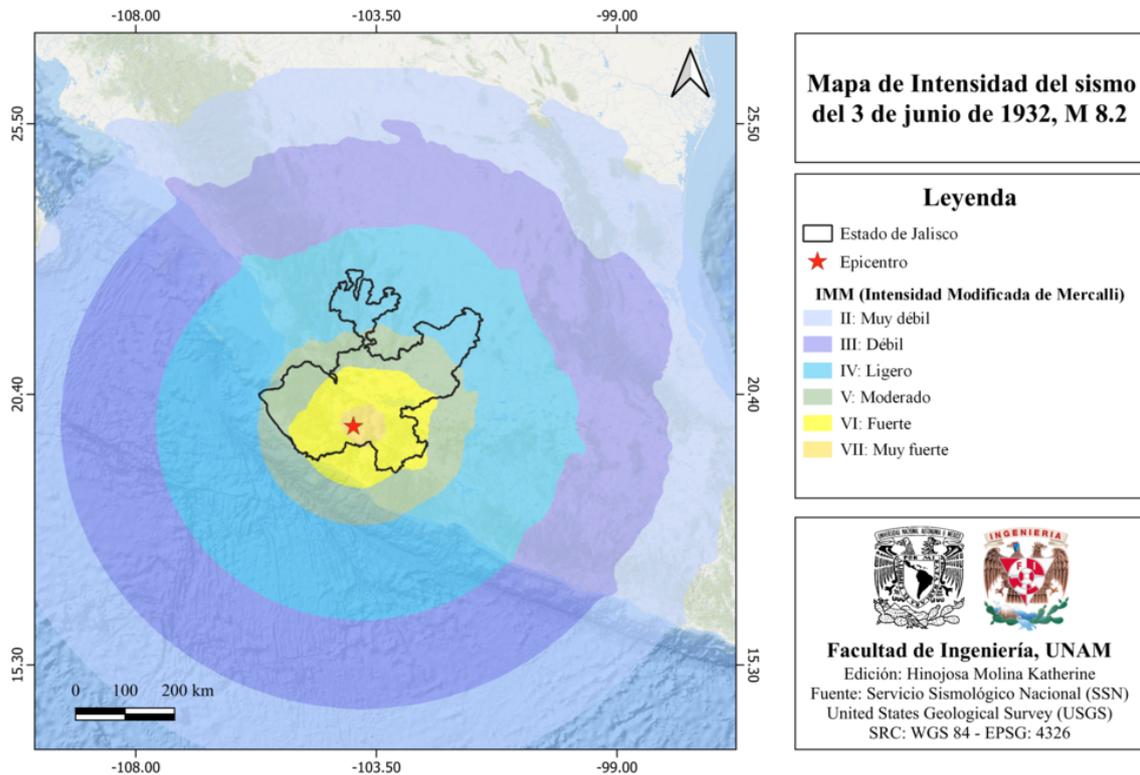


Figura 18.11: Mapa de intensidad del sismo del 3 de junio de 1932, M 8.2 [USGS, 2023],[SSN, 2023].

- **18 de junio de 1932 M 7.8** El 18 de junio de 1932 a las 04:12:10 (hora local) ocurrió un sismo de magnitud 7.8, localizado a 14 km al suroeste de Tuxpan, Jalisco, a una profundidad de 33 km. Este evento fue una de las réplicas del sismo del 3 de junio del mismo año. El mapa de intensidad de este sismo se muestra en la figura 18.12.

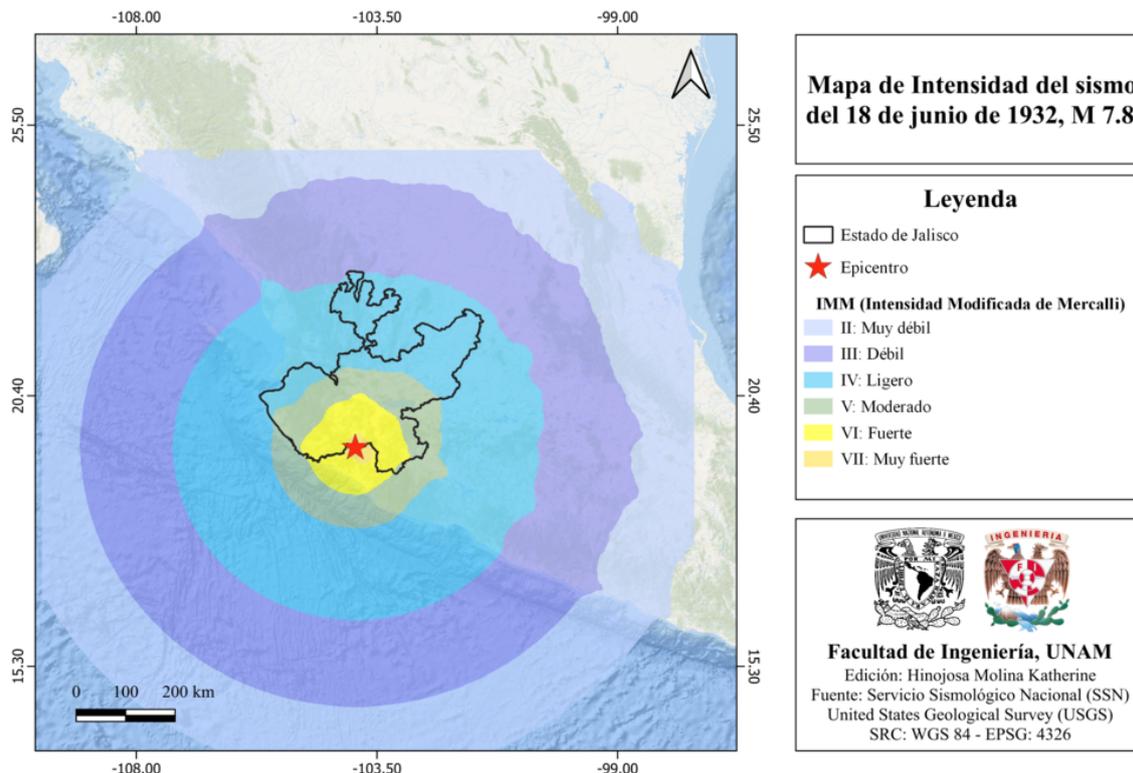


Figura 18.12: Mapa de intensidad del sismo del 18 de junio de 1932, M 7.8 [USGS, 2023],[SSN, 2023].

- **22 de junio de 1932, M 6.9** El 22 de junio de 1932 a las 06:59:28 (hora local) ocurrió un sismo de magnitud 6.9 y profundidad de 33 km, ubicado a 52 km al suroeste de Manzanillo, Colima. Este evento fue una de las réplicas del sismo del 3 de junio. A este evento se le conoce como “Terremoto-tsunami” [Okal and Borrero, 2011], debido al gran tsunami que provocó, el cual tuvo una altura de hasta 10 metros que provocó la muerte de al menos 75 personas y aproximadamente 100 heridos. El mapa de intensidad de este sismo se muestra en la figura 18.13.

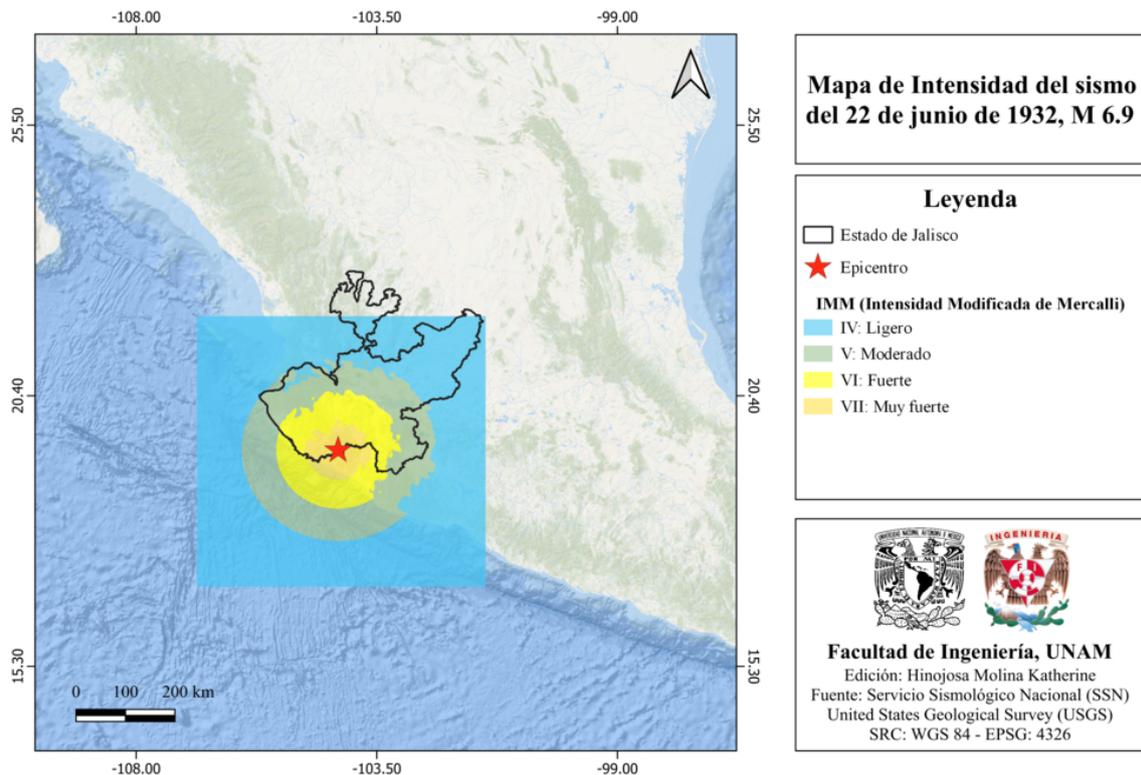


Figura 18.13: Mapa de intensidad del sismo del 22 de junio de 1932, M 6.9 [USGS, 2023],[SSN, 2023].

- 9 de octubre de 1995, M 8.0** Este sismo ocurrió el 9 de octubre de 1995 a las 09:35:54 (hora local), tuvo una magnitud de 8.0 y se localizó a 10 km al sureste de Manzanillo, Colima a una profundidad de 25 km. Este evento ocasionó la muerte de 58 personas y múltiples heridos, además grandes daños a la infraestructura pública y privada. Se generó un tsunami que afectó las costas de Jalisco y Colima, a lo largo de 120 km de costas del Pacífico, desde Bahía Tenacatita en Jalisco hasta Manzanillo en Colima. (CAT-SEMAR). El mapa de intensidad de este sismo se muestra en la figura 18.14.

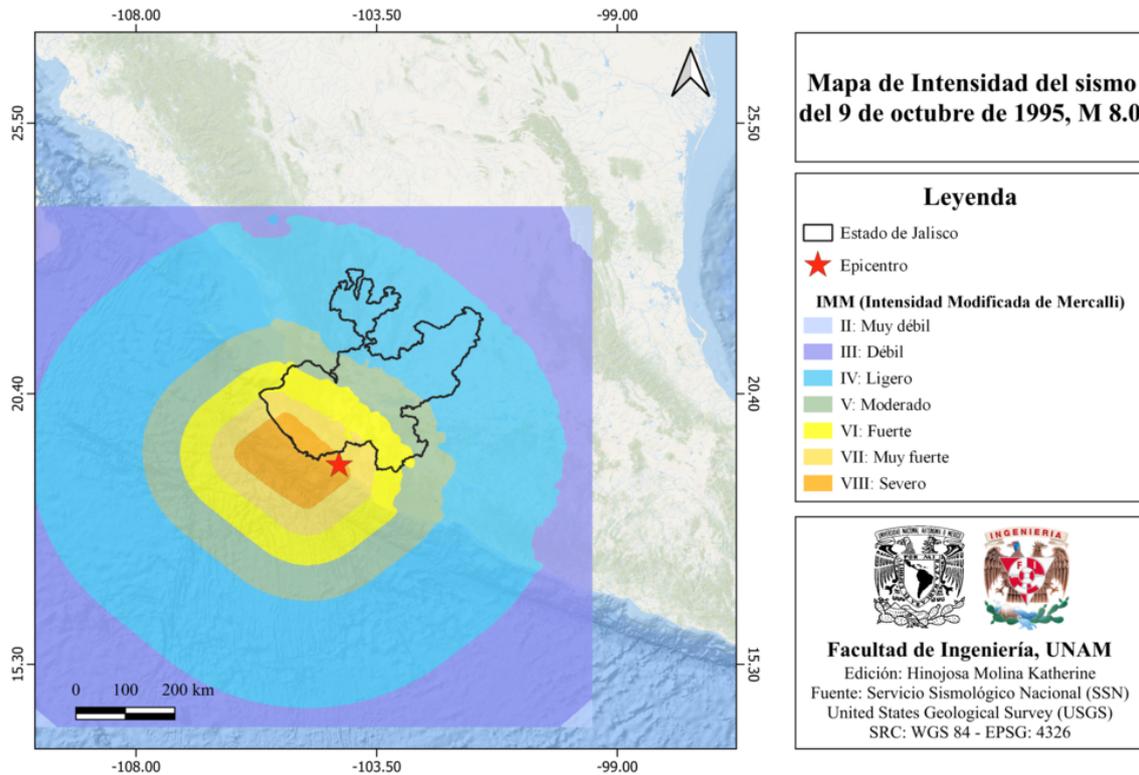


Figura 18.14: Mapa de intensidad del sismo del día 9 de octubre de 1995, M 8.0 [USGS, 2023],[SSN, 2023].

## 18.5 Peligro por tsunamis

La costa del estado de Jalisco es considerada como zona generadora de tsunamis locales y receptora de tsunamis lejanos, tal como se muestra en el mapa de la figura 18.15.

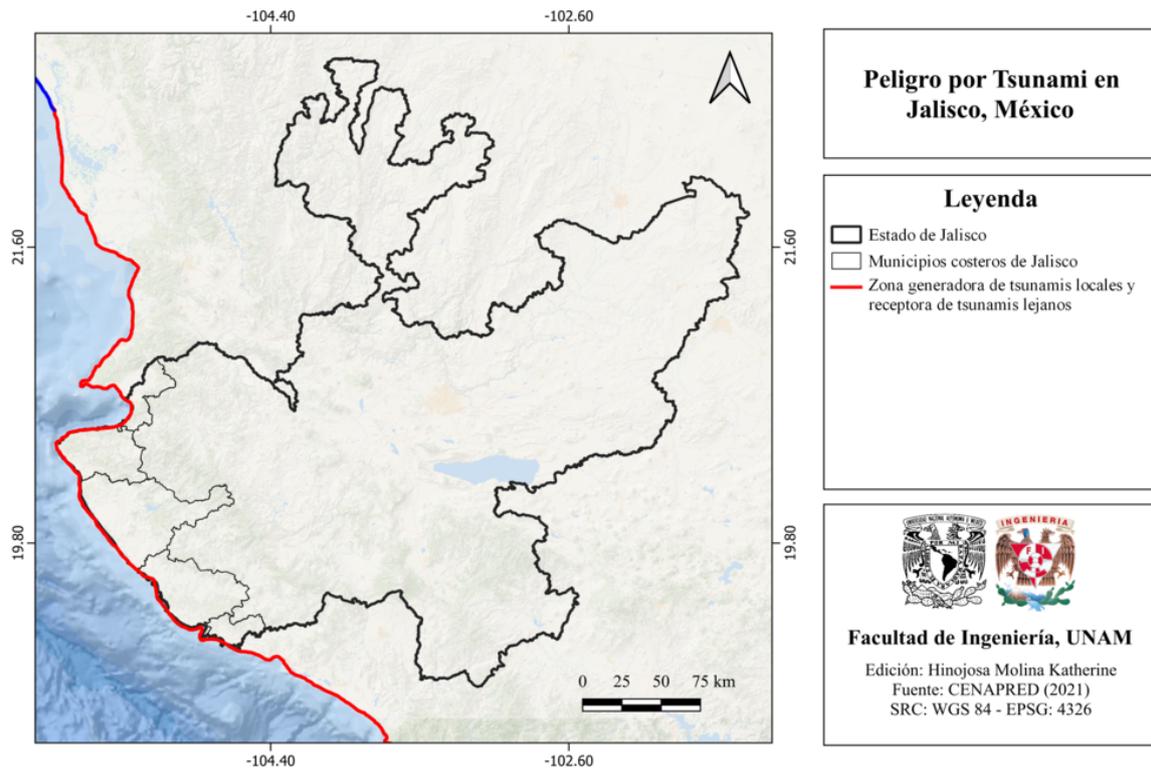


Figura 18.15: Peligro por tsunami en Jalisco, México [Cenapred, 2021].

## 18.6 Información general de peligro sísmico

### 18.6.1 Global de intensidades

El mapa global de intensidades de Jalisco, se muestra en la figura 18.16.

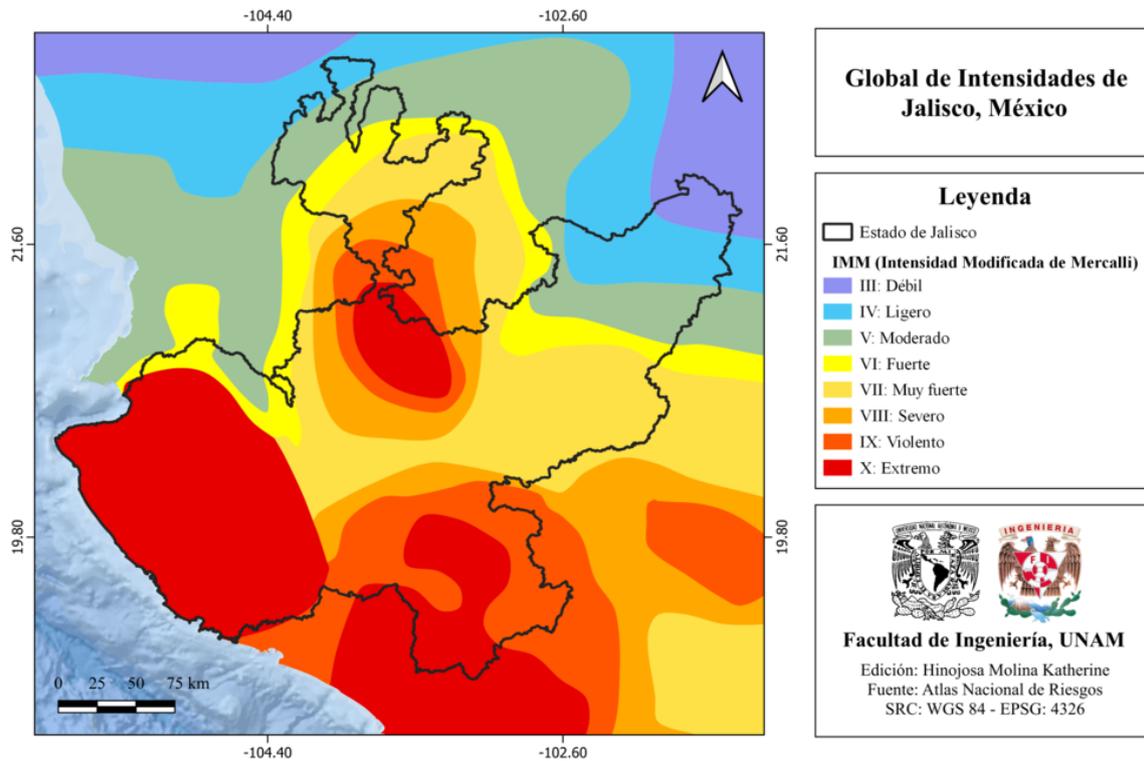


Figura 18.16: Global de intensidades de Jalisco, México [ANR-Cenapred, 2016].

### 18.6.2 Regionalización sísmica de acuerdo con la CFE (2015)

De acuerdo con la regionalización sísmica de la República Mexicana de la Comisión Federal de Electricidad (2015), Jalisco se encuentra dentro de las zonas A, B, C y D correspondientes a sismicidad baja, media, alta y muy alta, respectivamente (ver figura 18.17).

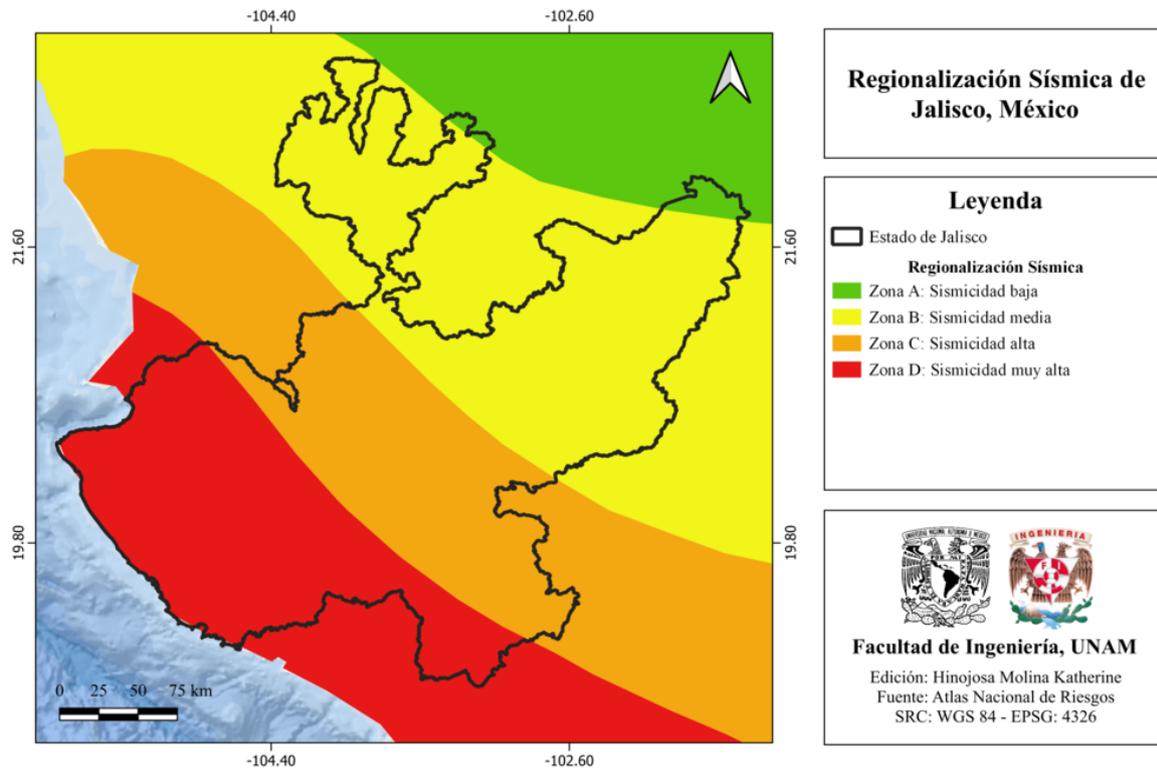


Figura 18.17: Regionalización sísmica de Jalisco, México [CFE, 2015].

### 18.6.3 Parámetro Vs30 (USGS)

De acuerdo con la clasificación del parámetro Vs30 (USGS), Jalisco tiene el mapa de velocidad de onda de corte que se muestra en la figura 18.18.

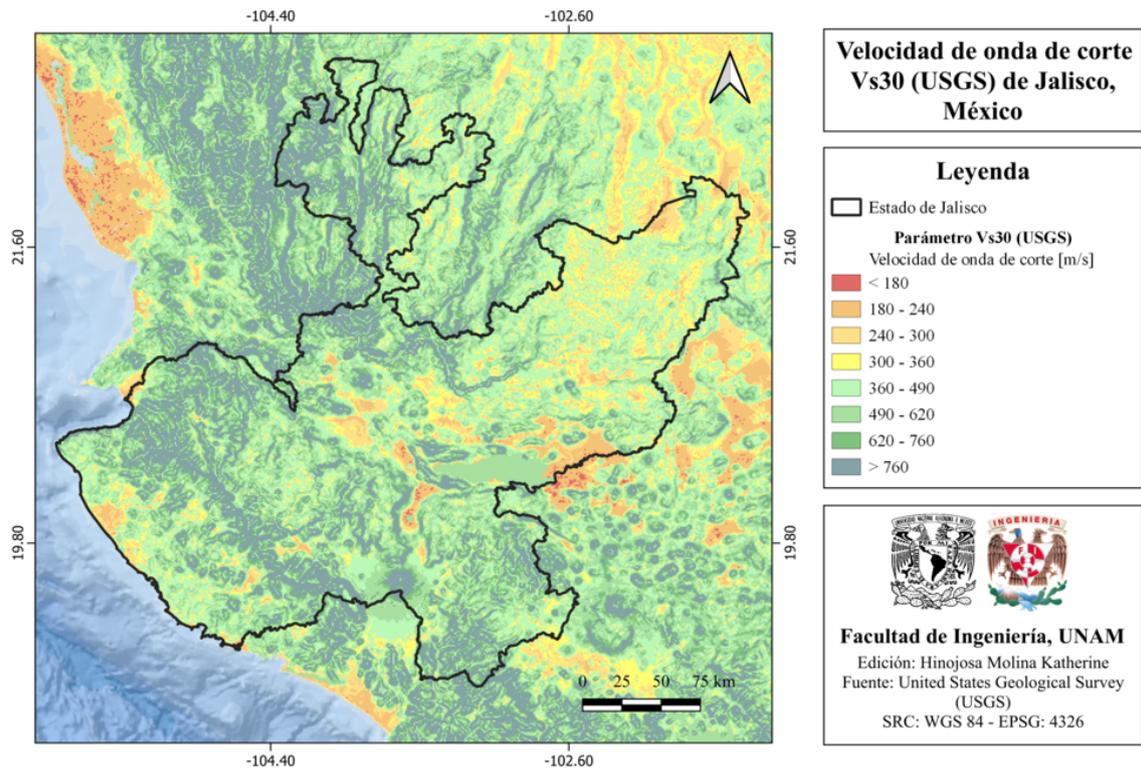


Figura 18.18: Velocidad de onda de corte Vs30 (USGS) de Jalisco, México [Heath et al., 2020].

#### 18.6.4 Municipios con posibles efectos de sitio

En el mapa de la figura 18.19 se muestran los municipios con posibles efectos de sitio [Cenapred, 2020].

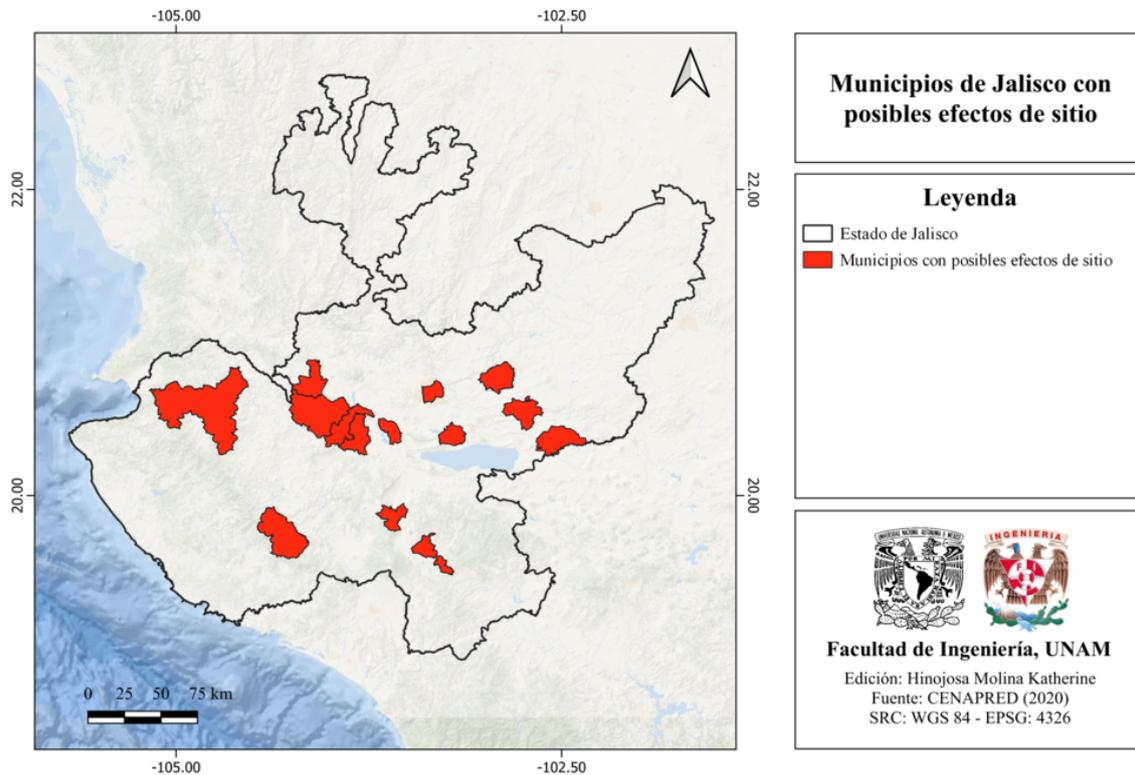


Figura 18.19: Municipios de Jalisco con posibles efectos de sitio [Cenapred, 2020].

### 18.6.5 Municipios con peligro de deslizamiento por sismo

En el mapa de la figura 18.20 se muestran los municipios con peligro de deslizamiento por sismo [Cenapred, 2020].

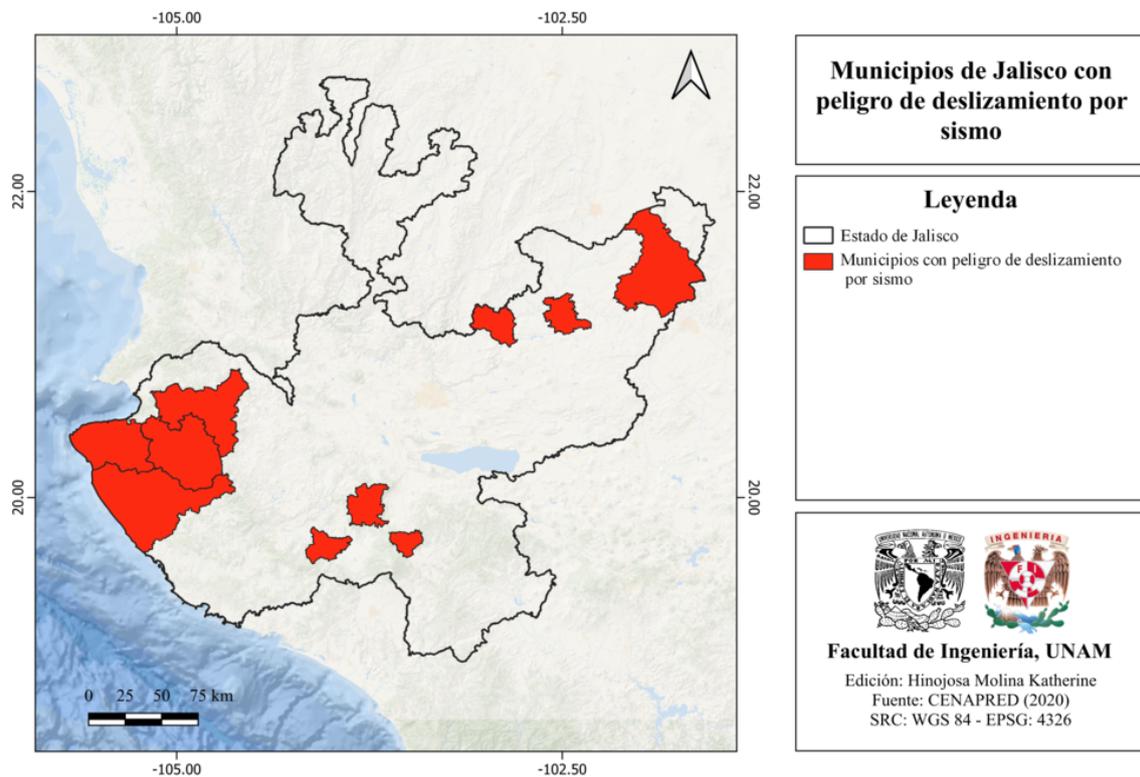


Figura 18.20: Municipios de Jalisco con peligro de deslizamiento por sismo [Cenapred, 2020].

### 18.6.6 Municipios con reglamento de construcción de obras civiles

El estado de Jalisco cuenta con 26 reglamentos de construcción municipales. Estos municipios se muestran en la figura 18.21.

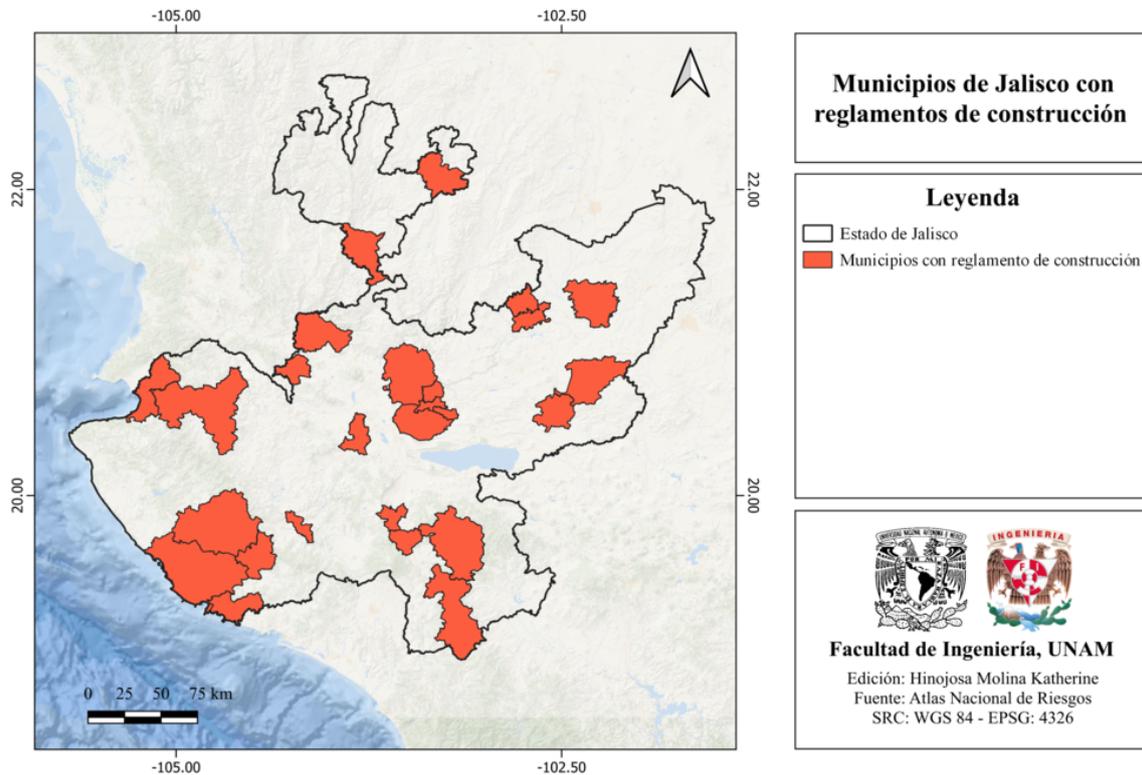


Figura 18.21: Municipios de Jalisco con reglamentos de construcción [Cenapred, 2020].

## 18.7 Secuencias sísmicas (enjambres) reportadas por el Servicio Sismológico Nacional (SSN)

No existen registros de secuencias sísmicas reportadas por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) para el estado de Jalisco.

## 18.8 Estaciones de registro sísmico en el estado

El estado de Jalisco cuenta con 6 estaciones de la red acelerográfica del Instituto de Ingeniería de la UNAM, las cuales se enlistan a continuación:

- **CDGU:** Ciudad Guzmán
- **GDLC:** Colegio Cervantes
- **GDLP:** Universidad Panamericana

- **GDLR:** Guadalajara Rotonda
- **PUVA:** Puerto Vallarta
- **TOMA:** Tomatlán

También cuenta con una estación perteneciente a la red de banda ancha del Servicio Sismológico Nacional (SSN).

- **CJIG:** Chamela

En el mapa de la figura 18.22 se muestra la distribución de estaciones de registro sísmico en Jalisco.

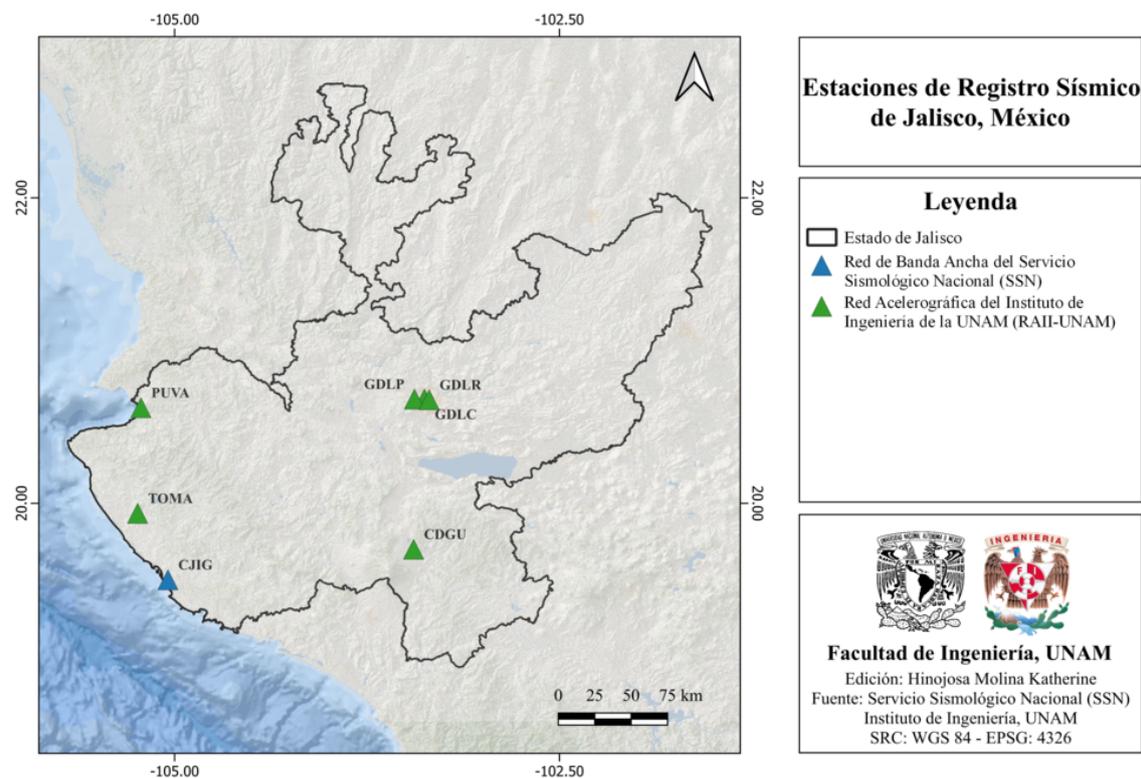


Figura 18.22: Estaciones de registro sísmico en Jalisco, México [SSN, 2023], [II, 2023].

## 18.9 Instituciones educativas que han realizado estudios en alguna zona del estado o en sus cercanías

- Universidad de Guadalajara (UdeG):

- Centro Universitario de los Valles de la Universidad de Guadalajara
- Centro Universitario del Sur
- Universidad Autónoma Metropolitana (UAM)
- Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)
- Instituto Politécnico Nacional (IPN)

## 18.10 Estudios de sismicidad o de peligro sísmico en alguna zona del estado

- Buenrostro, A. M., Bernal, A. G., y García, H. J. (2021). Análisis de peligro sísmico y efectos de sitio para la zona metropolitana de Guadalajara. *Revista Internacional de Ingeniería de Estructuras*, 26(1), 89-123.
- Flores, K. L., Escudero, C. R., y Zamora-Camacho, A. (2021). Multicriteria seismic hazard assessment in Puerto Vallarta metropolitan area, Mexico. *Natural hazards*, 105, 253-275.
- Nuñez-Cornú, F. J. (2011). Peligro Sísmico en el Bloque de Jalisco, México. *Centro de sismología y Vulcanología de Occidente, Universidad de Guadalajara*, Vol. 23, pp. 199-229.
- Ortiz Huerta, L. G. Peligro y vulnerabilidad por tsunamis de campo lejano en la Bahía de Todos Santos, Baja California.
- Pacheco, J., Singh, S.K., Domínguez, J., Hurtado, A., Quintanar, L., Jiménez., Yamamoto, J., Gutiérrez, C., Santoyo, M., Guzmán, M., Kostoglodov, V., Reyes, G. y Ramírez, C. (1997). The october 9, 1995 Colima-Jalisco, earthquake (Mw 8): An aftershock study and a comparison of this earthquake with those of 193. *Geophys. Res. Lett.*, 24, p. 2223-2226.
- Rutz-López, M. y Núñez-Cornú, J. (2004). sismotectónica del norte y oeste del Bloque de Jalisco usando datos sísmicos regionales. *GEOS*, Vol. 24, No. 1, p. 2-13.

# Capítulo 19

## Estado de México

### 19.1 Localización y provincias fisiográficas

#### 19.1.1 Localización

El Estado de México se localiza en la región centrosur del país, limitando al norte con Querétaro, al noreste con Hidalgo, al este con Tlaxcala, al sureste con Puebla, al sur con Morelos y Ciudad de México, al suroeste con Guerrero y al oeste con Michoacán.

#### 19.1.2 Provincias fisiográficas

El Estado de México forma parte de dos provincias fisiográficas (ver figura 19.1):

- Eje Neovolcánico
- Sierra Madre del Sur

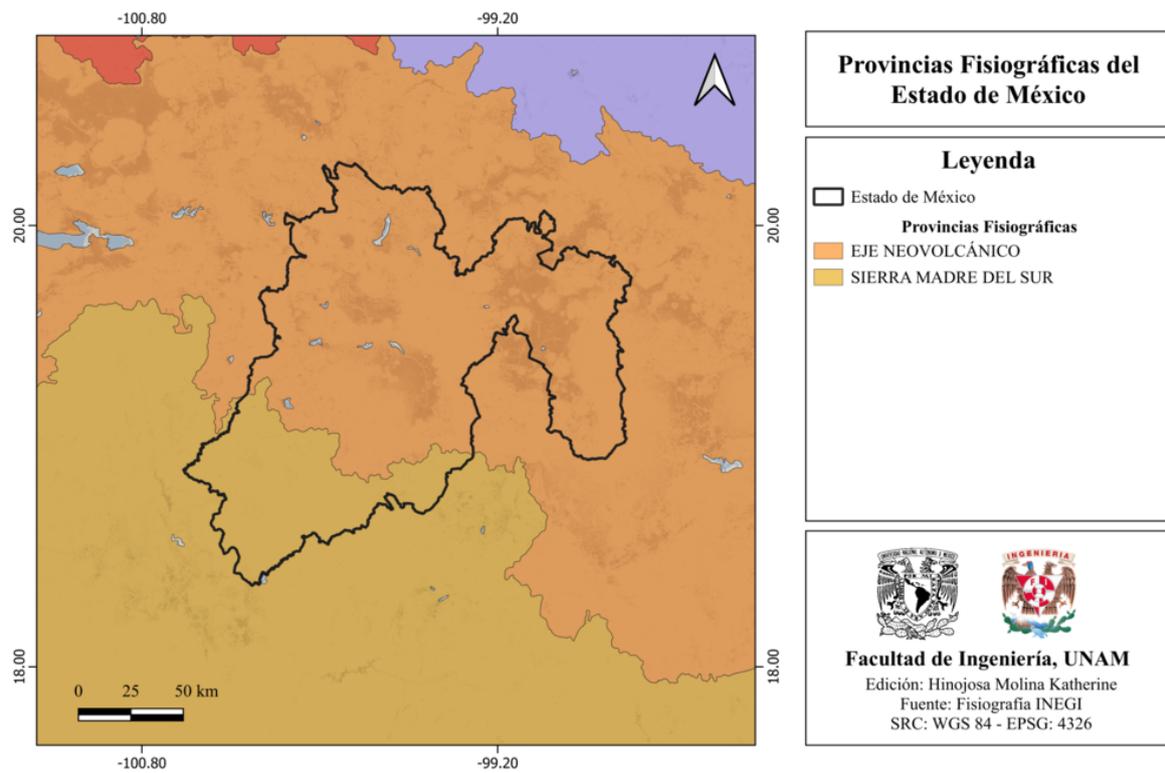


Figura 19.1: Provincias fisiográficas del Estado de México [INEGI, 2001].

### 19.1.3 Subprovincias fisiográficas

El Estado de México forma parte de las siguientes subprovincias fisiográficas (ver figura 19.2):

- Depresión del Balsas
- Lagos y Volcanes de Anáhuac
- Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo
- Mil Cumbres
- Sierras y Valles Guerrerenses

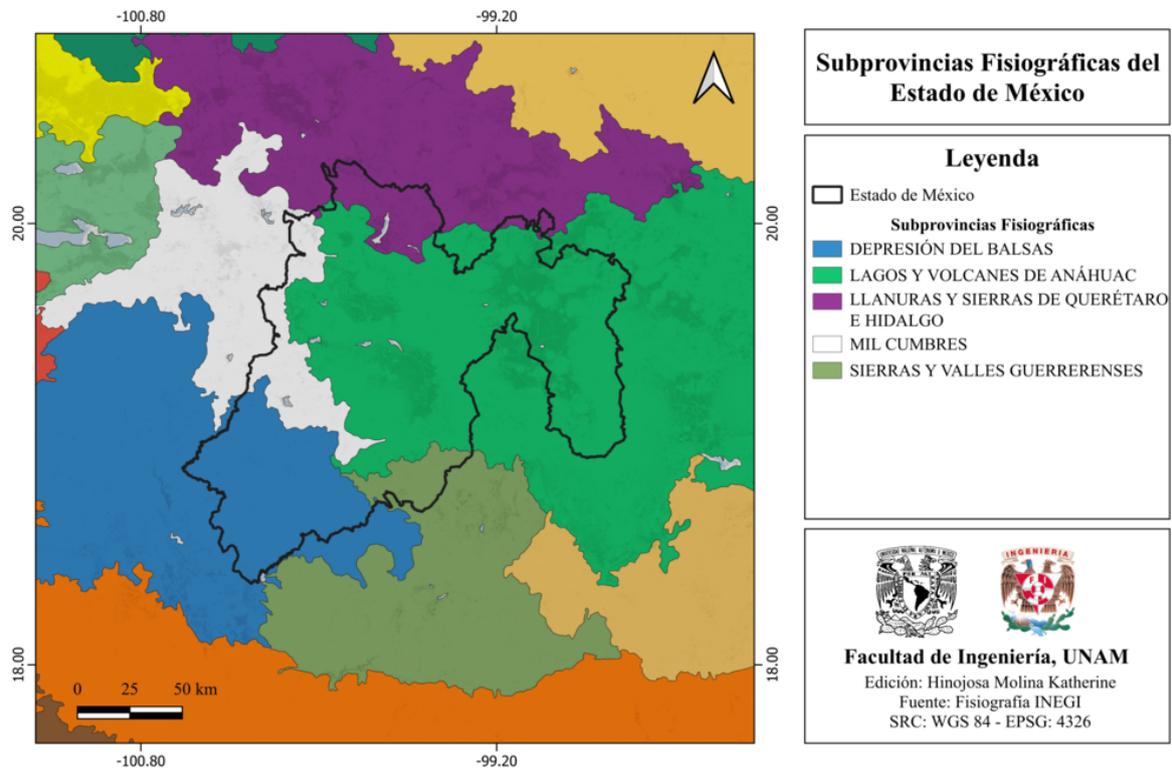


Figura 19.2: Subprovincias fisiográficas del Estado de México [INEGI, 2001].

### 19.1.4 Rasgos estructurales

En el Estado de México existe una diversa cantidad de fallas geológicas y fracturas (ver figura 19.3).

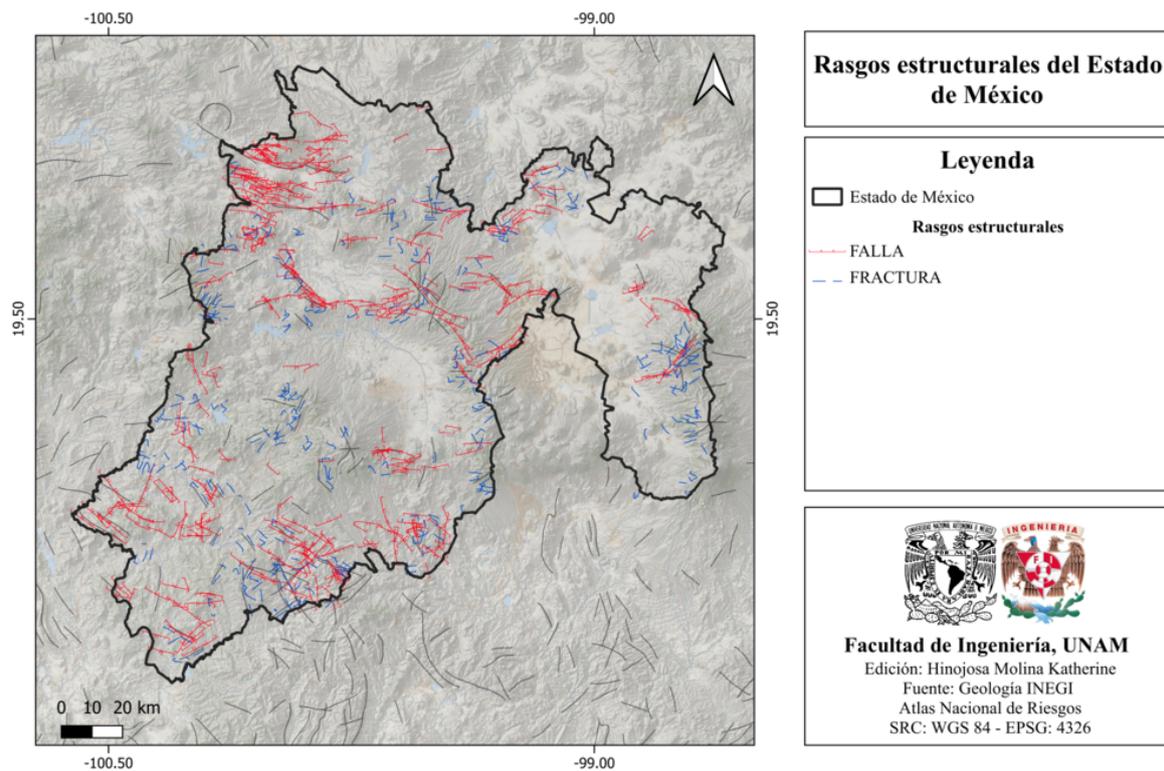


Figura 19.3: Rasgos estructurales de Estado de México [ANR-Cenapred, 2016].

## 19.2 Zonas sismogénicas (sismotectónicas)

### 19.2.1 Zonas sismogénicas de acuerdo con Zúñiga et al., (2017)

El Estado de México es parte de las siguientes zonas sismogénicas [Zúñiga et al., 2017]:

#### Zonas sismogénicas someras ( $h < 40$ km)

- **BB:** Zona de eventos intra-placa en la placa de Norteamérica ( $h < 20$  km). Provincia de Estrés de la Cuenca de Burgos.
- **MVB:** Zona de eventos intraplaca de la parte somera ( $h < 15$  km) de la placa Norteamericana, asociado a esfuerzos tensionales en el centro de México. Estos esfuerzos están relacionados con la ubicación de la Faja Volcánica Transmexicana ( $h < 20$  km).
- **NAM:** Intraplaca o corticales en la placa Norteamericana al sureste de México. No

relacionados con el régimen volcánico de la Faja Volcánica Transmexicana ( $h < 20$  km).

En el mapa de la figura 19.4 se muestran las regiones sismogénicas someras del Estado de México.

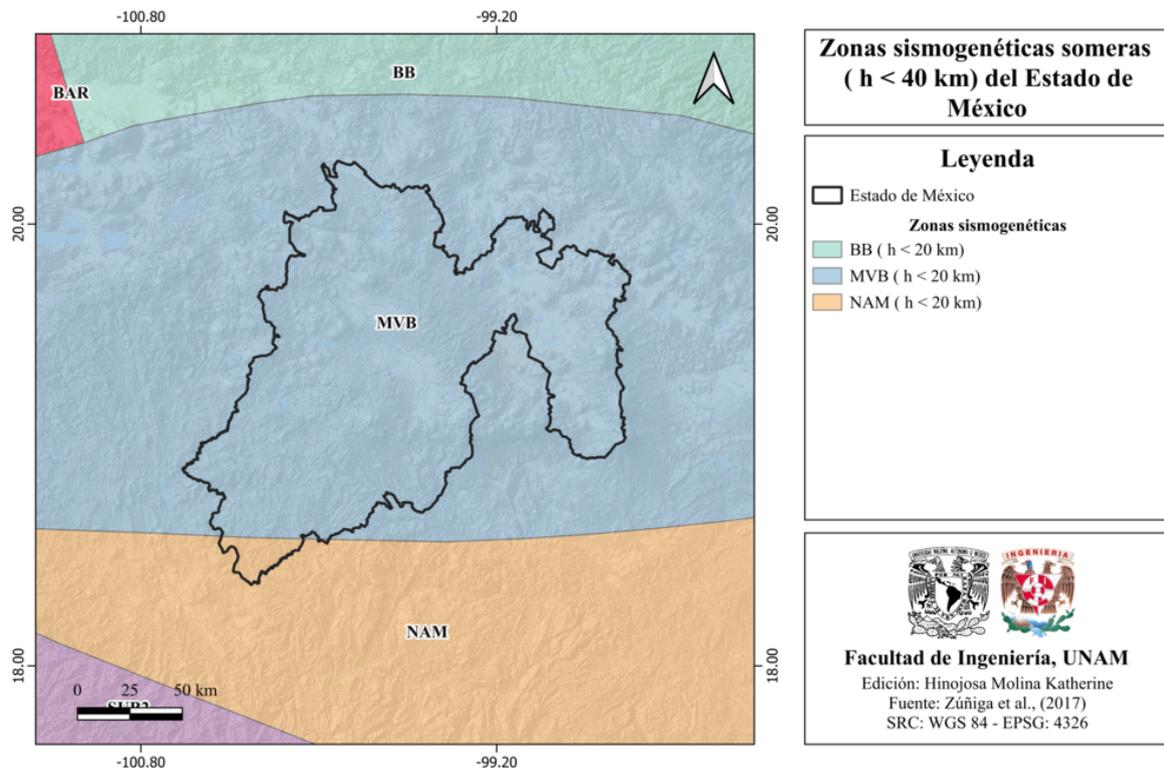


Figura 19.4: Zonas sismogénicas del Estado de México [Heath et al., 2020].

### Zonas sismogénicas de profundidad intermedia ( $h > 40$ km)

- **IN1:** Zona de eventos intraplaca de la placa de Cocos. Ampliación en profundidad de la zona SUB2 ( $40 \text{ km} \leq h \leq 180 \text{ km}$ ).
- **IN2:** Zona de eventos intraplaca de profundidad intermedia ( $40 \text{ km} \leq h < 255 \text{ km}$ ). Zona de transición de la placas de Cocos y corresponde a la extensión a profundidad de la región SUB3.

Estas zonas sismogénicas se muestran en la figura 19.5.

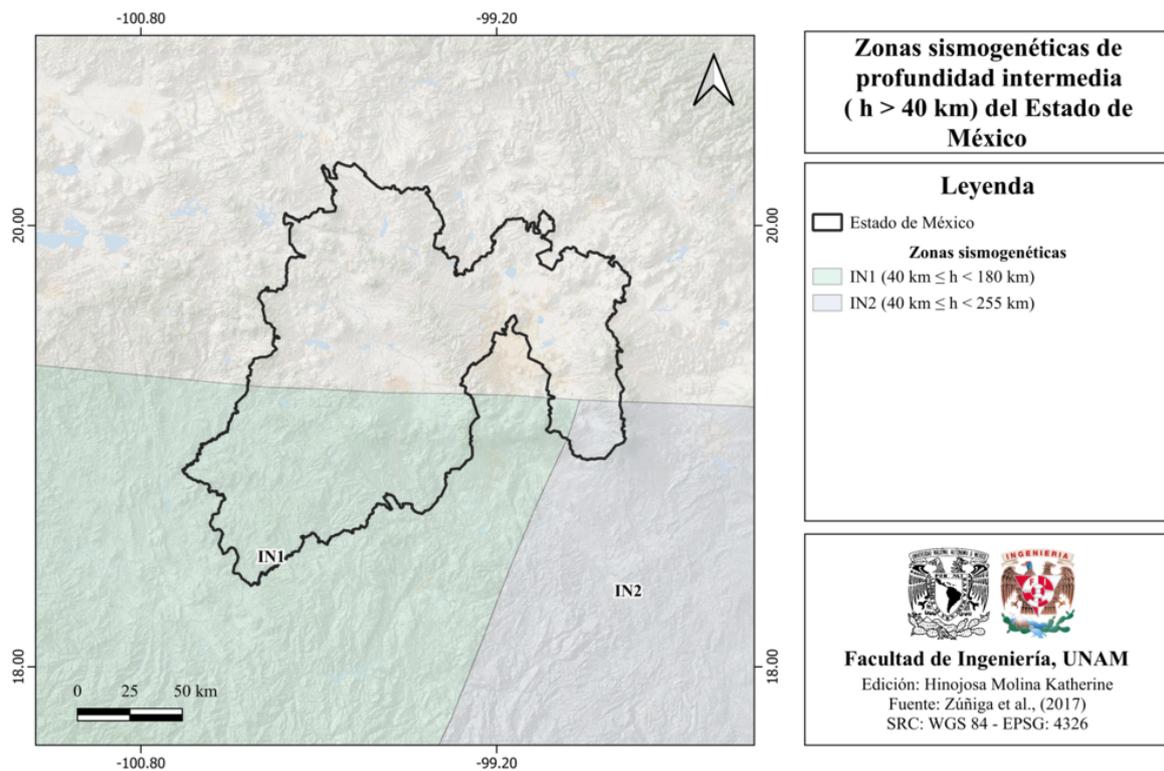


Figura 19.5: Regiones sísmicas de profundidad intermedia del Estado de México. [Zúñiga et al., 2017]

### 19.2.2 Zonas sísmicas de acuerdo con la Comisión Federal de Electricidad (2015)

De acuerdo con información de la Comisión Federal de Electricidad [CFE, 2015], el Estado de México se encuentra dentro de las siguientes zonas sísmicas:

#### Zonas generadoras de sismos superficiales

- **32:** Intraplaca
- **33:** Eje Volcánico

En la figura 19.6 se muestran estas zonas sísmicas.

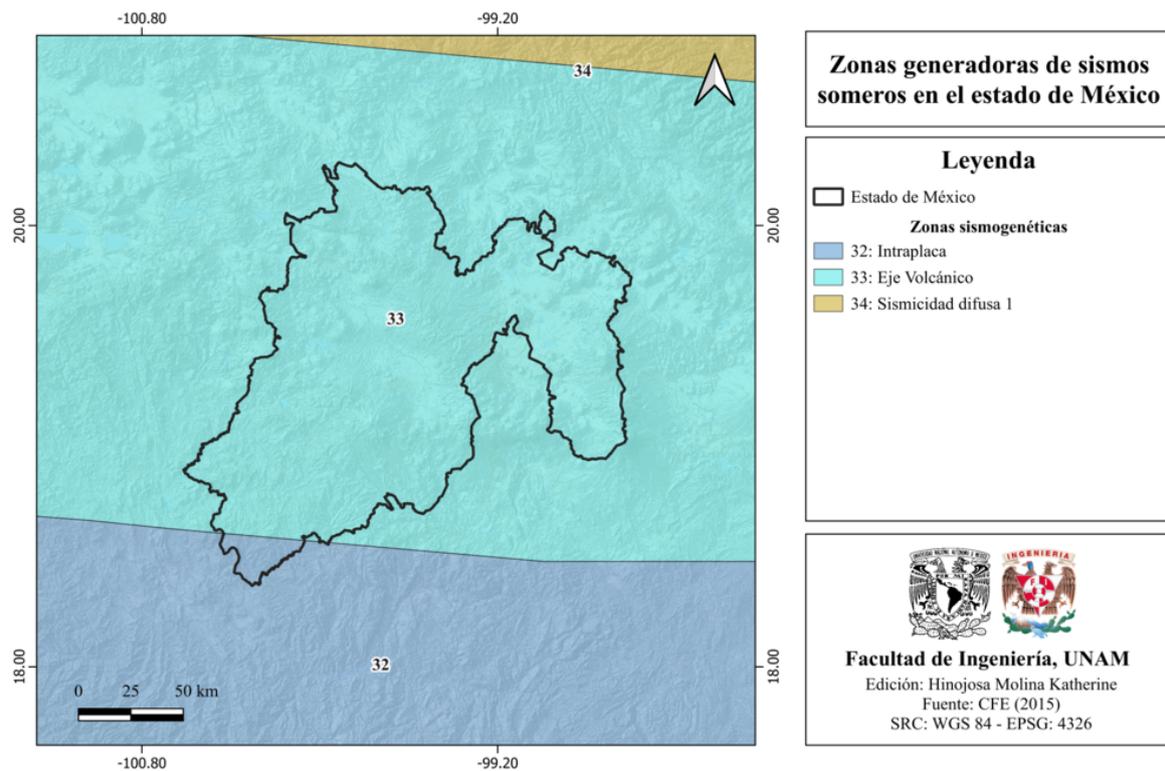


Figura 19.6: Zonas generadoras de sismos superficiales en el Estado de México [CFE, 2015].

### Zonas generadoras de sismos de profundidad intermedia

- **Región 28:** Profundidad Intermedia Oeste Nueva
- **Región 29:** Profundidad Intermedia Centro Nueva

Estas zonas generadoras de sismos de profundidad intermedia en el Estado de México se muestran en la figura 19.7.

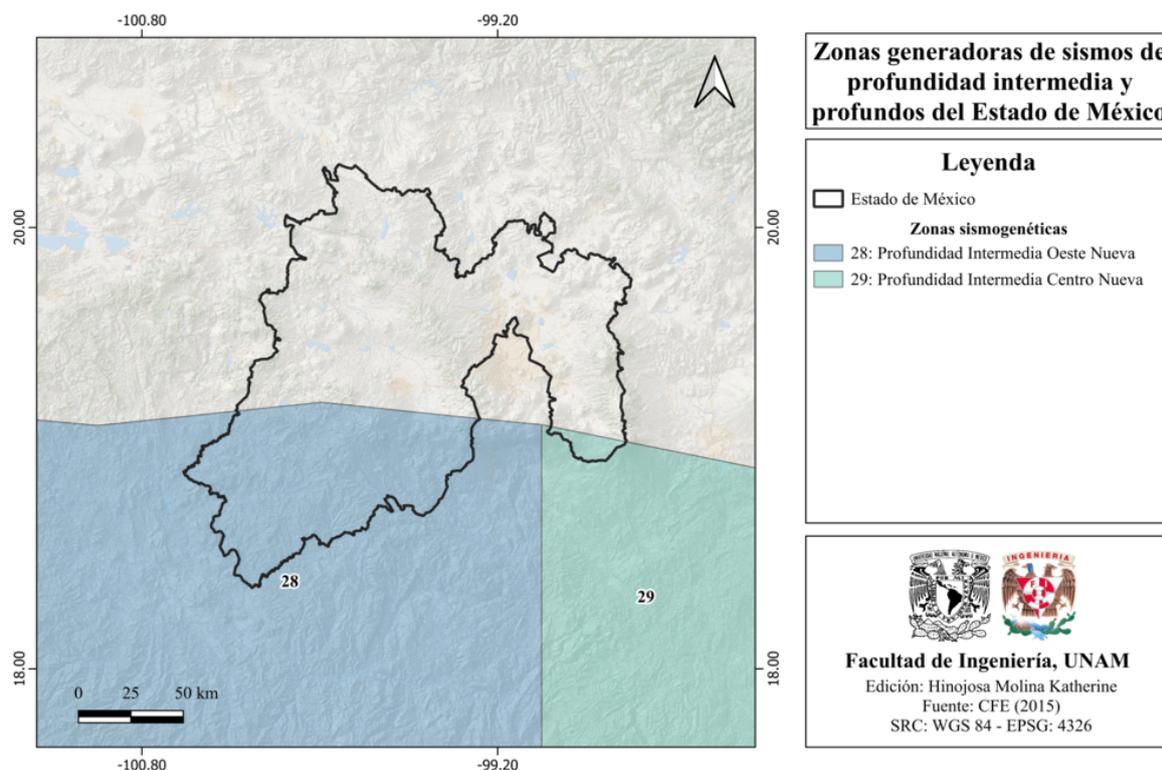


Figura 19.7: Zonas generadoras de sismos de profundidad intermedia en el Estado de México. [CFE, 2015]

### 19.3 Sismicidad reportada por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) en el período 1900-2022

El Servicio Sismológico Nacional (SSN) ha reportado 679 sismos en el Estado de México, en el período del 1 de enero de 1900 al 31 de diciembre de 2022 (UTC), con magnitudes desde 1.2 hasta 6.9.

### 19.4 Sismos históricos

- **Sismo de Acambay, 19 de noviembre de 1912, M 6.9** El día 19 de noviembre de 1912 ocurrió un sismo con magnitud aproximada de 6.9, el cual fue localizado en el poblado de Acambay, Estado de México. Ocurrió a las 7:55 (hora local). Este evento fue un sismo intraplaca, ubicado en la placa tectónica de Norteamérica [SSN, 2023]. Este evento causó el lamentable fallecimiento de más de 100 personas,

además de daños materiales en Acambay y Tixmadejé. En el Estado de México, se alcanzaron intensidades en la escala de Mercalli desde IV (ligero) hasta X (extremo) (ver figura 19.8).

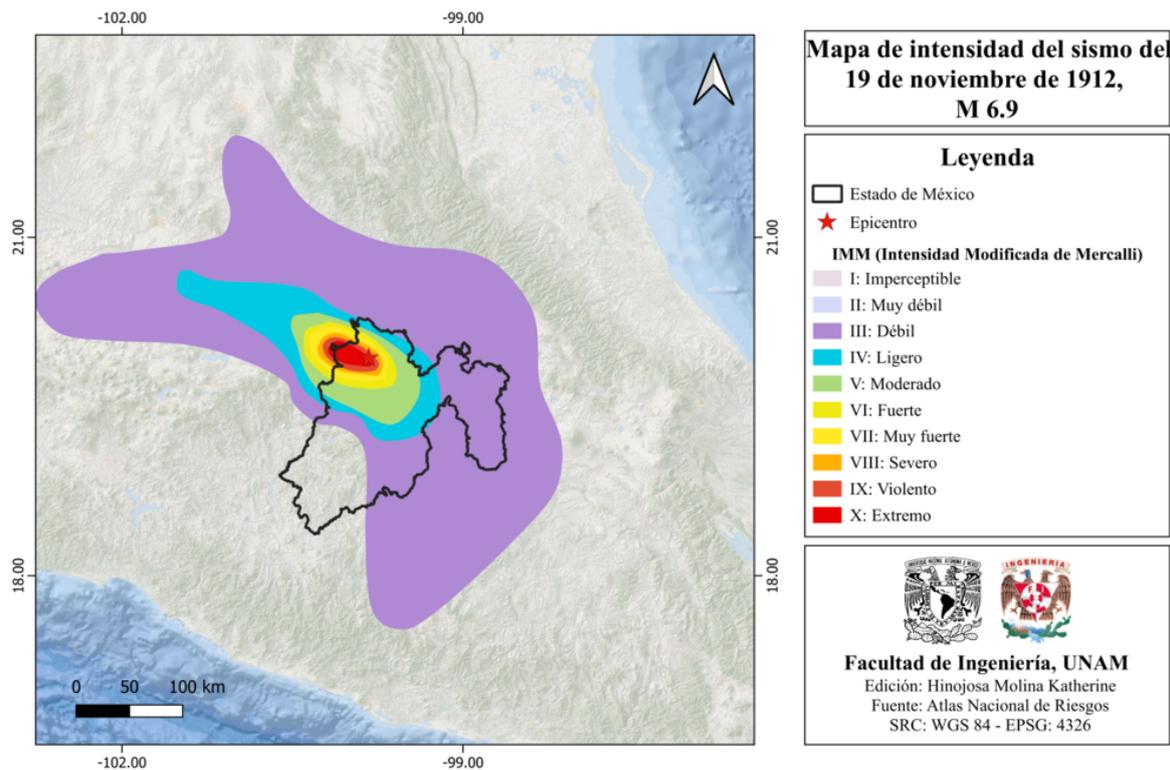


Figura 19.8: Mapa de intensidad del sismo del 19 de noviembre de 1912, M 6.9 en el Estado de México [ANR-Cenapred, 2016].

## 19.5 Peligro por tsunami

El Estado de México se encuentra a 270 km de la costa del Pacífico, por lo que no está expuesto a este fenómeno.

## 19.6 Información general de peligro sísmico

### 19.6.1 Global de intensidades

El mapa que corresponde al global de intensidades del Estado de México, se muestra en la figura 19.9.

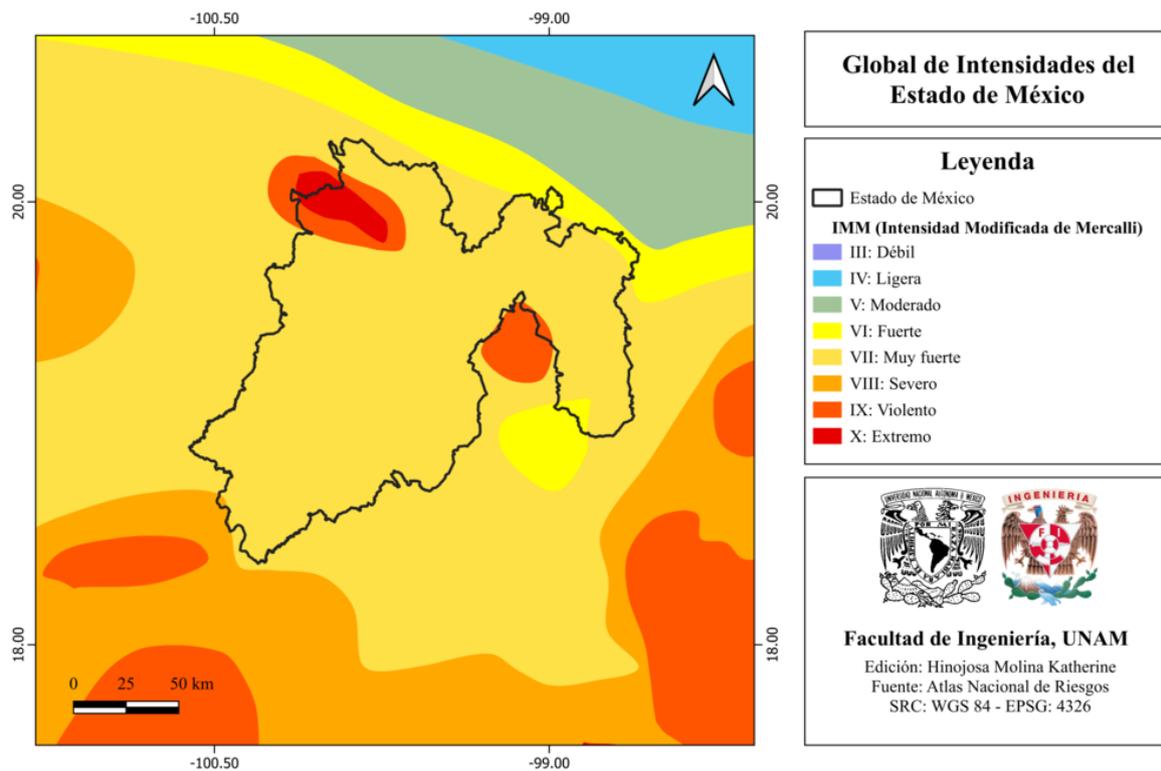


Figura 19.9: Global de intensidades del Estado de México, México [Cenapred, 2006].

### 19.6.2 Regionalización sísmica de acuerdo con la CFE (2015)

El Estado de México forma parte de las zonas B y C [CFE, 2015] correspondientes a sismicidad media y alta, respectivamente (ver figura 19.10).

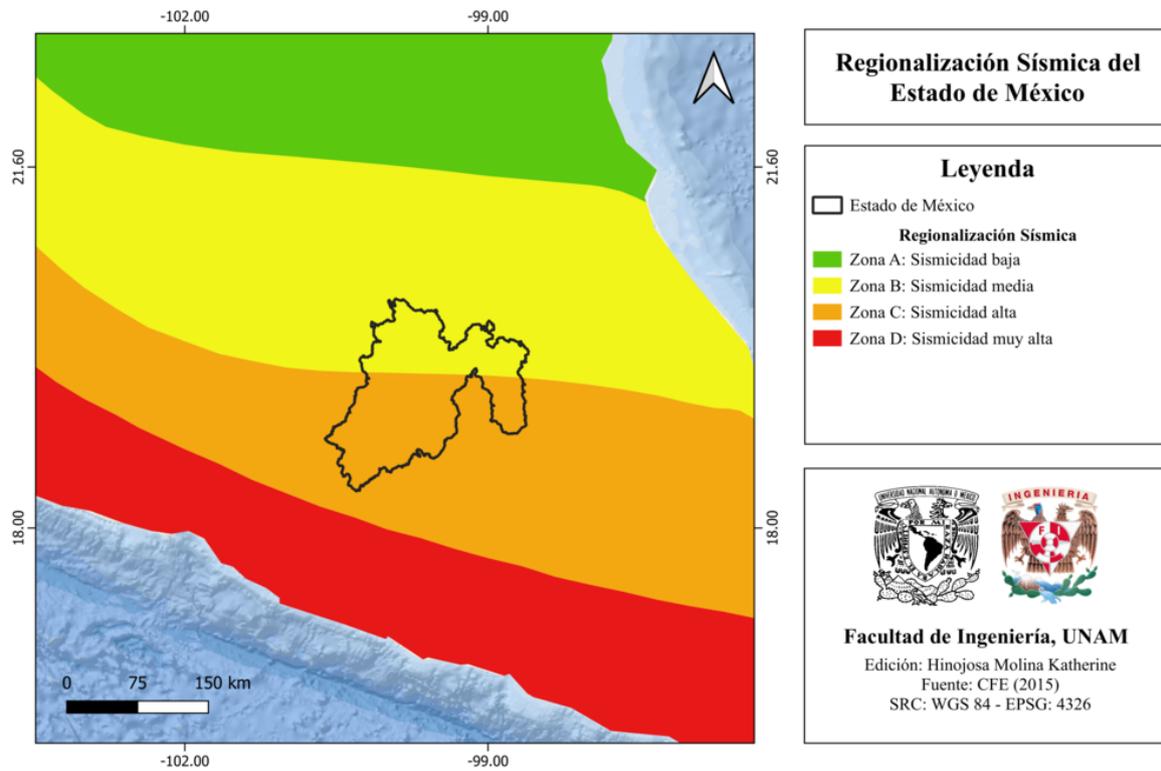


Figura 19.10: Regionalización sísmica del Estado de México [CFE, 2015].

### 19.6.3 Parámetro Vs30 (USGS)

El mapa correspondiente al parámetro Vs30 del USGS para el Estado de México, se muestra en la figura 19.11.

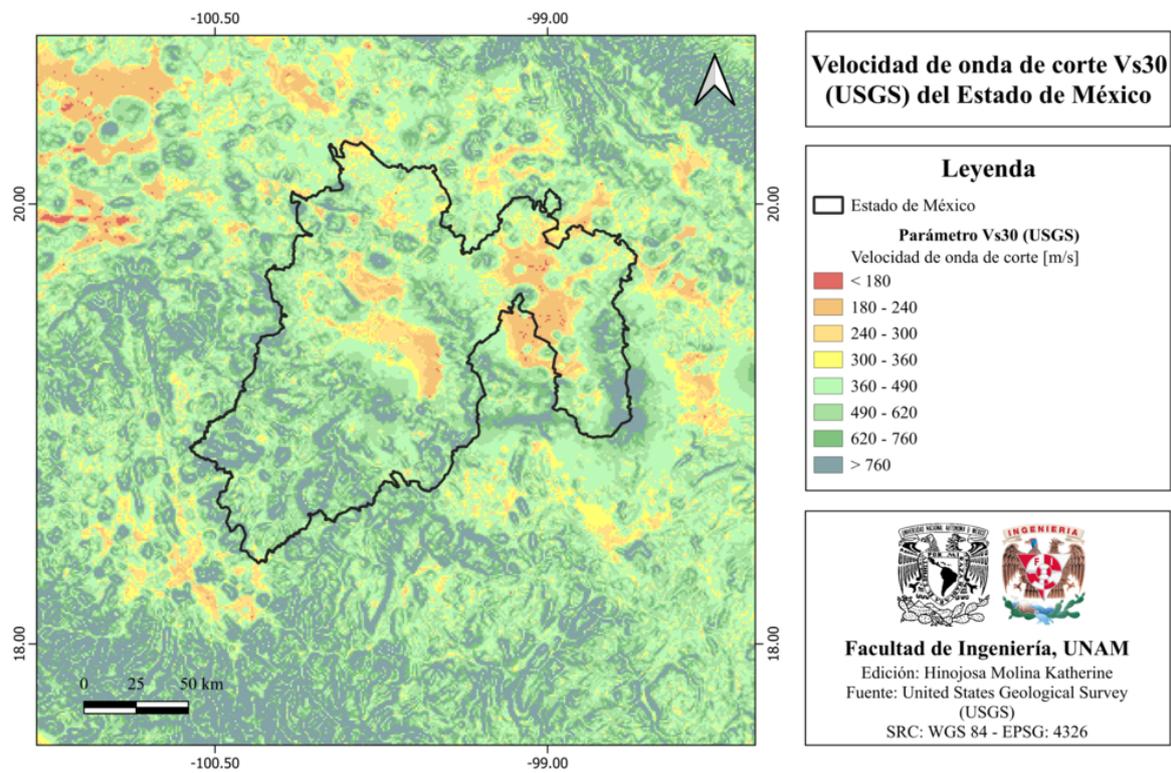


Figura 19.11: Velocidad de onda de corte Vs30 (USGS) del Estado de México [Heath et al., 2020].

#### 19.6.4 Municipios con posibles efectos de sitio

En el mapa de la figura 19.12 se muestran los municipios del Estado de México con posibles efectos de sitio.

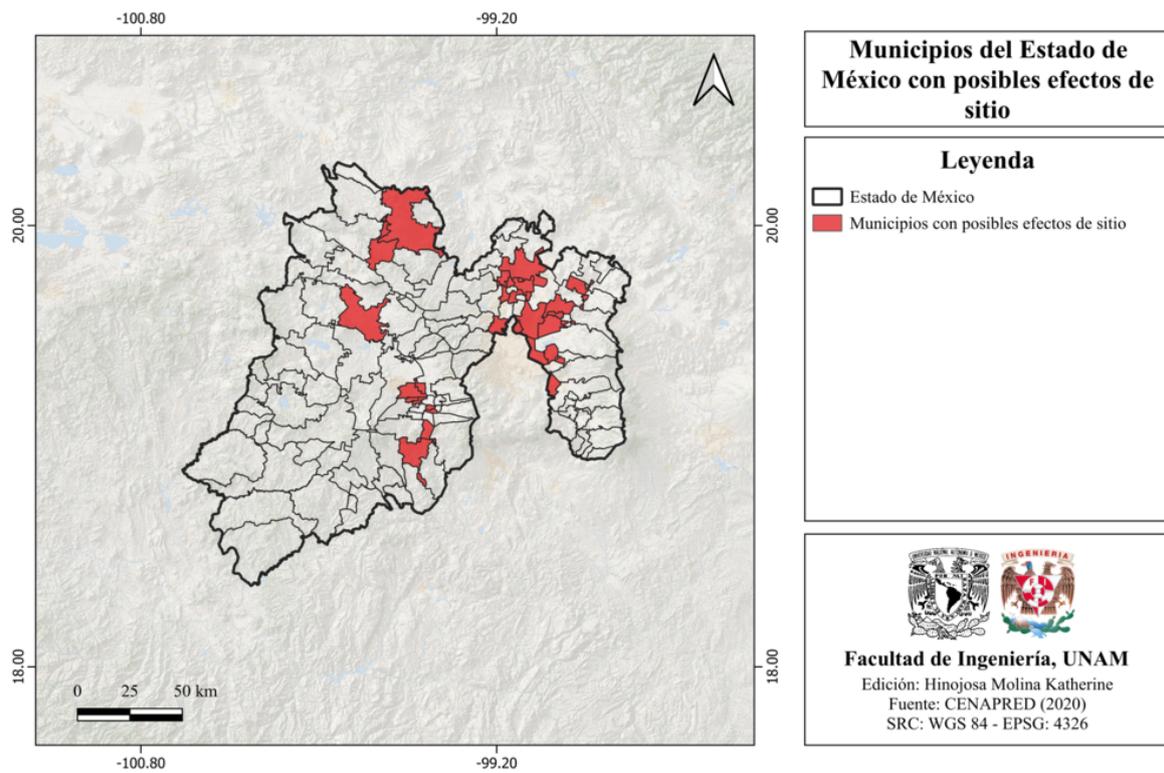


Figura 19.12: Municipios del Estado de México con posibles efectos de sitio [Cenapred, 2020].

### 19.6.5 Municipios con peligro de deslizamiento por sismo

En el mapa de la figura 19.13 se muestran los municipios del Estado de México con peligro de deslizamiento por sismo.

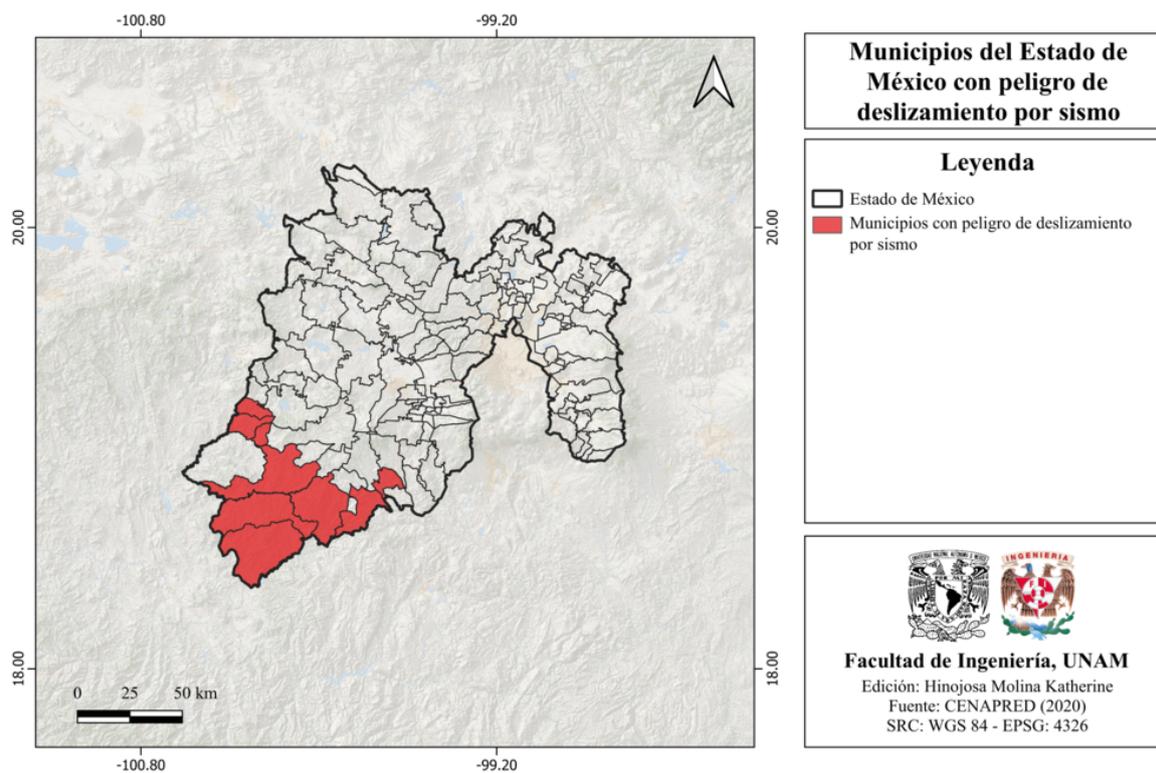


Figura 19.13: Municipios del Estado de México con peligro de deslizamiento por sismo [Cenapred, 2020].

### 19.6.6 Municipios con reglamento de construcción de obras civiles

El Estado de México cuenta con tres reglamentos municipales de construcción de obras civiles:

- Reglamento de construcción del municipio de Lerma
- Reglamento de construcción del municipio de Metepec
- Reglamento de construcción del municipio de Toluca de Lerdo (1993)

Así como con un reglamento a nivel estatal.

## 19.7 Secuencias sísmicas (enjambres) reportadas por el Servicio Sismológico Nacional (SSN)

- **Secuencia sísmica del 8 al 15 de julio de 2012, Texcoco - Chalco, estado de México** El Servicio Sismológico Nacional (SSN) reportó una secuencia de seis sismos del 8 al 15 de julio de 2012, con magnitudes desde 3.4 a 3.5. Esta secuencia se localizó en la región de Texcoco-Chalco, Estado de México.

## 19.8 Estaciones de registro sísmico en el estado

El Servicio Sismológico Nacional (SSN) cuenta con 12 estaciones sísmicas, pertenecientes a la Red de Banda Ancha del SSN, la Red del Valle de México del SSN y al Instituto de Ingeniería de la UNAM (ver figura 19.14).

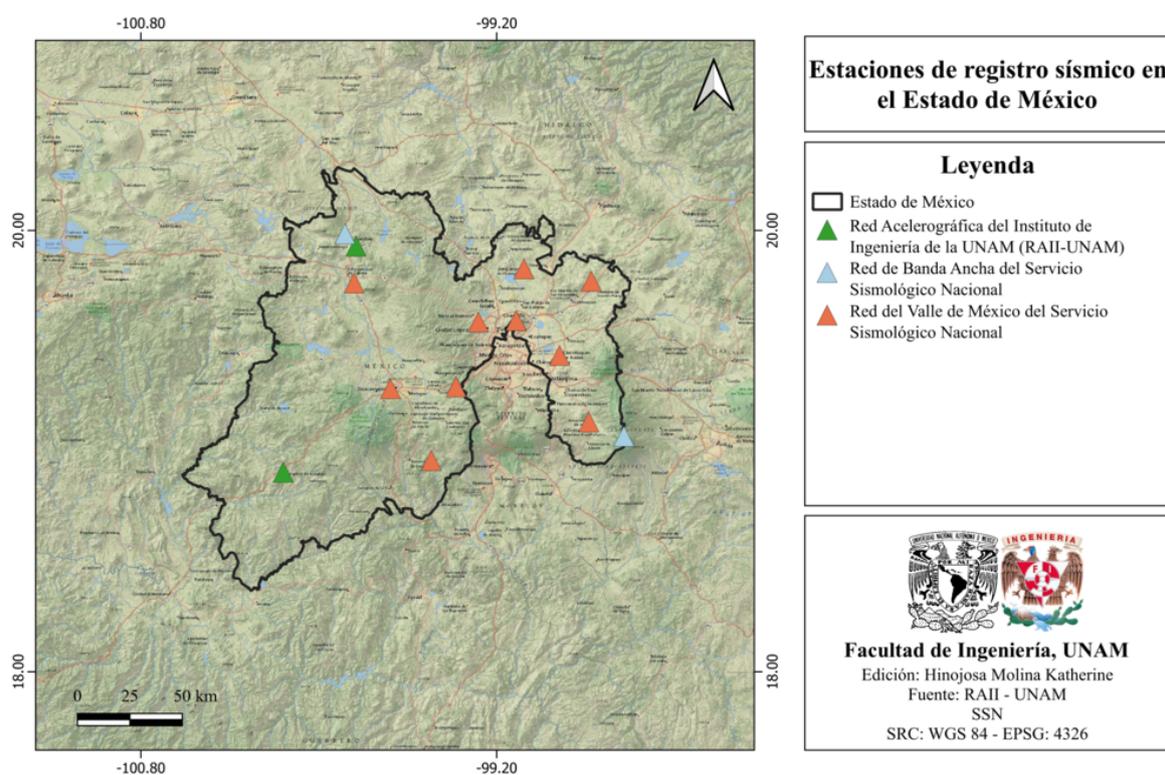


Figura 19.14: Estaciones de registro sísmico en el Estado de México [SSN, 2023], [II, 2023].

## 19.9 Instituciones educativas que han realizado estudios en alguna zona del estado o en sus cercanías

Las siguientes instituciones han realizado o estudios en materia de las ciencias de la Tierra en el Estado de México:

- Facultad de Ingeniería de la UNAM
- Instituto Politécnico Nacional
- Centro de Geociencias, campus Juriquilla

## 19.10 Estudios de sismicidad o de peligro sísmico en alguna zona del estado

- Langridge, R. M., Persaud, M., Zúñiga, F. R., Aguirre-Díaz, G. J., Villamor, P. y Pierre Lacan, 2013, "Preliminary paleoseismic results from the Pastores fault and its role in the seismic hazard of the Acambay graben, Trans-Mexican Volcanic Belt, Mexico", *Revista Mexicana Ciencias Geológicas*, Vol. 30, No. 3.
- Singh, S. K., Iglesias, A., Ordaz, M., Pérez-Campos, X. y Quintanar, L., 2011, "Estimation of Ground Motion in Mexico City from a Repeat of the M7.0 Acambay Earthquake of 1912", *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 101, No.5, pp. 2015-2028.
- Suter, M., Carrillo-Martínez, M., Quintero-Legorreta, O., 1996, "Macro seismic study of shallow earthquake in the central and eastern parts of the trans-Mexican volcanic belt, Mexico", *Bull Seism. Soc. Am.* 86: 1952-1963.
- Uribe, D., Plata, R., Espinosa, L. M., González, M. A., Reyes, A., 2010, "Caracterización de las regiones tectónicas del estado de México a través de la aplicación de geotecnologías", *Revista Geográfica de América Central*, Vol. 1, pp. 15-35.

# Capítulo 20

## Michoacán

### 20.1 Localización y provincias fisiográficas

#### 20.1.1 Localización

Michoacán se localiza en la parte centro-occidente de México, colinda al norte con Jalisco y Guanajuato, al noreste con Querétaro, al este con el estado de México, al suroeste con Colima y al sur con el río Balsas y al oeste con el océano Pacífico.

#### 20.1.2 Provincias fisiográficas

De acuerdo con información sobre la Fisiografía de México del INEGI, el estado de Michoacán forma parte de las siguientes provincias fisiográficas:

- Eje Neovolcánico
- Sierra Madre del Sur

#### 20.1.3 Subprovincias fisiográficas

Al mismo tiempo forma parte de las siguientes subprovincias fisiográficas:

- Bajío Guanajuatense
- Chapala
- Cordillera Costera del Sur

- Costas del Sur
- Depresión del Balsas
- Depresión del Tepalcatepec
- Escarpa Limítrofe del Sur
- Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo
- Mil Cumbres
- Neovolcánica Tarasca
- Sierras de la Costa de Jalisco y Colima
- Sierras y Bajíos Michoacanos

En los mapas de las figuras 20.1 y 20.2 se muestran las provincias y subprovincias fisiográficas de este estado, respectivamente.

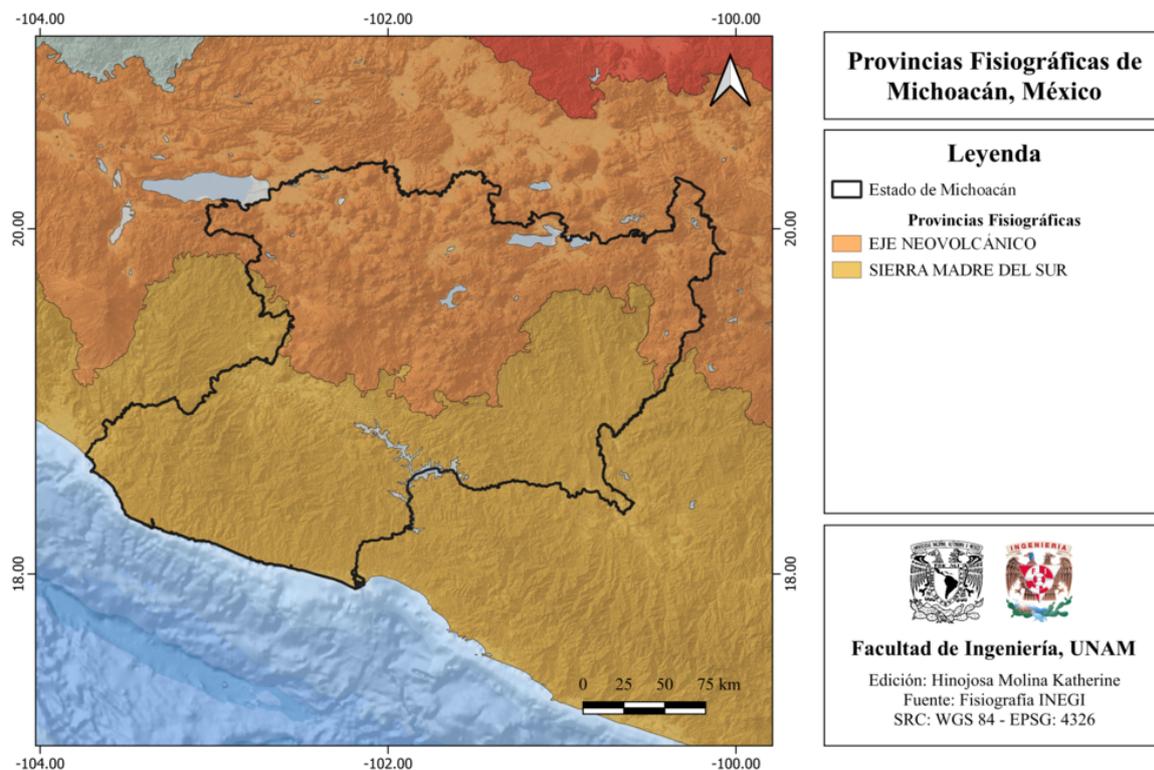


Figura 20.1: Provincias fisiográficas de Michoacán, México. [INEGI, 2001].

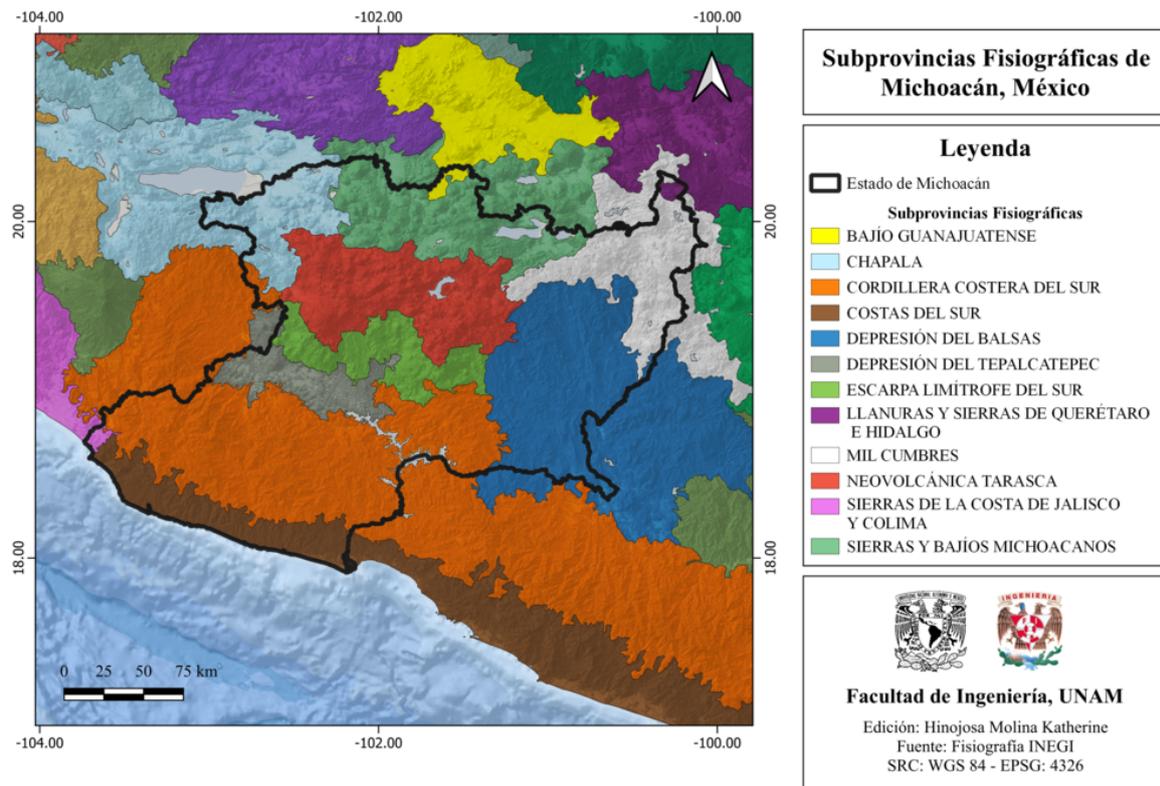


Figura 20.2: Subprovincias fisiográficas de Michoacán, México. [INEGI, 2001].

### 20.1.4 Rasgos estructurales de Michoacán, México

Michoacán tiene diversos rasgos geológicos estructurales, como sinclinales, anticlinales, fracturas y fallas geológicas (ver figura 20.3).

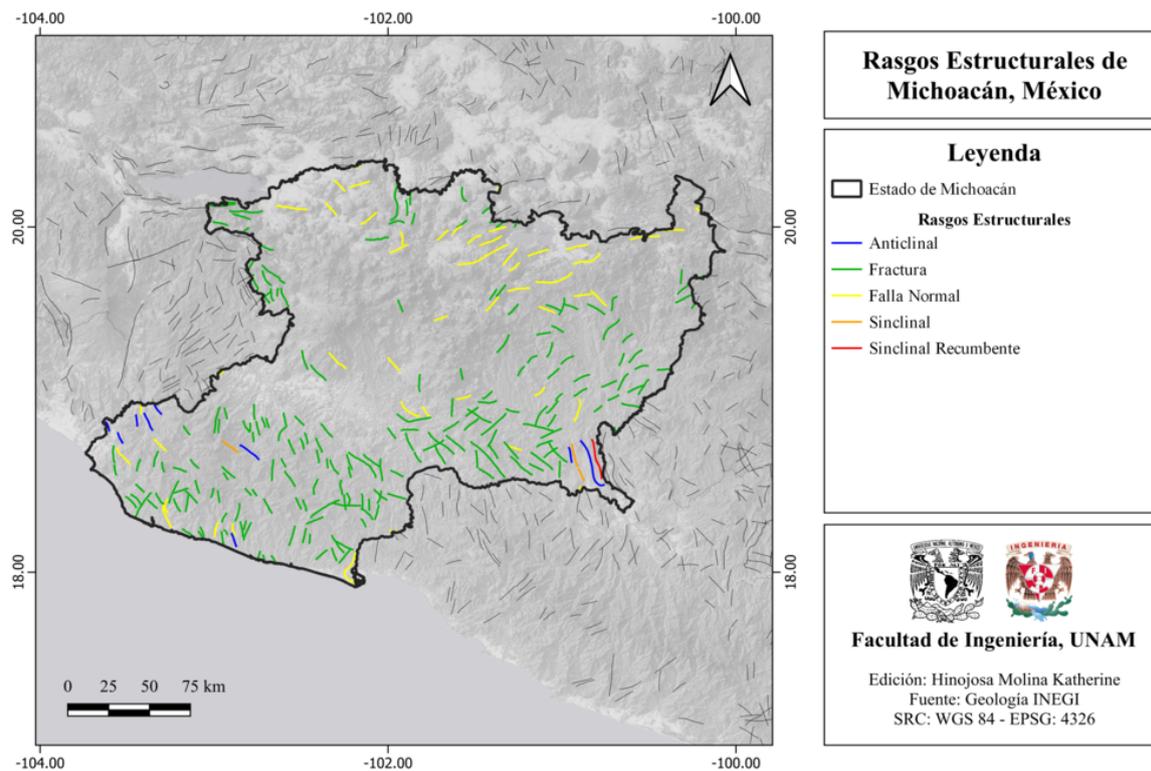


Figura 20.3: Rasgos estructurales de Michoacán, México. [INEGI, 2001].

De acuerdo con información del Atlas de Riesgos geológicos de Morelia (2020), hay 16 fallas importantes ubicadas en dicha localidad. Se enlistan a continuación:

1. **Cointzio:** Falla localizada en el sector suroeste de Morelia.
2. **Cerritos:** Falla de tipo normal con techo y piso al norte y sur, respectivamente. Tiene una dirección ONO-ENE y un escarpe de hasta 30 metros de altura. El proceso de subsidencia creep-falla que actualmente se registra en ella, presenta una longitud aproximada de 5 670 metros.
3. **La Paloma:** Esta falla tiene dirección E-W y es de tipo normal con su techo y piso al sur, respectivamente. Se localiza en el sector sur de la mancha urbana de Morelia, presenta una altura de hasta 200 metros y una longitud aproximada de 9 100 metros.
4. **Torremolinos:** Estructura que corresponde a una falla totalmente asociada al proceso de subsidencia regional que afecta a la ciudad de Morelia. Tiene una dirección

ENE-WSW con desniveles máximos de hasta 1 m frente al hotel Torremolinos y una longitud aproximada de 1 900 metros.

5. **Viveros:** Esta falla tiene una dirección paralela a la falla Torremolinos, pero con techo y piso al sur y norte, respectivamente. Afecta principalmente a la colonia Viveros, provocando agrietamiento de pavimentos, pisos y muros.
6. **Manantiales:** Esta falla tiene una longitud de aproximadamente 5 081 metros y en conjunto con la falla la Colina, poseen la misma trayectoria y son las fallas que más daños han ocasionado al desarrollo urbano de la ciudad.
7. **Hacienda Tiníjaro:** Falla localizada en el sector suroeste de Morelia.
8. **López Rayón:** Falla localizada en el sector suroeste de Morelia.
9. **Cuautla:** Esta falla tiene una longitud discontinua de aproximadamente 825 metros, en una dirección ENE-OSO y un desnivel máximo de 70 cm en Avenida Cuautla.
10. **Mirasoles:** Se localiza al poniente del Panteón Municipal y Ciudad Universitaria, en una longitud de aproximadamente 457 metros, con techo y piso al norte y sur, respectivamente.
11. **Chapultepec:** Falla paralela a la falla La Paloma, tiene aproximadamente 1 025 metros de longitud. Su techo y piso se localizan al sur y norte, respectivamente. Afecta principalmente a las colonias Chapultepec Norte, Chapultepec Sur y Chapultepec Oriente.
12. **La Colina:** Esta falla tiene una longitud aproximada de 2 576 metros y una trayectoria similar a la falla Manantiales. Ambas fallas han ocasionado la mayoría de daños al desarrollo urbano de Morelia.
13. **Nocupétaro:** Esta falla tiene una dirección NE-SW y una longitud de aproximadamente 3 081 metros. Afecta a edificios históricos importantes como el Palacio de Justicia, el edificio de urgencias médicas del IMSS, la antigua central de autobuses y la zona de la antigua industria aceitera Tron Hermanos.

14. **La Soledad:** Esta falla tiene una longitud aproximada de 2 193 metros, con una trayectoria entre las direcciones NE-SW y E-W.
15. **El Realito:** Esta falla tiene una longitud aproximada de 5 781 mm, con dirección NE-SW, afectando a depósitos del Quinceo y a depósitos lacustres flujos piroclásticos.
16. **Puertas del Sol:** Falla normal con posible componente lateral, con dirección NE 57°, su bloque d techo se encuentra al NW y su bloque de piso al SE, por tal motivo se conoce que esta falla es parte del sistema de fallas Morelia-Acambay. Su longitud se aproxima a los 170 metros; tiene un hundimiento mínimo aproximado de 10 cm hacia el oriente y un máximo de entre 30 a 40 cm en el extremo oriente de la falla.

En el mapa de la figura 20.4 se muestra la distribución de fallas geológicas en Morelia, Michoacán.

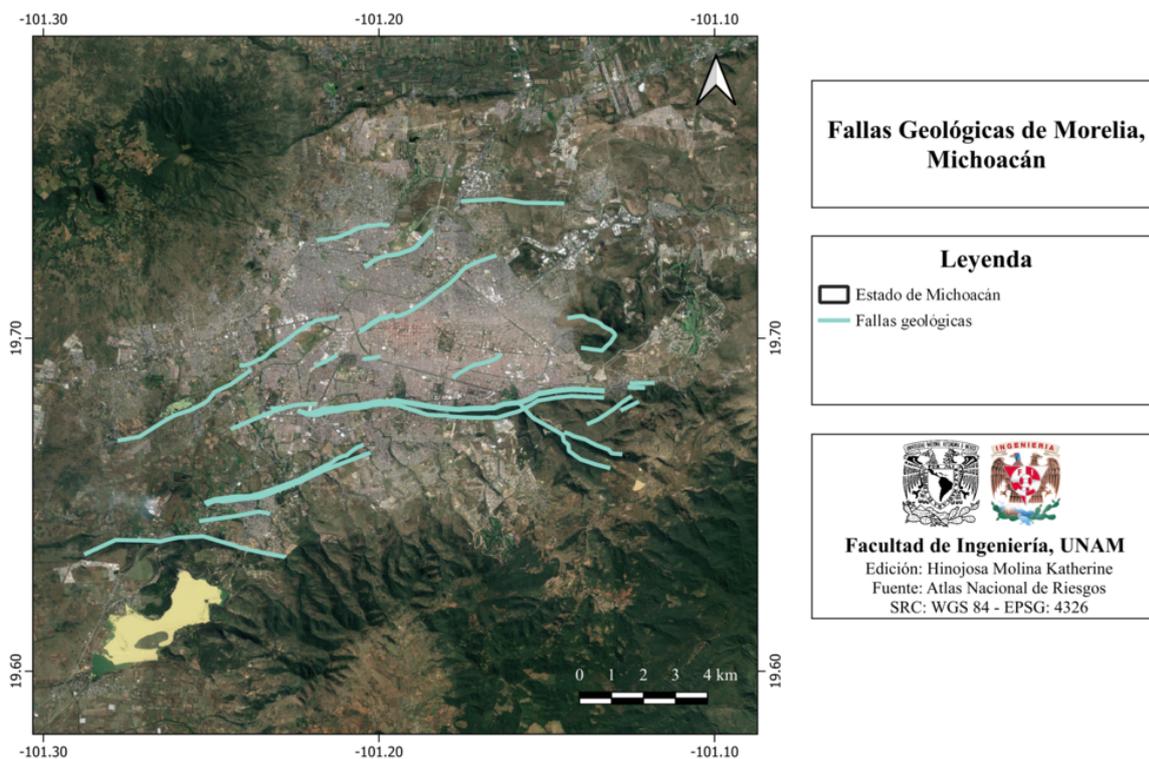


Figura 20.4: Fallas geológicas de Morelia, Michoacán, México. [INEGI, 2001].

## 20.2 Zonas sismogénicas (sismotectónicas)

### 20.2.1 Zonas sismogénicas de acuerdo con Zúñiga et al., (2017)

Michoacán es parte de las siguientes zonas sismogénicas [Zúñiga et al., 2017]:

#### Zonas sismogénicas someras ( $h < 40$ km)

- **BAR:** Zona de eventos dentro de la placa Norteamericana de poca profundidad ( $h < 20$  km), baja magnitud y escasa frecuencia. Posible extensión sur de las provincias de la Cuenca y cadena Río Grande.
- **BB:** Zona de eventos intra-placa (NOAM cortical,  $h < 20$  km). Provincia de Estrés de la Cuenca de Burgos.
- **MVB:** Zona de eventos intraplaca de la parte somera ( $h < 15$  km) de la placa Norteamericana, asociado a esfuerzos tensionales en el centro de México. Estos esfuerzos están relacionados con la ubicación de la Faja Volcánica Transmexicana ( $h < 20$  km).
- **SMO:** Zona de eventos intra-placa (corticales en la placa de Norteamérica). Provincia tectónica de la Sierra Madre. ( $h < 20$  km).
- **SUB2:** Zona de eventos de subducción de acoplamiento fuerte. Convergencia entre la placa de Cocos y Norteamérica ( $h < 40$  km).
- **NAM:** Intraplaca o corticales en la placa Norteamericana al sureste de México. No relacionados con el régimen volcánico de la Faja Volcánica Transmexicana ( $h < 20$  km).

En la figura 20.5 se muestra el mapa que contiene las zonas sismogénicas someras de Michoacán.

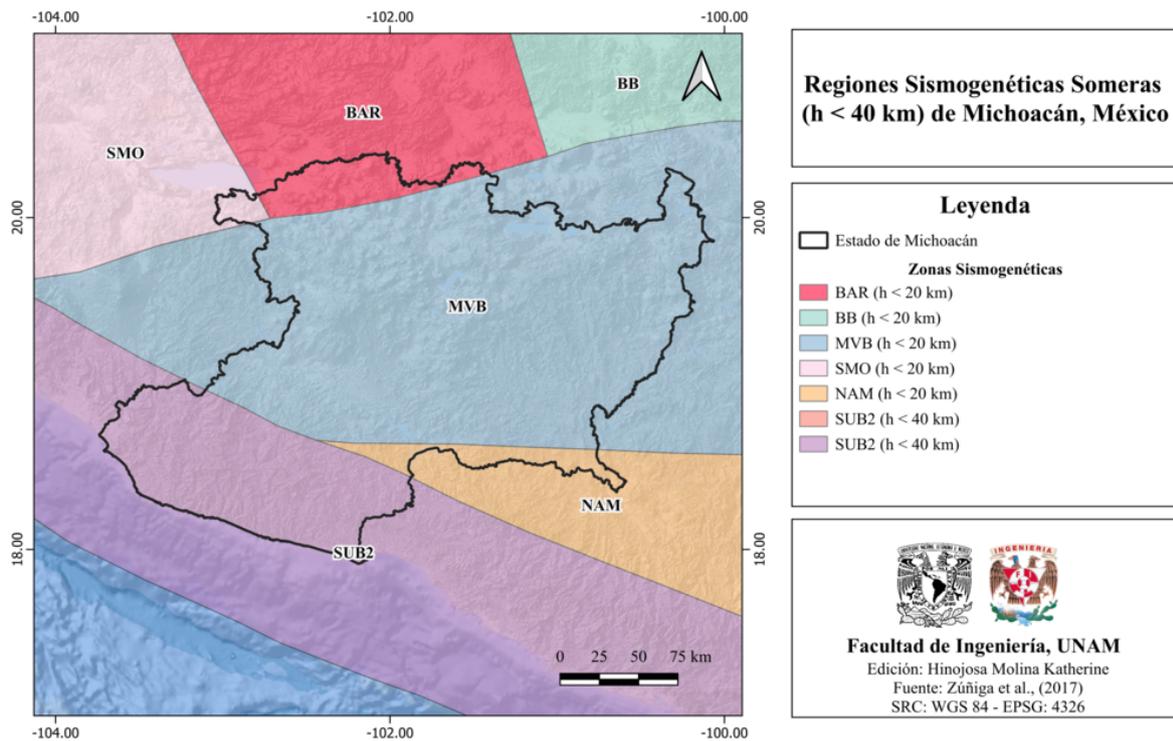


Figura 20.5: Regiones sismogenéticas someras (h < 40 km) de Michoacán, México. [Zúñiga et al., 2017].

### Zonas sismogenéticas de profundidad intermedia (h > 40 km)

- **IN1:** Zona de eventos intraplaca en la placa de Cocos ( $40 \text{ km} \leq h < 180 \text{ km}$ ). Es la extensión en profundidad de la zona SUB2.

En la figura 20.6 se muestra el mapa que contiene las zonas sismogenéticas de profundidad intermedia de Michoacán.

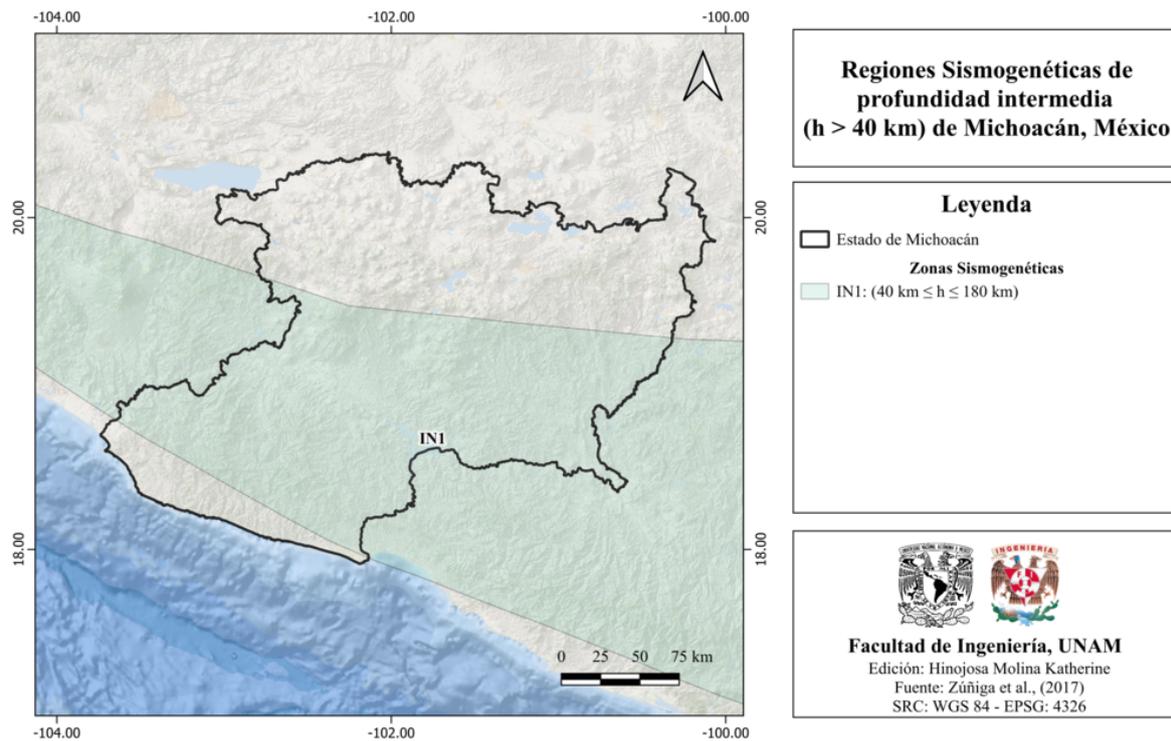


Figura 20.6: Regiones sísmogenéticas de profundidad intermedia ( $h > 40$  km) de Michoacán, México. [Zúñiga et al., 2017].

## 20.2.2 Zonas sísmogenéticas de acuerdo con la Comisión Federal de Electricidad (2015)

### Zonas de fuerte ocurrencia de sismos de subducción ( $M > 7$ )

- **Región 19:** Subducción Guerrero
- **Región 20:** Subducción Petatlán
- **Región 21:** Subducción Michoacán
- **Región 22:** Subducción Colima 1
- **Región 23:** Subducción Brecha de Colima

Estas zonas se muestran en el mapa de la figura 20.7.

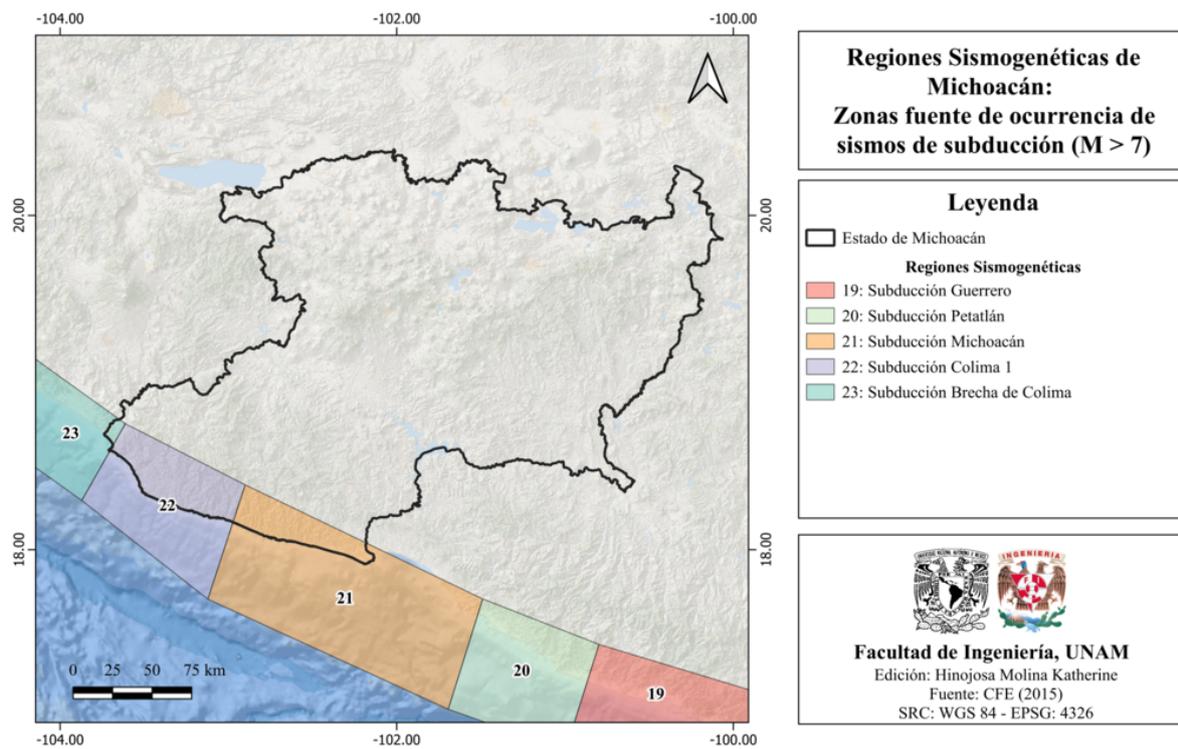


Figura 20.7: Zonas de fuerte ocurrencia de sismos de subducción ( $M > 7$ ) de Michoacán, México. [CFE, 2015].

## Zonas generadoras de sismos de profundidad intermedia

- **Región 28:** Profundidad Intermedia Oeste Nueva

Estas zonas se muestran en el mapa de la figura 20.8.

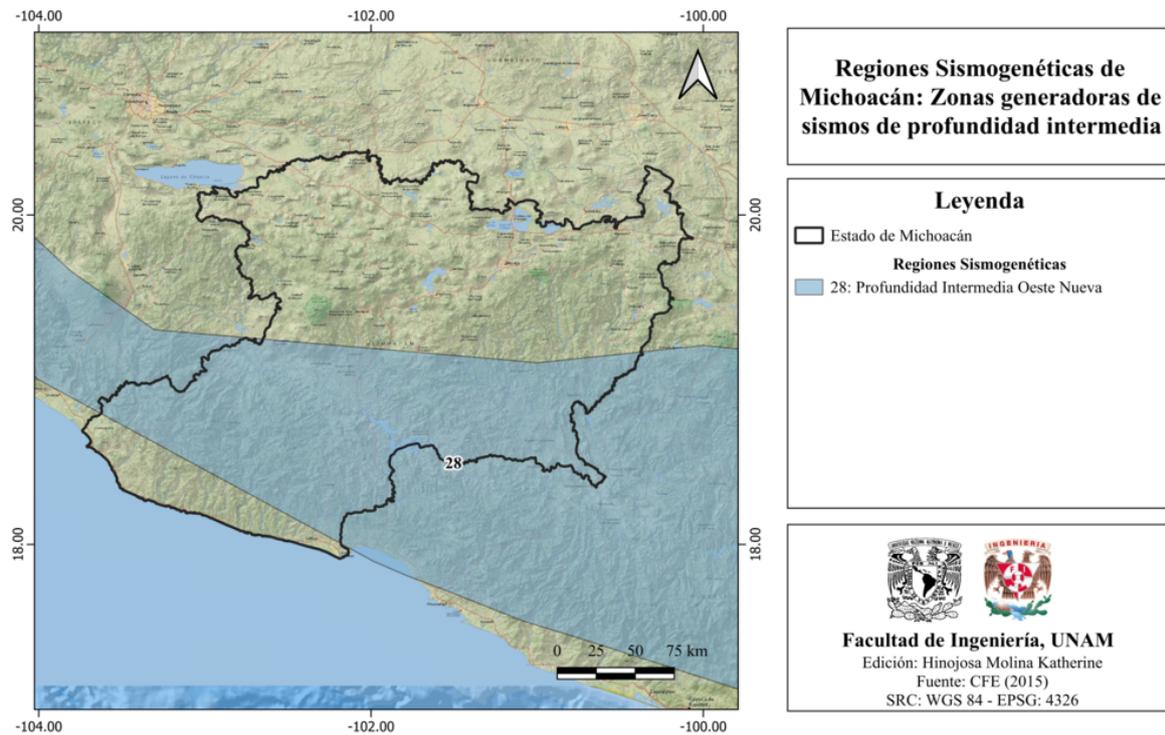


Figura 20.8: Zonas generadoras de sismos de profundidad intermedia de Michoacán, México [CFE, 2015].

### Zonas generadoras de sismos superficiales

- **Región 32:** Intraplaca
- **Región 33:** Eje Volcánico
- **Región 34:** Sismicidad difusa 1

Estas zonas se muestran en el mapa de la figura 20.9.

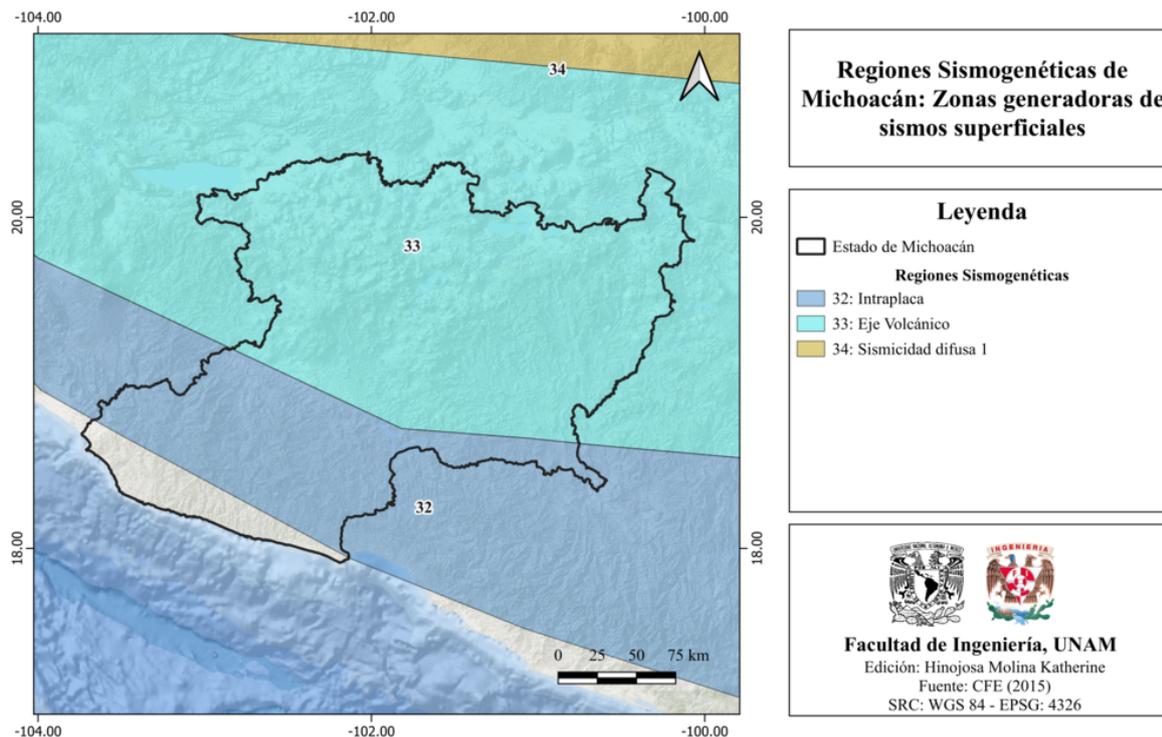


Figura 20.9: Zonas generadoras de sismos superficiales de Michoacán, México [CFE, 2015].

### 20.3 Sismicidad reportada por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) en el período 1900-2022

El Servicio Sismológico Nacional (SSN) ha reportado 18 444 sismos del 1 de enero de 1900 al 31 de diciembre de 2022 (UTC), con magnitudes entre 1.9 y 8.1, en el estado de Michoacán.

#### Sismos mayores a 6.0 en Michoacán

Los sismos de magnitud mayor a 6.0 que han ocurrido en el estado y sus cercanías se muestran en la figura 20.10.

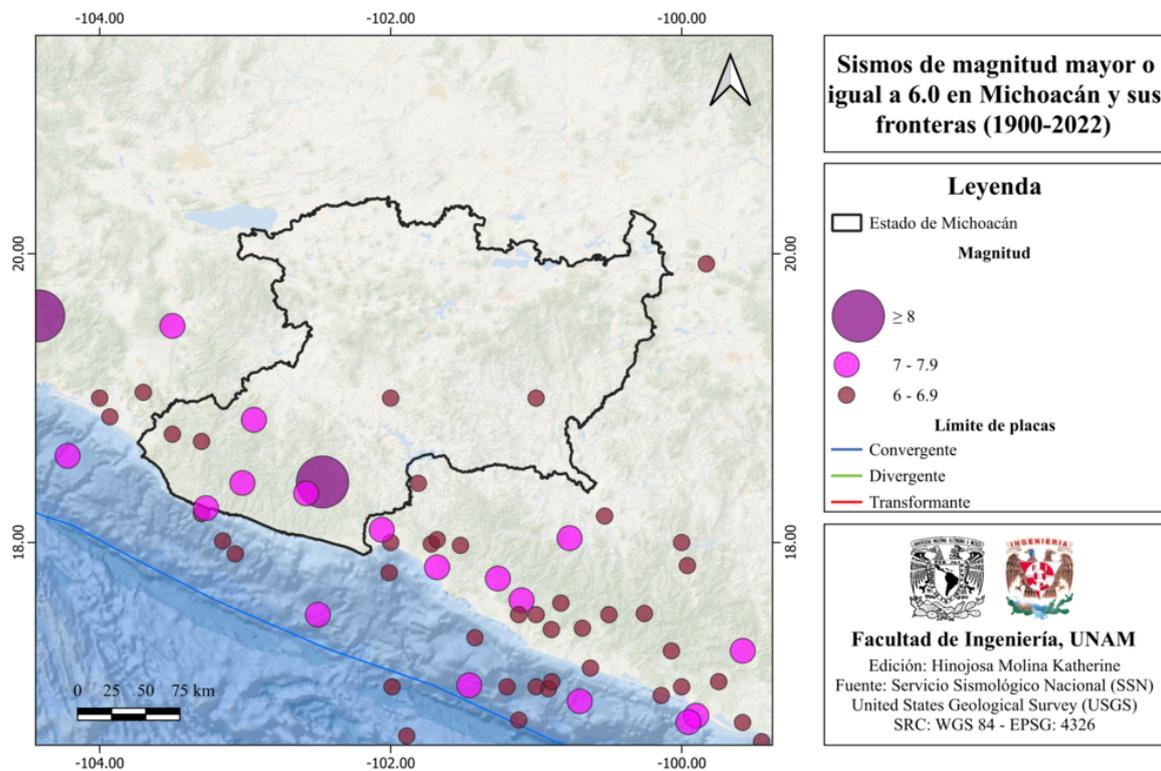


Figura 20.10: Sismos de magnitud mayor o igual a 6.0 en Michoacán, México [SSN, 2023].

## 20.4 Sismos históricos

- **30 de enero de 1973, M 7.6** De acuerdo con el SSN, este evento ocurrió el 30 de enero de 1973 a las 15:01:12 (tiempo del centro). Tuvo una magnitud de 7.6, una profundidad de 24 km y se localizó a 43 km al sureste de Coalcoman, Michoacán.
- **24 de octubre de 1981, M 7.3** Este evento ocurrió el 24 de octubre de 1981 a las 21:22:16 horas (tiempo del centro de México). Tuvo una magnitud de 7.3, una profundidad de 21 km y se localizó a 18 km al noreste de las Guacamayas, Michoacán.
- **19 de septiembre de 1985, M 8.1** El SSN reportó este sismo el 19 de septiembre de 1985 a las 07:17:49 horas (tiempo del centro de México). Tuvo una magnitud de 8.1, una profundidad de 15 km y se localizó a 45 km al noroeste de La Mira, Michoacán. Las zonas de afectación del sismo fueron el centro, sur y occidente de México, particularmente la Ciudad de México. Hasta el momento este sismo

es considerado el más dañino y significativo en la historia del país. Actualmente se desconoce la cifra oficial de fallecidos y daños materiales de este sismo pero se estima que aproximadamente 20 000 personas murieron. En la figura 20.11 se muestra el mapa de intensidad de este sismo.

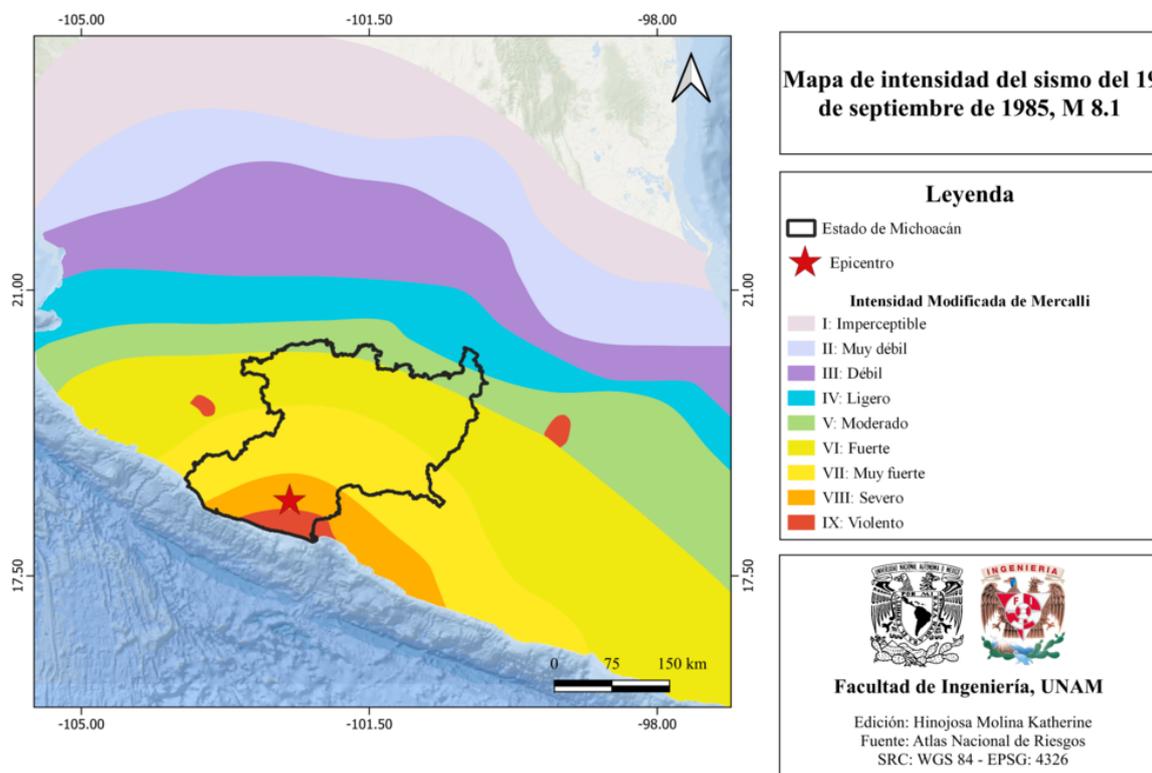


Figura 20.11: Mapa de intensidad del sismo del 19 de septiembre de 1985, M 8.1 [ANR-Cenapred, 2016].

- **20 de septiembre de 1985, M 7.6** Este sismo ocurrió el 20 de septiembre de 1985 a las 19:37:14 horas (tiempo del centro de México). Tuvo una magnitud de 7.6, una profundidad de 17 km y se localizó a 25 km al noroeste de Zihuatanejo, Guerrero. Este evento fue una réplica del sismo del 19 de septiembre de 1985, por lo que tuvo gran repercusión para la capital, ya que las estructuras o edificios terminaron por colapsar definitivamente.
- **19 de septiembre de 2022 M 7.7** El día 19 de septiembre de 2022, el Servicio Sismológico Nacional (SSN) reportó un sismo de magnitud 7.7, localizado en las cercanías de Coalcomán, Michoacán. Este evento ocurrió a las 13:05:09 horas (hora local), tuvo una profundidad de 15 km y fue percibido en varias localidades del

estado de Michoacán. El mecanismo focal fue de falla inversa. En la figura 20.12 se muestra el mapa de intensidades debidas a este evento sísmico.

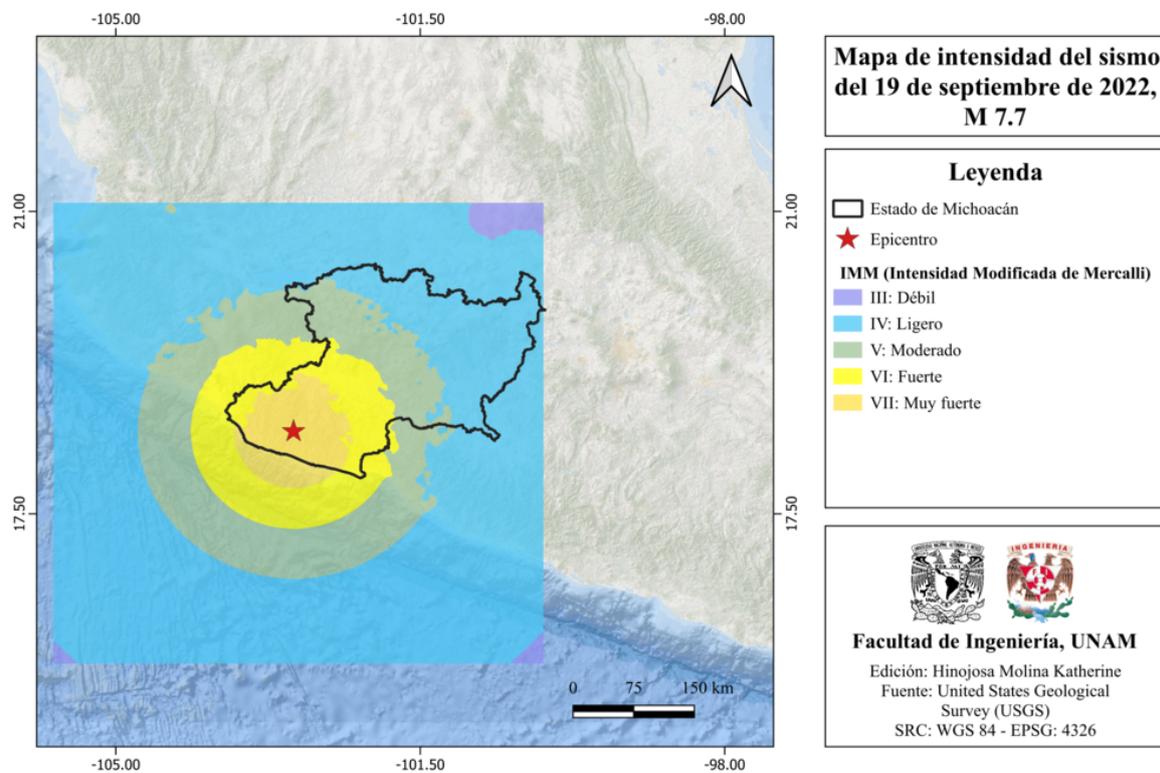


Figura 20.12: Mapa de intensidad del sismo del 19 de septiembre de 2022, M 7.7 [USGS, 2023].

## 20.5 Peligro por tsunami

El estado de Michoacán se encuentra dentro de la zona generadora de tsunamis locales y receptora de tsunamis lejanos [Cenapred, 2021], tal como se muestra en la figura 20.13.

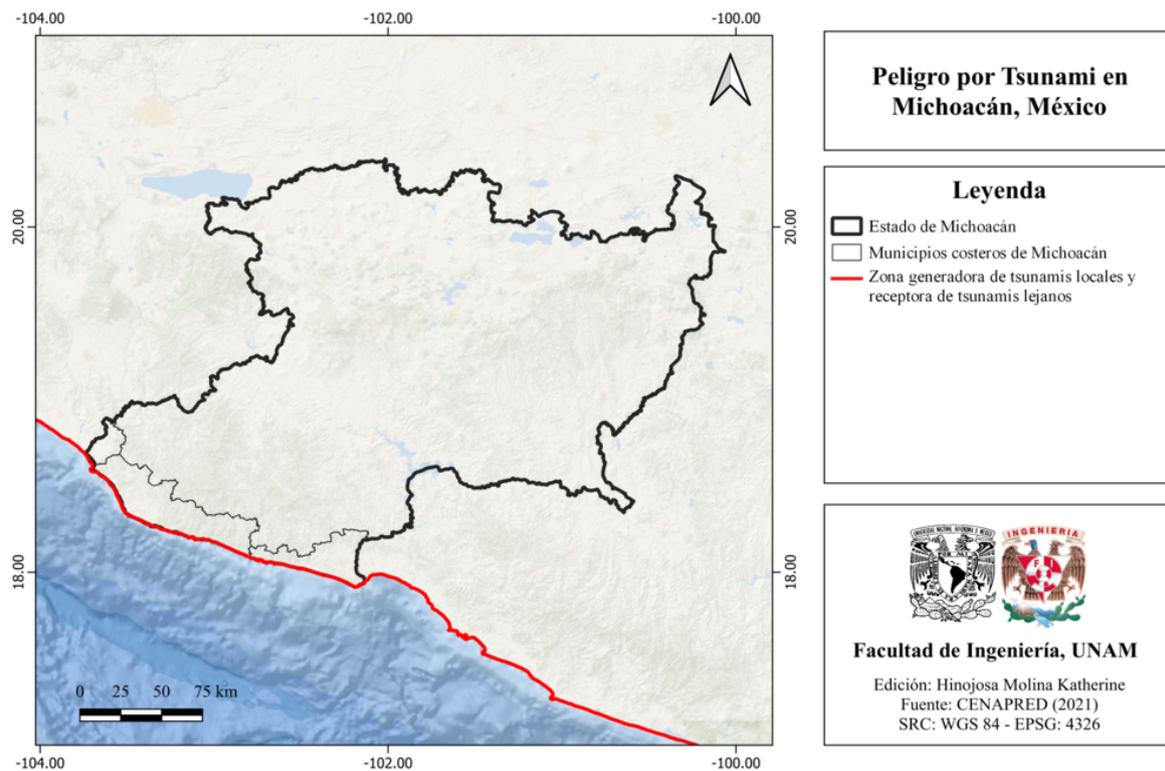


Figura 20.13: Peligro por tsunami en Michoacán, México [Cenapred, 2021].

De acuerdo con el CAT-SEMAR, entre los tsunamis que han sido generados desde el estado de Michoacán, se encuentran la siguiente fecha relevante:

- **19 de septiembre de 1985**

El sismo ocurrido el 19 de septiembre de 1985 generó un tsunami que fue observado en Lázaro Cárdenas y Playa Azul, en Michoacán; así como en Ixtapa-Zihuatanejo y Acapulco, en Guerrero y en Manzanillo, Colima. En Playa Azul el tsunami penetró una extensión horizontal de aproximadamente 150 m, con alturas de hasta un metro. Por otra parte, en Lázaro Cárdenas, después de minuto y medio del primer pulso del sismo, el nivel del mar descendió y retrocedió 60 m aproximadamente, regresando después e inundando alrededor de 500 m horizontalmente, con alturas de 2.5 m.

## 20.6 Información general de peligro sísmico

### 20.6.1 Global de intensidades

El mapa de Michoacán que corresponde al global de intensidades [ANR-Cenapred, 2016], se muestra en la siguiente figura 20.14. En este se observa que en el estado se manejan intensidades en la escala de Mercalli de VII, VIII, IX y X que corresponden a muy fuerte, severo, violento y extremo, respectivamente.

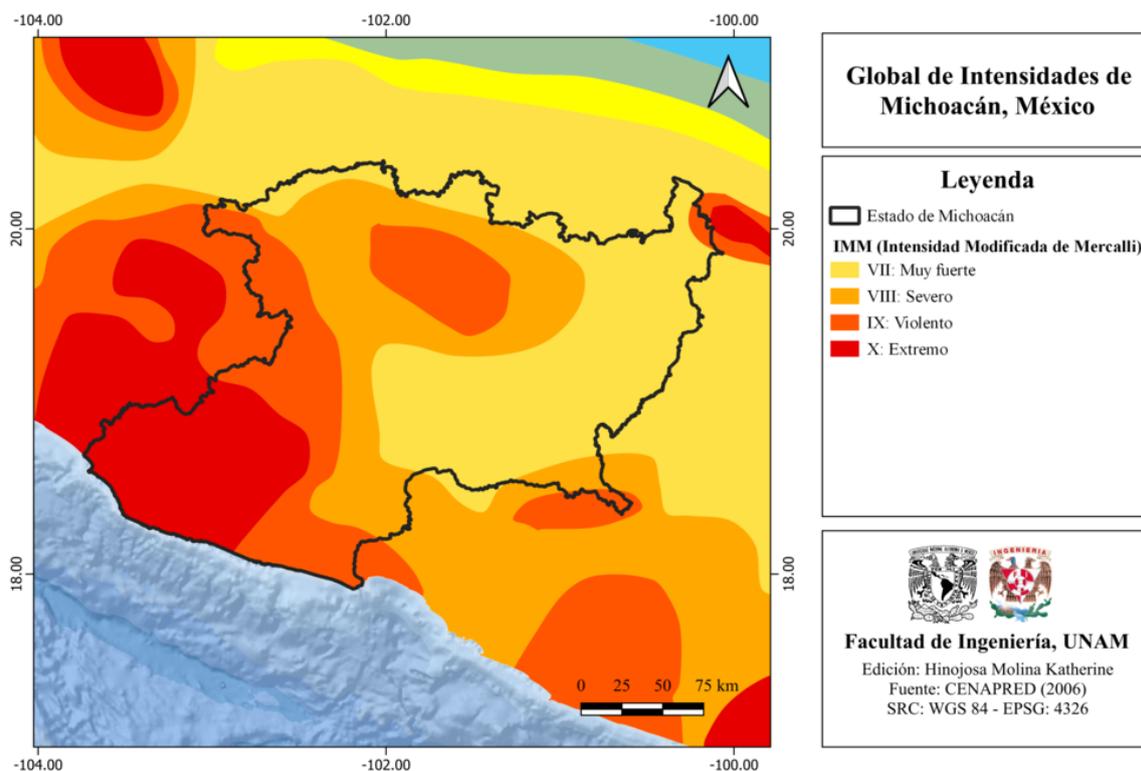


Figura 20.14: Global de intensidades de Michoacán, México [ANR-Cenapred, 2016].

### 20.6.2 Regionalización sísmica de acuerdo con la CFE (2015)

De acuerdo con la regionalización sísmica de la República Mexicana [CFE, 2015] y al mapa de la figura 20.15, Michoacán se encuentra dentro de las zonas B, C y D en las cuales se tiene sismicidad baja, alta y muy alta, respectivamente.

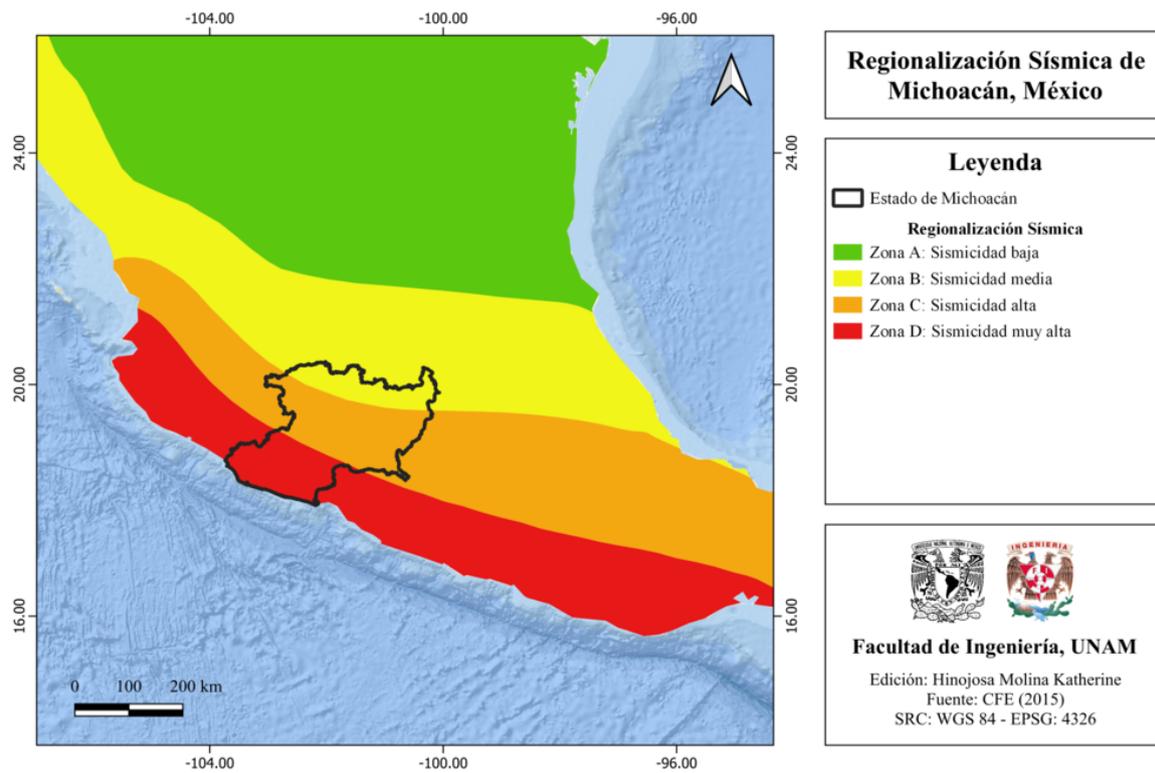


Figura 20.15: Regionalización sísmica de Michoacán, México [CFE, 2015].

### 20.6.3 Parámetro Vs30 (USGS)

El mapa de velocidad de onda de corte para Michoacán, de acuerdo con el parámetro Vs30 del USGS, se muestra en la figura 20.16.

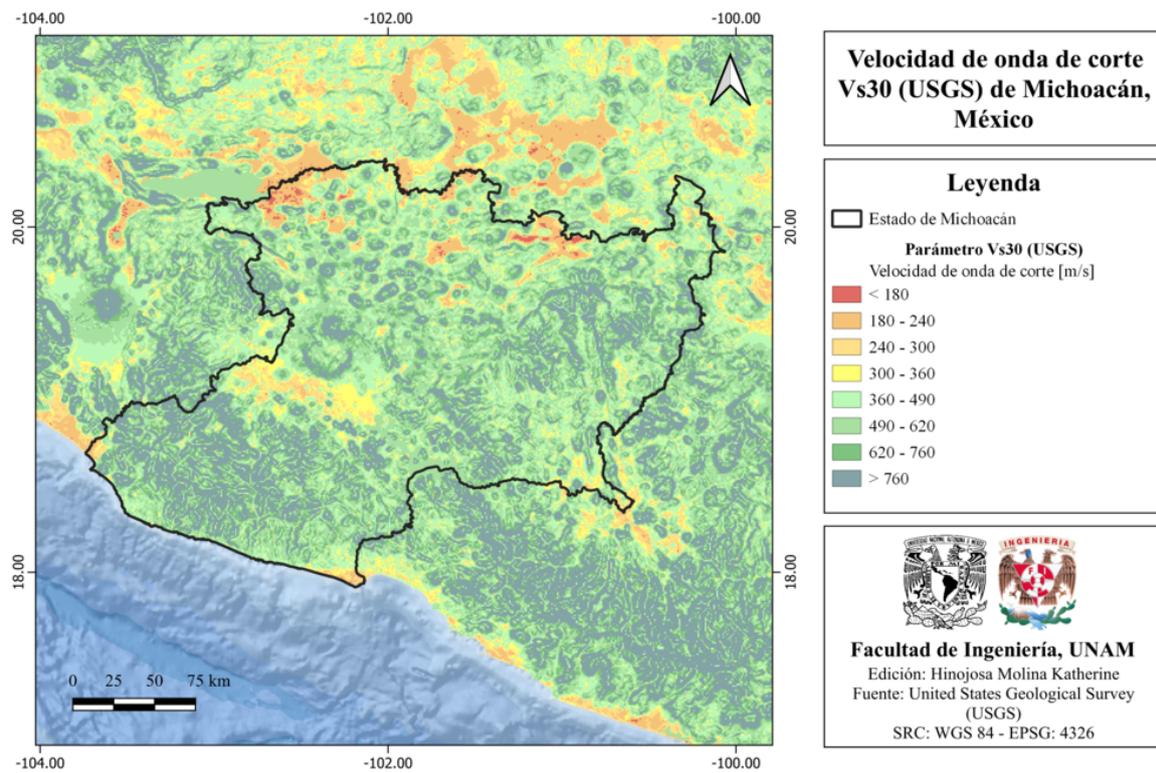


Figura 20.16: Regionalización sísmica de Michoacán, México [Heath et al., 2020].

#### 20.6.4 Municipios con posibles efectos de sitio

El mapa de la figura 20.17 [Cenapred, 2020], muestra los municipios de Michoacán con posibles efectos de sitio.

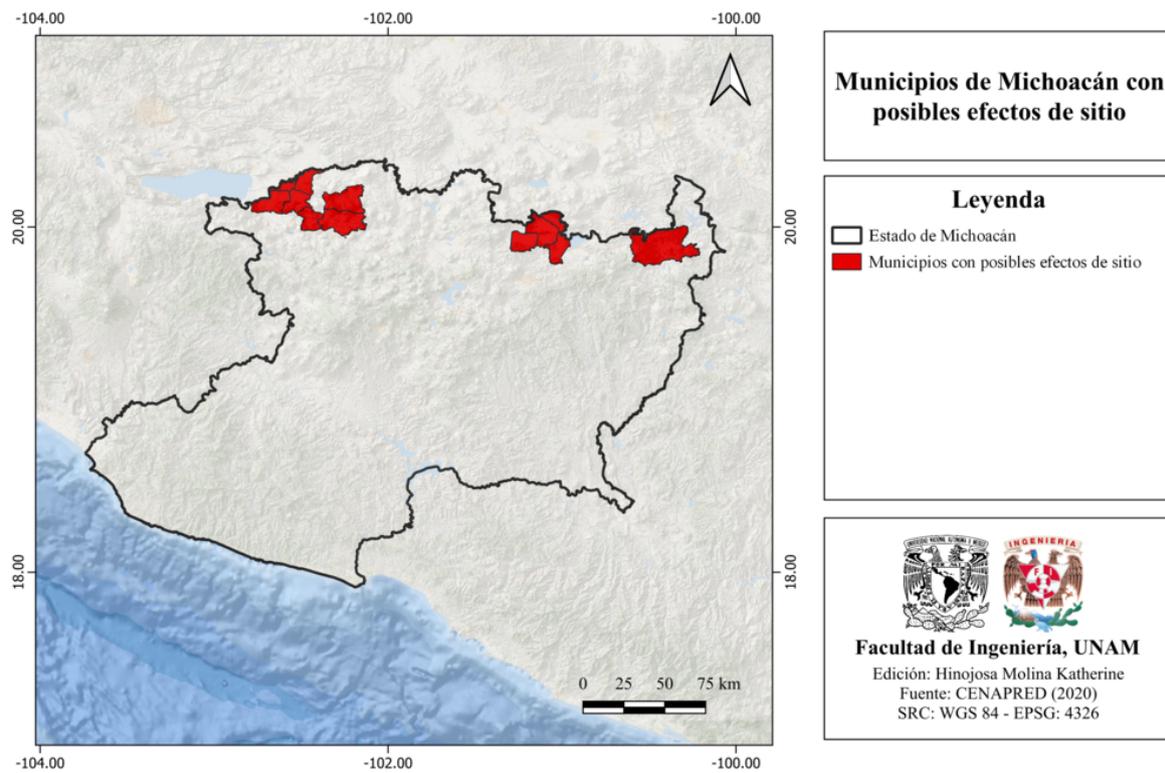


Figura 20.17: Municipios de Michoacán con posibles efectos de sitio [Cenapred, 2020].

### 20.6.5 Municipios con peligro de deslizamiento por sismo

El mapa de la figura 20.18 [Cenapred, 2020], muestra los municipios de Michoacán con peligro de deslizamiento por sismo.

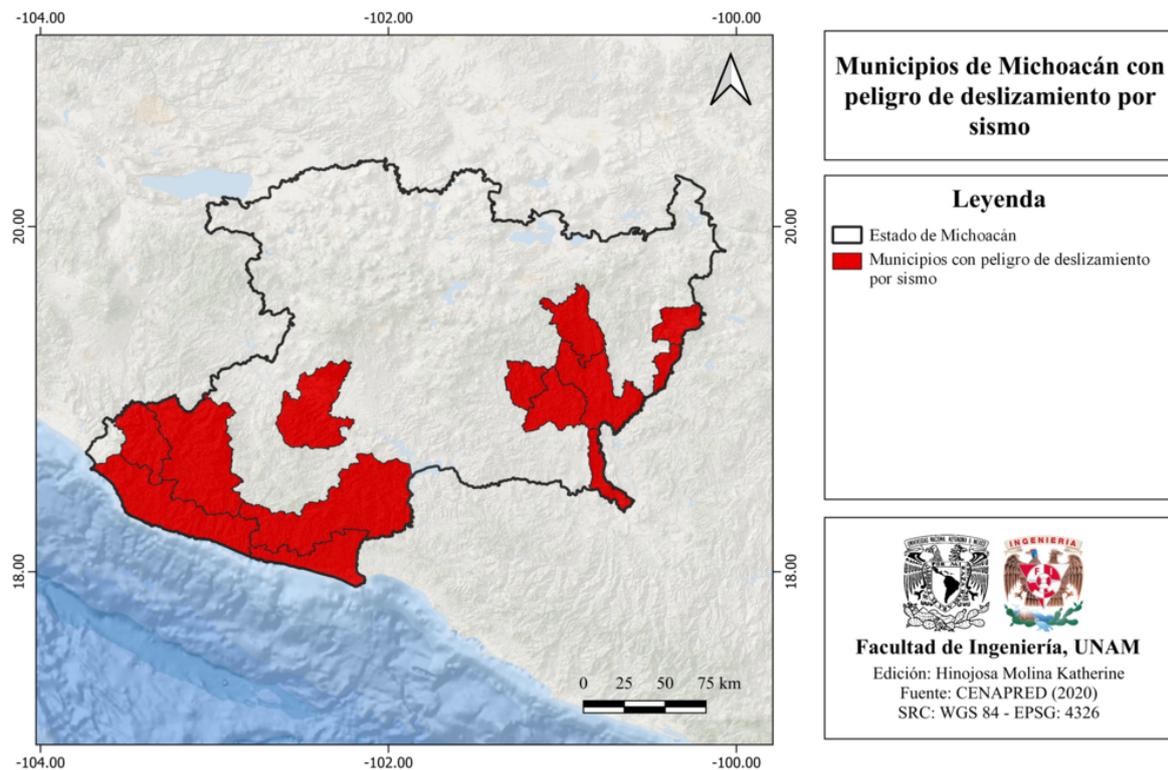


Figura 20.18: Municipios de Michoacán con peligro de deslizamiento por sismo [Cenapred, 2020].

### 20.6.6 Municipios con reglamento de construcción de obras civiles

El estado de Michoacán cuenta con 32 reglamentos municipales de construcción. Dichos municipios se muestran en la figura 20.19.

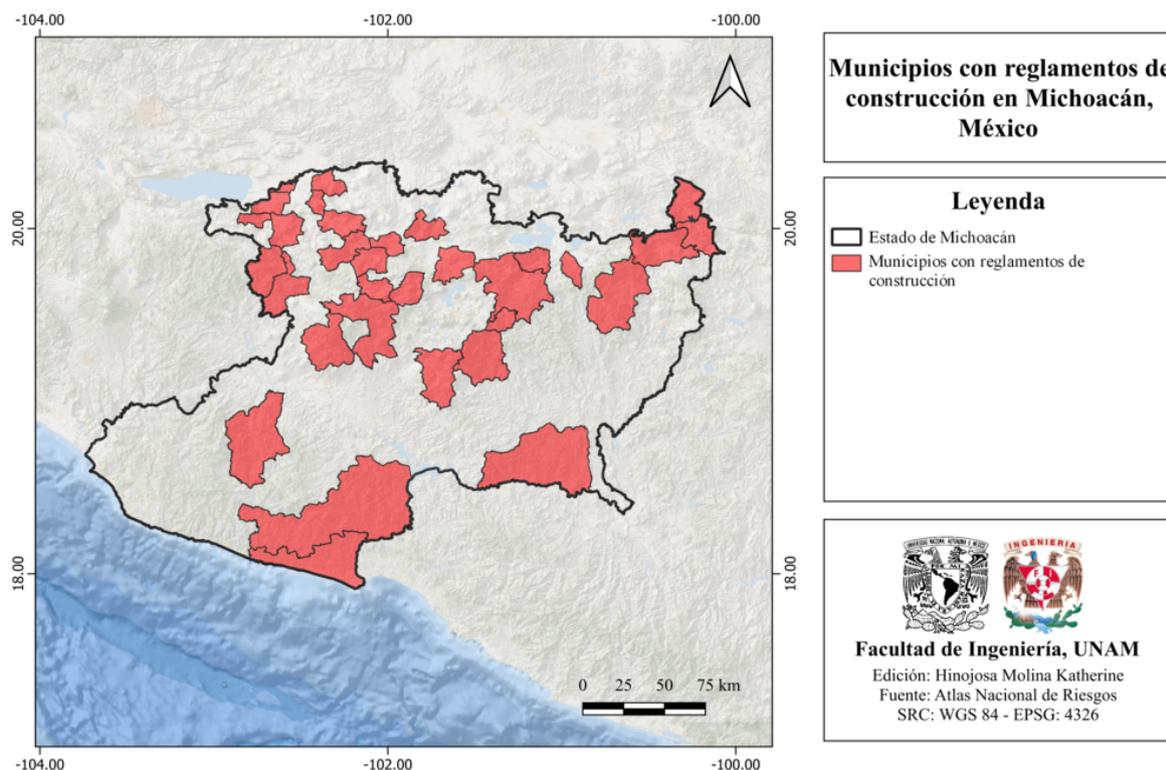


Figura 20.19: Municipios con reglamentos de construcción en Michoacán, México [ANR-Cenapred, 2016].

## 20.7 Secuencias sísmicas (enjambres) reportadas por el Servicio Sismológico Nacional (SSN)

- **Secuencia sísmica del 26 y 27 de abril de 2016**

El Servicio Sismológico Nacional (SSN) reportó un enjambre sísmico entre los días 26 y 27 de abril, el cual tuvo 36 sismos localizados en los alrededores de Coacomán, Michoacán. El sismo de menor magnitud fue de 2.6, mientras que el de mayor magnitud fue de 4.9, ocurrido el 26 de abril a las 7:04 horas (hora local del centro de México) y tuvo una profundidad de 5 km. En el mapa de la figura 20.20 se muestra la distribución de los eventos sísmicos de este enjambre.

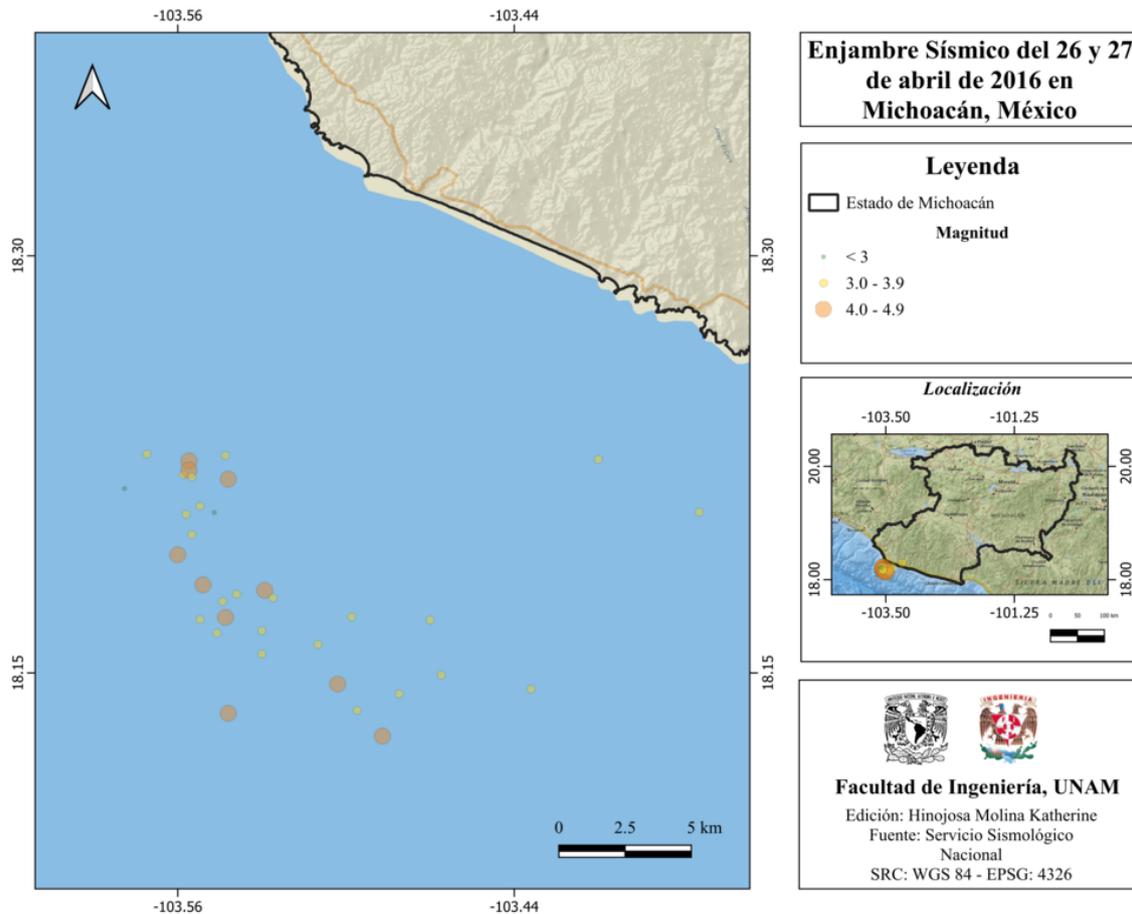


Figura 20.20: Secuencia sísmica del 26 y 27 de abril de 2016 [SSN, 2023].

• **Secuencia sísmica del 18 al 22 de agosto de 2017**

Entre los días del 18 al 22 de agosto de 2017, el SSN reportó un enjambre sísmico con 81 eventos ubicados en las cercanías de Coalcomán, Michoacán. El sismo de mayor magnitud fue de 4.6 y ocurrió el 20 de agosto a las 00:55, a una profundidad de 13 km. En el mapa de la figura 20.21 se muestra la distribución de los eventos sísmicos de este enjambre.

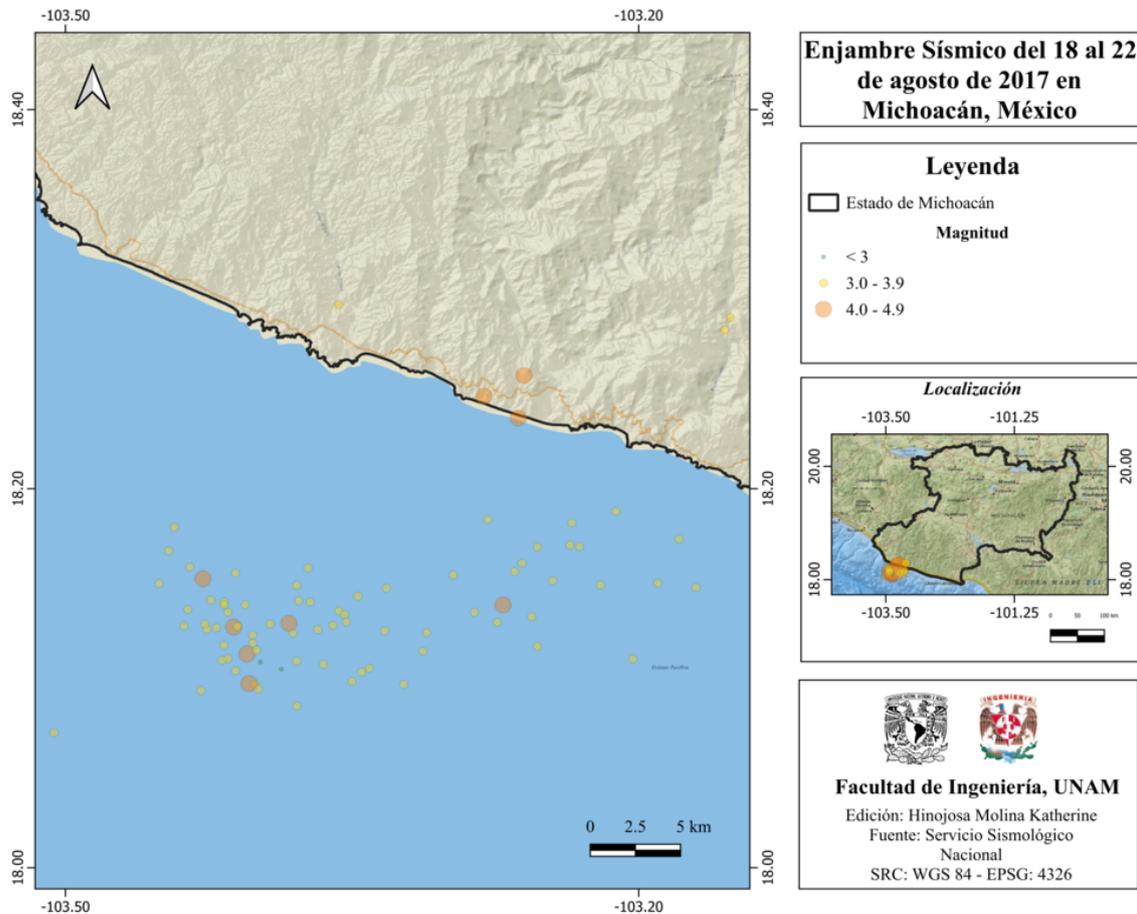


Figura 20.21: Secuencia sísmica del 18 al 22 de agosto de 2017 [SSN, 2023].

● **Secuencia sísmica del 5 de enero al 10 de marzo de 2020**

Del 5 de enero al 10 de marzo de 2020, el Servicio Sismológico Nacional (SSN) reportó una secuencia sísmica con 3 294 sismos localizados en los alrededores de Uruapan, Michoacán. Los sismos de mayor magnitud de esta secuencia fueron de 4.1 y en total fueron 6 eventos. En el mapa de la figura 20.22 se muestra la distribución de los eventos sísmicos de este enjambre.

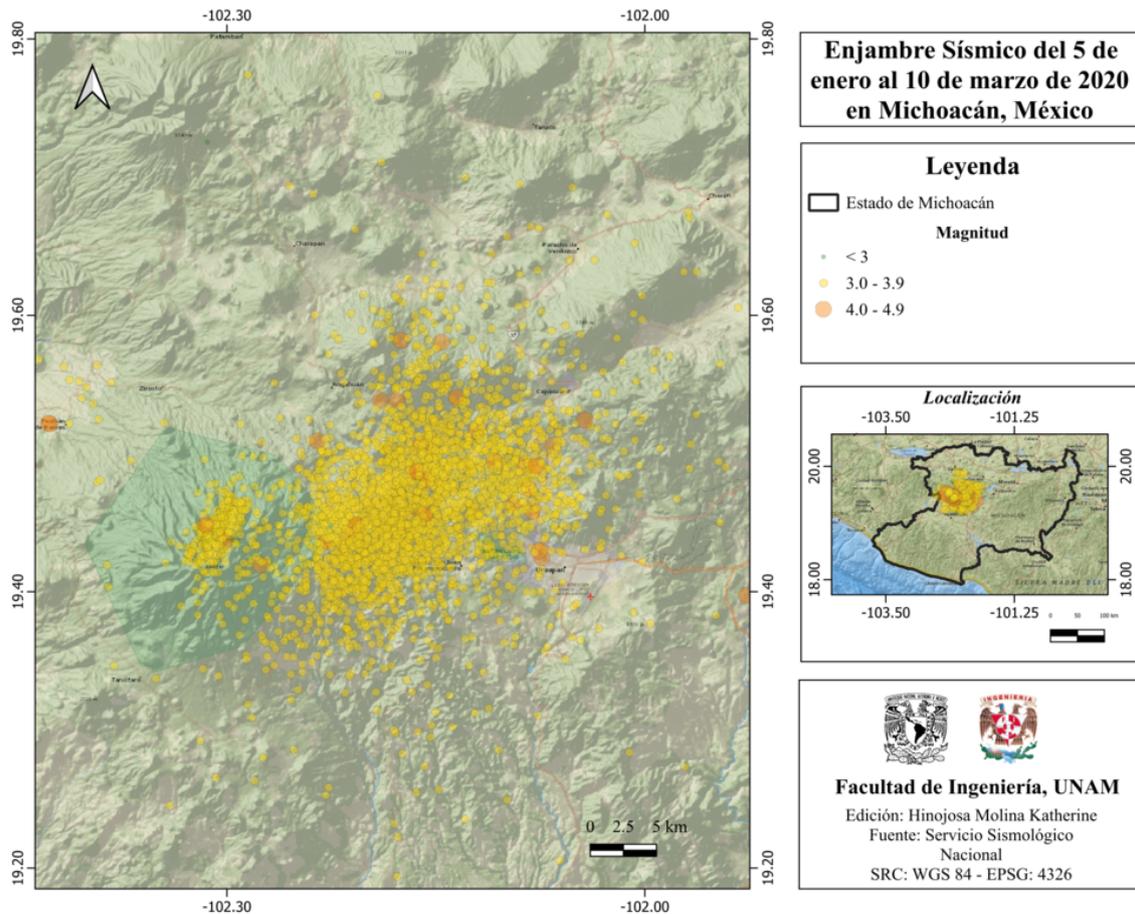


Figura 20.22: Secuencia sísmica del 5 de enero al 10 de marzo de 2020 [SSN, 2023].

- **Secuencia sísmica del 30 de mayo al 3 de septiembre de 2021**

Entre el 30 de mayo y el 3 de septiembre de 2021, el SSN reportó 1 083 eventos para esta secuencia sísmica. El sismo de mayor magnitud fue de 4.1 y ocurrió el 4 de junio de 2021. También se presentaron 9 sismos de magnitud 4.0 y la magnitud mínima registrada fue de 3.0. El mapa que representa la distribución de este enjambre se muestra en la figura 20.23.

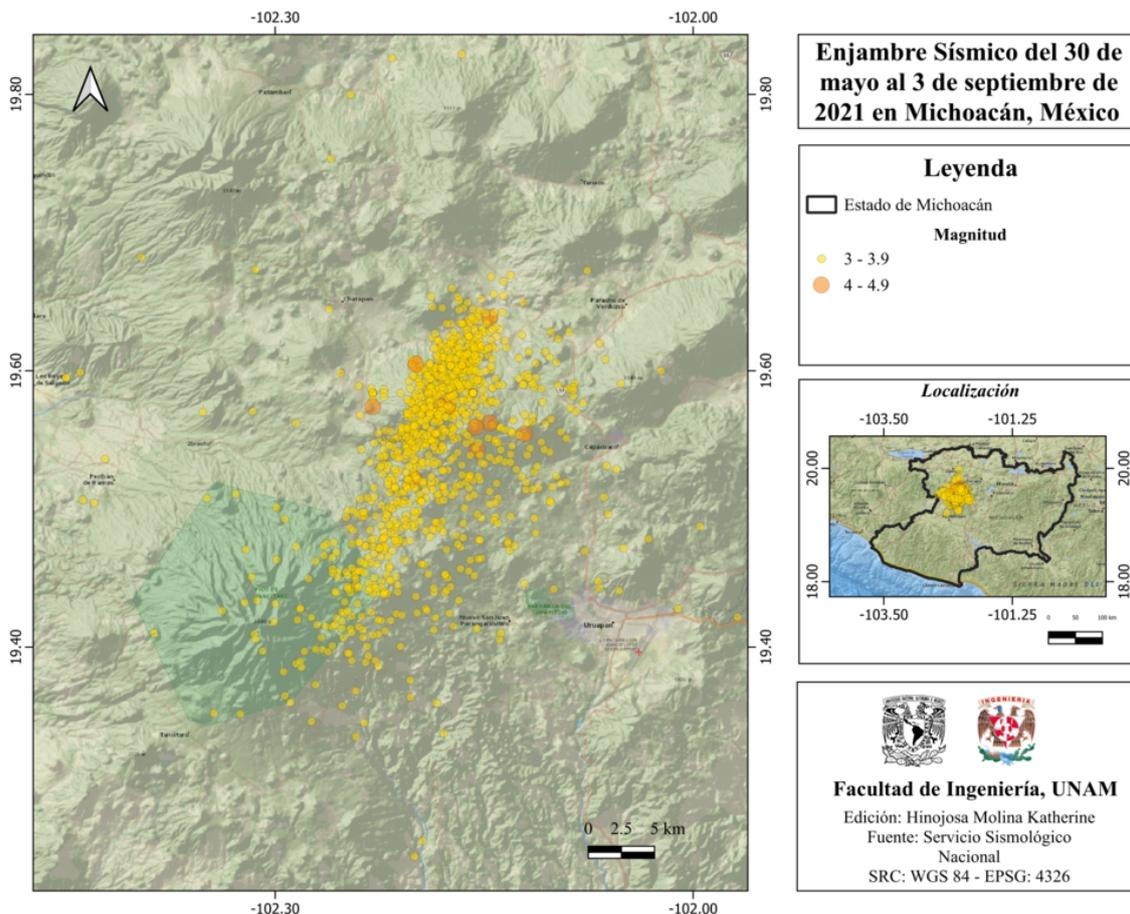


Figura 20.23: Secuencia sísmica del 30 de mayo al 3 de septiembre de 2021 [SSN, 2023].

- **Secuencia sísmica del 23 de septiembre de 2022 en Los Reyes Salgado, Michoacán**

De acuerdo con información del Servicio Sismológico Nacional (SSN), la región de Uruapan-Tancítaro-Los Reyes tuvo gran actividad sísmica en los años 2020 y 2021 y disminuyó en 2022. No obstante, el 23 de septiembre de 2022 se registró un sismo de magnitud 3.8 localizado a 5 km al noroeste de Los Reyes Salgado (LRS), Michoacán. Esto dio lugar a un incremento bastante notable de la sismicidad de la zona, sumando 200 sismos únicamente en los alrededores de Los Reyes.

En la figura 20.24 se muestra el mapa de dichos eventos sísmicos. Los mecanismos focales de los sismos sugieren una asociación al graben Peribán-Los Reyes. El SSN reporta registros sísmicos con características de sismicidad superficial, acordes con la tectónica local. Cabe destacar que las máximas aceleraciones registradas son de  $6.2 \frac{cm}{s^2}$ , registradas a 27 km del epicentro, por lo cual se supone que en Los Reyes

Salgado fue mayor. Es importante tomar en cuenta que las aceleraciones mayores de  $2 \frac{cm}{s^2}$  son percibidas.

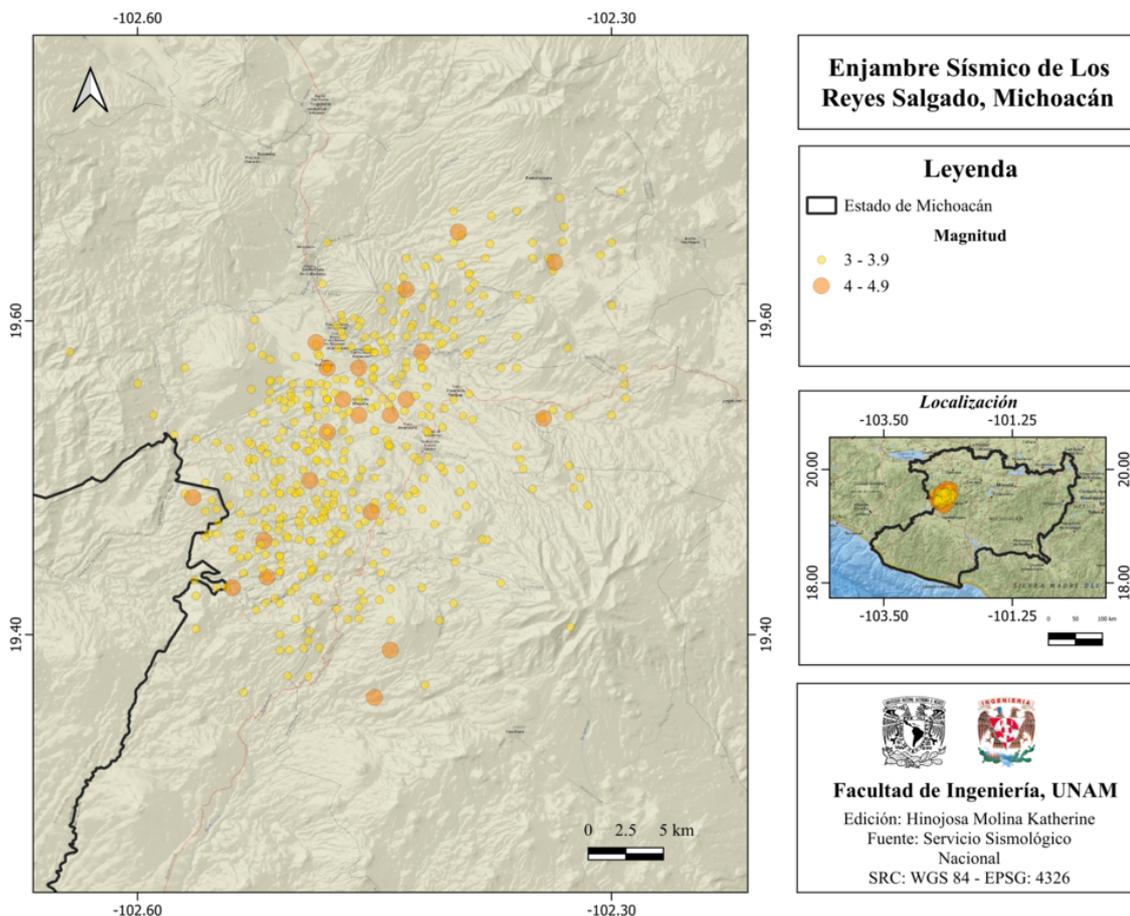


Figura 20.24: Secuencia sísmica de Los Reyes, Michoacán [SSN, 2023].

- Secuencia sísmica del 15 al 21 de marzo de 2023** El Servicio Sismológico Nacional (SSN) reportó una secuencia sísmica del 15 al 21 de marzo de 2023, sumando un total de 84 eventos reportados. El evento de mayor magnitud fue de Mc 4.6 (Mw 4.4), ubicado en los alrededores de Peribán, Michoacán. Este sismo fue percibido en Peribán y Los Reyes Salgado, así como en otras localidades de Michoacán. En la figura 20.25 se muestran los sismos de esta secuencia sísmica.

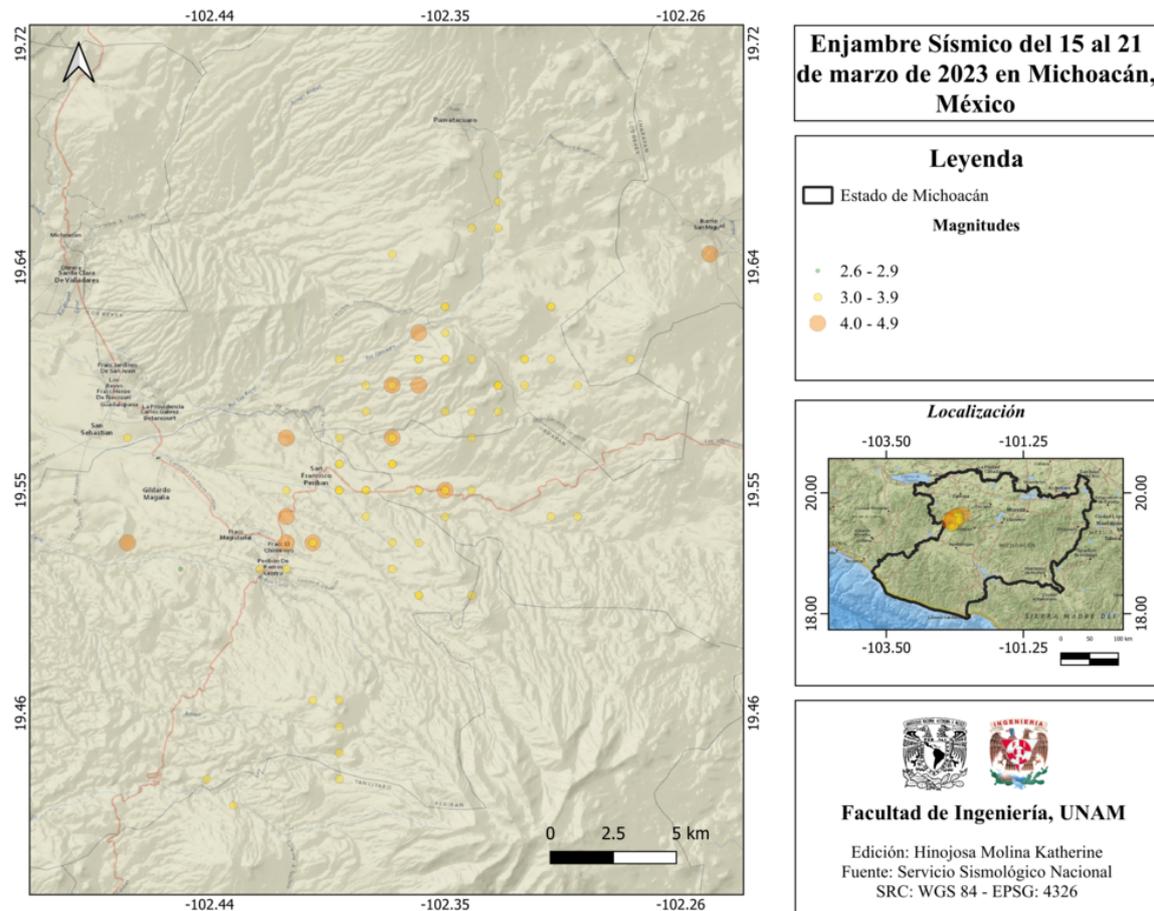


Figura 20.25: Secuencia sísmica del 15 al 21 de marzo de 2023 [SSN, 2023].

## 20.8 Estaciones de registro sísmico en el estado

El estado de Michoacán cuenta con dos estaciones sísmicas pertenecientes a la red de banda ancha del Servicio Sismológico Nacional (SSN):

1. **MOIG:** Morelia
2. **MMIG:** Maruata

El Instituto de Ingeniería cuenta con siete estaciones:

1. **CALE:** Caleta de Campos
2. **CANA:** Las Cañas
3. **MARU:** Maruata

4. **NITA**: Nueva Italia
5. **SJAL**: San Juan de Alima
6. **SNJE**: San Jerónimo
7. **URUA**: Uruapan

En el mapa de la figura 20.26 se muestra la distribución de estaciones de registro sísmico en Michoacán.

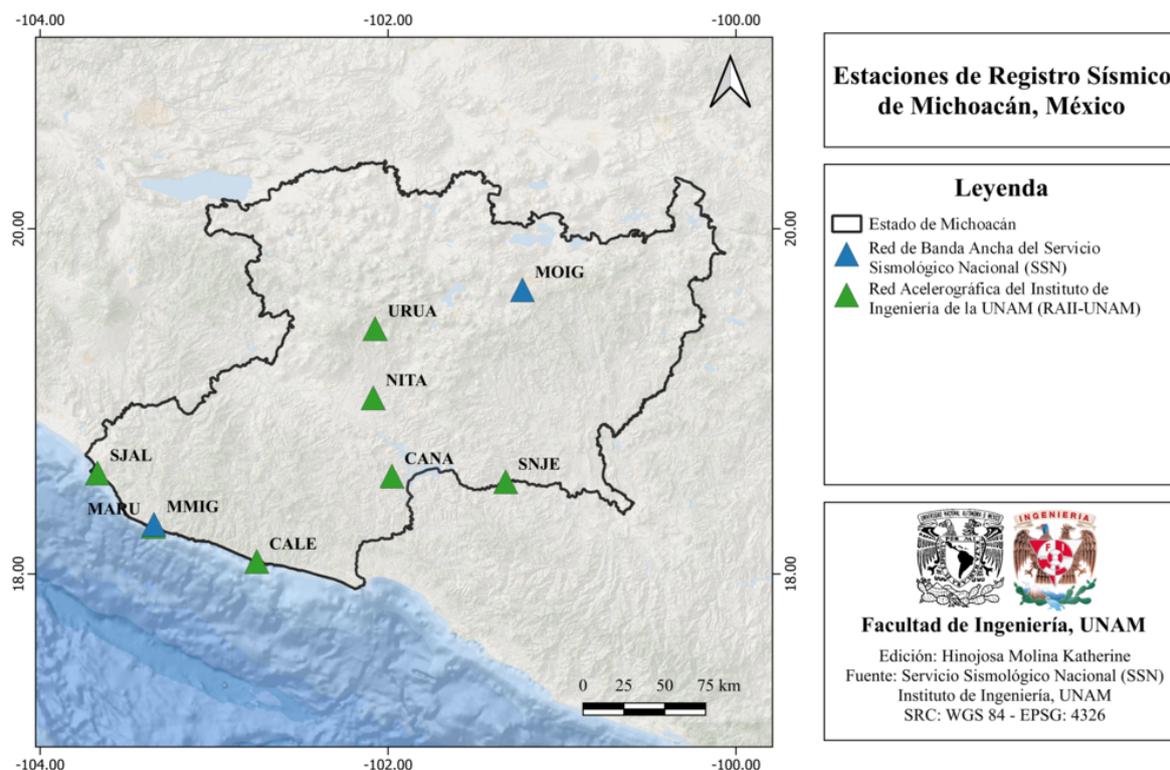


Figura 20.26: Estaciones de registro sísmico de Michoacán, México [SSN, 2023].

## 20.9 Instituciones educativas que han realizado estudios en alguna zona del estado o en sus cercanías

- Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia, UNAM
- Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, UNAM

- Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

## 20.10 Estudios de sismicidad o de peligro sísmico en alguna zona del estado

- Calderón, D. A. G., Caballero, D. C. S., y Chávez, P. C. (2021). Tectónica y sismicidad en la Región Volcánica Parícutin-Tancítaro, Michoacán, México. *Ciencia Nicolaita*, (82).
- Chávez Hernández, J. (2006). Estudio de las características mecánicas de los suelos de la ciudad de Pátzcuaro Michoacán, sus relaciones con la respuesta a un evento sísmico y de microzonificación sísmica.
- Garduño-Monroy, V. H., Chávez-Hernández, J., Aguirre-González, J., Vázquez-Rosas, R., Mijares Arellano, H., Israde-Alcántara, I., ..., y Pérez López, R. (2009). Zonificación de los periodos naturales de oscilación superficial en la ciudad de Pátzcuaro, Mich., México, con base en microtemores y estudios de paleosismología. *Revista mexicana de ciencias geológicas*, 26(3), 623-637.
- García Rangel, G. (2009). Microzonificación sísmica de la ciudad de Lázaro Cárdenas Michoacán utilizando el método de Nakamura.
- Gómez Sántiz, M. (2007). Parámetros para determinar el peligro sísmico de Michoacán.
- Macías Serrat, L. (2022). Peligro sísmico y vulnerabilidad social en Morelia. Políticas públicas para la reducción del riesgo de desastres.
- Olvera Alejo, R. N. (2020). Evaluación de la resiliencia sísmica en edificios escolares del estado de Michoacán.
- Rocha, E. A., Torres, G. M. R., Alcántara, I. I., y Monroy, V. H. G. (2001). Efectos de las fallas asociadas a sobreexplotación de acuíferos y la presencia de fallas potencialmente sísmicas en Morelia, Michoacán, México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 18(1), 37-54.

- Ortiz Huerta, L. G. Peligro y vulnerabilidad por tsunamis de campo lejano en la Bahía de Todos Santos, Baja California.
- Sánchez Durán, A. (2013). Microzonificación sísmica de Uruapan, Michoacán.
- Servicio Sismológico Nacional (SSN), 2021, “Reporte Especial: Secuencia sísmica del 30 de mayo al 8 de julio de 2021, Michoacán (M4.1)”
- Singh, S.K., A. Iglesias, V.H. Garduño, L. Quintanar, y M. Ordaz, “A source study of the October, 2007 earthquake sequence of Morelia, Mexico and ground-motion estimation from larger earthquakes in the región”, *Geofísica Internacional* 51 1 , 2011.
- Singh, S. K., Ponce, L., y Nishenko, S.P. (1985), The great Jalisco, “Mexico, earthquakes of 1932: subduction of the Rivera plate”, *B Seismol Soc Am* 75 (5), 1301–1313.
- Spica, Z., V. M. Cruz-Atienza, G. Reyes-Alfaro, D. Legrand y A. Iglesias, “Crustal Imaging of Western-Michoacan and the Jalisco Block, Mexico, from Ambient Seismic Noise”, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 289 193-201 , 2014.

# Capítulo 21

## Morelos

### 21.1 Localización y provincias fisiográficas

#### 21.1.1 Localización

El estado de Morelos se localiza en la región centro-sur del país, limita al norte con la Ciudad de México, al este con Puebla, al sur con Guerrero y al oeste con el estado de México.

#### 21.1.2 Provincias fisiográficas

El estado de Morelos forma parte de las siguientes provincias fisiográficas (ver figura 21.1).

- Eje Neovolcánico
- Sierra Madre del Sur

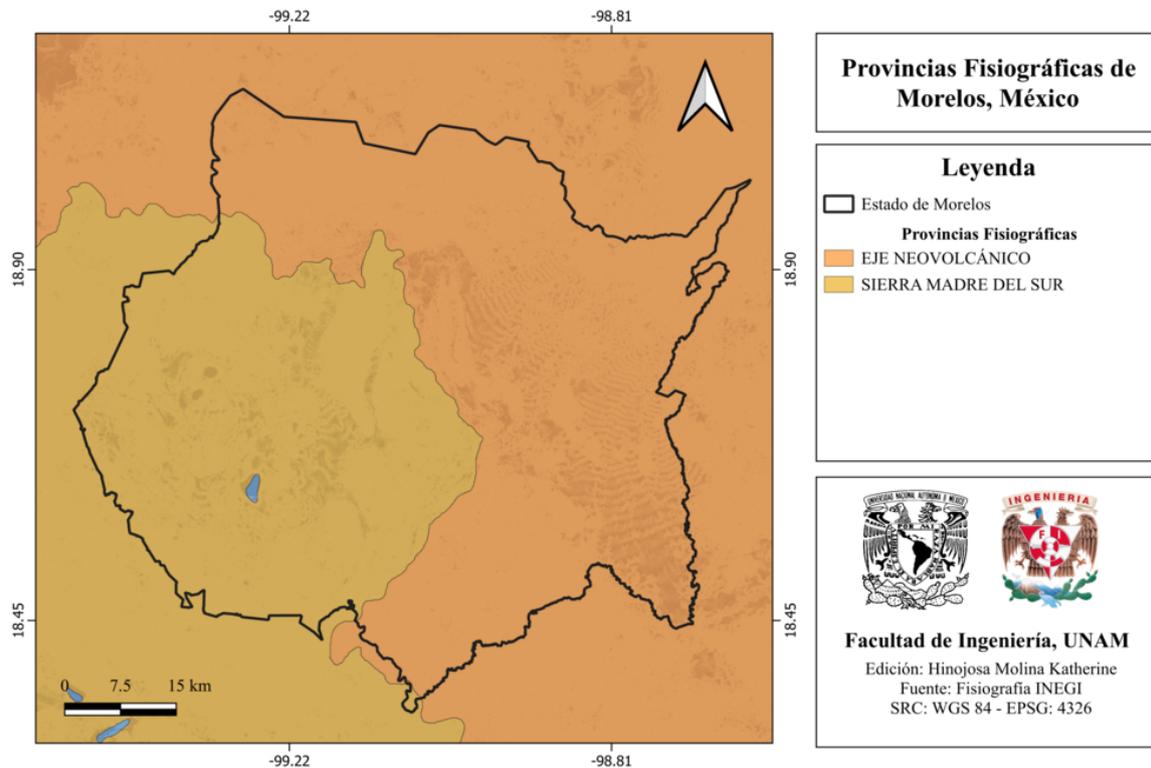


Figura 21.1: Provincias fisiográficas del estado de Morelos [INEGI, 2001].

### 21.1.3 Subprovincias fisiográficas

El estado de Morelos forma parte de las siguientes subprovincias fisiográficas (ver figura 21.2):

- Sierras del sur de Puebla
- Lagos y Volcanes de Anáhuac
- Sierras y Valles Guerrerenses

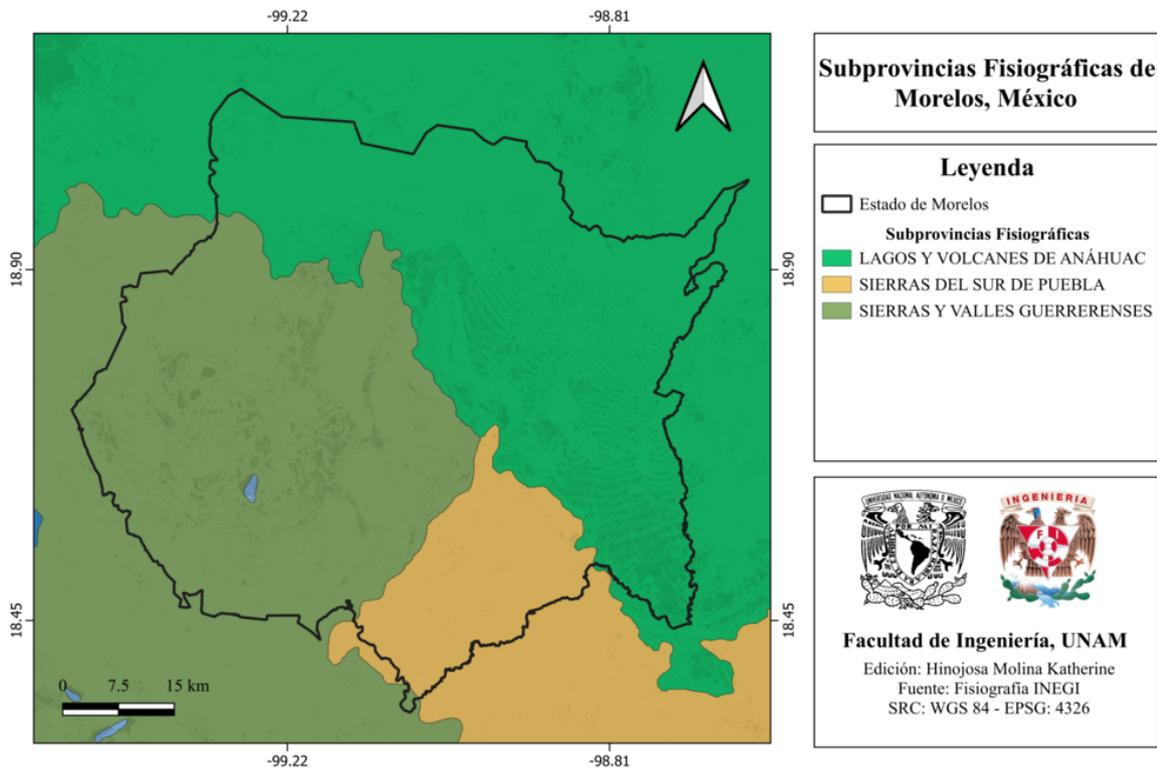


Figura 21.2: Subprovincias fisiográficas del estado de Morelos [INEGI, 2001].

### 21.1.4 Rasgos geológicos estructurales

En el mapa de la figura 21.3 se muestran las fallas geológicas inferidas de acuerdo con el Atlas Nacional de Riesgos [ANR-Cenapred, 2016].

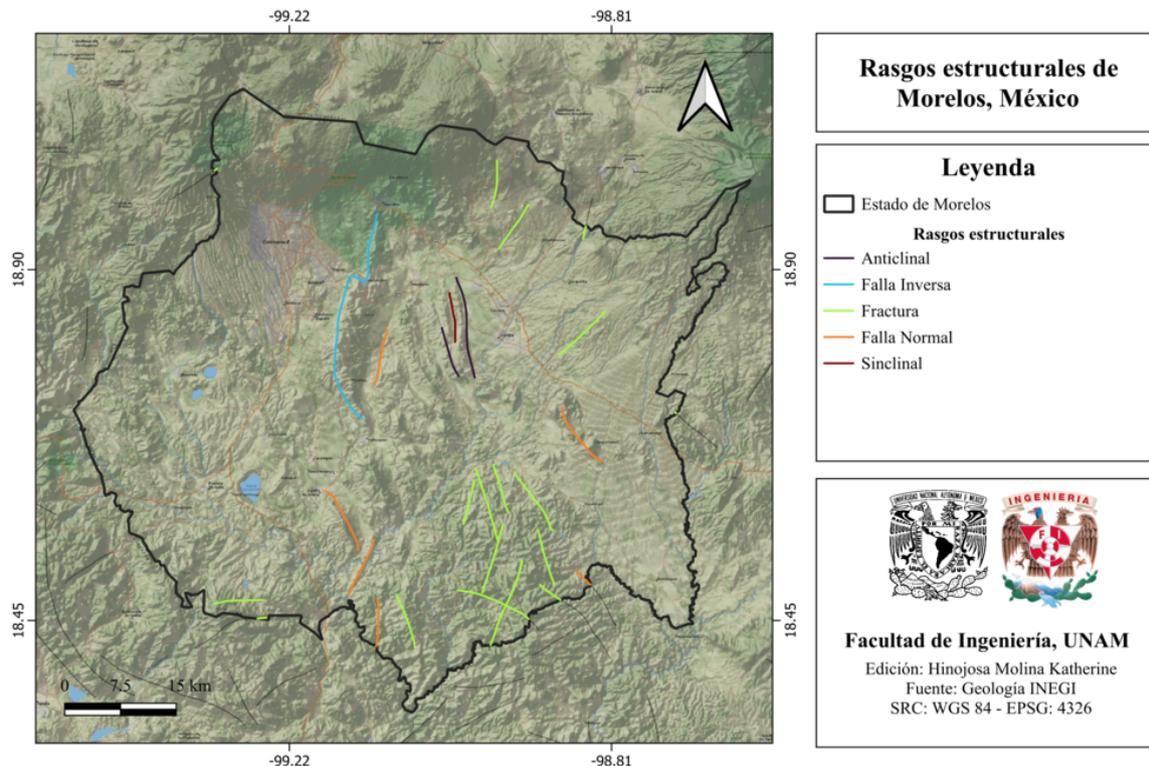


Figura 21.3: Rasgos geológicos estructurales del estado de Morelos [ANR-Cenapred, 2016].

## 21.2 Zonas sismogénéticas (sismotectónicas)

### 21.2.1 Zonas sismogénéticas de acuerdo con Zúñiga et al., (2017)

El estado de Morelos es parte de las siguientes zonas sismogénéticas [Zúñiga et al., 2017]:

#### Zonas sismogénéticas someras ( $h < 40$ km)

- **MVB:** Zona de eventos intraplaca de la parte somera ( $h < 15$  km) de la placa Norteamericana, asociado a esfuerzos tensionales en el centro de México. Estos esfuerzos están relacionados con la ubicación de la Faja Volcánica Transmexicana ( $h < 20$  km).
- **NAM:** Intraplaca o corticales en la placa Norteamericana al sureste de México. No relacionados con el régimen volcánico de la Faja Volcánica Transmexicana ( $h < 20$  km).

En el mapa de la figura 21.4 se muestran las regiones sismogénicas someras del estado de Morelos.

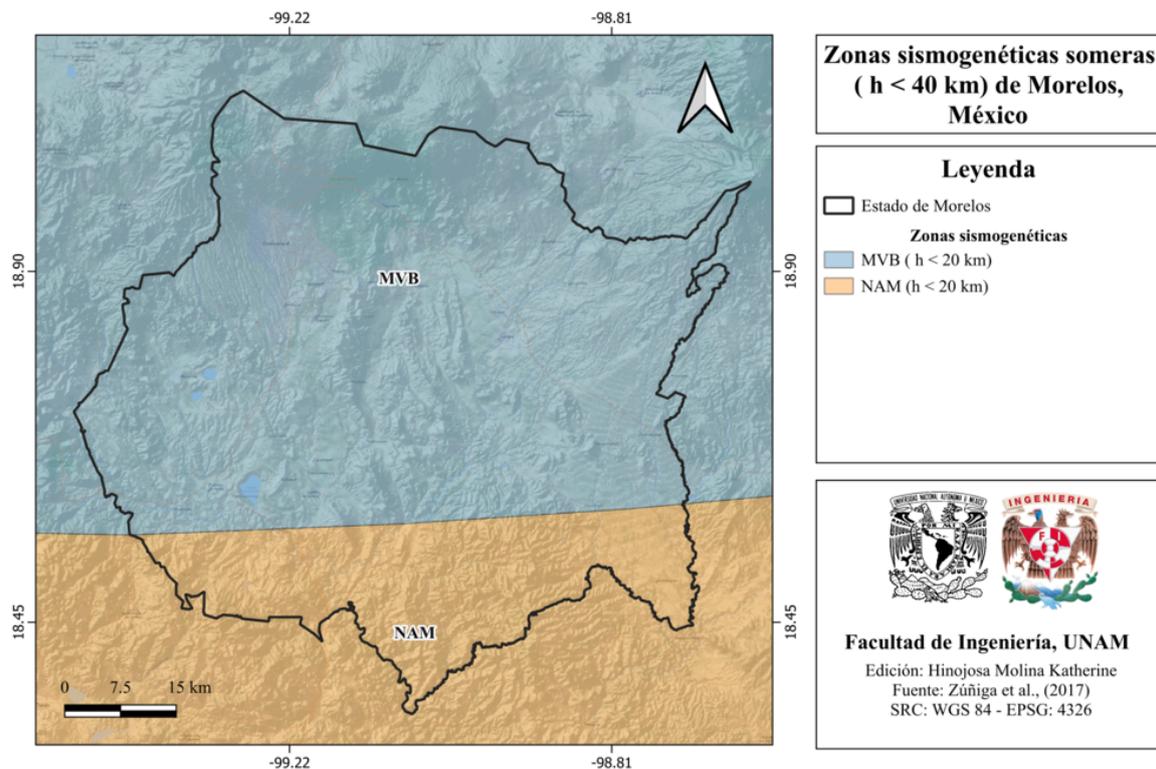


Figura 21.4: Zonas sismogénicas del estado de Morelos [Heath et al., 2020].

### Zonas sismogénicas de profundidad intermedia (h > 40 km)

- **IN1:** Zona de eventos intraplaca de la placa de Cocos. Ampliación en profundidad de la zona SUB2 ( $40 \text{ km} \leq h \leq 180 \text{ km}$ ).
- **IN2:** Zona de eventos intraplaca de profundidad intermedia ( $40 \text{ km} \leq h < 255 \text{ km}$ ). Zona de transición de la placas de Cocos y corresponde a la extensión a profundidad de la región SUB3.

Estas zonas sismogénicas se muestran en la figura 21.5.

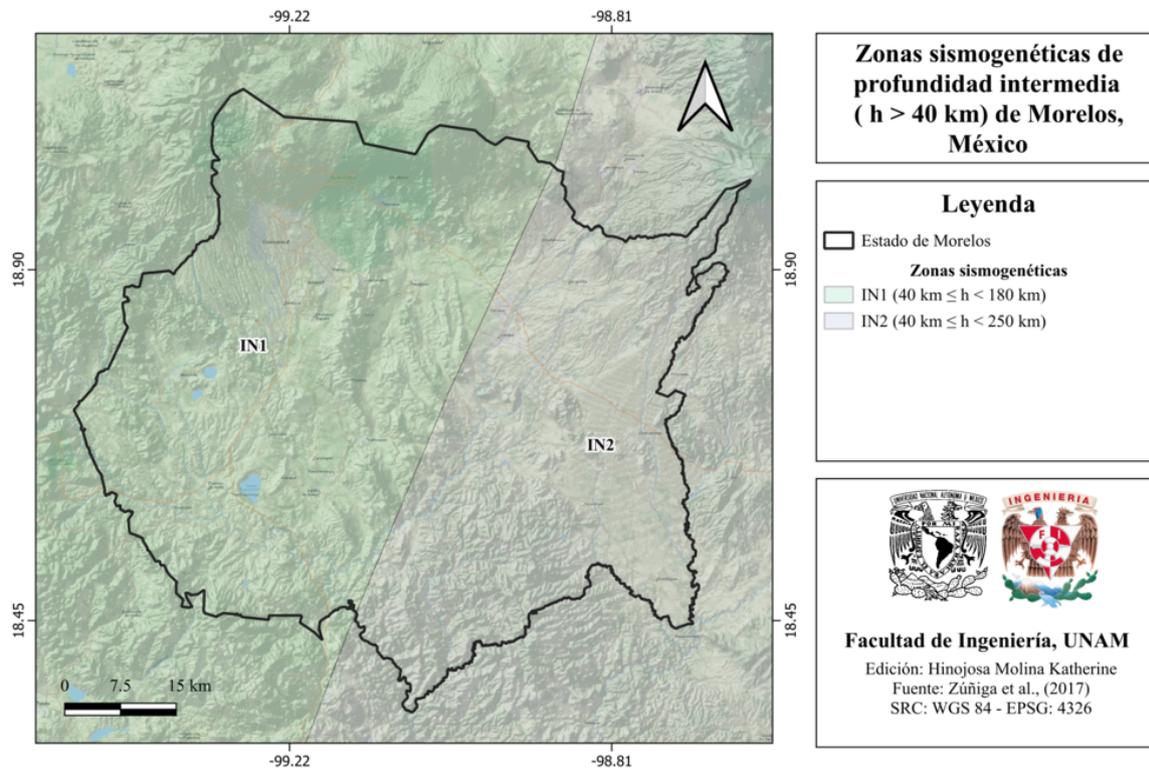


Figura 21.5: Regiones sismogénicas de Profundidad Intermedia del estado de Morelos. [Zúñiga et al., 2017]

### 21.2.2 Zonas sismogénicas de acuerdo con la Comisión Federal de Electricidad (2015)

De acuerdo con información de la Comisión Federal de Electricidad [CFE, 2015], el estado de Morelos se encuentra dentro de las siguientes zonas sismogénicas:

#### Zonas generadoras de sismos superficiales

- **32:** Intraplaca
- **33:** Eje Volcánico

En la figura 21.6 se muestran estas zonas sismogénicas.

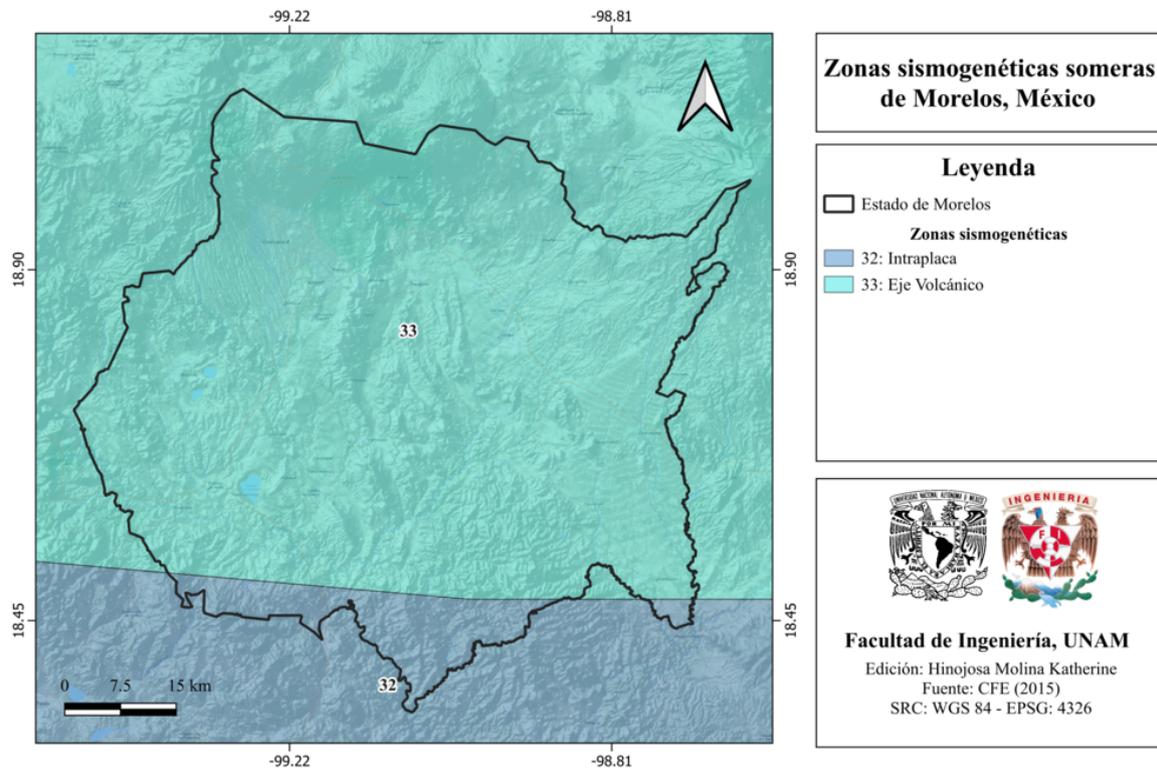


Figura 21.6: Zonas generadoras de sismos superficiales en el estado de Morelos [CFE, 2015].

## Zonas generadoras de sismos de profundidad intermedia

- **Región 28:** Profundidad Intermedia Oeste Nueva
- **Región 29:** Profundidad Intermedia Centro Nueva

Estas zonas generadoras de sismos de profundidad intermedia en el estado de Morelos se muestran en la figura 21.7.

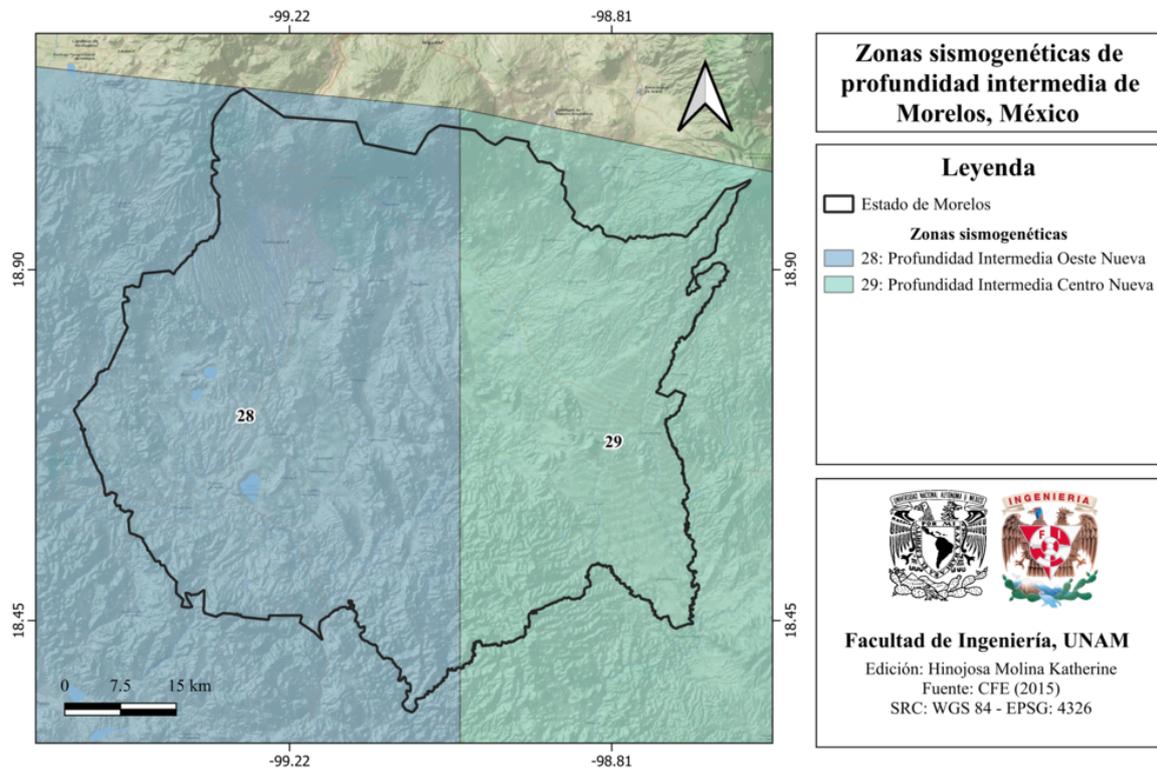


Figura 21.7: Zonas generadoras de sismos de profundidad intermedia en el estado de Morelos. [CFE, 2015]

### 21.3 Sismicidad reportada por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) en el período 1900-2022

El Servicio Sismológico Nacional (SSN) ha reportado 279 sismos en el estado de Morelos, en el período del 1 de enero de 1900 al 31 de diciembre de 2022 (UTC), con magnitudes desde 1.2 hasta 4.

### 21.4 Sismos históricos

- **19 de septiembre de 2017, M 7.1** El 19 de septiembre de 2017, el SSN registró un sismo de magnitud 7.1 a las 13:14:39 (hora local). Este evento fue de tipo intraplaca, dentro de la placa oceánica de Cocos, por debajo del continente, a una profundidad de 51 km. El estado de Morelos registró aceleraciones entre los 11 y 150  $\frac{cm}{s^2}$  (ver figura 21.8). Morelos, Puebla, Estado de México, Guerrero y Oaxaca reportaron

228, 74, 45, 15, 6 y 1 decesos respectivamente. El costo de las afectaciones se estima en 62 mil 99 millones de pesos [García Arróliga et al., 2019].

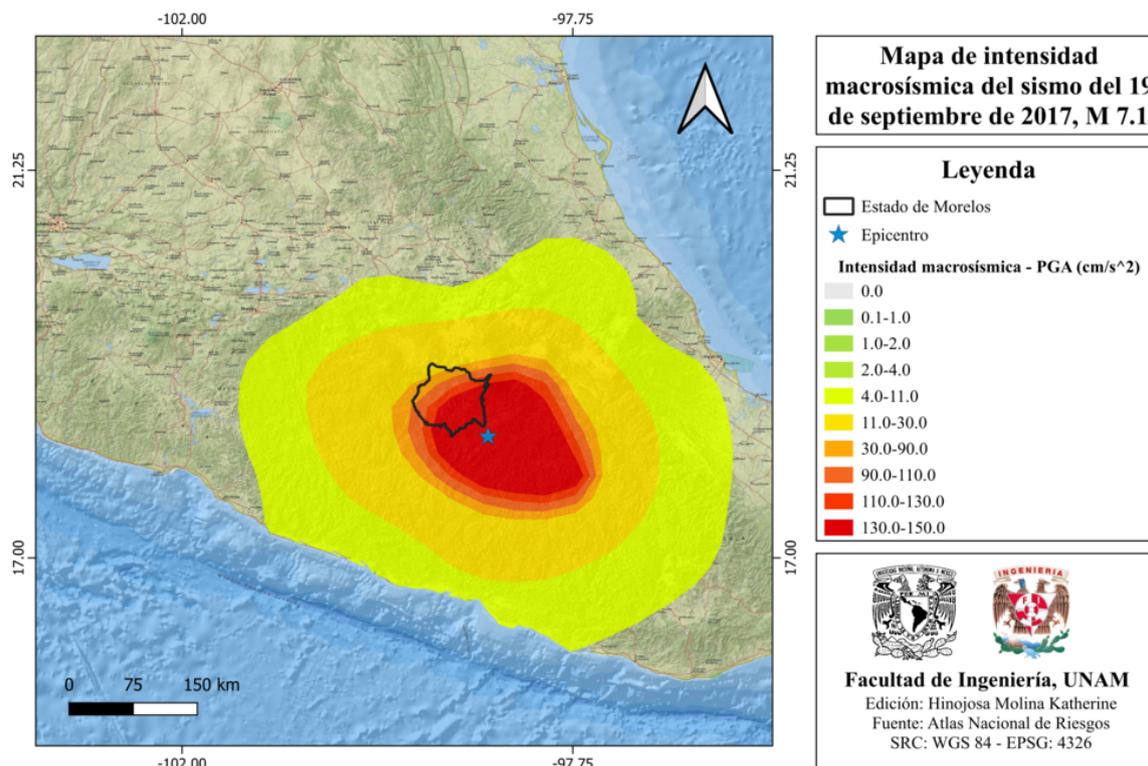


Figura 21.8: Mapa de intensidad del sismo del 19 de septiembre de 2017, M 7.1 [ANR-Cenapred, 2016].

## 21.5 Peligro por tsunami

El estado no está expuesto a este fenómeno, ya que se encuentra a 290 km a la costa del Golfo de México.

## 21.6 Información general de peligro sísmico

### 21.6.1 Global de intensidades

El mapa del global de intensidades para el estado de Morelos se muestra en la figura 21.9.

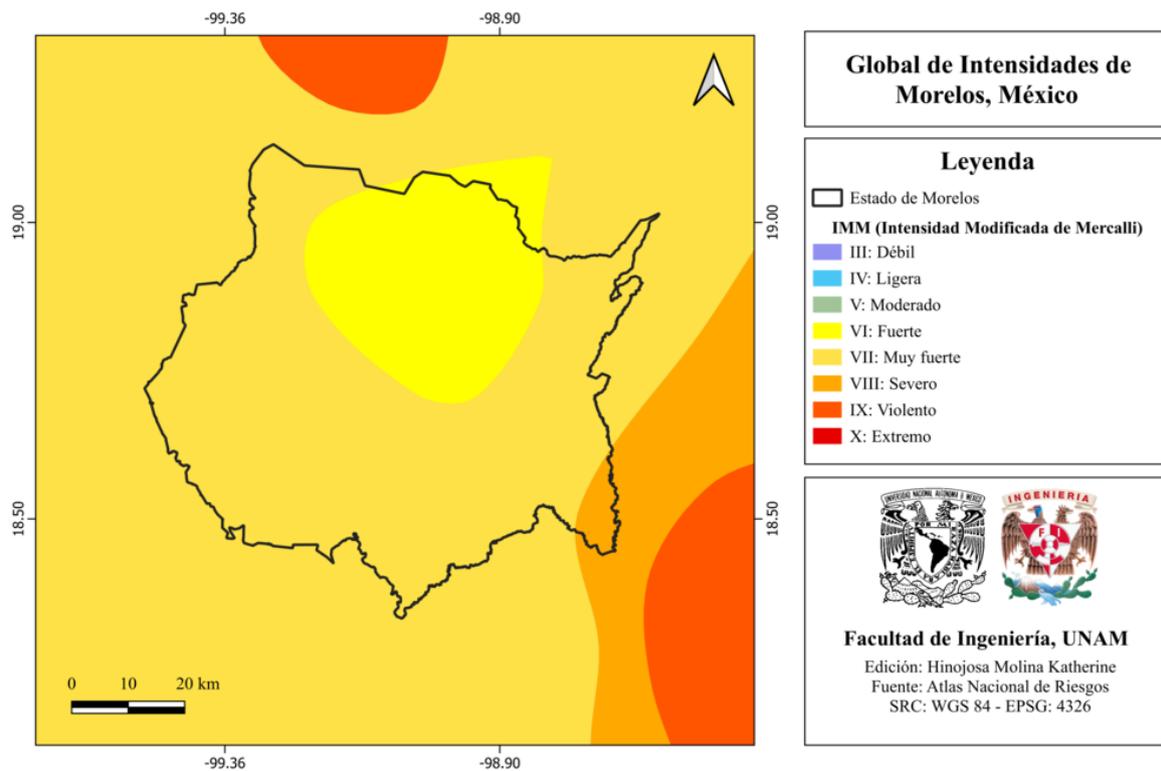


Figura 21.9: Global de intensidades del estado de Morelos [ANR-Cenapred, 2016].

### 21.6.2 Regionalización sísmica de acuerdo con la CFE (2015)

De acuerdo con la regionalización sísmica de la CFE [CFE, 2015], el estado de Morelos forma parte de la zona C que corresponde a sismicidad alta (ver figura 21.10).

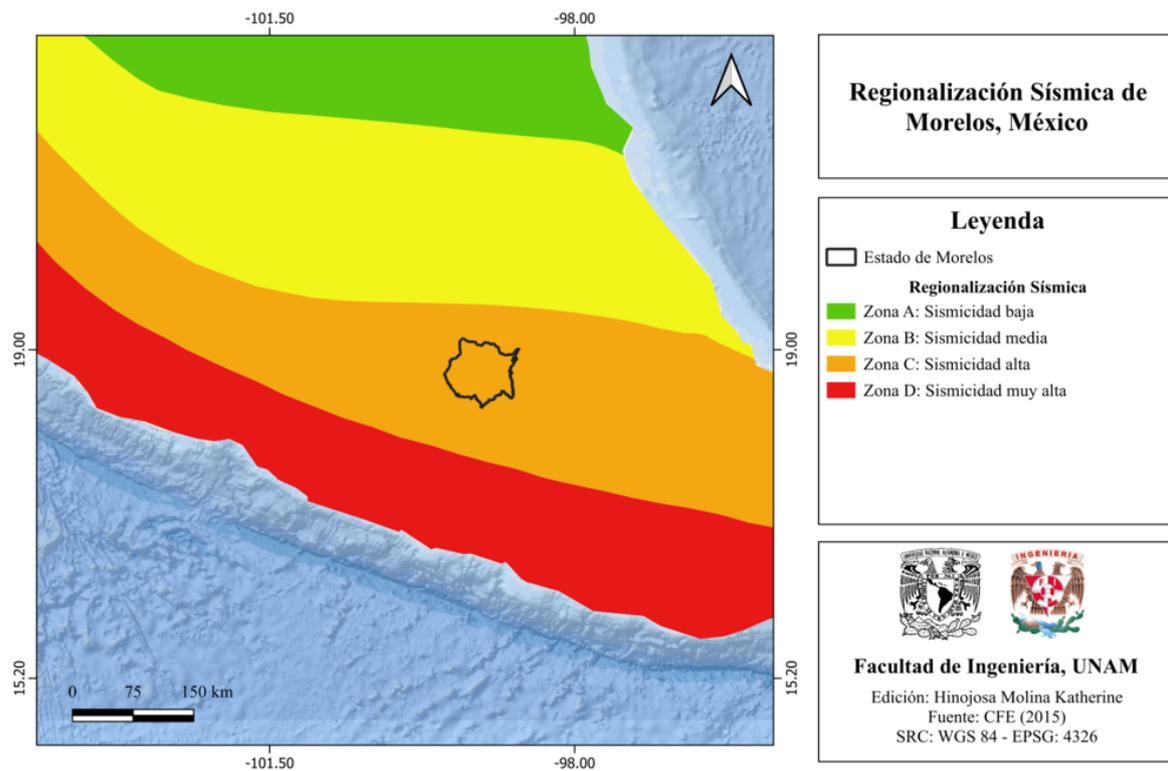


Figura 21.10: Regionalización sísmica del estado de Morelos [CFE, 2015].

### 21.6.3 Parámetro Vs30 (USGS)

El mapa de velocidad de onda de corte de Morelos se muestra en la figura 21.11.

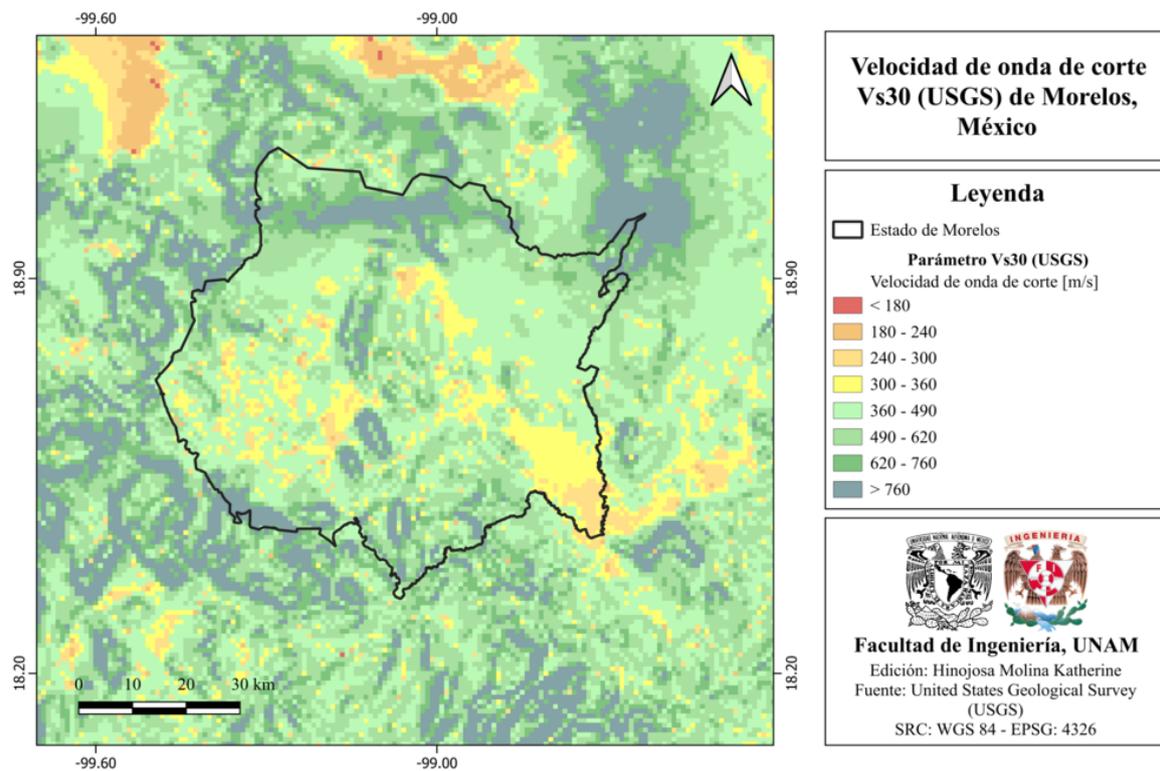


Figura 21.11: Velocidad de onda de corte Vs30 (USGS) del estado de Morelos [Heath et al., 2020].

### 21.6.4 Municipios con posibles efectos de sitio

En el mapa de la figura 21.12 se muestran los municipios del estado de Morelos con posibles efectos de sitio.

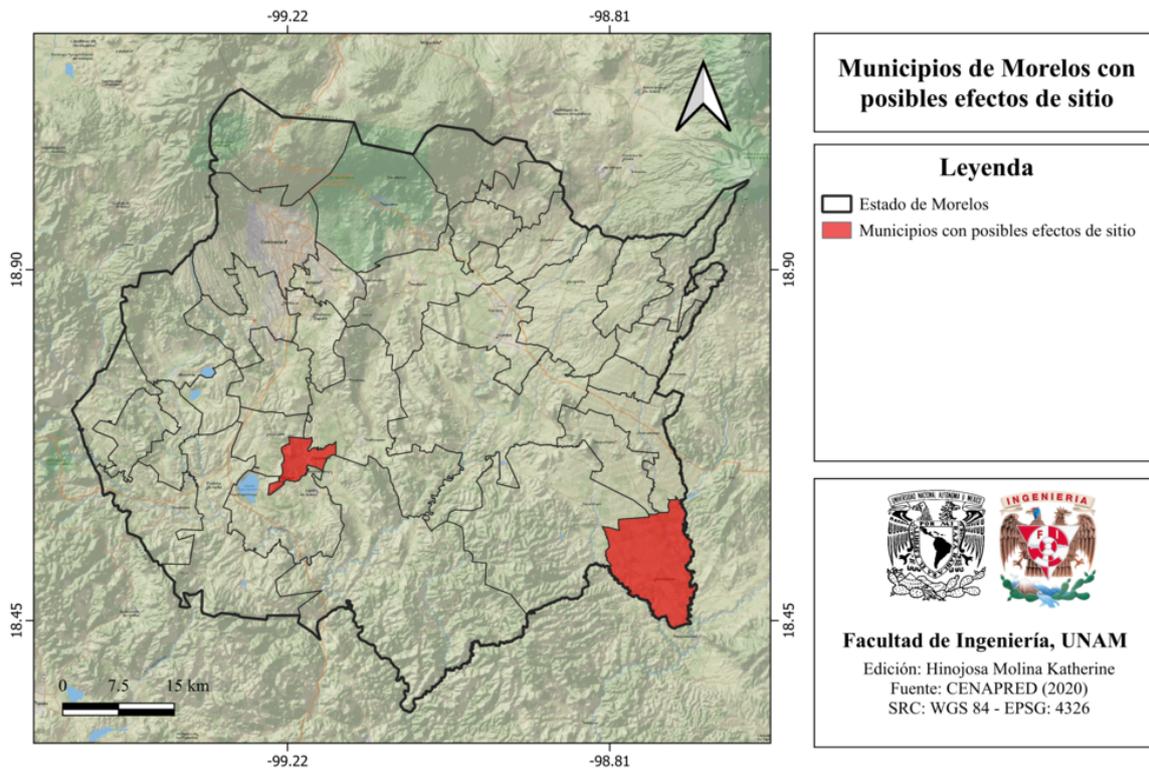


Figura 21.12: Municipios de Morelos con posibles efectos de sitio [Cenapred, 2020].

### 21.6.5 Municipios con peligro de deslizamiento por sismo

En el mapa de la figura 21.13 se muestran los municipios de Morelos con peligro de deslizamiento por sismo.

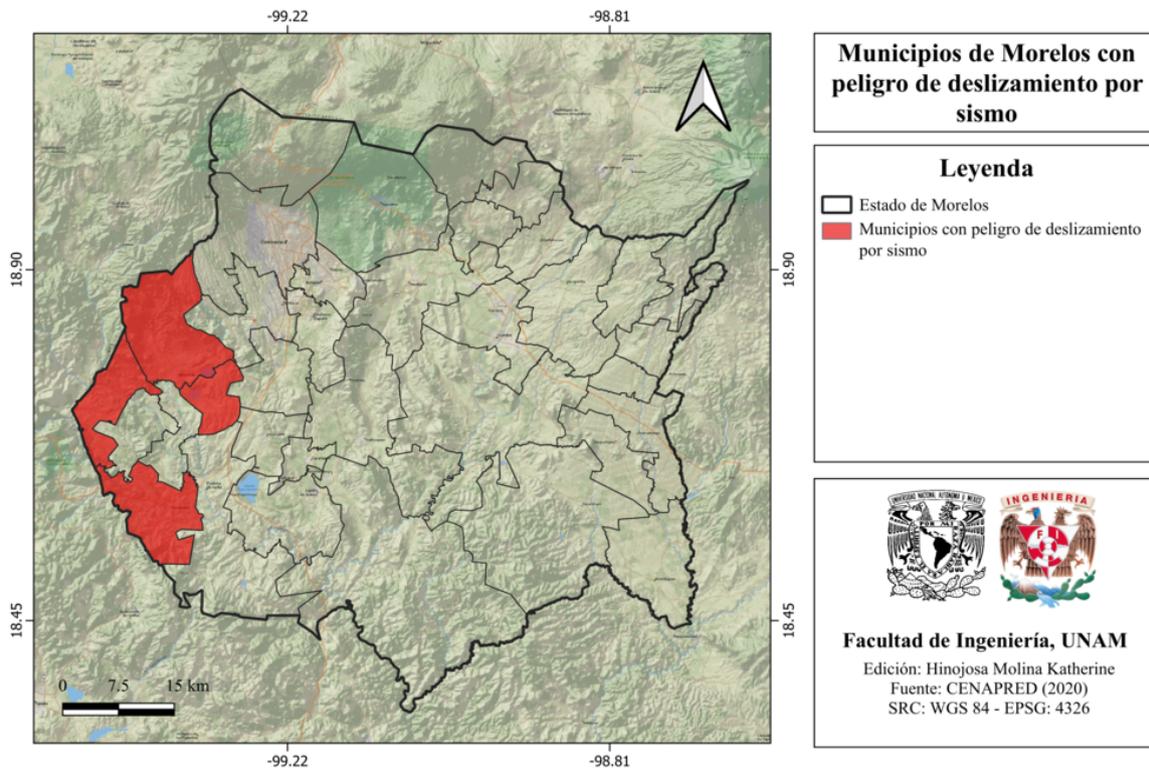


Figura 21.13: Municipios de Morelos con peligro de deslizamiento por sismo [Cenapred, 2020].

### 21.6.6 Municipios con reglamento de construcción de obras civiles

El estado de Morelos cuenta con 18 reglamentos municipales de construcción de obras civiles (ver figura 21.14).

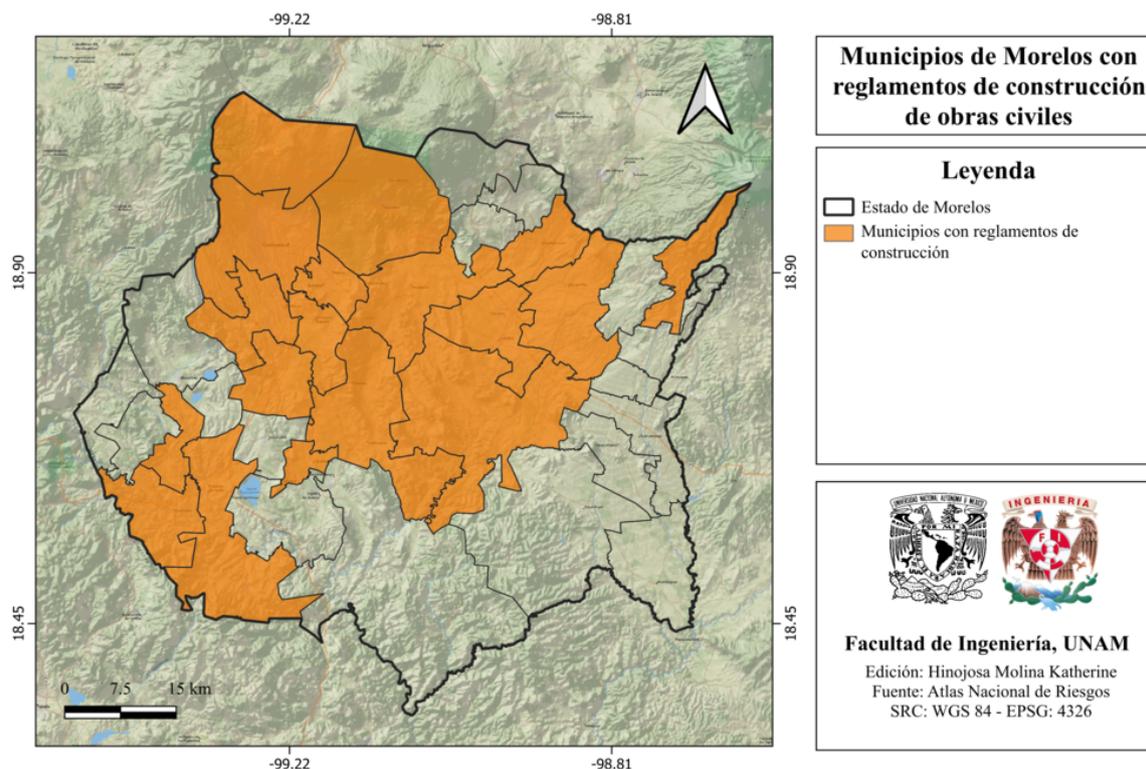


Figura 21.14: Municipios de Morelos con reglamentos de construcción de obras civiles [ANR-Cenapred, 2016].

## 21.7 Secuencias sísmicas (enjambres) reportadas por el Servicio Sismológico Nacional (SSN)

### Secuencia sísmica de septiembre 2017 a marzo de 2018 en Morelos

El Servicio Sismológico Nacional (SSN) registró una secuencia sísmica entre los días 19 de septiembre de 2017 y 8 de marzo de 2018. Después de la ocurrencia del sismo del 19 de septiembre de 2017 M 7.1, inició esta secuencia sísmica, cuyos sismos de mayor tamaño alcanzan una magnitud de 3.8 [SSN, 2023].

## 21.8 Estaciones de registro sísmico en el estado

Morelos cuenta con una estación correspondiente a la Red del Valle de México, una estación perteneciente a la Red de Banda Ancha del SSN y una estación perteneciente a la Red de Observación Sísmica del Cenapred. Tal como se muestra en el mapa de la

figura 21.15.

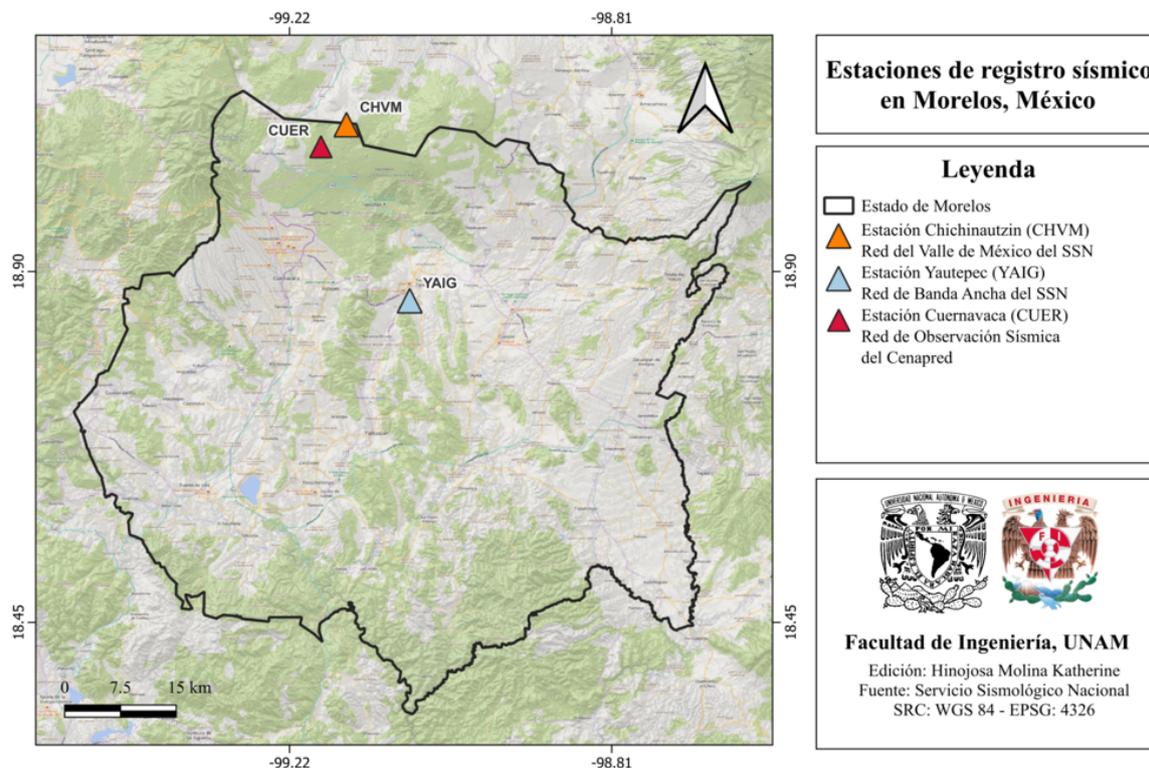


Figura 21.15: Estaciones de registro sísmico en el estado de Morelos [SSN, 2023].

## 21.9 Instituciones educativas que han realizado estudios en alguna zona del estado o en sus cercanías

La Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) ha realizado estudios en materia de geociencias en Morelos.

## 21.10 Estudios de sismicidad o de peligro sísmico en alguna zona del estado

- García-Carrera, J. S., Mena-Hernández, U., y Bermúdez-Alarcón, F. J., 2018, “El terremoto 19S en Morelos: la experiencia operativa del INEEL en la evaluación del riesgo estructural”, Salud Pública de México, Vol. 60, pp. 65-82.

- Mirwald, A., V. M. Cruz-Atienza, J. Díaz-Mojica, A. Iglesias, S. K. Singh, C. Villafuerte y J. Tago, 2019, “The September 19, 2017 (Mw7.1), intermediate-depth Mexican earthquake: a slow and energetically inefficient deadly shock”, *Geophysical Research Letters*, Vol. 46.
- Valerie J. Sahakian, Diego Melgar, Luis Quintanar, Leonardo Ramírez-Guzmán, Xyoli Pérez-Campos, and Annemarie Baltay, 2018, “Ground Motions from the 7 and 19 septiembre 2017 Tehuantepec and Puebla-Morelos, Mexico, Earthquakes”, *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vo. 108, No. 6, pp. 3300-3312.
- RMGIR (2018). Atlas de Riesgos de Morelos 2018. Recuperado de: [https://rmgir.proyectomesoamerica.org/PDFAtlasEstatales/ATLAS\\_DE\\_RIESGOS\\_DE\\_MORELOS\\_2018.pdf](https://rmgir.proyectomesoamerica.org/PDFAtlasEstatales/ATLAS_DE_RIESGOS_DE_MORELOS_2018.pdf)

# Capítulo 22

## Nayarit

### 22.1 Localización y provincias fisiográficas

#### 22.1.1 Localización

El estado de Nayarit se localiza al oeste de México, limita al norte con Sinaloa y Durango, al este con Zacatecas, al este y sur con Jalisco y al oeste con el Océano Pacífico.

#### 22.1.2 Provincias fisiográficas

De acuerdo con información del INEGI, Nayarit forma parte de las siguientes provincias fisiográficas:

- Eje Neovolcánico
- Llanura Costera del Pacífico
- Sierra Madre del Sur
- Sierra Madre Occidental

En el mapa de la figura 22.1 se muestran dichas provincias fisiográficas.

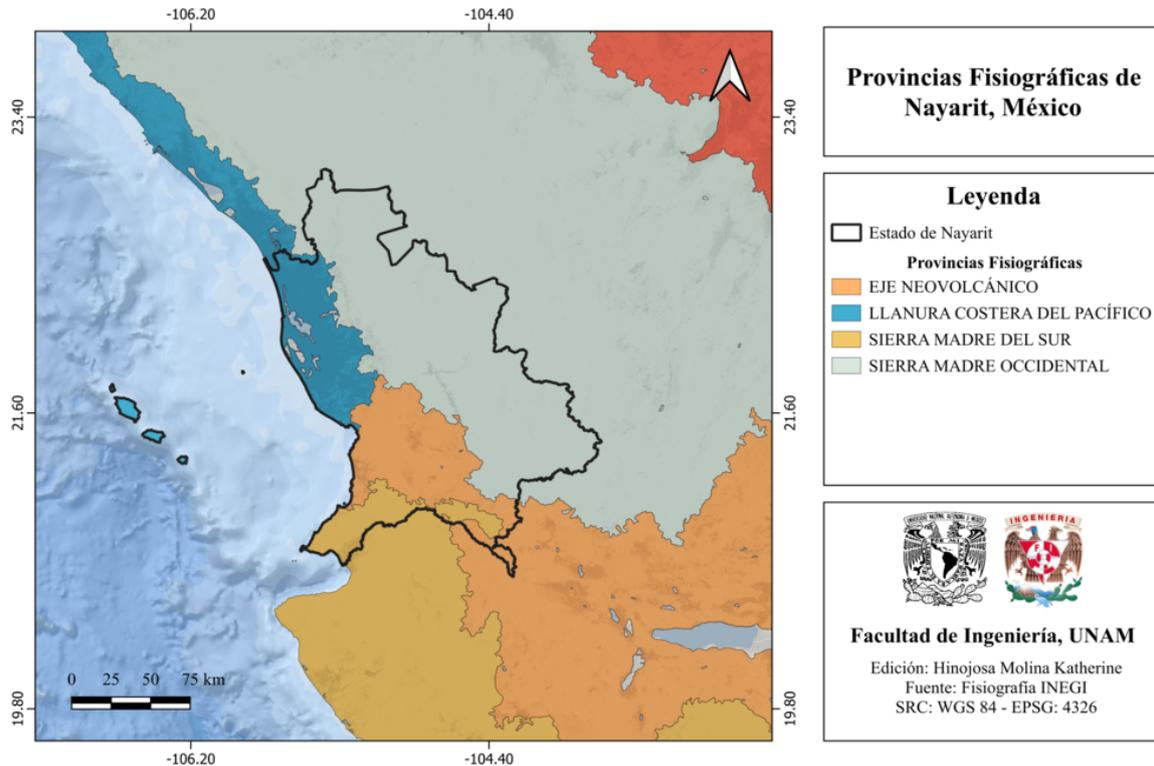


Figura 22.1: Provincias fisiográficas de Nayarit, México [INEGI, 2001].

### 22.1.3 Subprovincias fisiográficas

A su vez, forma parte de las siguientes subprovincias fisiográficas:

- Delta del Río Grande
- Insular de las Tres Marías
- Mesetas y Cañadas del Sur
- Pie de la Sierra
- Sierras de Jalisco
- Sierras de la costa de Jalisco y Colima
- Sierras Neovolcánicas Nayaritas

En el mapa de la figura 22.2 se muestran las Subprovincias fisiográficas de Nayarit.

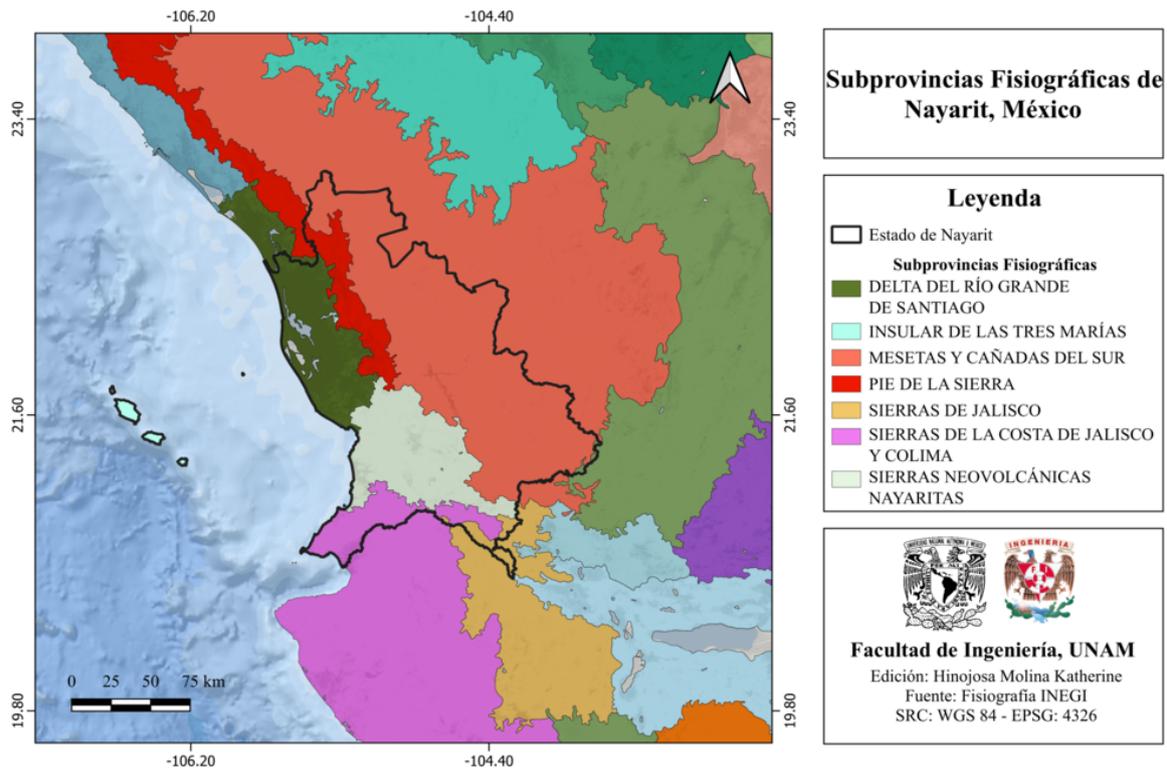


Figura 22.2: Subprovincias fisiográficas de Nayarit, México [INEGI, 2001].

#### 22.1.4 Rasgos geológicos estructurales

Nayarit presenta a lo largo de su territorio diversos rasgos estructurales, como fallas geológicas de tipo normal y fracturas. Los rasgos estructurales de este estado se observan en la figura 22.3.

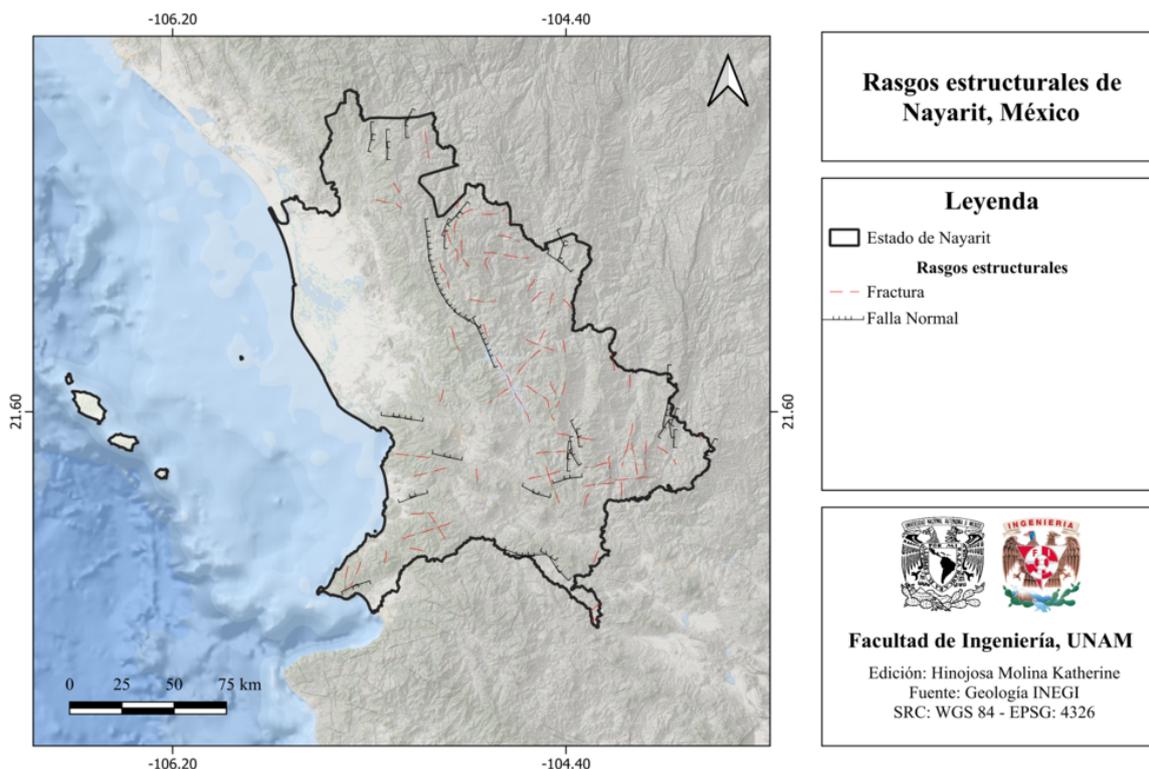


Figura 22.3: Rasgos estructurales de Nayarit, México [INEGI, 2002].

## 22.2 Zonas sismogénéticas (sismotectónicas)

### 22.2.1 Zonas sismogénéticas de acuerdo con Zúñiga et al., (2017)

El estado de Nayarit es parte de las siguientes zonas sismogénéticas [Zúñiga et al., 2017]:

#### Zonas sismogénéticas someras ( $h < 40$ km)

- **BAR:** Zona de eventos dentro de la placa Norteamericana de poca profundidad ( $h < 20$  km), baja magnitud y escasa frecuencia. Posible extensión sur de las provincias de la Cuenca y cadena Río Grande.
- **SMO:** Zona de eventos intra-placa (corticales en la placa de Norteamérica). Provincia tectónica de la Sierra Madre. ( $h < 20$  km).
- **SUB1:** Zona de eventos de subducción de acoplamiento intermedio. Zona de transición entre la convergencia de las placas de Rivera y Norteamérica y la convergencia

de la placa de Cocos y Norteamérica.

En el mapa de la figura 22.4 se muestran las regiones sismogénicas someras de Nayarit.

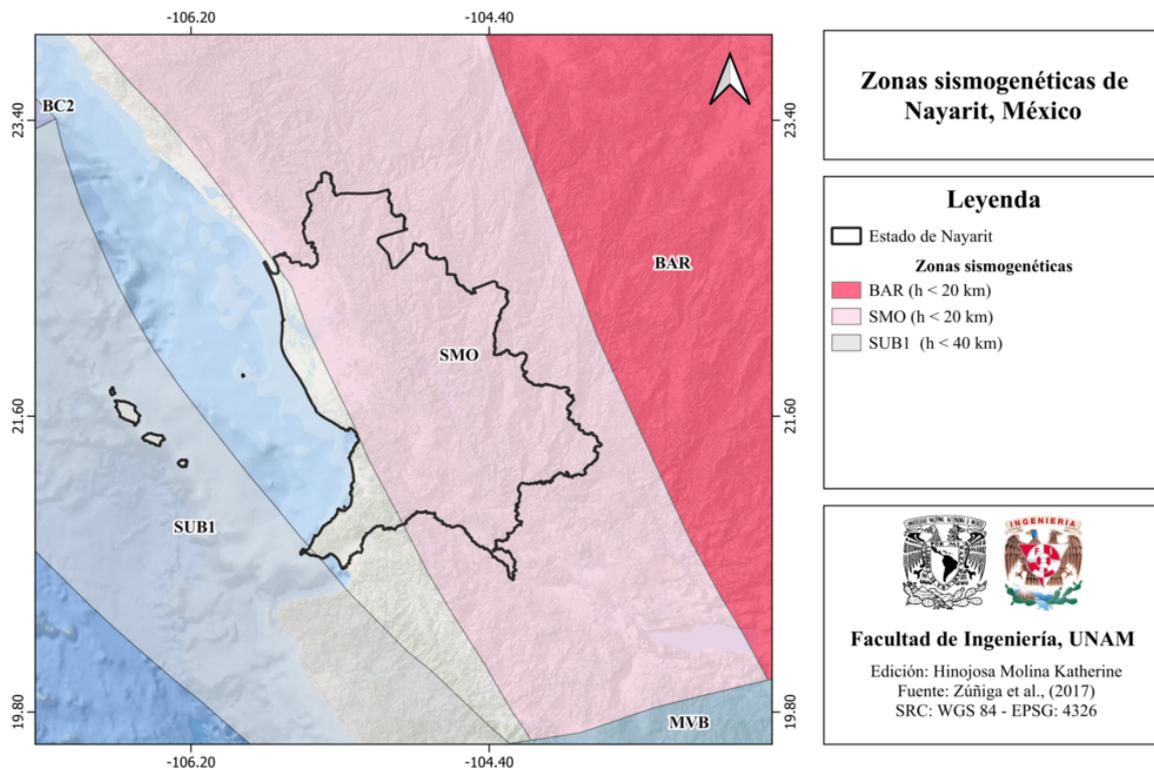


Figura 22.4: Regiones sismogénicas someras de Nayarit, México [Zúñiga et al., 2017].

### Zonas sismogénicas de profundidad intermedia ( $h > 40$ km)

- **IN1:** Zona de eventos intraplaca en la placa de Cocos ( $40 \text{ km} \leq h < 180 \text{ km}$ ). Es la extensión en profundidad de la zona SUB2.

En el mapa de la figura 22.5 se muestran las zonas sismogénicas de profundidad intermedia de Nayarit.

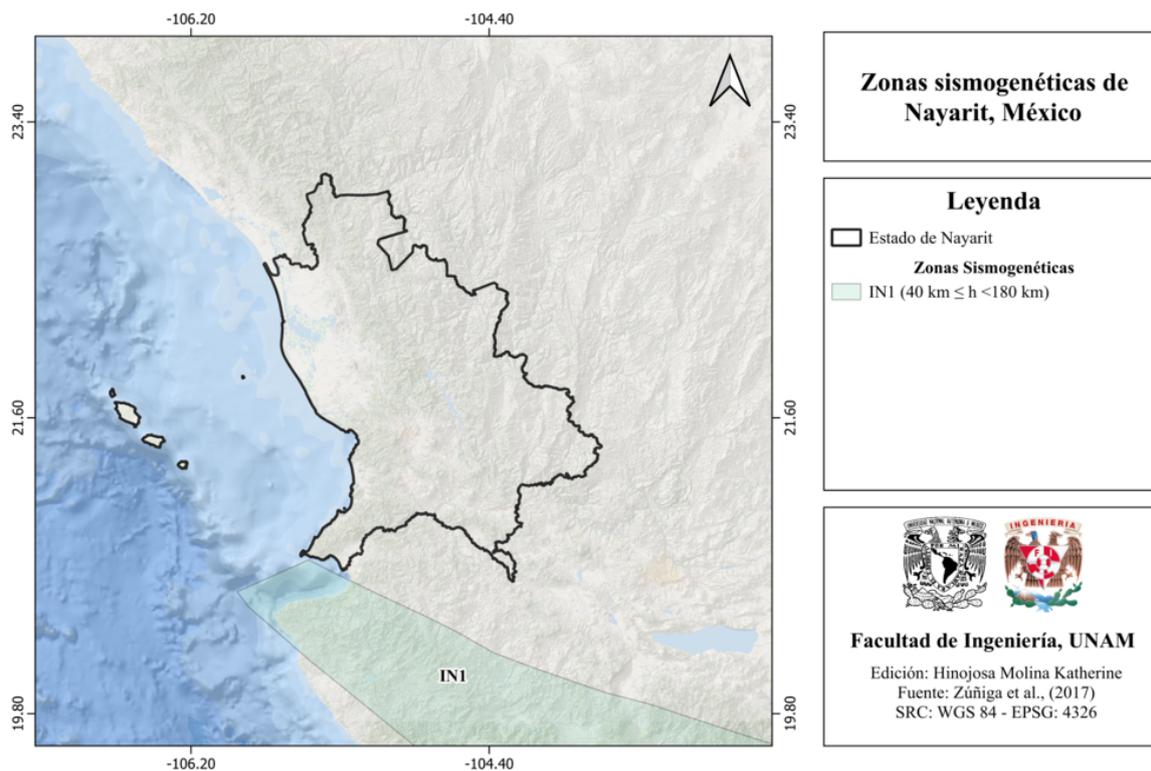


Figura 22.5: Regiones sismogénicas de profundidad intermedia de Nayarit, México [Zúñiga et al., 2017].

### 22.2.2 Zonas sismogénicas de acuerdo con la Comisión Federal de Electricidad (2015)

De acuerdo con información de la Comisión Federal de Electricidad [CFE, 2015], el estado de Nayarit se encuentra dentro de las siguientes zonas sismogénicas:

#### Zonas generadoras de sismos superficiales

- **32:** Intraplaca
- **33:** Eje Volcánico
- **34:** Sismicidad difusa 1

En la figura 22.6 se muestran estas zonas sismogénicas.

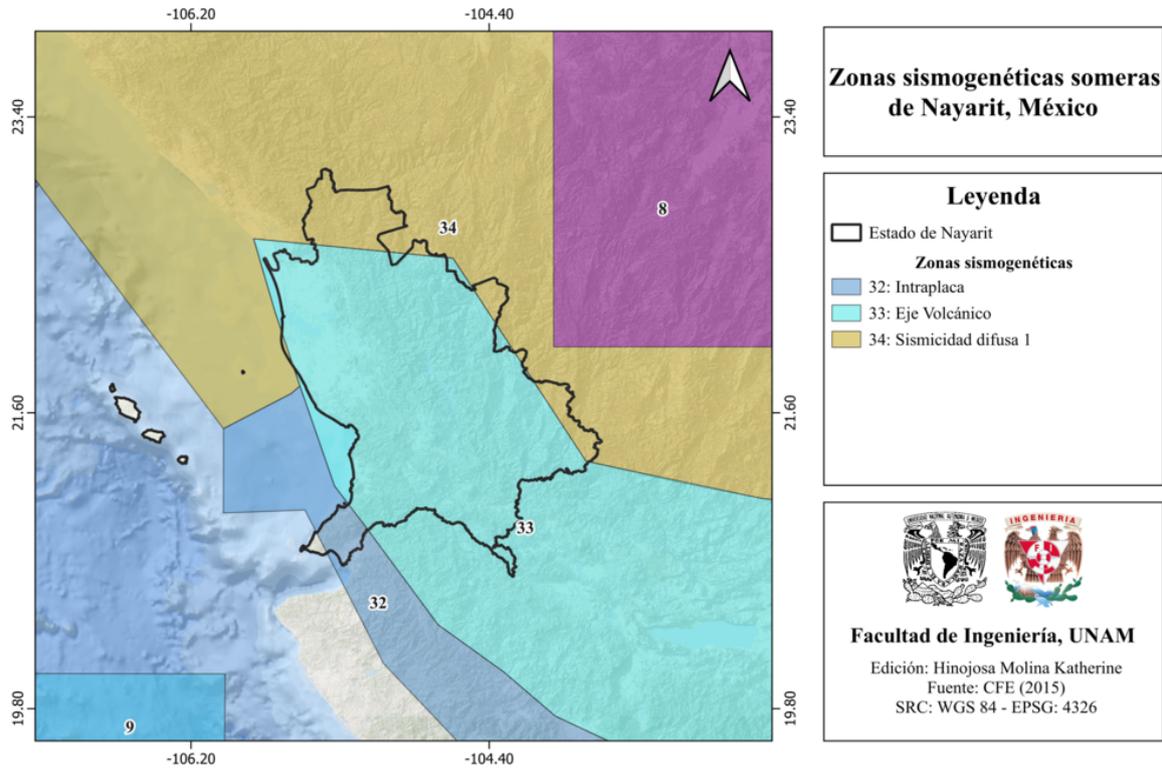


Figura 22.6: Regiones sismogenéticas de Nayarit: Zonas generadoras de sismos superficiales. [CFE, 2015].

### Zonas generadoras de sismos de profundidad intermedia

- **Región 28:** Profundidad Intermedia Oeste Nueva

En la figura 22.7 se muestran estas zonas sismogenéticas.

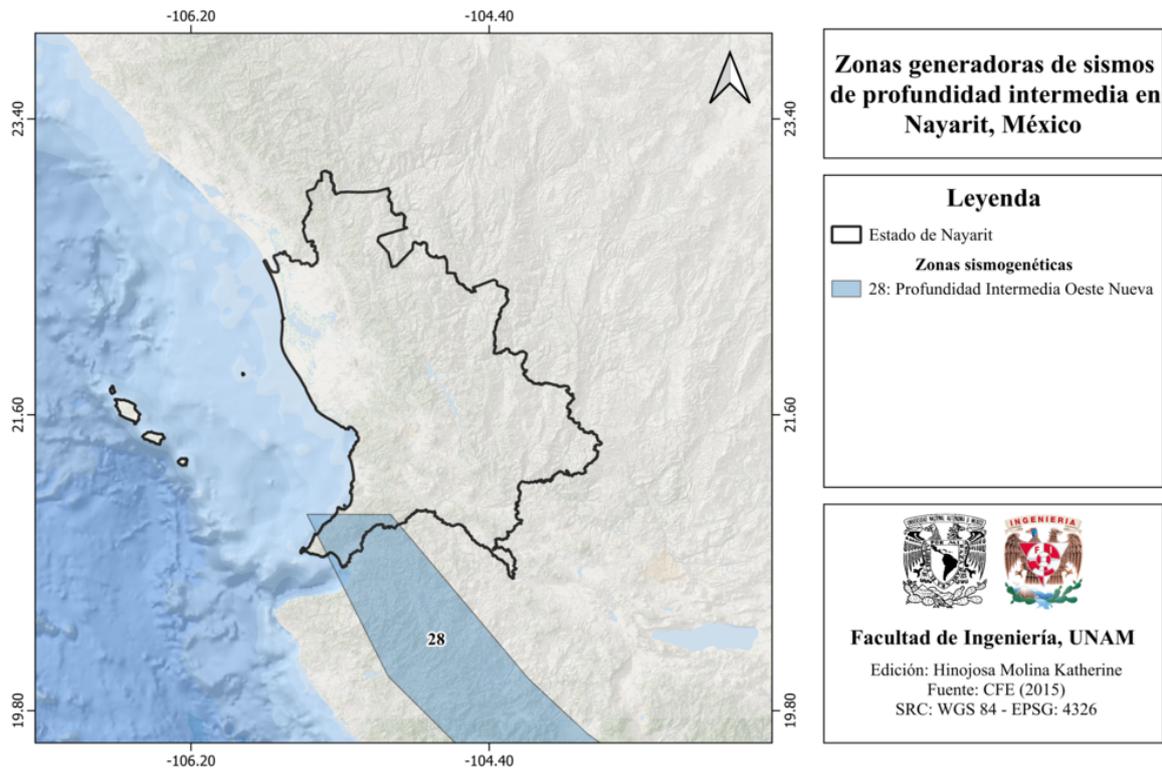


Figura 22.7: Regiones sismogénicas de Nayarit: Zonas generadoras de sismos de profundidad intermedia. [CFE, 2015].

## Zonas fuente de ocurrencia de sismos de subducción ( $M > 7$ )

- **Región 24:** Subducción Jalisco

En la figura 22.8 se muestran las zonas fuente de ocurrencia de sismos de subducción ( $M > 7$ ) de Nayarit.

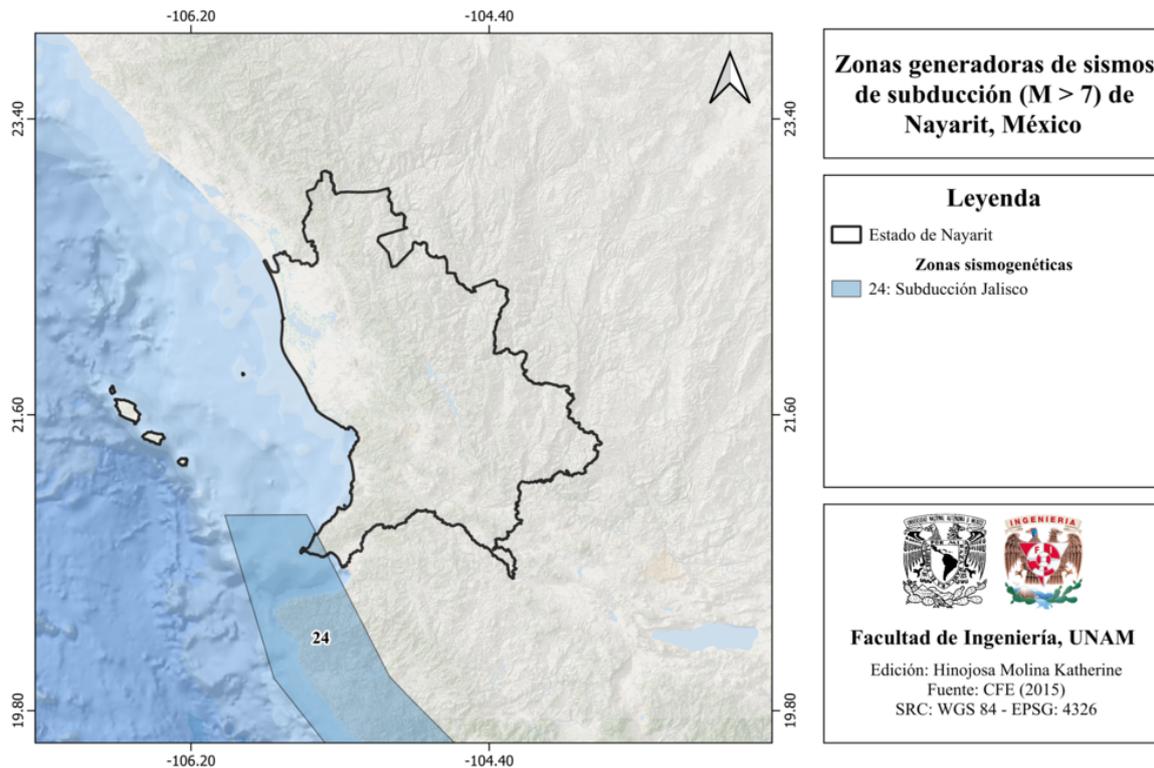


Figura 22.8: Regiones sísmogenéticas de Nayarit: Zonas fuente de ocurrencia de sismos de subducción ( $M > 7$ ). [CFE, 2015].

### Zonas fuente de ocurrencia de sismos de subducción ( $M < 7$ )

- **25:** Jalisco Nuevo

En la figura 22.9 se muestran las zonas fuente de ocurrencia de sismos de subducción ( $M < 7$ ) de Nayarit.

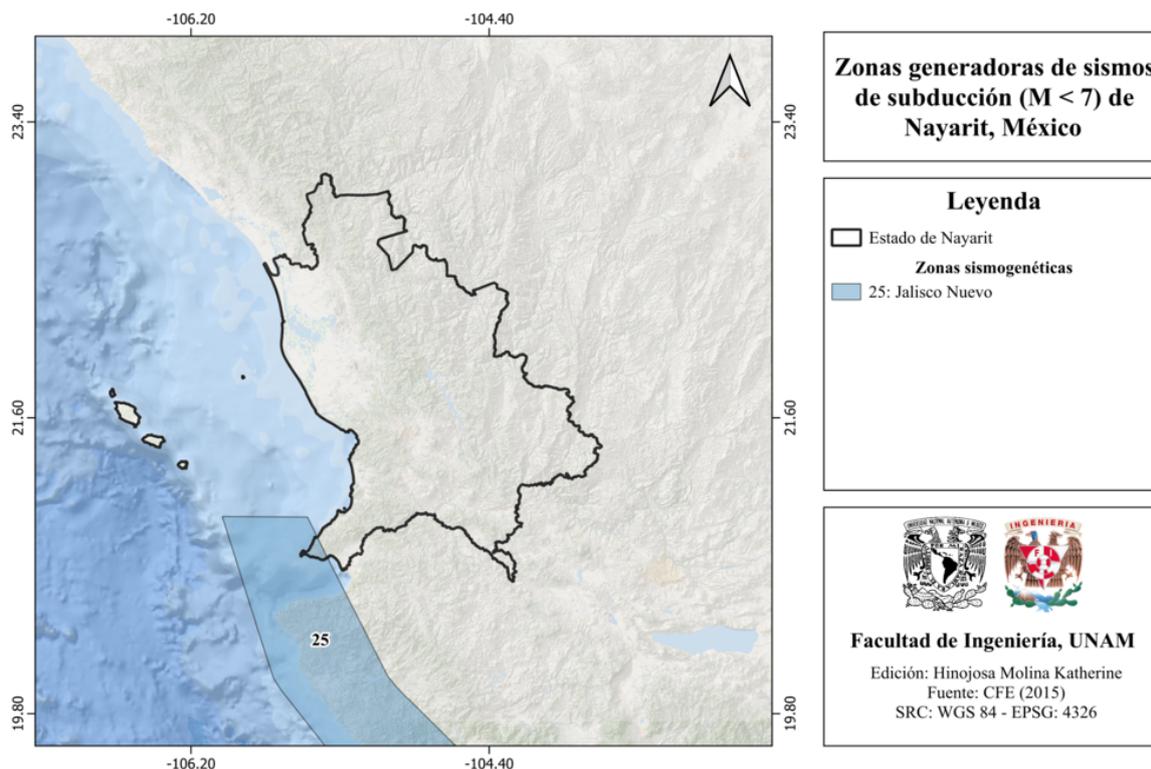


Figura 22.9: Regiones sísmicas de Nayarit: Zonas fuente de ocurrencia de sismos de subducción ( $M < 7$ ). [CFE, 2015].

## 22.3 Sísmicidad reportada por el Servicio Sísmológico Nacional (SSN) en el período 1900-2022

El Servicio Sísmológico Nacional (SSN) ha reportado 283 sismos en Nayarit, durante el período del 1 de enero de 1900 al 31 de diciembre de 2022 (UTC). Estos eventos tienen magnitudes entre 2.5 y 6.9.

## 22.4 Sismos históricos

- **Casimiro Castillo, Jalisco 1932 M 8.2** El 3 de junio de 1932 a las 04:36:52 (hora local) ocurrió un sismo de magnitud 8.2, tuvo una profundidad de 33 km y fue localizado a 4 km al sureste de Casimiro Castillo, Jalisco, en las costas de Colima-Jalisco. Este sismo ha sido ubicado entre las placas de Rivera y Norteamérica. Posterior a este evento, le siguieron otros dos eventos de magnitudes 7.8 y 6.9 los

días 18 y 22 de junio del mismo año. Éste último sismo generó un tsunami más devastador que el del evento principal. En cuestión de daños, este sismo cobró la vida de aproximadamente 400 personas y dañó severamente a varios edificios principalmente de Manzanillo. (SSN) El mapa de intensidades de este sismo se muestra en la figura 22.10.

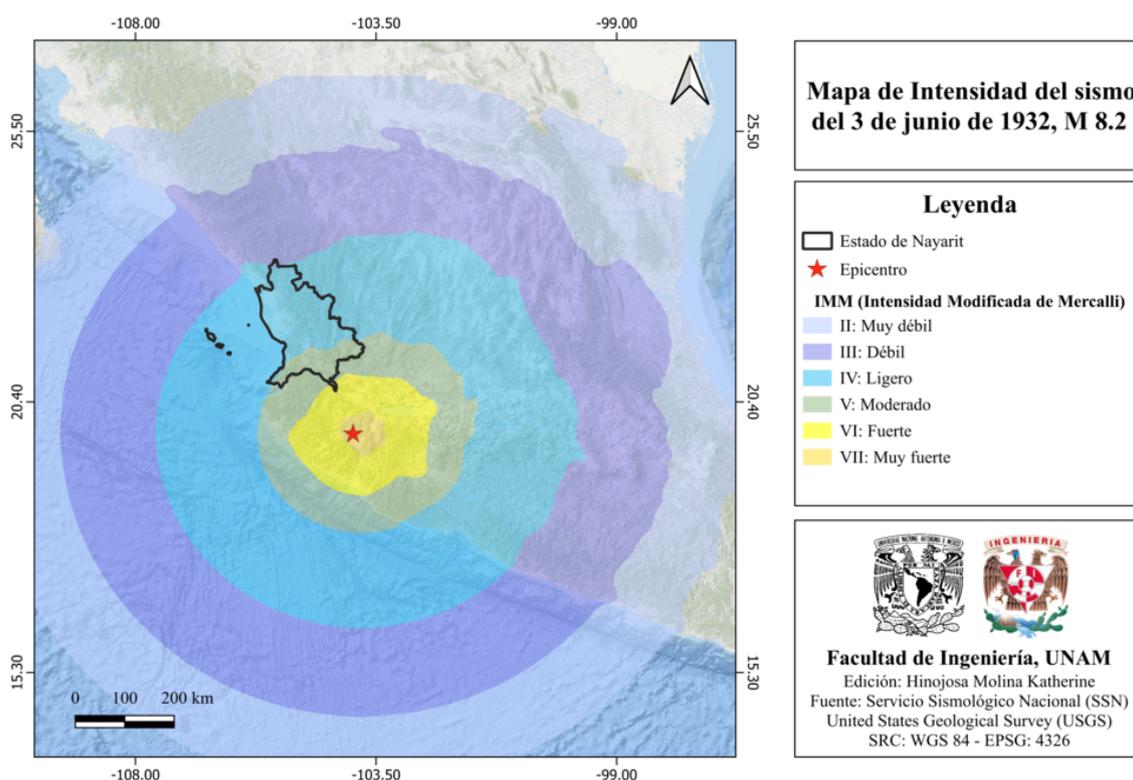


Figura 22.10: Mapa de intensidad del sismo del 3 de junio de 1932, M 8.2 [USGS, 2023],[SSN, 2023].

- **18 de junio de 1932 M 7.8** El 18 de junio de 1932 a las 04:12:10 (hora local) ocurrió un sismo de magnitud 7.8, localizado a 14 km al suroeste de Tuxpan, Jalisco, a una profundidad de 33 km. Este evento fue una de las réplicas del sismo del 3 de junio del mismo año. El mapa de intensidad de este sismo se muestra en la figura 22.11.

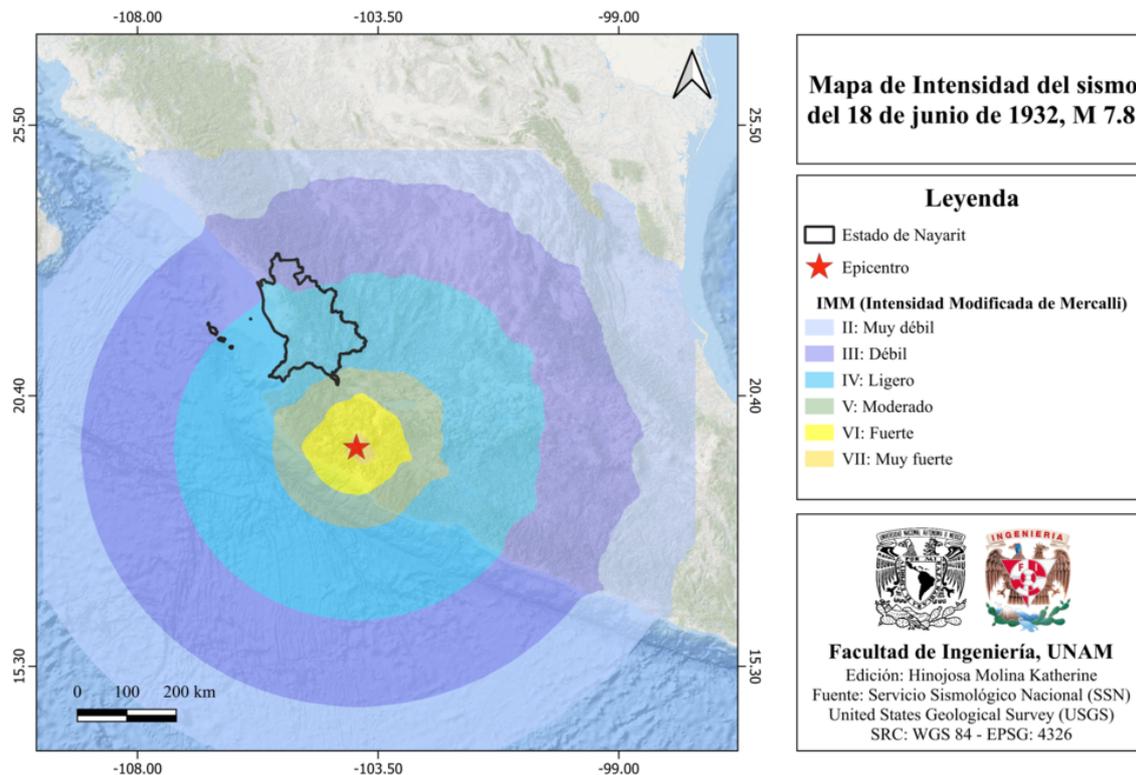


Figura 22.11: Mapa de intensidad del sismo del 18 de junio de 1932, M 7.8 [USGS, 2023],[SSN, 2023].

- **22 de junio de 1932, M 6.9** El 22 de junio de 1932 a las 06:59:28 (hora local) ocurrió un sismo de magnitud 6.9 y profundidad de 33 km, ubicado a 52 km al suroeste de Manzanillo, Colima. Este evento fue una de las réplicas del sismo del 3 de junio. A este evento se le conoce como “Terremoto-tsunami” [Okal and Borrero, 2011], debido al gran tsunami que provocó, el cual tuvo una altura de hasta 10 metros que provocó la muerte de al menos 75 personas y aproximadamente 100 heridos. El mapa de intensidad de este sismo se muestra en la figura 22.12.

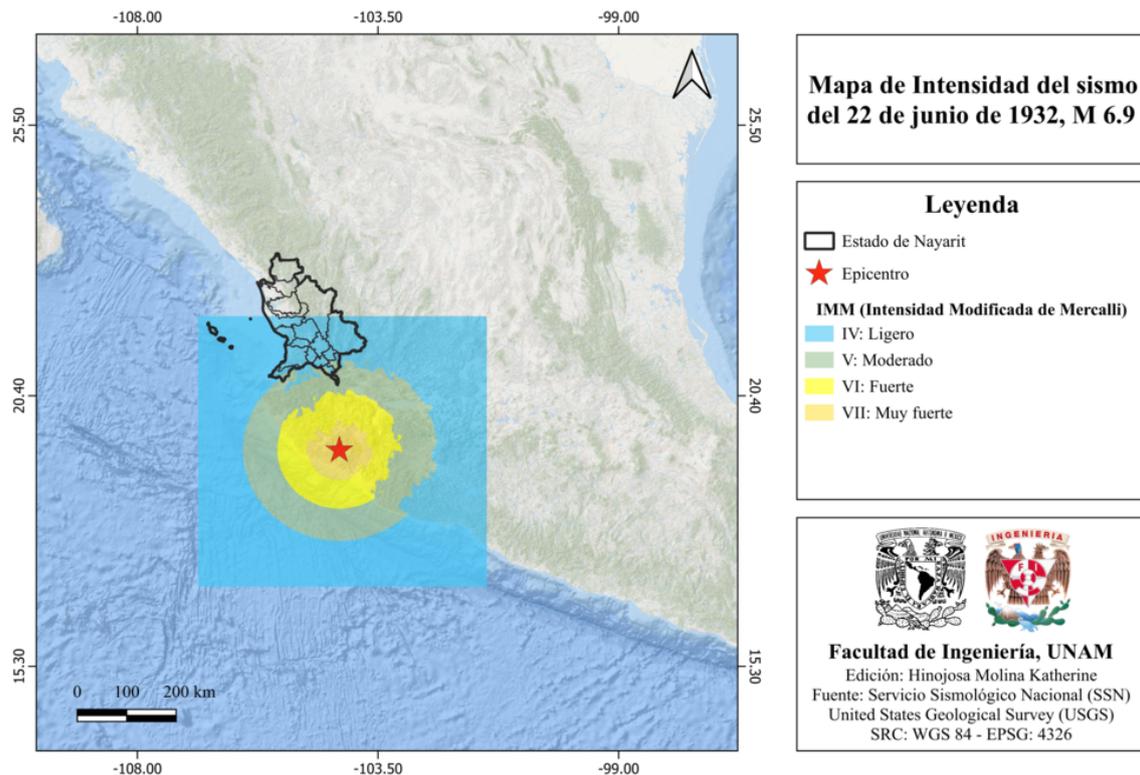


Figura 22.12: Mapa de intensidad del sismo del 22 de junio de 1932, M 6.9 [USGS, 2023],[SSN, 2023].

- 9 de octubre de 1995, M 8.0** Este sismo ocurrió el 9 de octubre de 1995 a las 09:35:54 (hora local), tuvo una magnitud de 8.0 y se localizó a 10 km al sureste de Manzanillo, Colima a una profundidad de 25 km. Este evento ocasionó la muerte de 58 personas y múltiples heridos, además grandes daños a la infraestructura pública y privada. Se generó un tsunami que afectó las costas de Jalisco y Colima, a lo largo de 120 km de costas del Pacífico, desde bahía Tenacatita en Jalisco hasta Manzanillo en Colima. (CAT-SEMAR). El mapa de intensidad de este sismo se muestra en la figura 22.13.

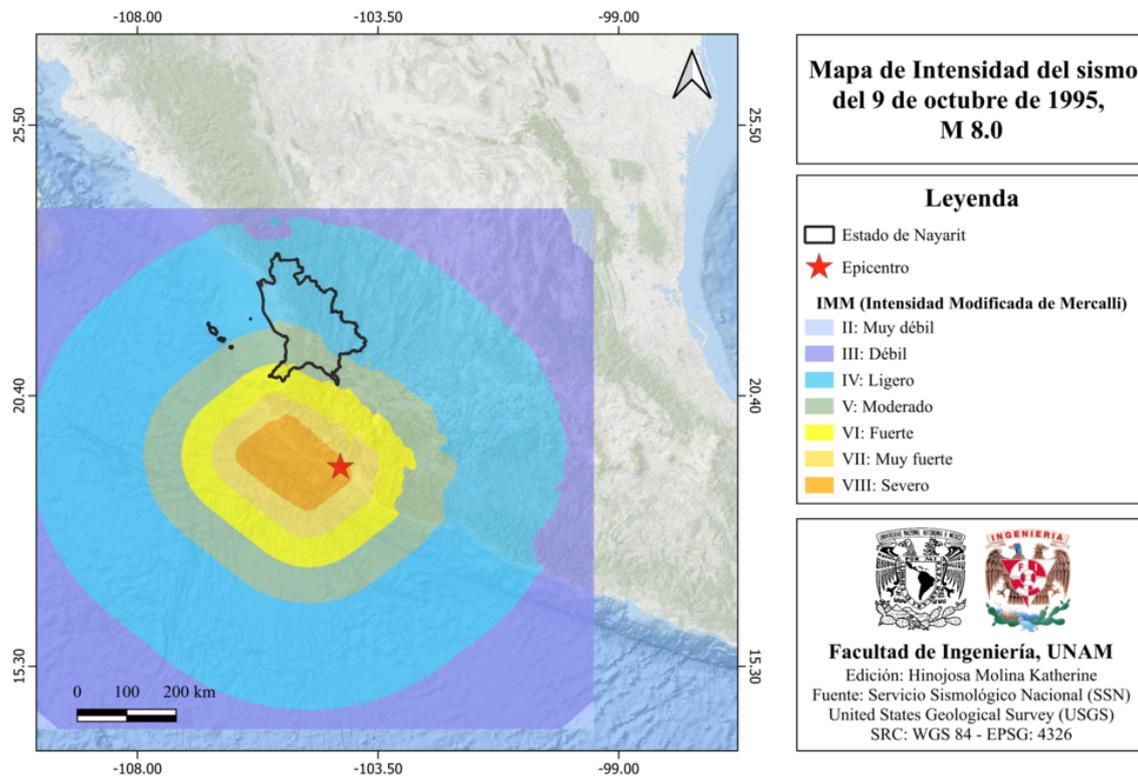


Figura 22.13: Mapa de intensidad del sismo del día 9 de octubre de 1995, M 8.0 [USGS, 2023],[SSN, 2023].

## 22.5 Peligro por tsunami

La costa del estado de Nayarit es considerada como zona generadora de tsunamis locales y receptora de tsunamis lejanos, tal como se muestra en el mapa de la figura 22.14.

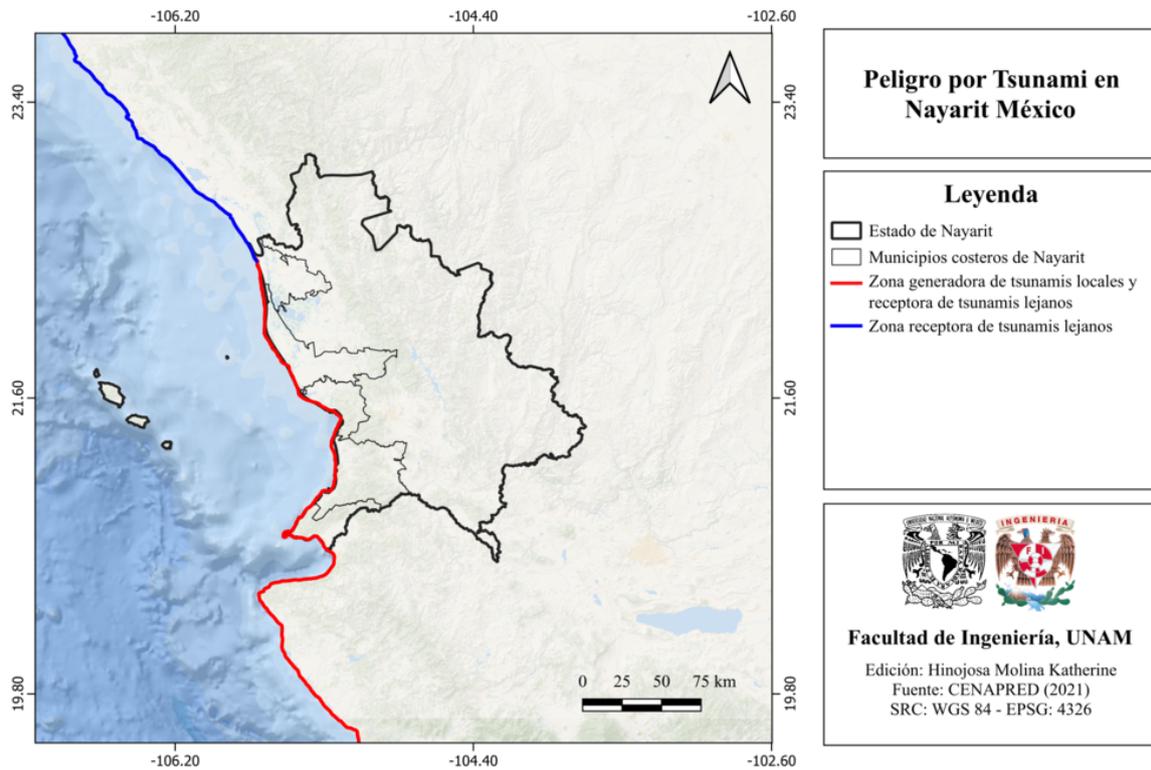


Figura 22.14: Peligro por tsunami en Nayarit, México [Cenapred, 2021].

## 22.6 Información general de peligro sísmico

### 22.6.1 Global de intensidades

El mapa del global de intensidades para el estado de Nayarit se muestra en la figura 22.15.

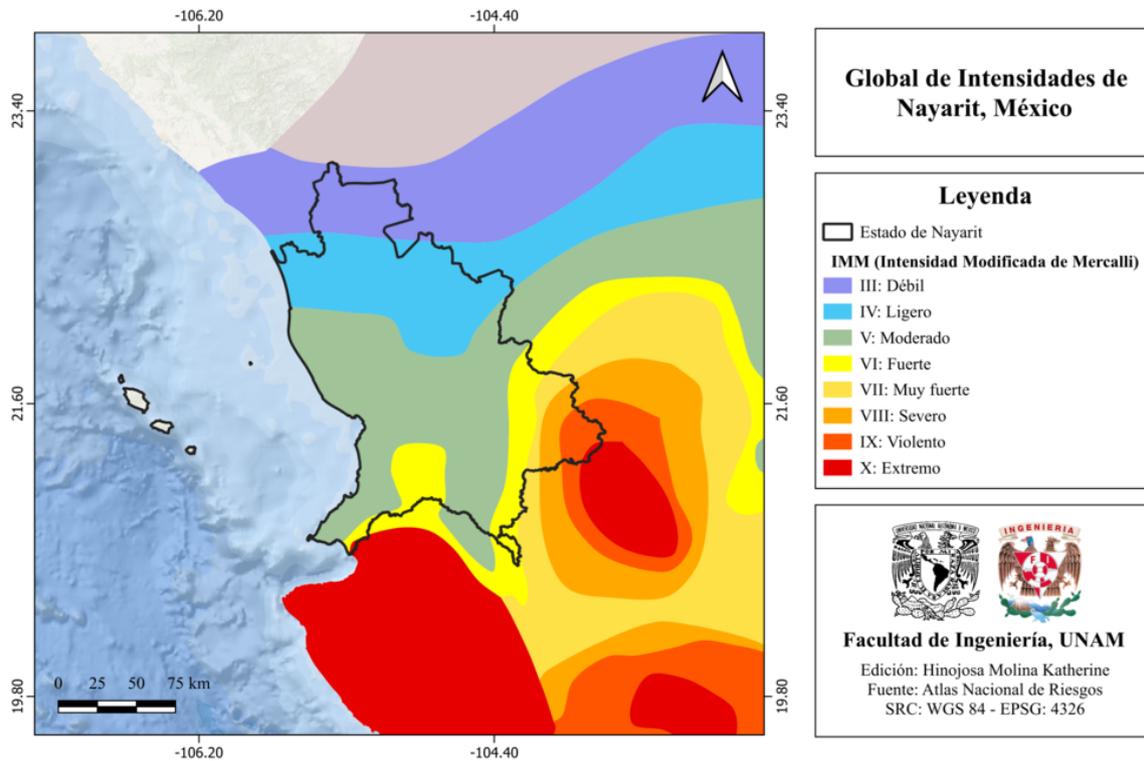


Figura 22.15: Global de intensidades del estado de Nayarit [ANR-Cenapred, 2016].

### 22.6.2 Regionalización sísmica de acuerdo con la CFE (2015)

De acuerdo con la regionalización sísmica de la CFE [CFE, 2015], el estado de Nayarit forma parte de las zonas B, C y D que corresponden a sismicidad media, alta y muy alta, respectivamente (ver figura 22.16).

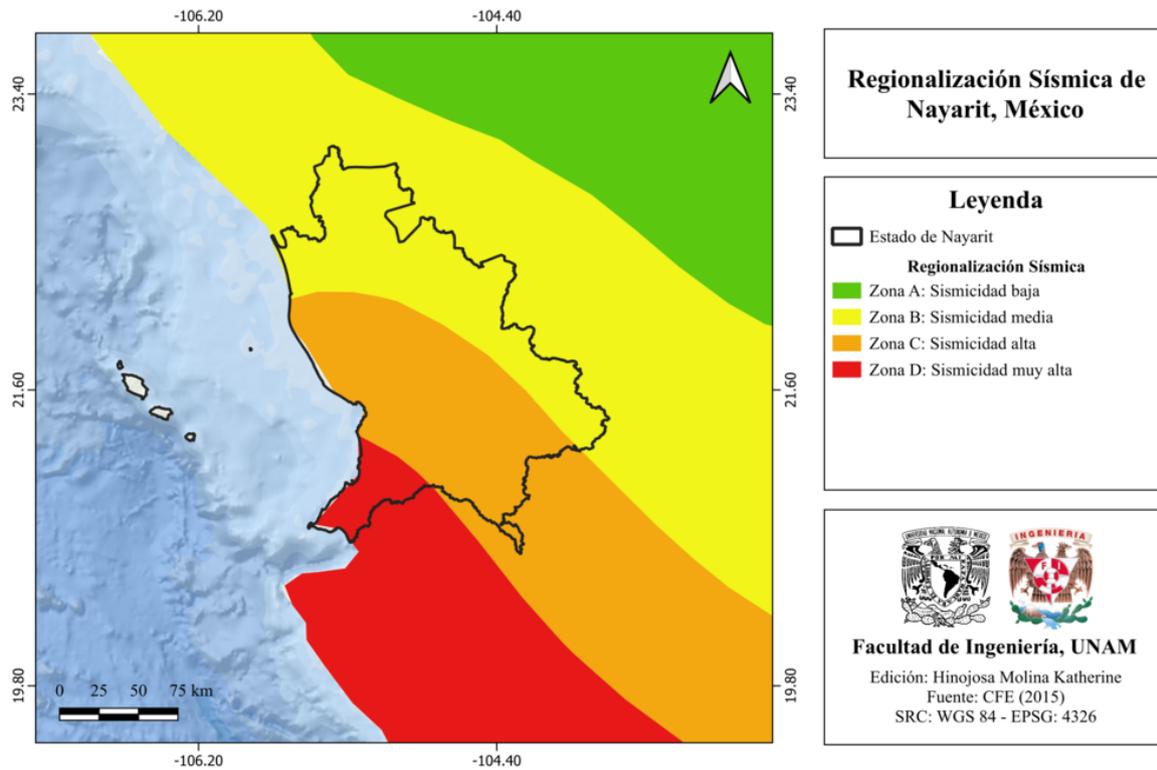


Figura 22.16: Regionalización sísmica del estado de Nayarit [CFE, 2015].

### 22.6.3 Parámetro Vs30 (USGS)

El mapa de velocidad de onda de corte de Nayarit se muestra en la figura 22.17.

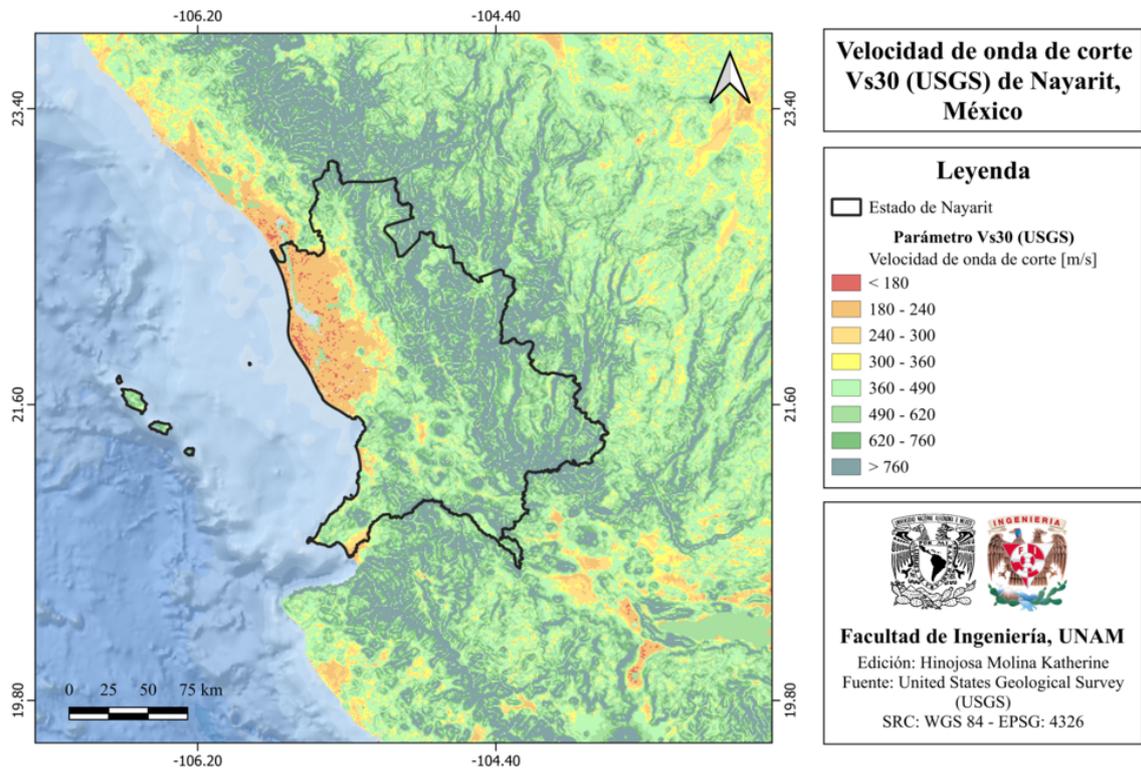


Figura 22.17: Velocidad de onda de corte Vs30 (USGS) del estado de Nayarit [Heath et al., 2020].

#### 22.6.4 Municipios con posibles efectos de sitio

En el mapa de la figura 22.18 se muestran los municipios del estado de Nayarit con posibles efectos de sitio.

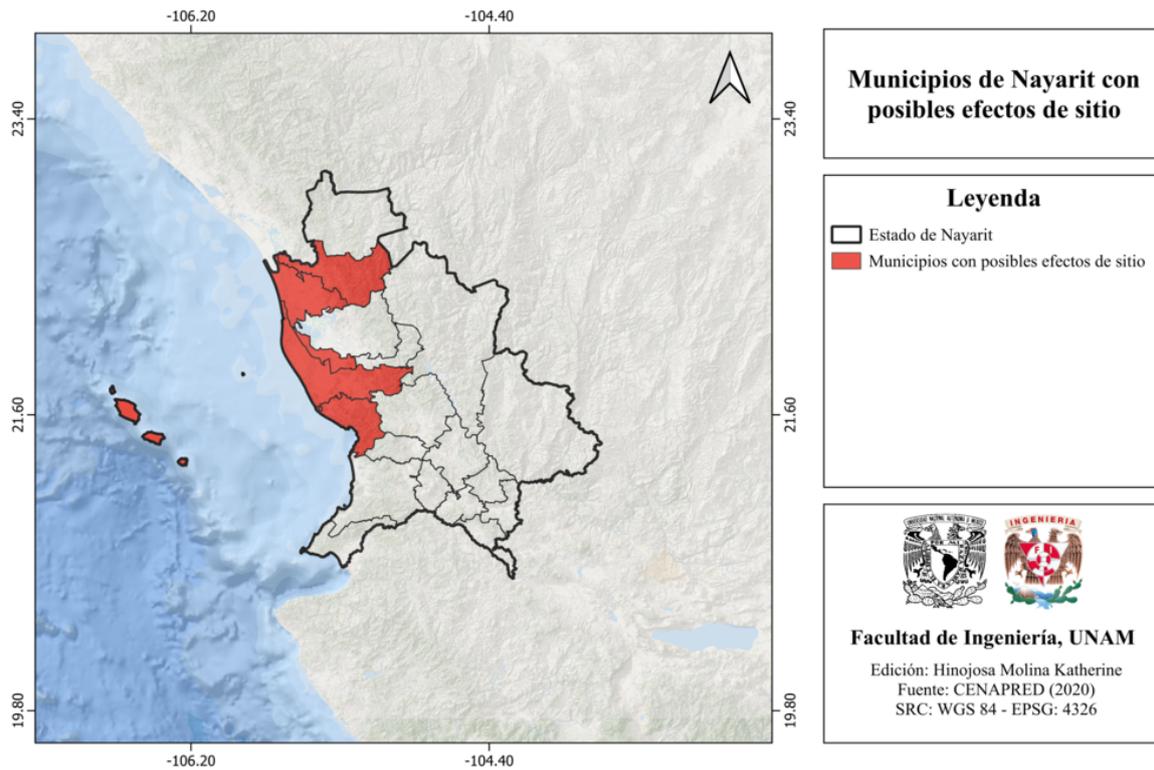


Figura 22.18: Municipios del estado de Nayarit con posibles efectos de sitio [Cenapred, 2020].

### 22.6.5 Municipios con peligro de deslizamiento por sismo

En el mapa de la figura 22.19 se muestran los municipios del estado de Nayarit con peligro de deslizamiento por sismo.

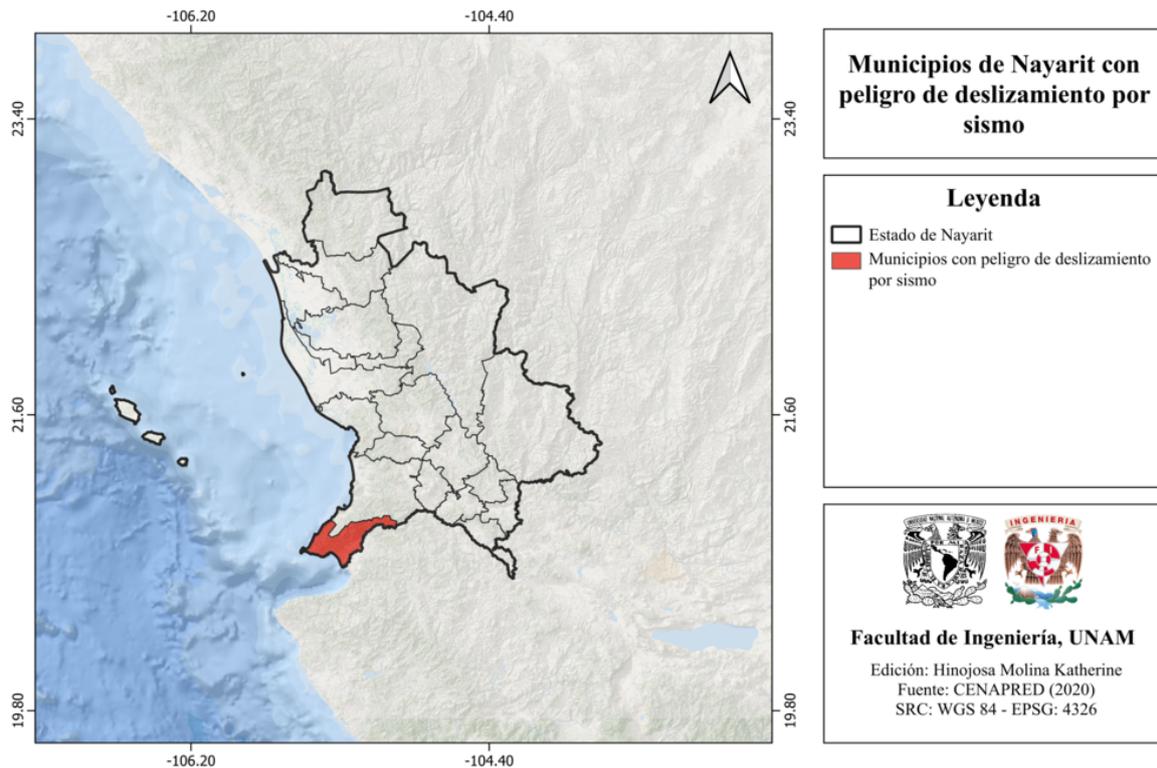


Figura 22.19: Municipios del estado de Nayarit con peligro de deslizamiento por sismo [Cenapred, 2020].

### 22.6.6 Municipios con reglamento de construcción de obras civiles

El estado de Nayarit cuenta con cuatro reglamentos municipales de construcción de obras civiles (ver figura 22.20).

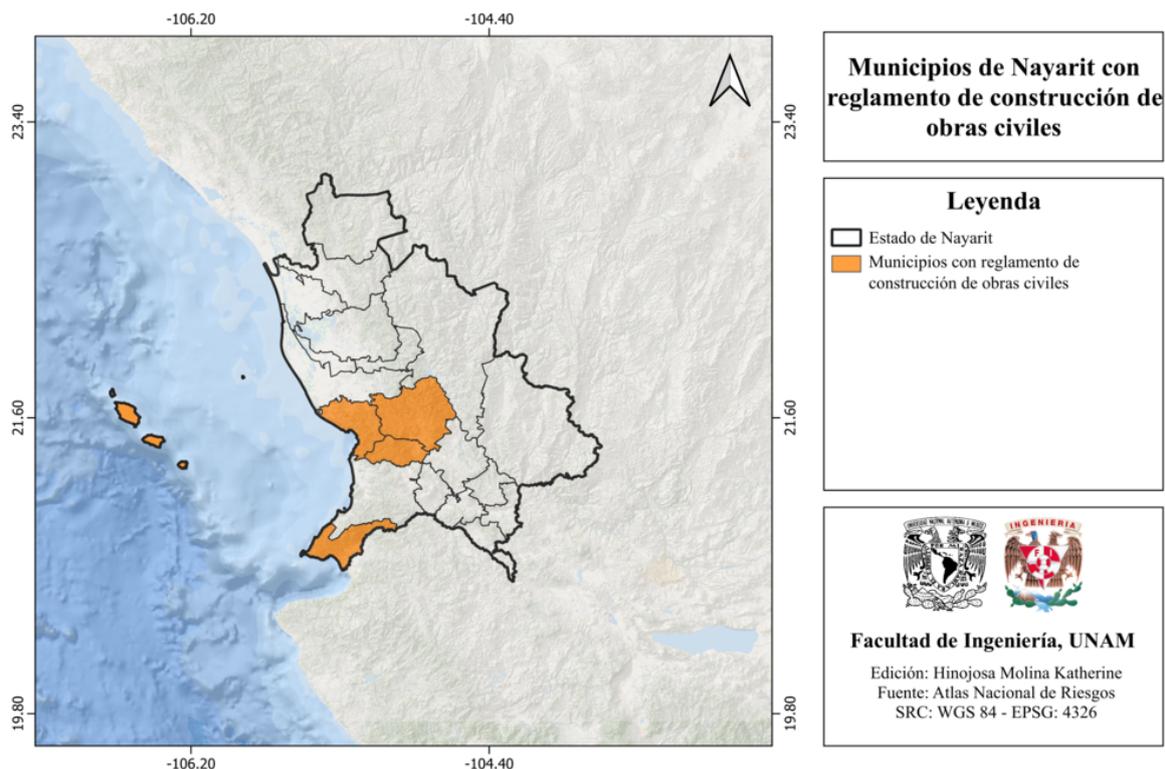


Figura 22.20: Municipios de Nayarit con reglamentos de construcción de obras civiles [ANR-Cenapred, 2016].

## 22.7 Secuencias sísmicas (enjambres) reportadas por el Servicio Sismológico Nacional (SSN)

### Secuencia sísmica del 24 al 25 de diciembre de 2018

El Servicio Sismológico Nacional (SSN) reportó una secuencia sísmica los días del 24 al 25 de diciembre de 2018. Se reportaron 11 eventos, cercanos a Ixtlán del Río, Nayarit. El sismo de mayor magnitud (magnitud 4) ocurrió el 24 de diciembre a las 20:32 (hora local), mientras que el sismo de menor magnitud fue de 3.6 [SSN, 2023].

## 22.8 Estaciones de registro sísmico en el estado

La red de banda ancha del Servicio Sismológico Nacional (SSN) cuenta con una estación sísmica en Nayarit (ver figura 22.21):

- **ANIG:** Ahuacatlán

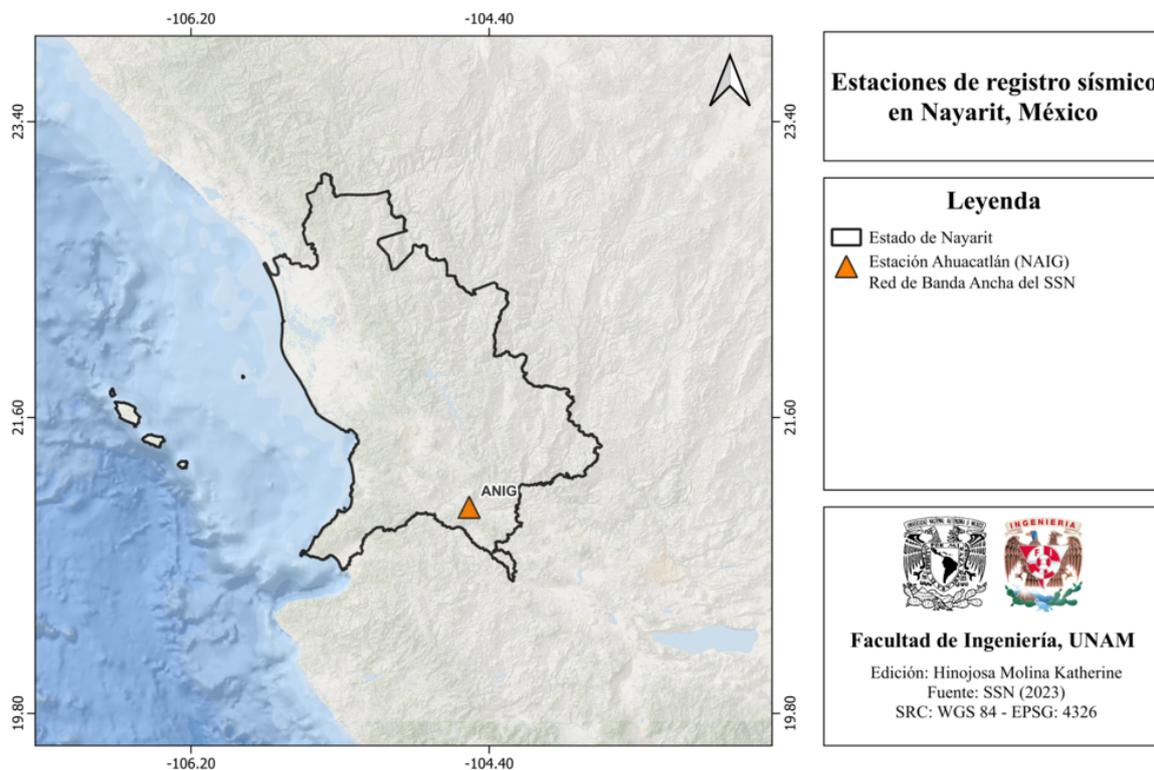


Figura 22.21: Estaciones de registro sísmico en Nayarit, México [SSN, 2023].

## 22.9 Instituciones educativas que han realizado estudios en alguna zona del estado o en sus cercanías

El Centro Universitario de los Valles de la Universidad de Guadalajara (UDG) y el Centro Universitario del Sur (UDG) han realizado estudios en materia de ciencias de la Tierra en Nayarit.

## 22.10 Estudios de sismicidad o de peligro sísmico en alguna zona del estado

- Proyecto Mesoamérica. Atlas Estatal de Nayarit.

Recuperado de [<https://rmgir.proyectomesoamerica.org/PDFAtlasEstatales/NAYARIT.pdf>]

- Rutz-López, M. y Núñez-Cornú, F. J., “sismotectónica del norte y oeste del Bloque de Jalisco usando datos sísmicos regionales”, GEOS, Vol. 24, No. 1, pp. 2-13.

# Capítulo 23

## Nuevo León

### 23.1 Localización y provincias fisiográficas

#### 23.1.1 Localización

El estado de Nuevo León se ubica al noreste del país, limita al norte con el río Bravo que lo separa de estados Unidos, al este con Tamaulipas, al sur con San Luis Potosí y al oeste con Coahuila y Zacatecas.

#### 23.1.2 Provincias fisiográficas

De acuerdo con la Fisiografía del INEGI, Nuevo León es parte de 3 provincias fisiográficas (ver figura 23.1):

- Grandes Llanuras de Norteamérica
- Llanura Costera del Golfo Norte
- Sierra Madre Oriental

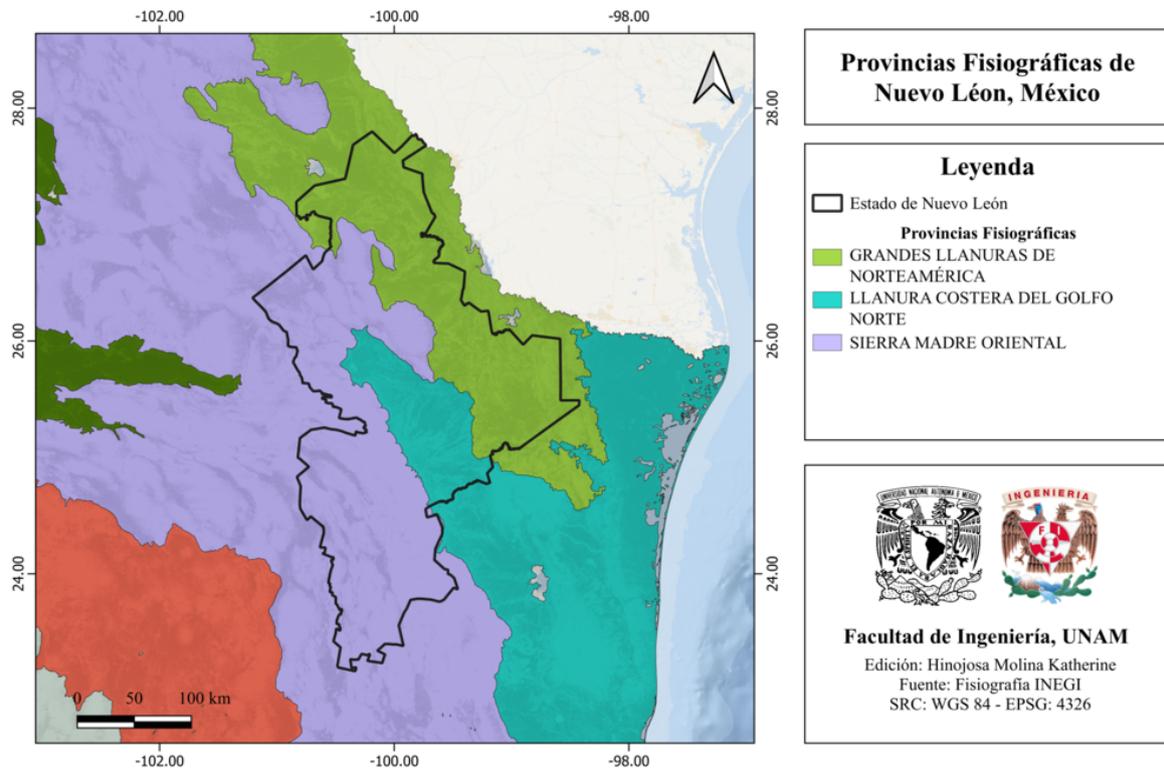


Figura 23.1: Provincias fisiográficas del estado de Nuevo León, México [INEGI, 2001].

### 23.1.3 Subprovincias fisiográficas

A su vez, forma parte de 8 subprovincias fisiográficas (ver figura 23.2):

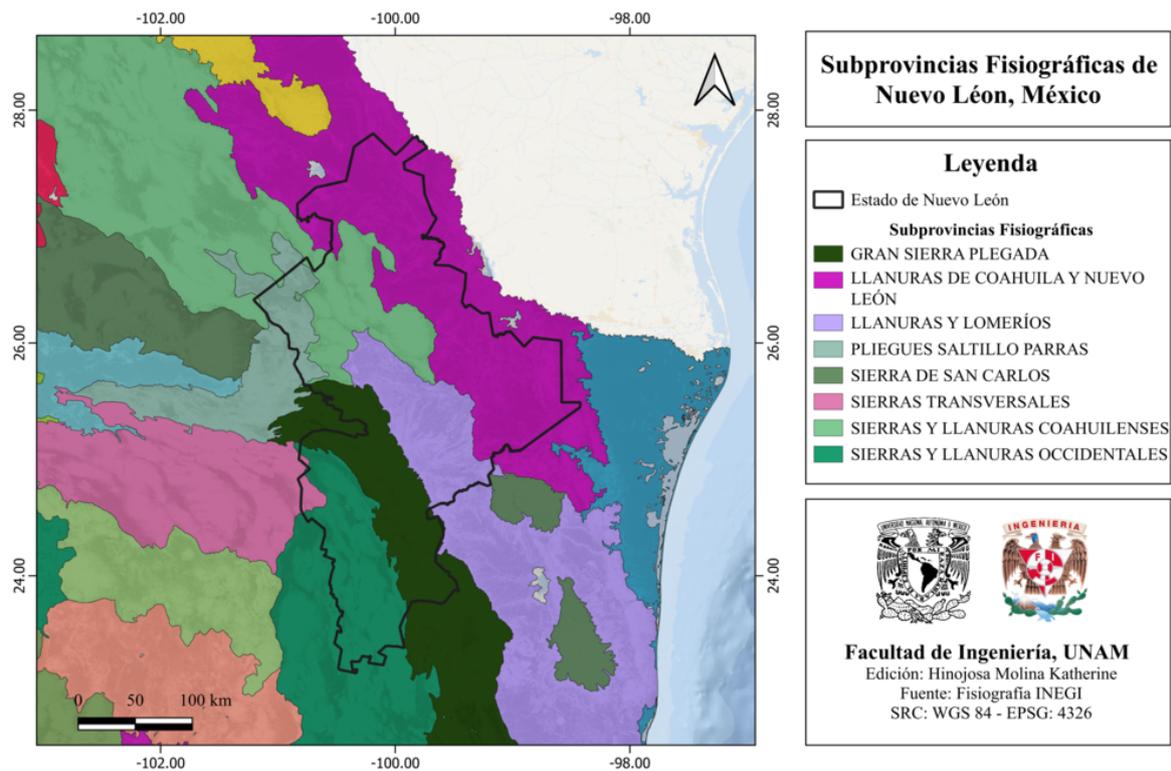


Figura 23.2: Subprovincias fisiográficas del estado de Nuevo León, México [INEGI, 2001].

### 23.1.4 Rasgos geológicos estructurales

El estado de Nuevo León cuenta con una gran variedad de rasgos estructurales que van desde anticlinales, sinclinales, fallas inversas y normales, así como fracturas (ver figura 23.3). A continuación se nombran algunos de ellos:

- Anticlinal Minas Viejas
- Anticlinal Higueras
- Anticlinal San Miguel
- Anticlinal El Fraile
- Anticlinal Las Mitras
- Anticlinal Cerro de La Silla
- Anticlinal Topochico

- Anticlinal de Los Muertos
- Sinclinal Hidalgo
- Sinclinal de San Miguel
- Sinclinal San José
- Sinclinal Garza García
- Cabalgadura Santa Catarina

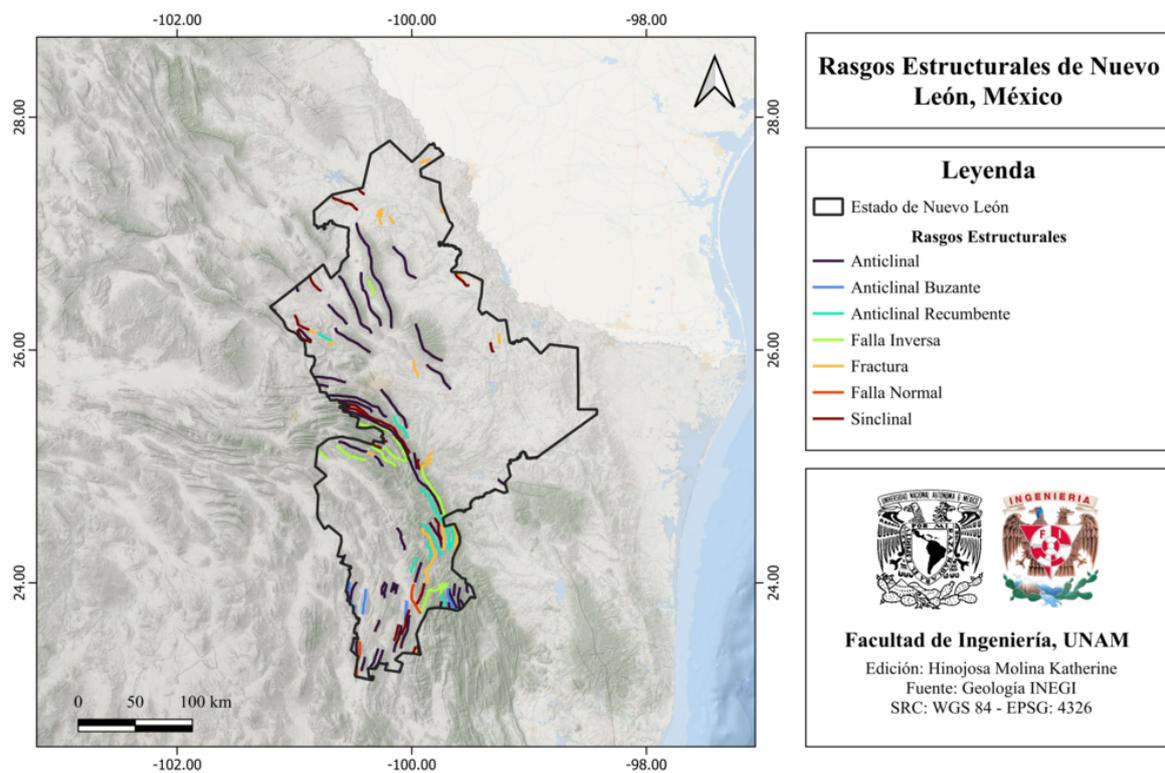


Figura 23.3: Rasgos estructurales de Nuevo León, México [ANR-Cenapred, 2016].

## 23.2 Zonas sismogénicas (sismotectónicas)

### 23.2.1 Zonas sismogénicas de acuerdo con Zúñiga et al., (2017)

Nuevo León es parte de las siguientes zonas sismogénicas (ver figura 23.4) [Zúñiga et al., 2017]:

### Zonas sismogénicas someras ( $h < 40$ km)

- **BB:** Zona de eventos intraplaca (corticales) en la placa de Norteamérica. Provincia de esfuerzos de la cuenca de Burgos ( $h < 20$  km).

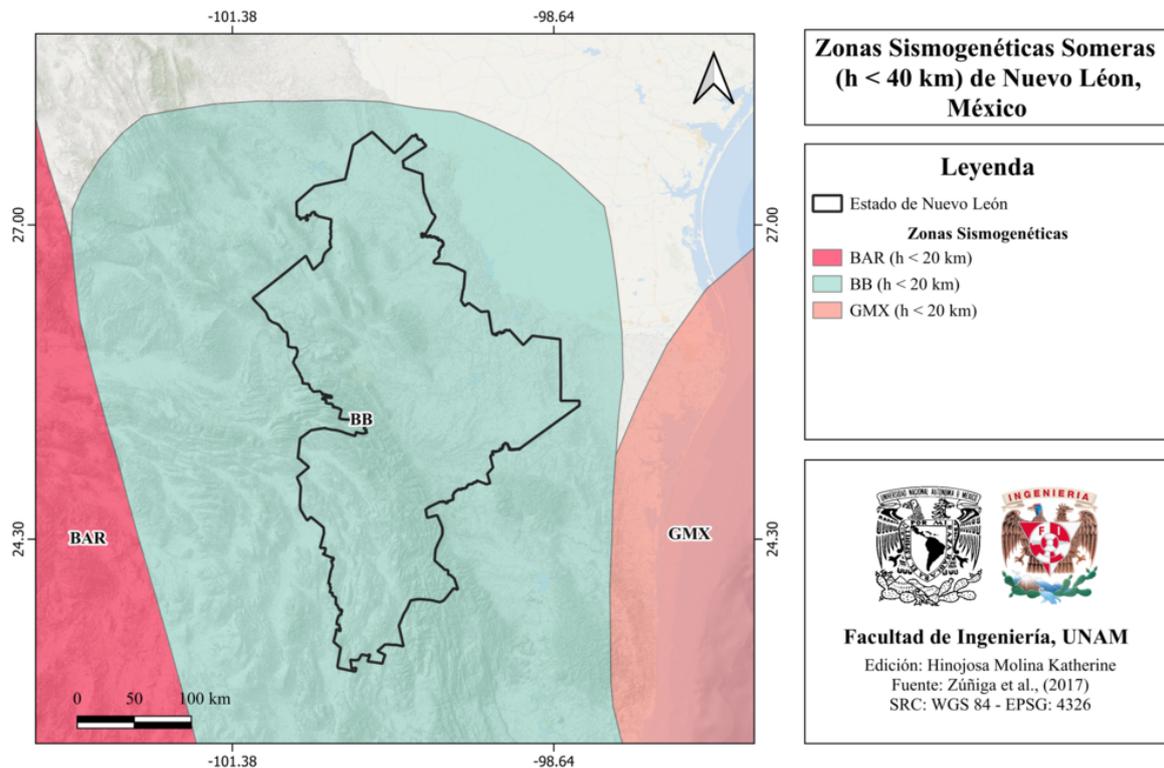


Figura 23.4: Regiones sismogénicas someras de Nuevo León, México [Zúñiga et al., 2017].

### 23.2.2 Zonas sismogénicas de acuerdo con la Comisión Federal de Electricidad (2015)

Nuevo León es parte de las siguientes zonas sismogénicas (ver figura 23.5) [CFE, 2015]:

#### Zonas generadoras de sismos superficiales

- **Región 8:** Cuenca de Burgos
- **Región 34:** Sismicidad difusa 1

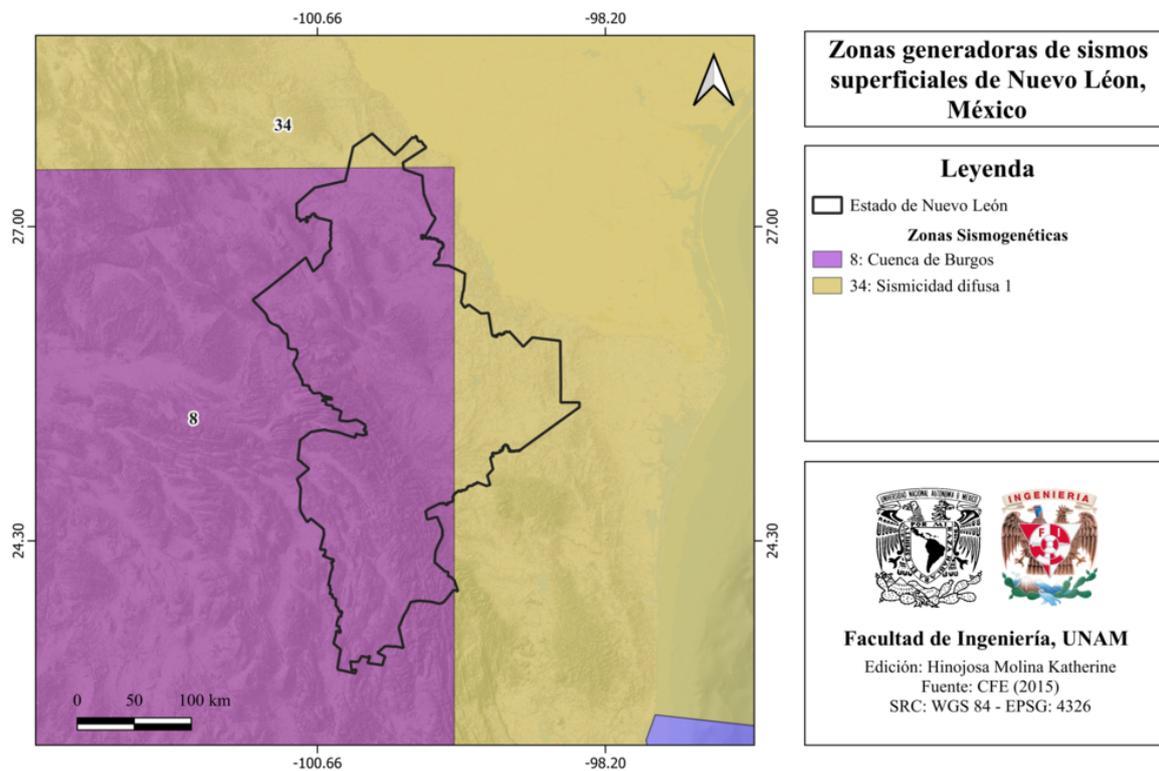


Figura 23.5: Zonas sismogénicas de Nuevo León según la Comisión Federal de Electricidad (2015) [CFE, 2015].

### 23.3 Sismicidad reportada por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) en el período 1900-2022

El Servicio Sismológico Nacional (SSN) ha reportado 470 sismos en Nuevo León, en el período del 1 de enero de 1900 al 31 de diciembre de 2022 (UTC), con magnitudes desde 2.2 hasta 4.5.

### 23.4 Sismos históricos

- **Sismo de Punta Santa Elena, Coahuila, 28 de abril de 1841, M6.2**

El 28 de abril de 1841 ocurrió un sismo de magnitud 6.2 aproximadamente 40 kilómetros al suroeste de Punta Santa Elena, en los límites de Coahuila y Zacatecas. El movimiento de este sismo fue percibido hasta 350 km de distancia en los estados de Nuevo León, Tamaulipas, Coahuila y Texas. Sosa et al., (2021) Este evento

causó colapsos de casas así como el deceso de seis personas en Punta Santa Elena, Coahuila. Así como daños severos en las haciendas Los Muertos y La Vaquera, en Saltillo [Sosa-Ramírez et al., 2021].

- **Sismo de Bavispe, Sonora, 3 de mayo de 1887, M7.6**

El sismo de Bavispe, Sonora ocurrió el 3 de mayo de 1887 y fue percibido desde la ciudad de Agua Prieta hasta el puerto de Mazatlán. Éste tuvo una magnitud estimada de 7.6 [Suárez and Hough, 2008] y ocurrió a las 22:13 UTC. A pesar de que no existen registros sísmicos de este evento, se estima que los daños leves en la escala modificada de Mercalli (intensidad VI) tuvieron lugar en distancias de hasta 200 kilómetros aproximadamente, en México como en Estados Unidos.

- **Sismo de Parral, Chihuahua, en 1928, M6.3**

El sismo de Parral ocurrió el 1 de noviembre de 1928 a las 04:12:54 UTC, tuvo una profundidad de 10 km y una magnitud de 6.3 Mw. Este ha sido uno de los sismos más grandes ocurridos dentro de la provincia de Cuencas y Sierras (Basin and Range). Se registró daño considerable en la Ciudad de Meoqui, a pesar de que ésta se encuentra a 125 km del epicentro. Este evento también fue percibido en varias regiones de Texas como El Paso, Canutillo y Valentine, donde se tuvieron intensidades en la escala de Mercalli de V, IV y V, respectivamente. Así como en Chihuahua en Santa Rosalía, Jiménez y la ciudad de Chihuahua, donde se tuvieron intensidades en la escala de Mercalli de VII, III, VI [Doser and Rodriguez, 1993].

## 23.5 Peligro por tsunami

El estado no está expuesto a este fenómeno, ya que se encuentra a 290 km a la costa del golfo de México.

## 23.6 Información general de peligro sísmico

### 23.6.1 Global de intensidades

No se cuenta con información.

### 23.6.2 Regionalización sísmica de acuerdo con la CFE (2015)

Nuevo León se encuentra dentro de la región A, correspondiente a sismicidad baja [CFE, 2015] (ver figura 23.6).

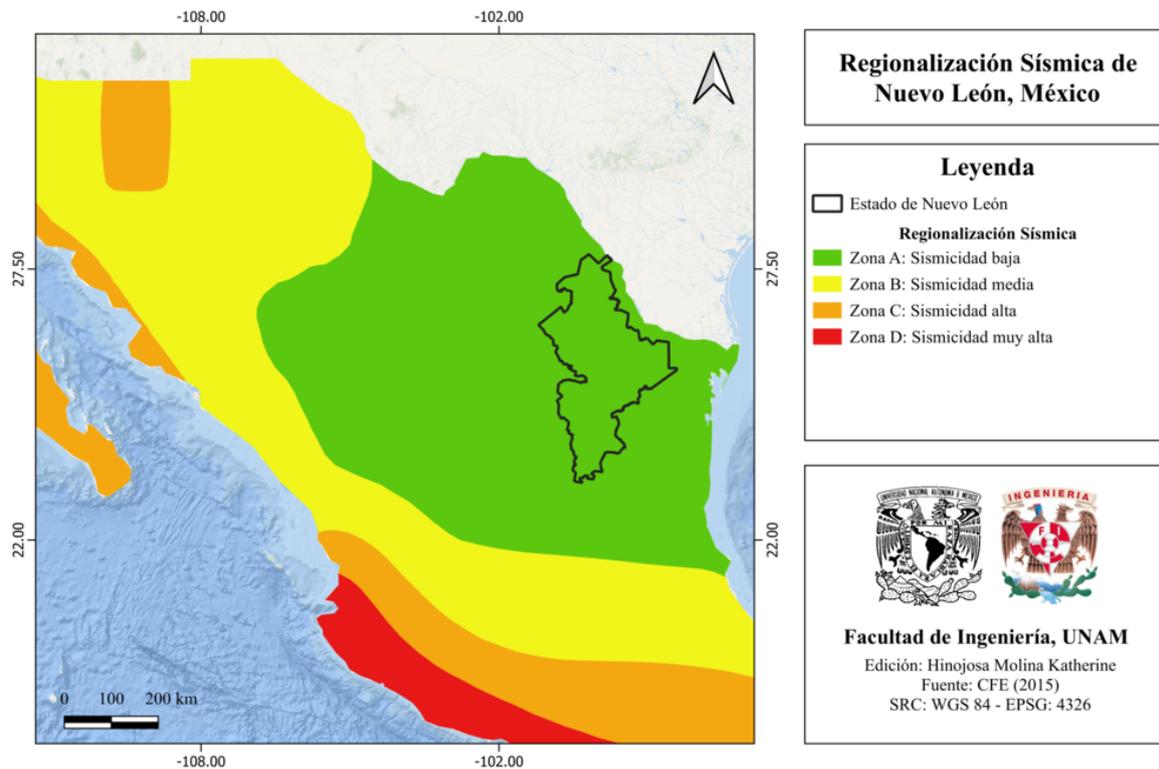


Figura 23.6: Regionalización sísmica de Nuevo León, México [CFE, 2015].

### 23.6.3 Parámetro Vs30 (USGS)

El mapa de velocidad de onda de corte, de acuerdo con el parámetro Vs30 de la USGS se muestra en la figura 23.7.

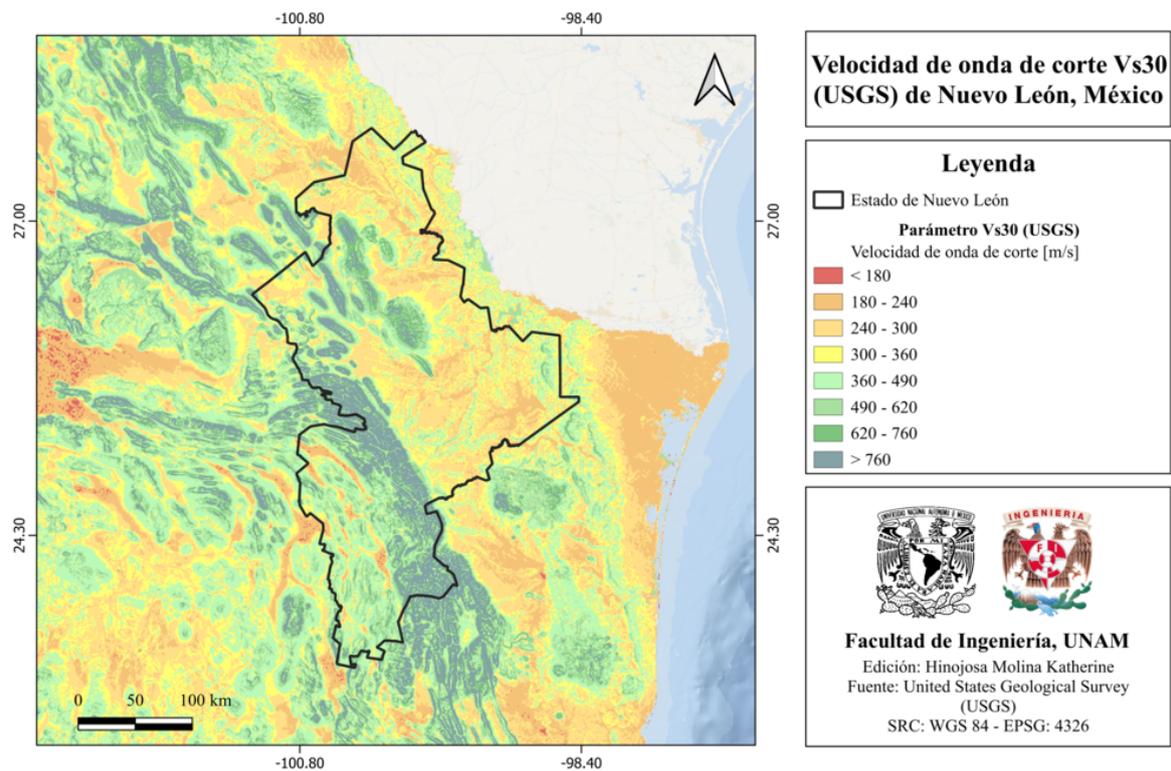


Figura 23.7: Velocidad de onda de corte Vs30 (USGS) de Nuevo León, México [Heath et al., 2020].

#### 23.6.4 Municipios con posibles efectos de sitio

En el mapa de la figura 23.8 se muestran los municipios de Nuevo León con posibles efectos de sitio.

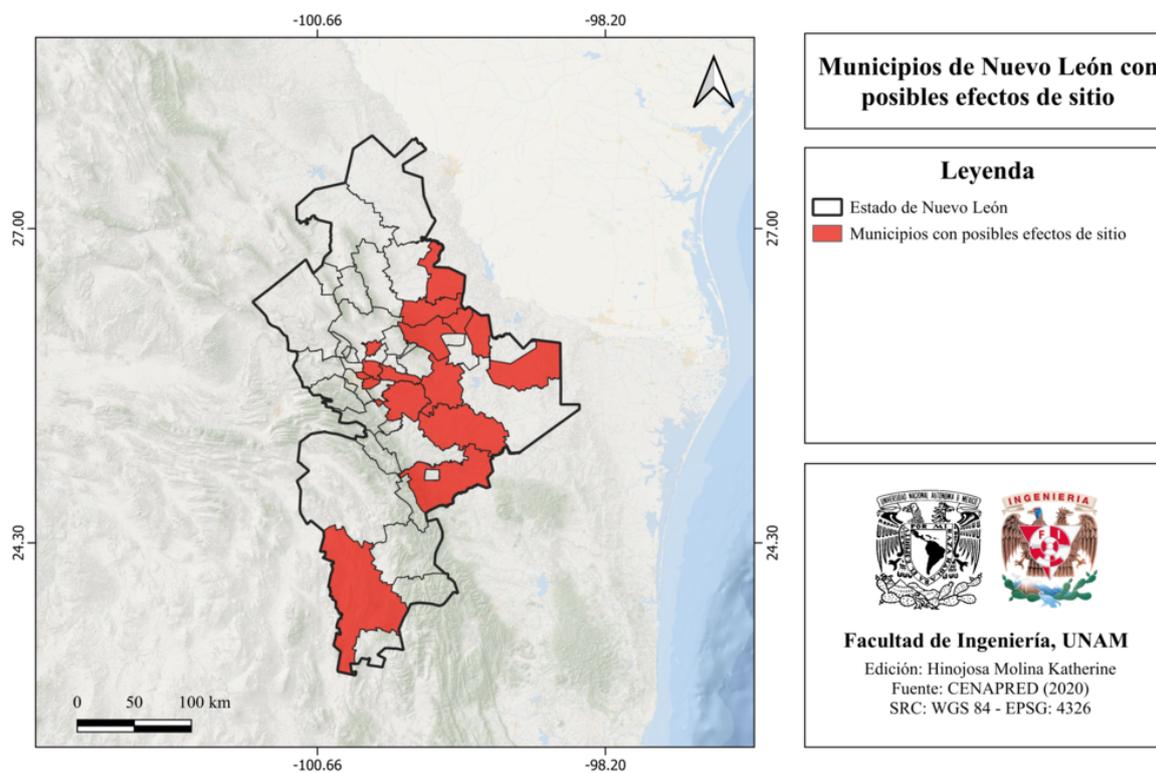


Figura 23.8: Municipios de Nuevo León con posibles efectos de sitio [Cenapred, 2020].

### 23.6.5 Municipios con reglamento de construcción de obras civiles

El estado de Nuevo León cuenta con 17 reglamentos municipales de construcción de obras civiles (ver figura 23.9).

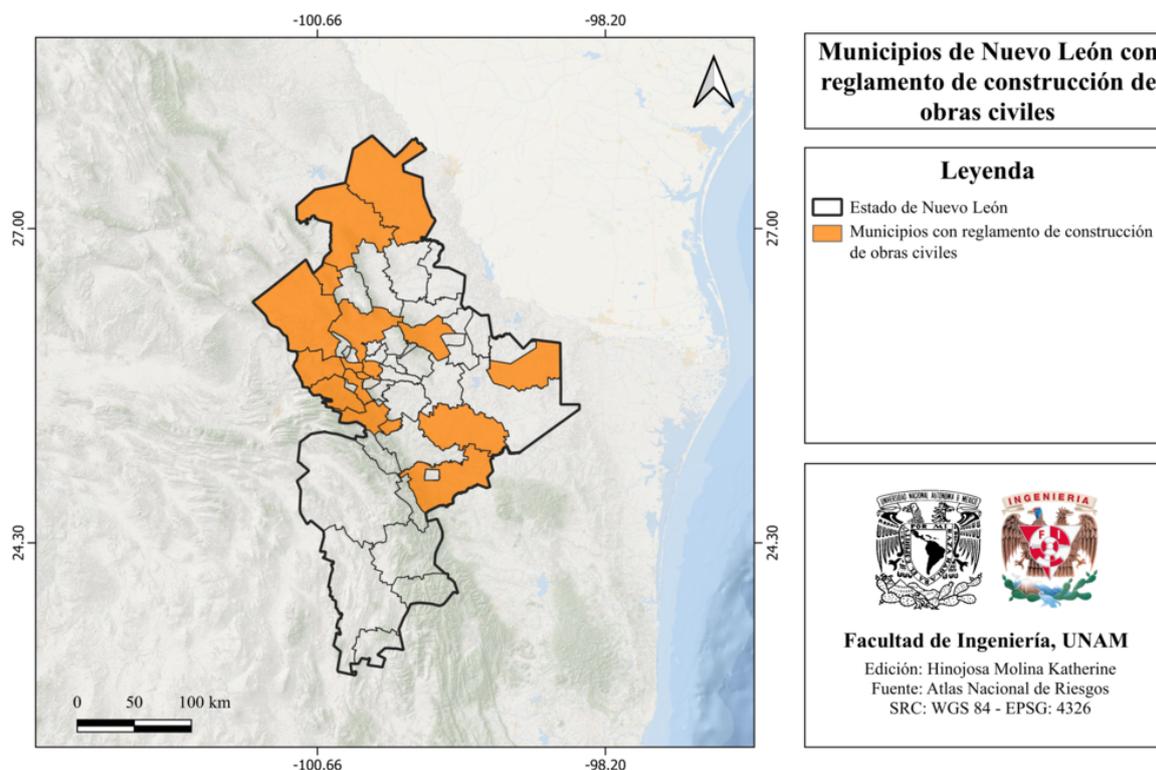


Figura 23.9: Municipios de Nuevo León con reglamentos de construcción [ANR-Cenapred, 2016].

## 23.7 Secuencias sísmicas (enjambres) reportadas por el Servicio Sismológico Nacional (SSN)

### Secuencia sísmica del 7 de octubre de 2013 al 18 de marzo de 2014

El Servicio Sismológico Nacional (SSN) reportó una secuencia de más de 100 eventos sísmicos en Nuevo León, durante los días del 7 de octubre de 2013 al 18 de marzo de 2014. Los eventos fueron localizados entre las ciudades de Cadereyta, China y General Terán-Montemorelos con magnitudes dentro de un rango de 2.8 a 4.5

## 23.8 Estaciones de registro sísmico en el estado

El Servicio Sismológico Nacional (SSN) con la Facultad de Ciencias de la Tierra de la Universidad Autónoma de Nuevo León, tienen dos estaciones sísmicas (ver figura 23.10):

- Linares (LNIG)

- Monterrey (MNIG)

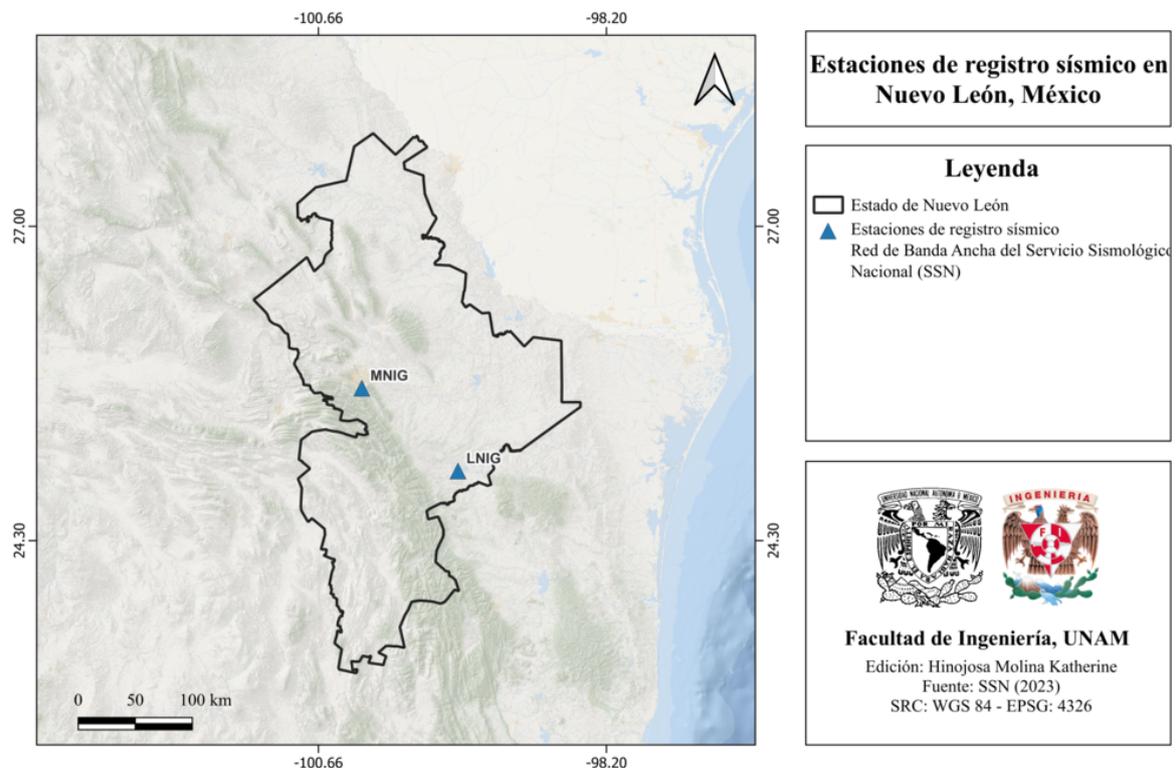


Figura 23.10: Estaciones sísmicas de Nuevo León, México [SSN, 2023].

## 23.9 Instituciones educativas que han realizado estudios en alguna zona del estado o en sus cercanías

La Facultad de Ciencias de la Tierra de la Universidad Autónoma de Nuevo León ha realizado estudios en materia de geociencias en Nuevo León.

## 23.10 Estudios de sismicidad o de peligro sísmico en alguna zona del estado

- Jorge A. Salinas-Jasso, Juan C. Montalvo-Arrieta, Efraín Alva-Niño, Ignacio Navarro de León y Juan M. Gómez-González, 2018. "Seismic site effects in the central zone of Monterrey Metropolitan Area (northeast Mexico) from a geotechnical multidisciplinary assessment."

- Ramos-Zúñiga, L. G., Medina-Ferrusquía, H. C. y Montalvo-Arrieta, J. C., 2012. Patrones de sismicidad en la curvatura de Monterrey, noreste de México.
- Ramón-Zuñiga, L.G., Montalvo-Arrieta, J.C., Pérez-Campos, X. y Valdés-González, C., 2012. Seismic characterization of station LNIG as a reference site in Northeast Mexico", *Geofísica Internacional*, Vol. 51, No. 2, pp. 187-197.
- Salinas Jasso, J. A., 2014. Estudio geotécnico-geofísico del comportamiento dinámico del subsuelo para el área metropolitana de Monterrey, Nuevo León, México. Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL.
- Sosa-Ramírez, R. L., Paz-Martínez, E. G. y Montalvo-Arrieta, J. C., 2021. "The Mw6.2 Punta Santa Elena (Coahuila-Zacatecas) earthquake of 28 April 1841, the largest documented pre-instrumental event and its implication on seismic Hazard in Northeastern Mexico."
- Tello Medrano, N. C. 2010. Evaluación de los efectos sísmicos de sitio mediante el análisis espectral de microtemores en la Cd. de Linares, Nuevo León. Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL.

# Capítulo 24

## Oaxaca

### 24.1 Localización y provincias fisiográficas

#### 24.1.1 Localización

Oaxaca se localiza al suroeste de México. Limita al norte con Veracruz y Puebla, al sur con el océano Pacífico, al este con Chiapas y al oeste con Guerrero.

#### 24.1.2 Provincias fisiográficas

Con base en la información de la Fisiografía de México del INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía), la República Mexicana está dividida en 15 provincias fisiográficas, de acuerdo a esta clasificación el estado forma parte de cinco:

1. Sierra Madre del Sur
2. Llanura Costera del Golfo Sur
3. Cordillera Centroamericana
4. Eje Neovolcánico
5. Sierras de Chiapas y Guatemala

En la figura 24.1 se muestra el mapa de las provincias fisiográficas correspondientes a Oaxaca.

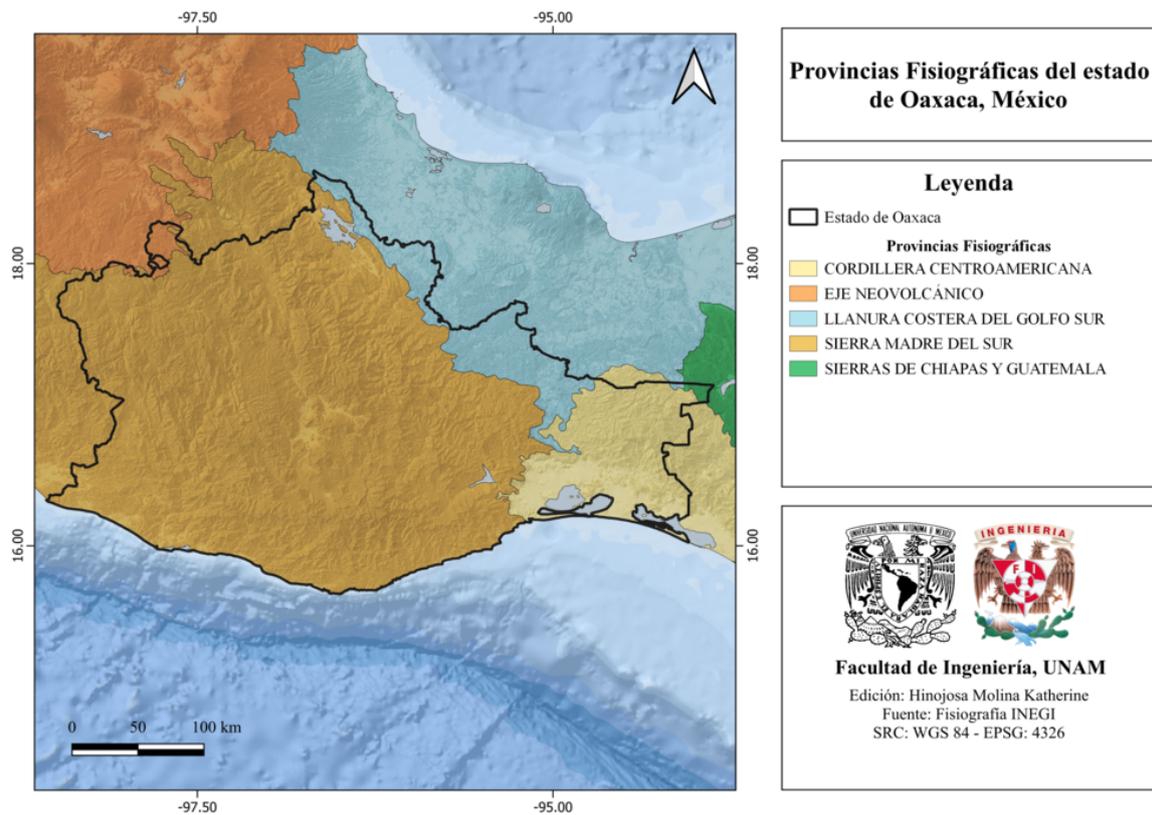


Figura 24.1: Provincias fisiográficas del estado de Oaxaca, México. [INEGI, 2001]

### 24.1.3 Subprovincias fisiográficas

Al mismo tiempo, el estado se subdivide en nueve diferentes subprovincias:

- Costas del Sur
- Cordillera Costera del Sur
- Mixteca Alta
- Sierras y Valles de Oaxaca
- Sierras Orientales
- Sierras Centrales de Oaxaca
- Llanura Costera Veracruzana
- Sierra del sur de Chiapas

- Llanura del Istmo

Estas subprovincias se muestran en la figura 24.2.

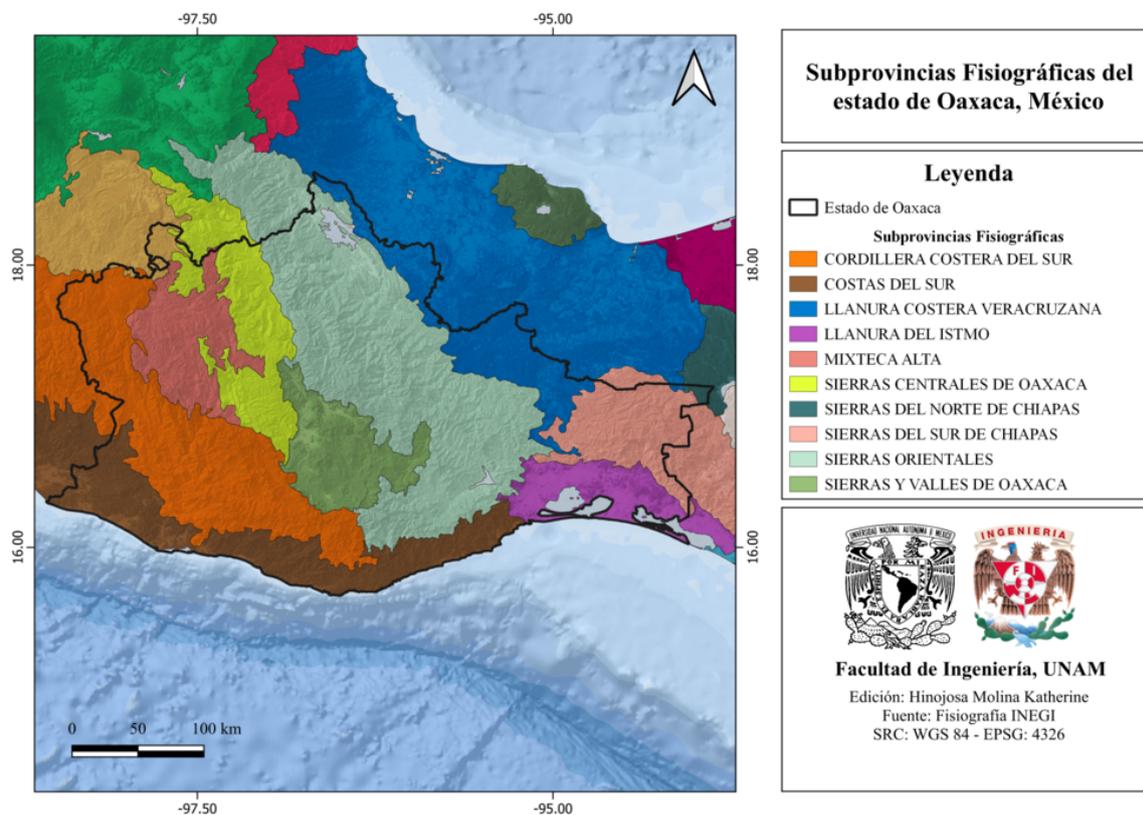


Figura 24.2: Subprovincias fisiográficas del estado de Oaxaca, México. [INEGI, 2001]

La geología de Oaxaca es una de las más complejas del país, debido a los diferentes eventos tectónicos superpuestos que existen en su territorio, así como su gran diversidad litológica. Por tal motivo, ha sido objeto de estudio en varias investigaciones.

#### 24.1.4 Rasgos geológicos estructurales

En el estado existe una gran cantidad de fallas geológicas, entre esas se encuentran las más importantes las cuales definen los siguientes terrenos:

- Maya
- Cuicateco
- Zapoteco

- Mixteco
- Chatino

De acuerdo con la Unidad Estatal de Protección Civil de Oaxaca, los límites entre estos terrenos están definidos por fallas de tipo normal y de cabalgadura, tal como se describe a continuación:

- **Cabalgadura de Vista Hermosa:** Limita parte de los terrenos Maya y Cuicateco.
- **Falla Oaxaca:** Limita los terrenos Cuicateco y Zapoteco. Esta falla es normal y se extiende a los límites con el estado de Puebla hasta la parte norte de la Ciudad de Oaxaca.
- **Falla de Tamazulapan:** Falla normal que se extiende desde la parte norte del estado, hasta la falla de Juchatengo.
- **Falla Juchatengo:** Falla de tipo normal que se extiende desde los límites con el estado de Guerrero, hasta encontrar la falla denominada Chacalapa.
- **Falla Chacalapa:** Falla normal, es la continuación de la falla de Juchatengo, extendiéndose hasta el Istmo de Tehuantepec.

En la figura 24.3 se muestra la distribución de los rasgos estructurales del estado de Oaxaca, tales como fallas, fracturas, anticlinales y sinclinales.

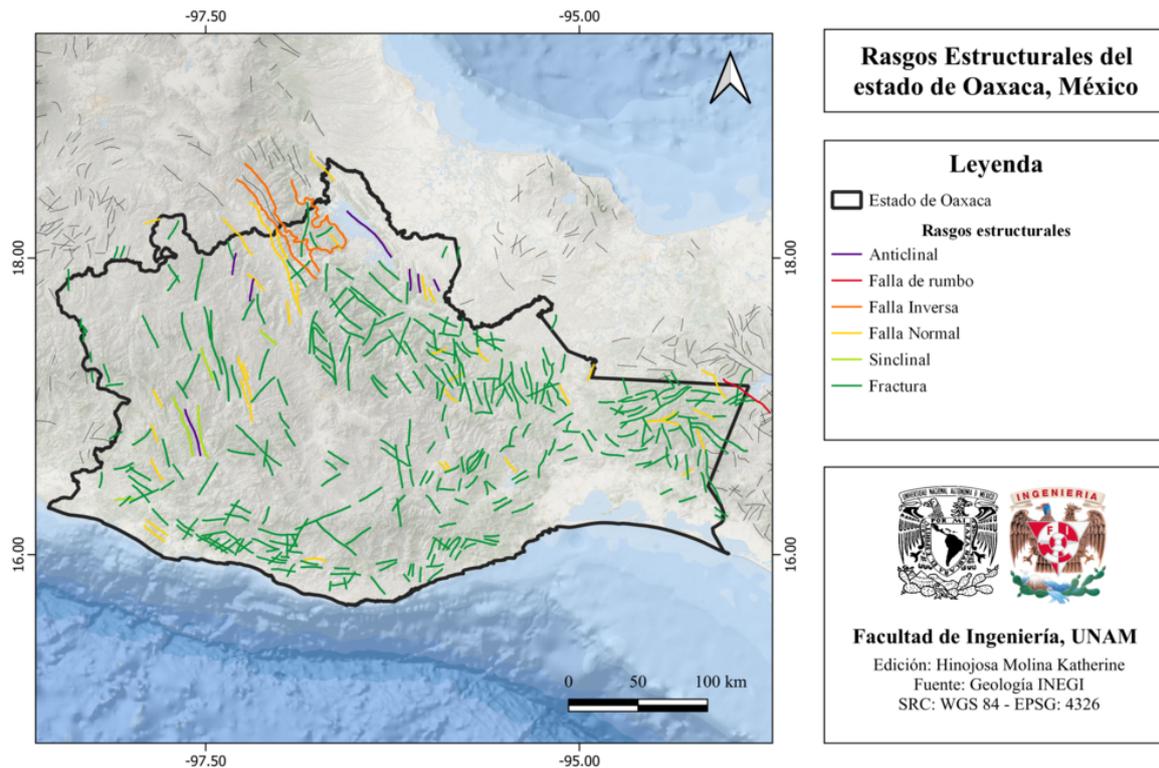


Figura 24.3: Rasgos estructurales del estado de Oaxaca, México. [INEGI, 2002]

## 24.2 Zonas sismogénéticas (sismotectónicas)

### 24.2.1 Zonas sismogénéticas de acuerdo con Zúñiga et al., (2017)

#### Zonas sismogénéticas someras ( $h < 40$ km)

- **SUB3:** Zona de eventos de subducción de acoplamiento fuerte. Convergencia entre la placa de Cocos y Norteamérica ( $h < 40$  km).
- **SUB4:** Zona de eventos de subducción de acoplamiento fuerte. Convergencia entre las placas de Cocos y Caribe ( $h < 40$  km).
- **NAM:** Intraplaca o corticales en la placa Norteamericana al sureste de México. No relacionados con el régimen volcánico de la Faja Volcánica Transmexicana ( $h < 20$  km).
- **MVB:** Zona de eventos intraplaca de la parte somera ( $h < 15$  km) de la placa Norteamericana, asociado a esfuerzos tensionales en el centro de México. Estos

esfuerzos están relacionados con la ubicación de la Faja Volcánica Transmexicana ( $h < 20$  km).

En la figura 24.4 se muestran estas zonas simogenéticas someras.

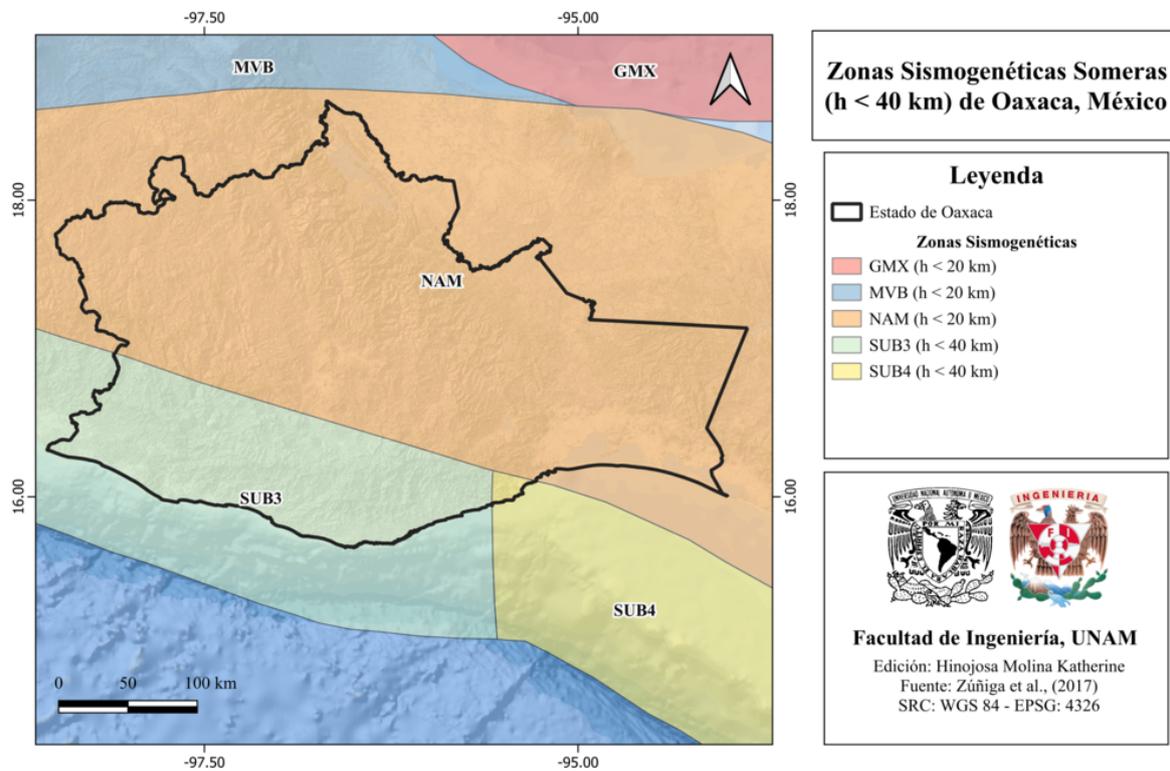


Figura 24.4: Zonas sismogenéticas someras ( $h < 40$  km) de Oaxaca, México. [Zúñiga et al., 2017]

### Zonas sismogenéticas de profundidad intermedia ( $h > 40$ km)

- **IN2:** Zona de eventos intraplaca de profundidad intermedia ( $40 \text{ km} \leq h < 255$  km). Zona de transición de la placas de Cocos y corresponde a la extensión a profundidad de la región SUB3
- **IN3:** Zona de eventos intraplaca o corticales en la Placa de Cocos, de profundidad intermedia ( $40 \text{ km} \leq h < 460$  km) Extensión en profundidad de la zona SUB4.

En la figura 24.5 se muestran estas zonas sismogenéticas.

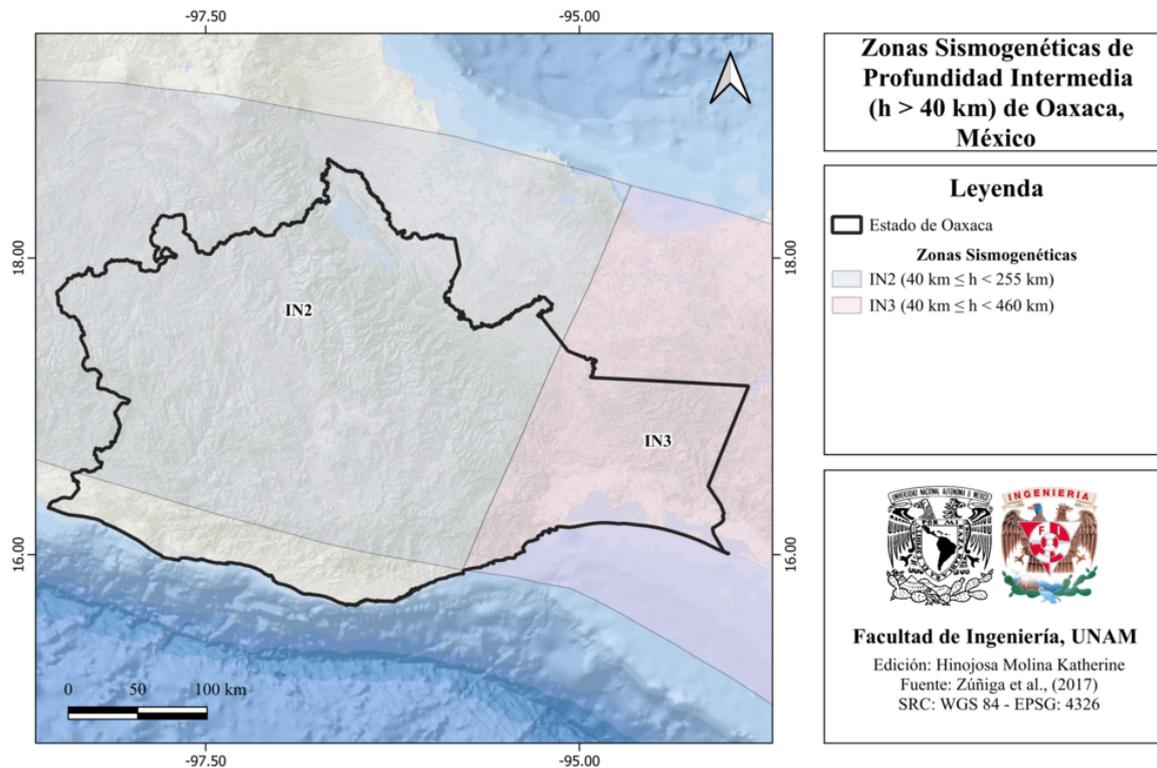


Figura 24.5: Zonas sismogénicas de profundidad intermedia ( $h > 40$  km) de Oaxaca, México. [Zúñiga et al., 2017]

### 24.2.2 Zonas sismogénicas de acuerdo con la Comisión Federal de Electricidad (2015)

Por otra parte, la Comisión Federal de Electricidad (2015) divide al país en 48 fuentes generadoras de sismos; regidas por su tectónica y por la sismicidad histórica. Todas estas fuentes generan sismos similares en sus parámetros, a una tasa constante por unidad de área.

El estado de Oaxaca está dentro de 14 de estas fuentes generadoras según CFE.

### Zonas fuente de ocurrencia de sismos de subducción en México con $M > 7$

- **Región 11:** Subducción Chiapas
- **Región 12:** Subducción Brecha de Tehuantepec

- **Región 13:** Subducción Oaxaca Este.
- **Región 14:** Subducción Oaxaca 1.
- **Región 15:** Subducción Oaxaca 2.
- **Región 16:** Subducción Oaxaca Oeste.
- **Región 17:** Subducción Ometepec.

En la figura 24.6 se muestra el mapa de las zonas fuente de ocurrencia de sismos de subducción en México con magnitudes mayores a 7.

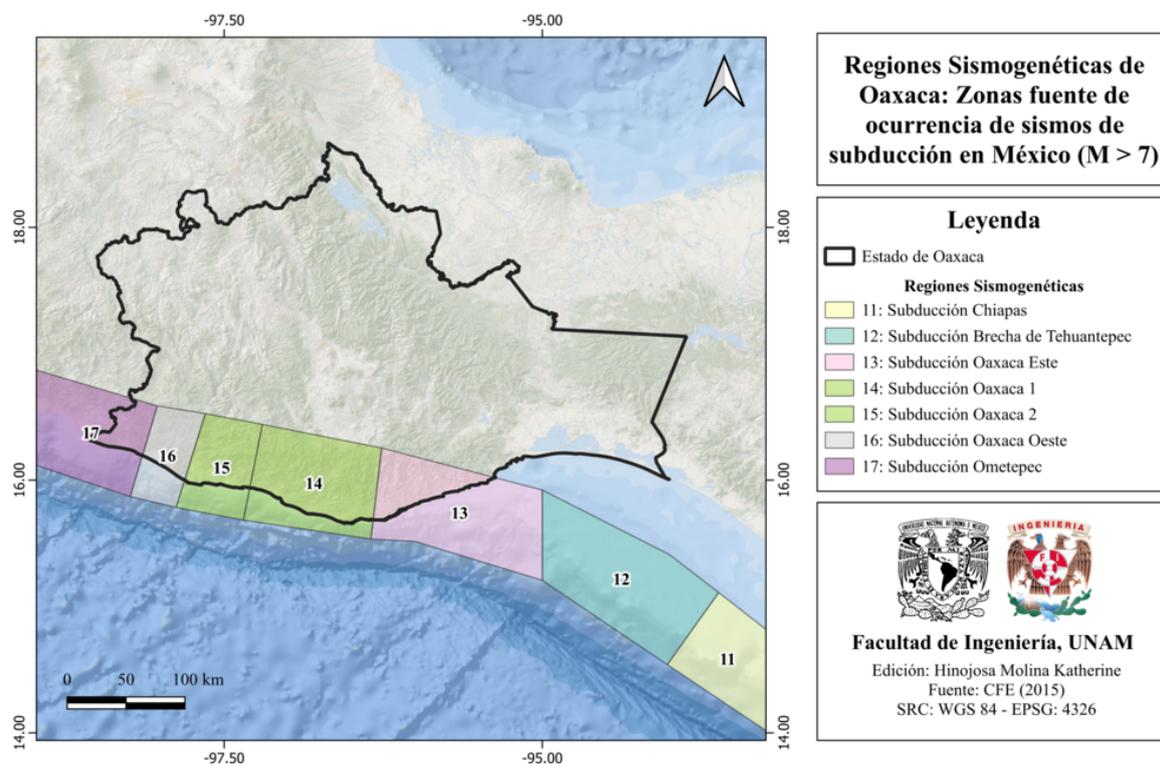


Figura 24.6: Zonas fuente de ocurrencia de sismos de subducción en México con  $M > 7$  de Oaxaca, México. [CFE, 2015]

### Zonas fuente de ocurrencia de sismos de subducción en México con $M < 7$

- **Región 26:** Guerrero - Michoacán Nuevo
- **Región 27:** Oaxaca Nuevo

- **Región 35:** Chiapas Nuevo - Modificada

En la figura 24.7 se muestra el mapa de las zonas con fuerte ocurrencia de sismos de subducción en México con magnitudes menores a 7.

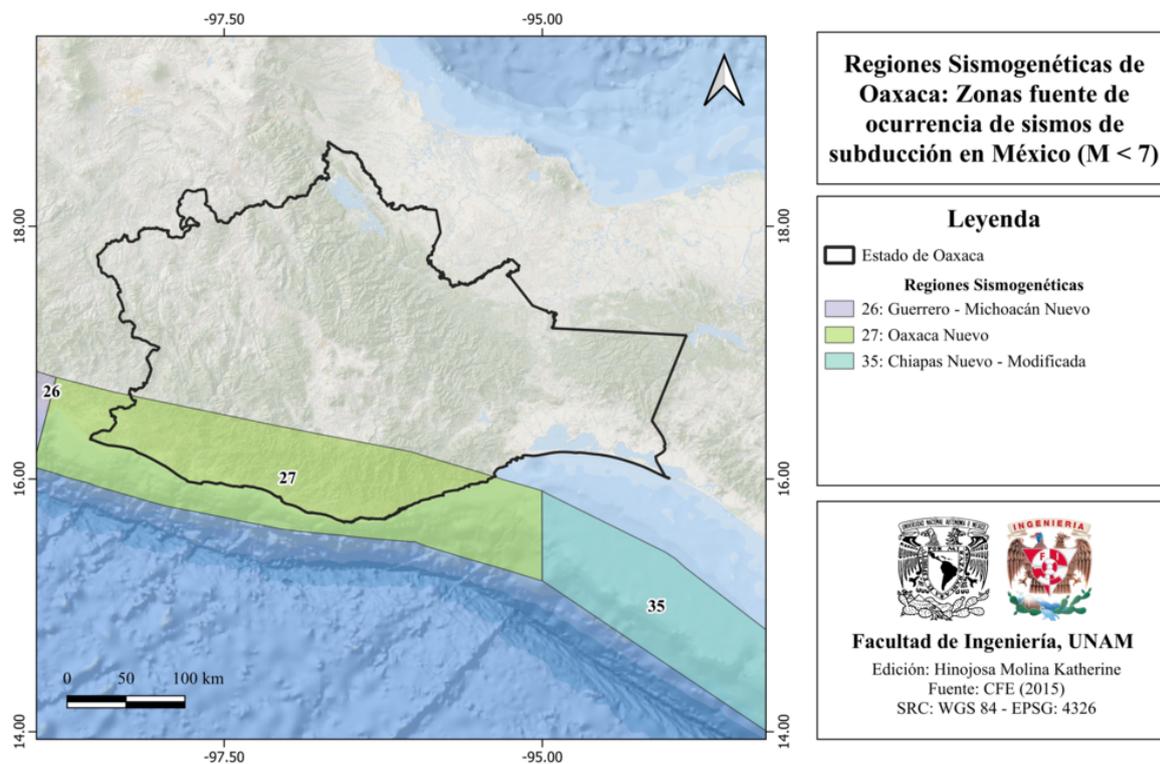


Figura 24.7: Zonas fuente de ocurrencia de sismos de subducción en México con  $M < 7$  de Oaxaca, México. [CFE, 2015]

### Zonas generadoras de sismos de profundidad intermedia

- **Región 29:** Prof. Intermedia Centro Nueva
- **Región 36:** Profundidad Intermedia Este Nueva - Modificada
- **Región 38:** Profundos de Chiapas - Modificada

En la figura 24.8 se muestra el mapa de las zonas generadoras de sismos de profundidad intermedia.

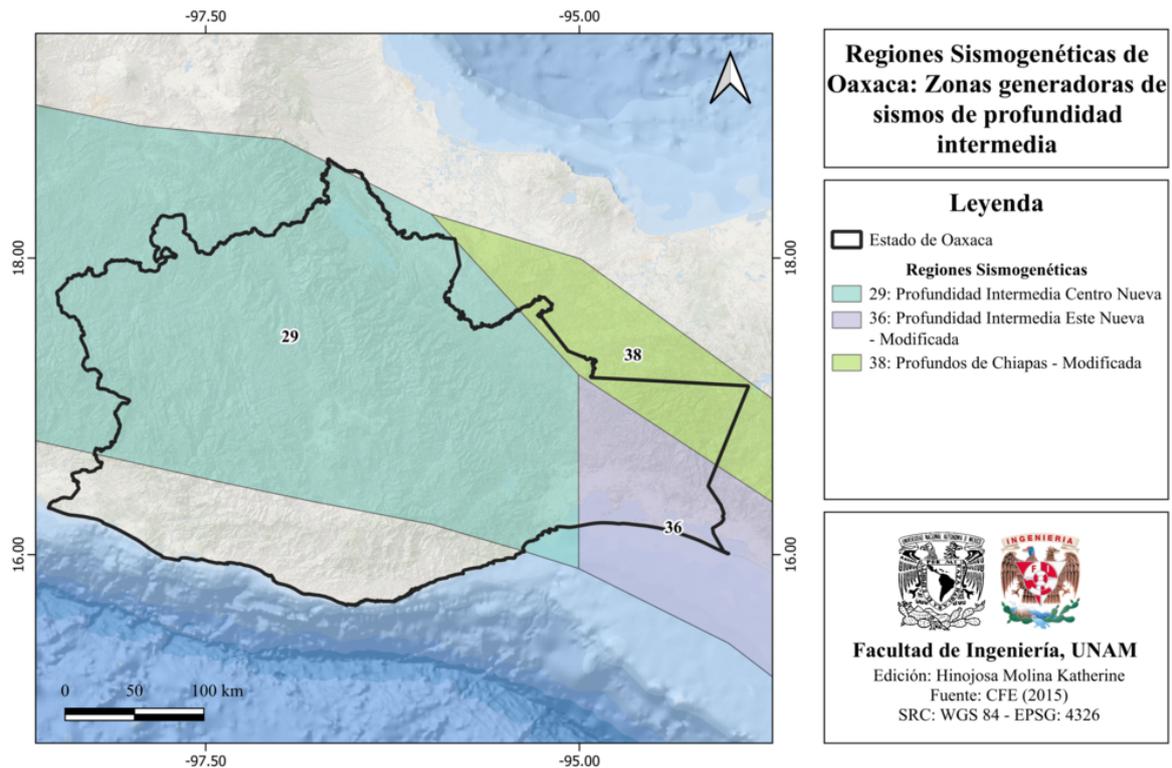


Figura 24.8: Zonas generadoras de sismos de profundidad intermedia de Oaxaca, México. [CFE, 2015]

### Zonas generadoras de sismos superficiales

- **31:** Petrolera
- **32:** Intraplaca
- **33:** Eje Volcánico
- **44:** G6 - Corteza - Modificada

En la figura 24.9 se muestra el mapa de las zonas generadoras de sismos superficiales de Oaxaca.

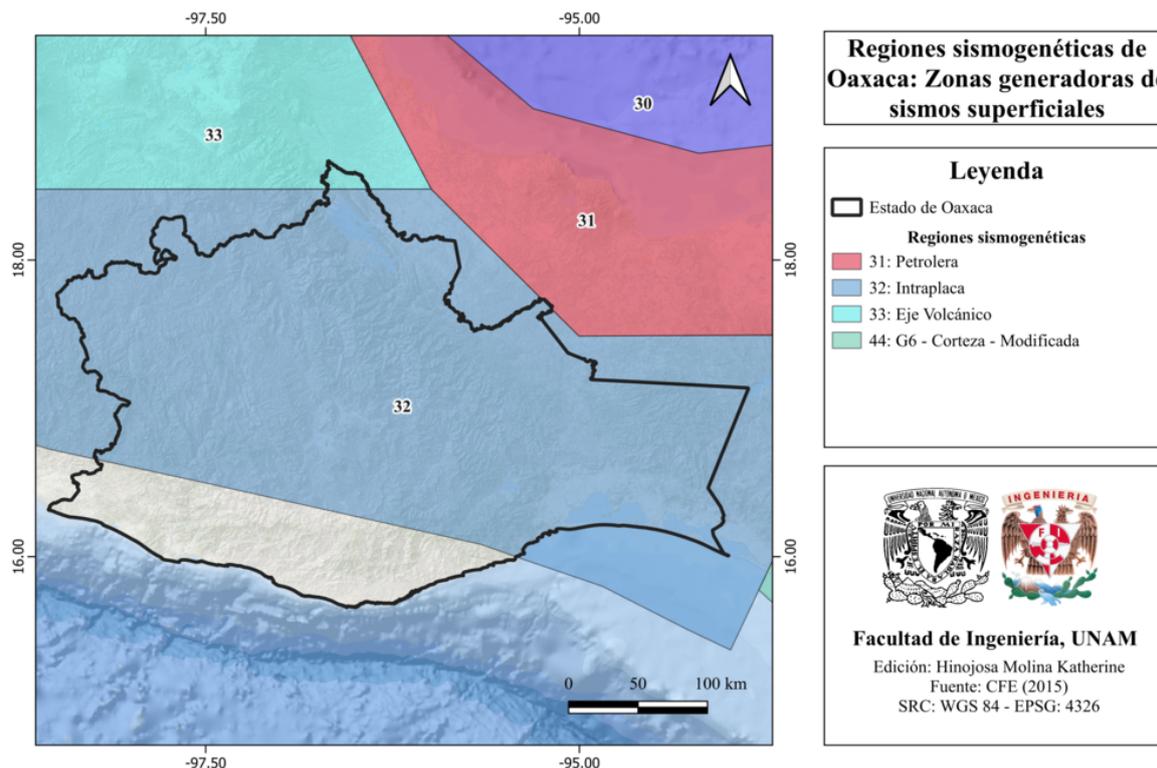


Figura 24.9: Zonas generadoras de sismos superficiales de Oaxaca, México. [CFE, 2015]

### 24.3 Sismicidad reportada por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) en el período 1900-2022

El Servicio Sismológico Nacional (SSN) ha reportado 106 881 sismos en el período del 1 de enero de 1900 al 31 de diciembre de 2022 (UTC), buscando a partir de todas las magnitudes y profundidades en Oaxaca.

En la figura 24.10 se muestran los sismos de magnitud igual o mayor a 6.0 con epicentro en Oaxaca, en el período antes mencionado.

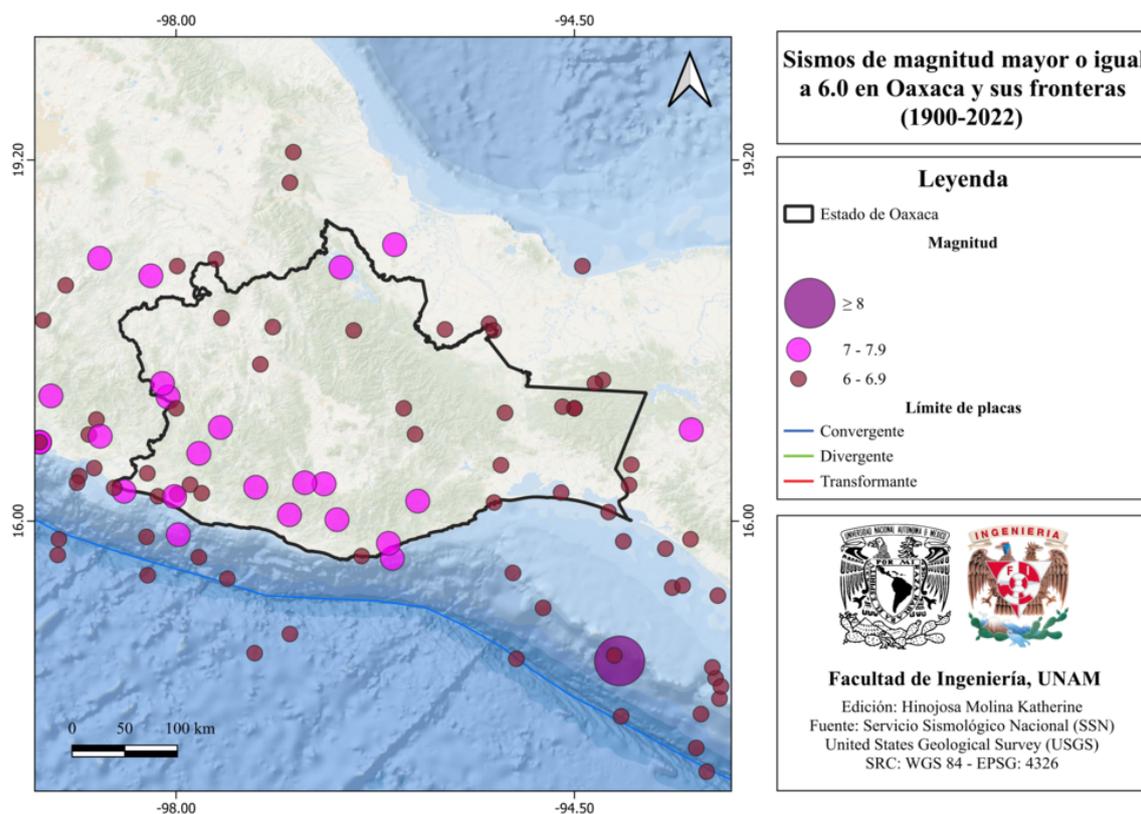


Figura 24.10: Sismos de magnitud mayor o igual a 6.0 ocurridos en Oaxaca, México. (1900-2022) [SSN, 2023]

## 24.4 Sismos históricos

### 28 de marzo de 1787

El terremoto de la Nueva España de 1787, también conocido como el terremoto de San Sixto (en conmemoración al santo católico celebrado ese día), ocurrió a las 11:30 (hora local) en las costas de Oaxaca y sur de Guerrero. Investigaciones recientes estiman una magnitud entre 8.4 y 8.6; lo cual lo convierte en el sismo más grande conocido en México. Este sismo generó un tsunami cuyas olas alcanzaron hasta los 18 metros de altura, con invasiones del mar de 6 y hasta 8 km. [Núñez-Cornú et al., 2008]

En la figura 24.11 se muestra la distribución de datos de intensidad en la escala de Mercalli Modificada para el sismo de 1787. La "T" mayúscula indica las ubicaciones a lo largo de la zona de subducción donde se informó un gran tsunami: de oeste hacia el este, la costa de Ometepec, Pochutla y Tehuantepec. La "t" minúscula corresponde a la ciudad de Acapulco donde se observaron seiches durante el sismo de 1787. La longitud

estimada de la falla de este sismo es de aproximadamente 450 km (línea negra continua). [Núñez-Cornú et al., 2008]

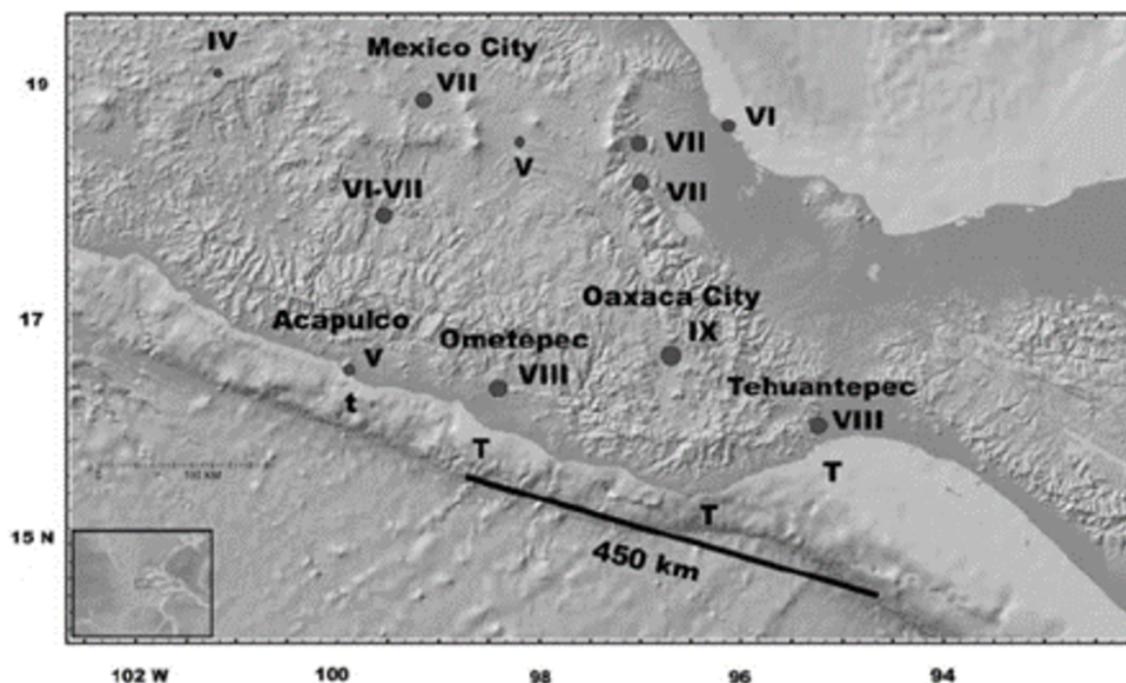


Figura 24.11: Distribución de datos de intensidad en la escala de Mercalli Modificada para el sismo del 28 de marzo de 1787. Figura tomada de [Núñez-Cornú et al., 2008].

### 14 de enero de 1931

Este sismo ocurrió a las 19:50 horas, se ubicó 30 km al oeste de Miahuatlán, Oaxaca (SSN) y de acuerdo con Singh et al., (1985) fue de fallamiento normal y de magnitud  $M$  7.8 tuvo una profundidad entre los 30-40 km. Además, causó grandes daños a la ciudad y al valle de Oaxaca, así como deslizamientos de tierras. Por otra parte, el daño fue menor para la costa y no hubo peligro de tsunamis. En la figura 24.12 se muestra el mapa de intensidad de este sismo para el estado de Oaxaca.

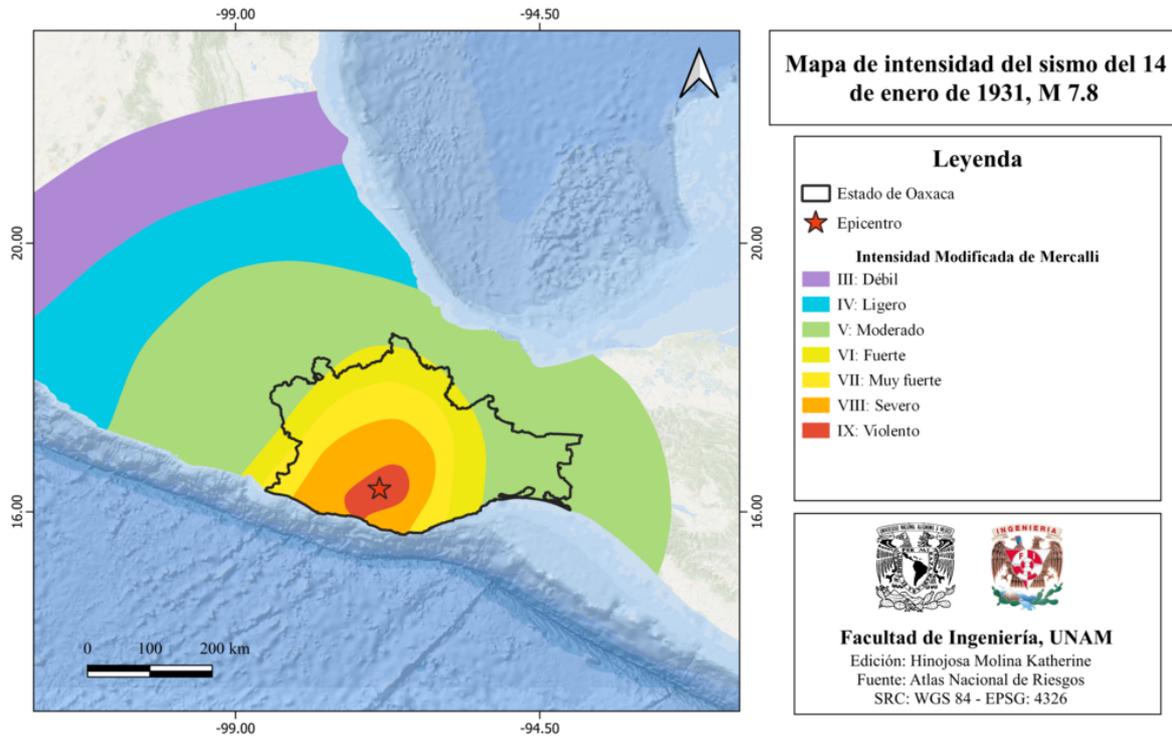


Figura 24.12: Mapa de intensidad del sismo del 14 de enero de 1931, M 7.8. [ANR-Cenapred, 2016].

### 23 de agosto de 1965

Este sismo ocurrió a las 13:46:02 (hora local), tuvo una magnitud de 7.4 y se localizó a 53 km al noreste de Crucecita, Oaxaca, con una profundidad de 12 km. De acuerdo con información del CAT-SEMAR, seis personas murieron. Se registró un tsunami de altura máxima de 0.4 m en el mareógrafo de Acapulco. En la figura 24.13 se muestra el mapa de intensidad de este sismo para el estado de Oaxaca.

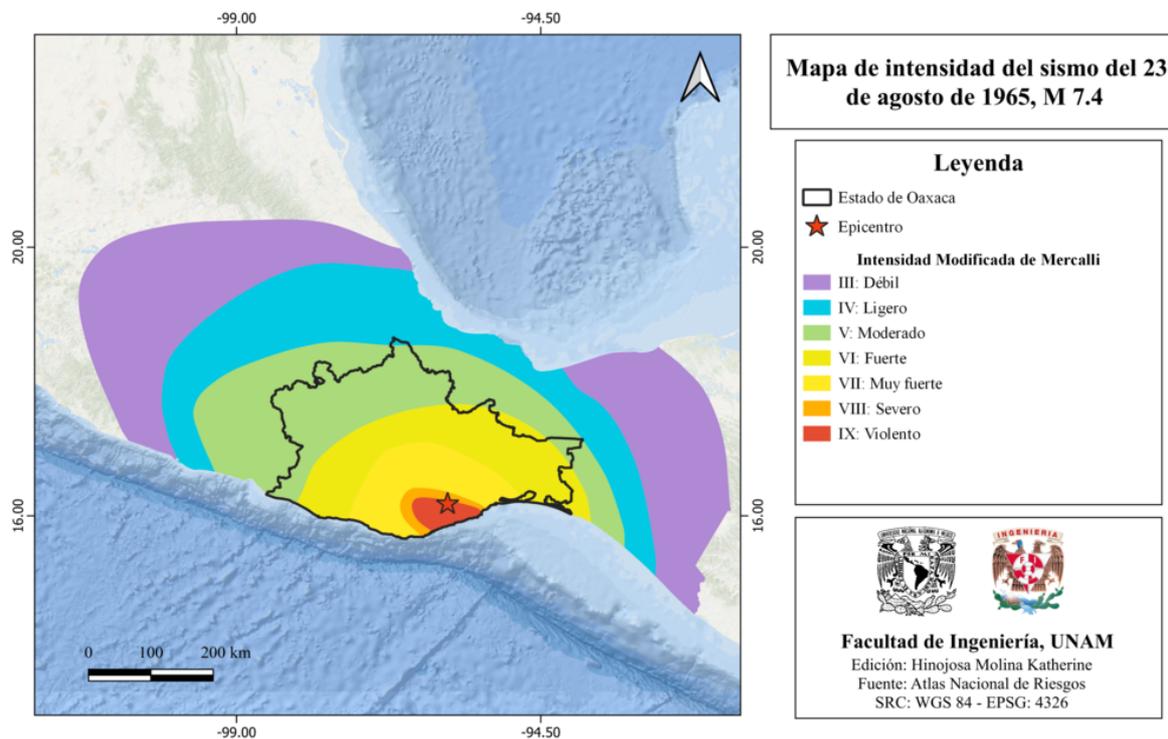


Figura 24.13: Mapa de intensidad del sismo del 23 de agosto de 1965, M 7.4. [ANR-Cenapred, 2016].

## 29 de noviembre de 1978

Este sismo ocurrió 32 km al noroeste de San Pedro Pochutla, Oaxaca, a las 13:52:50 (hora del centro) (SSN). De acuerdo con [Stewart et al., 1981] ha sido uno de los sismos más grandes que han ocurrido a lo largo de la fosa mesoamericana, ya que tuvo una magnitud  $M_w = 7.6$ . De acuerdo con información del gobierno de México, este evento causó gran destrucción en Pinotepa Nacional, con un saldo de 8 personas fallecidas. Además, se generó un tsunami pequeño que únicamente fue percibido visualmente, y que aproximadamente alcanzó una altura de ola de 1.5 m. En la figura 24.14 se muestra el mapa de intensidad de este sismo para el estado de Oaxaca.

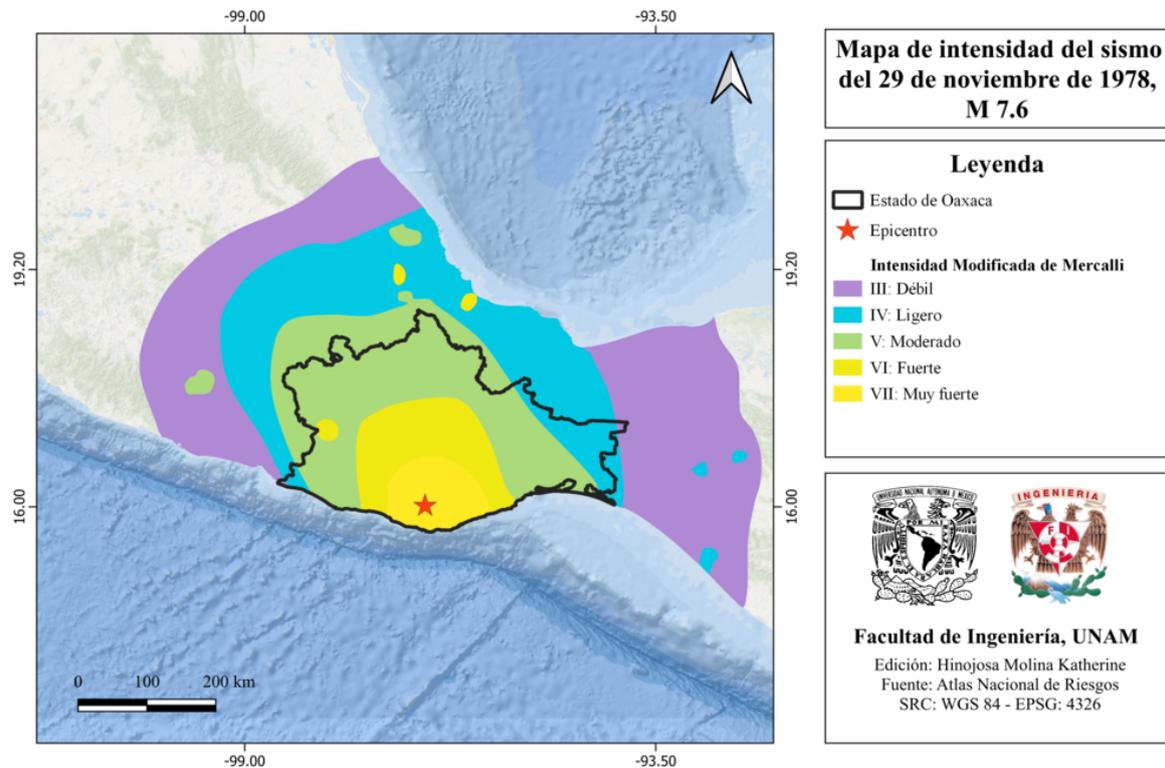


Figura 24.14: Mapa de intensidad del sismo del 29 de noviembre de 1978, M 7.6. [ANR-Cenapred, 2016]

## 2 de agosto de 1968

Este sismo ocurrió a las 08:06:37 (hora local) y se ubicó a 39 km al noreste de Pinotepa Nacional. Tuvo una profundidad de 16 km y su magnitud fue de 7.3. En la figura 24.15 se muestra el mapa de intensidad de este sismo para el estado de Oaxaca.

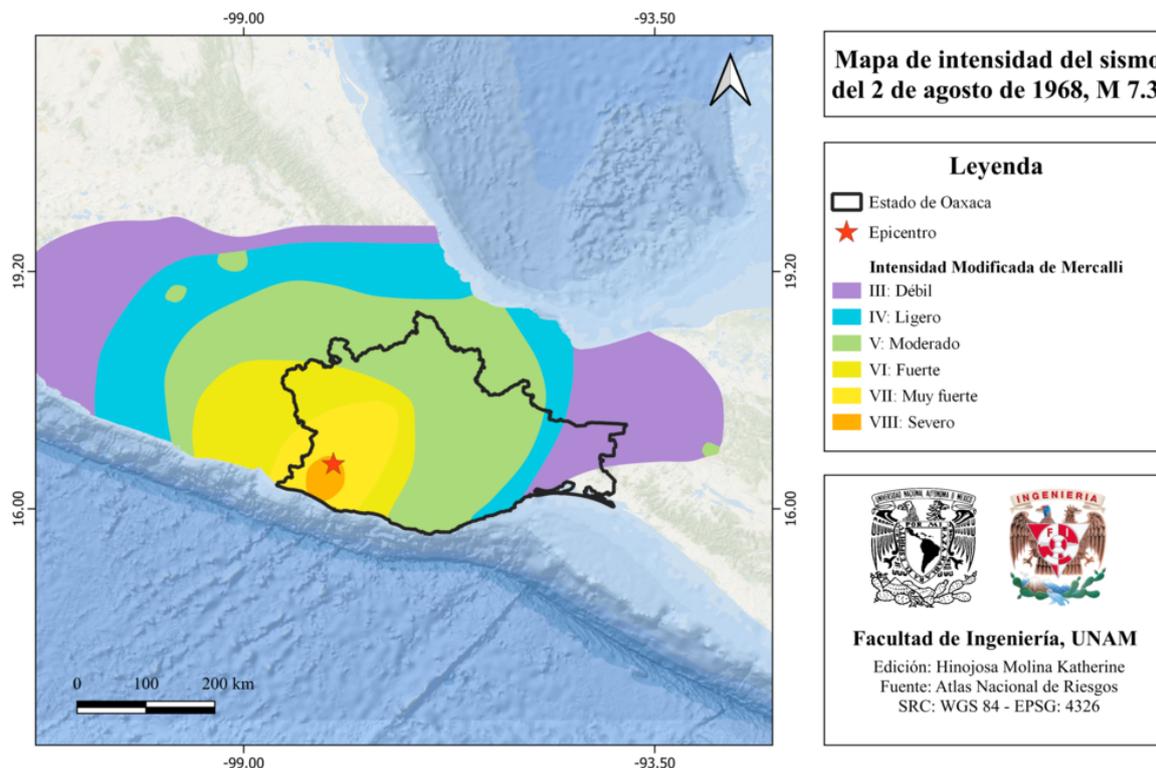


Figura 24.15: Mapa de intensidad del sismo del 2 de agosto de 1968, M 7.3 [ANR-Cenapred, 2016]

## 24 de febrero de 1996

Este sismo ocurrió a las 21:08:19 (hora local), 52 km al sur de Pinotepa Nacional, Oaxaca, tuvo una magnitud  $M_w = 7.1$  y profundidad de 15 km, de acuerdo con el SSN.

## 30 de septiembre de 1999

El sismo de Oaxaca de 1999 de magnitud  $M_w=7.4$  dio pauta para conocer mejor la zona sísmica de la región. Este sismo fue intraplaca de fallamiento normal, dentro de la placa subducida de Cocos y se ubicó a  $\sim 45$  km de profundidad; ocurrió casi debajo de la costa. De acuerdo con [Hernandez et al., 2001] cerca de 270 edificios reportaron daños en su estructura. Las estadísticas gubernamentales indican que aproximadamente 41,000 casas fueron afectadas; sólo en San Pedro Tututepec, 3200 casas reportaron daños y 3000 fueron reportadas como colapsadas. Gracias a información oficial se conoce que el sismo resultó en 35 muertos y 215 heridos. En la figura 24.16 se muestra el mapa de intensidad de este sismo para el estado de Oaxaca.

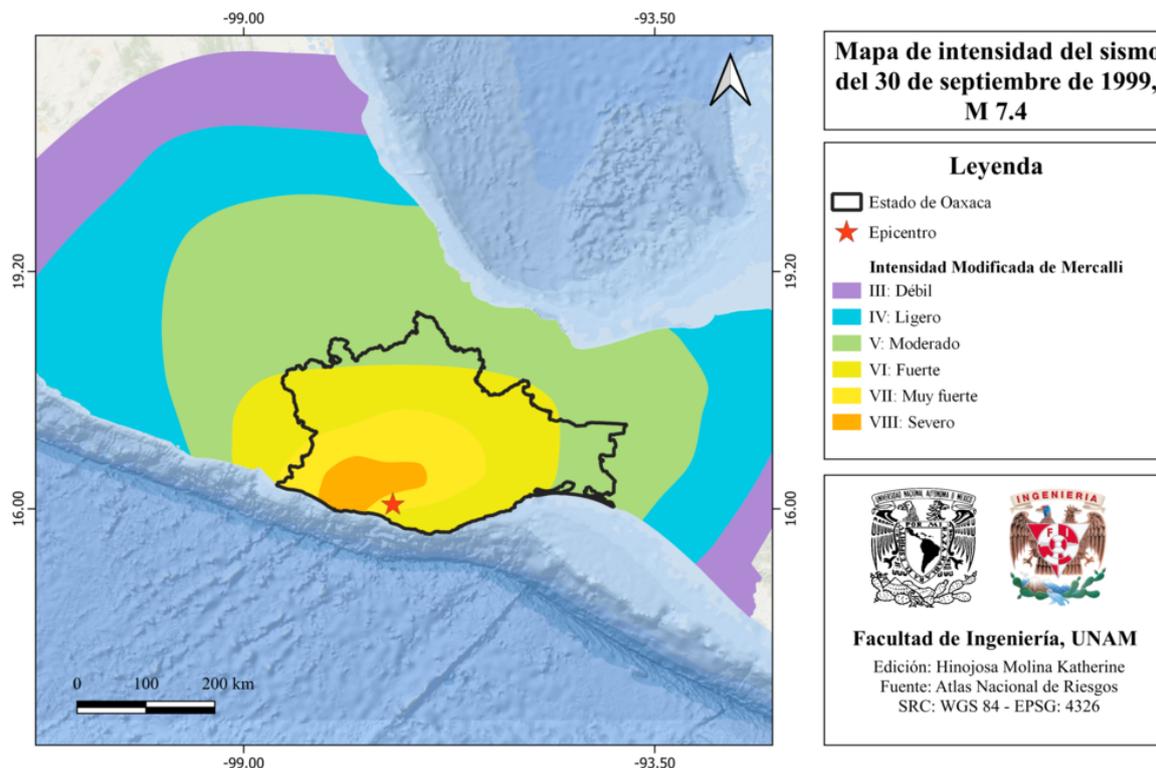


Figura 24.16: Mapa de intensidad del sismo del 30 de septiembre de 1999, M 7.4. [ANR-Cenapred, 2016]

## 7 de septiembre de 2017

Este sismo ocurrió a las 23:49:17 (hora local del centro de México), tuvo una magnitud de 8.2 y fue localizado a 133 km al suroeste de Pijijiapan Chiapas, en el Golfo de Tehuantepec. El mecanismo de este evento fue de falla normal, a una profundidad intermedia. Fue percibido fuertemente en el estado de Oaxaca y causó severos daños, dejando como saldo 102 personas fallecidas: 82 en Oaxaca, 16 en Chiapas y 4 en Tabasco. En Oaxaca, se percibieron aceleraciones de entre los 4 y 150  $\frac{cm}{s^2}$ , tal como se muestra en la siguiente figura que corresponde al mapa de intensidad macrosísmica de este sismo. En la figura 24.17 se muestra el mapa de intensidad de este sismo para el estado de Oaxaca.

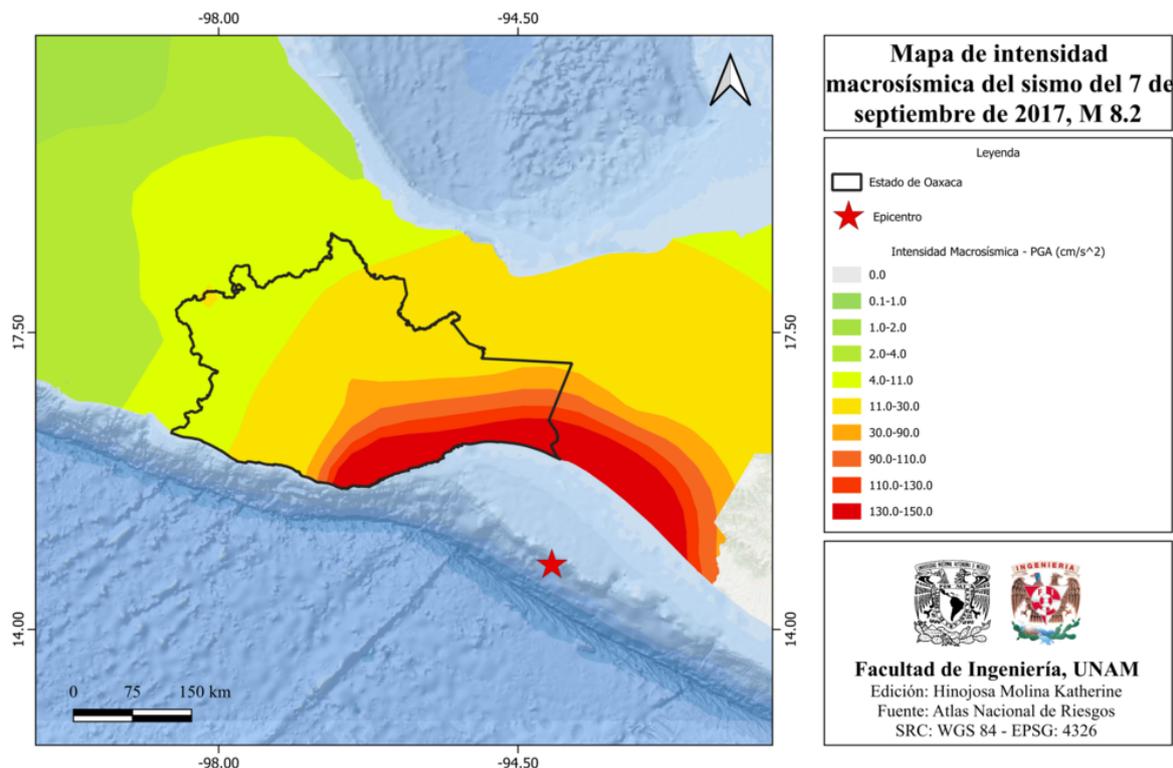


Figura 24.17: Mapa de intensidad macrosísmica del sismo del 7 de septiembre de 2017, M 8.2. [ANR-Cenapred, 2016]

## 16 de febrero de 2018

Este sismo ocurrió a las 17:39:39 horas (hora local) de acuerdo al SSN, se ubicó 14 km al sureste de Pinotepa Nacional, Oaxaca, tuvo una profundidad de 16 km y magnitud de  $M_w = 7.2$ . Fue sentido en los estados de Oaxaca y Guerrero.

## 23 de junio de 2020

De acuerdo al SSN, este sismo ocurrió a las 10:29:03 horas (hora local), se ubicó 4 km al norte de Crucecita, Oaxaca, tuvo una profundidad de 22 km y una magnitud de  $M_w = 7.4$ . Este evento fue de fallamiento inverso. [Ortíz Soto et al., 2020] indican que hubo grandes afectaciones a la infraestructura de ciertas zonas de Oaxaca; se observó que 152 monumentos históricos experimentaron daños, de los cuales 14 fueron zonas arqueológicas. Hubo un saldo total de 10 decesos y 23 heridos, además de que 10 000 viviendas sufrieron daños en 145 de los 570 municipios de Oaxaca.

## 24.5 Peligro por tsunami

Según la clasificación de peligro por tsunami del [Cenapred, 2021], el estado de Oaxaca se encuentra dentro de la zona generadora de tsunamis locales y receptora de tsunamis lejanos. Entre los tsunamis que han sido generados desde estado de Oaxaca, se encuentran las siguientes fechas relevantes:

- **28 de marzo de 1787**

El sismo de magnitud entre 8.4 y 8.6, generó un tsunami cuyas olas alcanzaron hasta los 18 metros de altura, con invasiones del mar de 6 y hasta 6 km, afectando a las costas de Oaxaca, Guerrero y Michoacán.

- **3 de abril de 1787**

El [CAT-SEMAR, 2015] reporta que en algunos lugares de la costa de Oaxaca, fue posible observar movimiento inusual en el mar que produjo que los peces fueran arrojados a la playa.

- **29 de noviembre de 1978**

El tsunami generado por el sismo de magnitud 7.8, no fue registrado por mareógrafos ya que en aquel entonces no había instrumentos operando cerca de la zona, sin embargo, fue percibido visualmente. Se estima que la altura de la ola del tsunami fue de aproximadamente 1.5 m. [CAT-SEMAR, 2015].

No obstante, el tsunami generado por el sismo del 28 de marzo de 1787 de magnitud aproximada de 8.6 con epicentro en San Marcos, Guerrero también afectó fuertemente a las costas de Oaxaca, principalmente en las cercanías a Pochutla y Puerto Ángel. Se calcula que el tsunami llegó hasta seis kilómetros tierra adentro. En la figura 24.18 se muestra el mapa de peligro por tsunami para Oaxaca; donde se visualiza que se es susceptible a tsunamis locales.

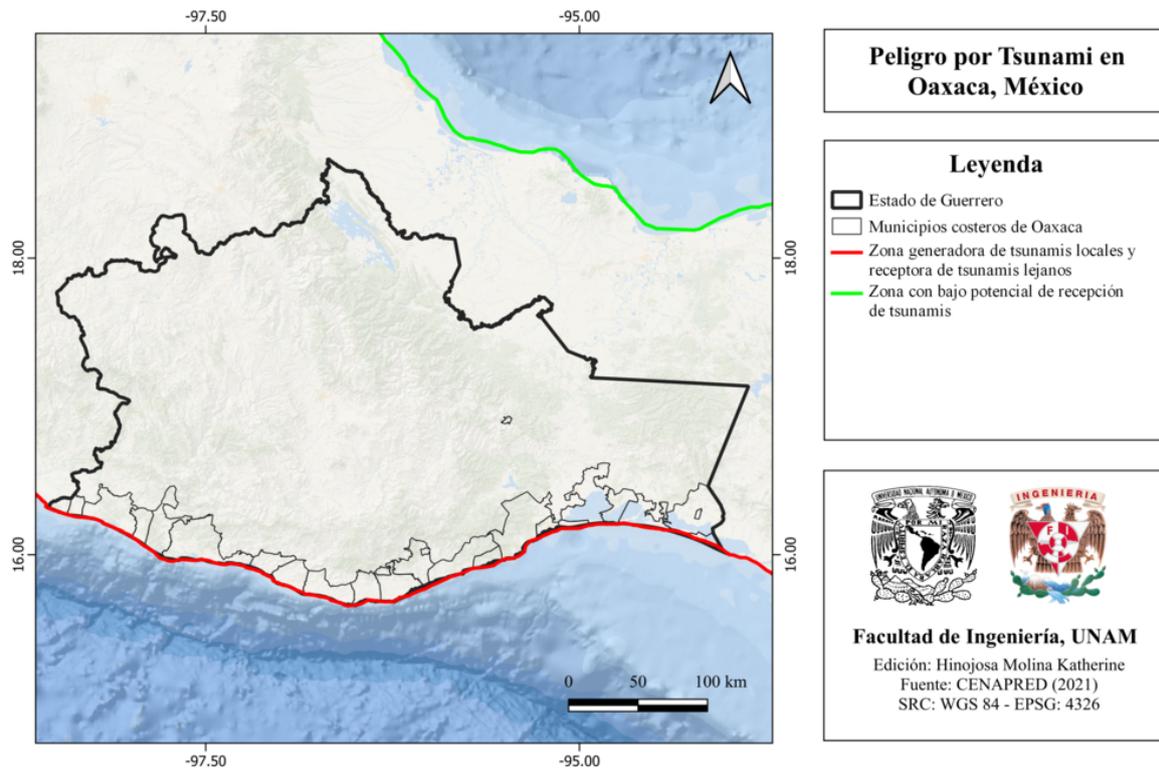


Figura 24.18: Peligro por tsunami de Oaxaca, México [Cenapred, 2021].

## 24.6 Información general de peligro sísmico

### 24.6.1 Global de intensidades

En la figura 24.19, se muestra el mapa global de intensidades del estado de Oaxaca.

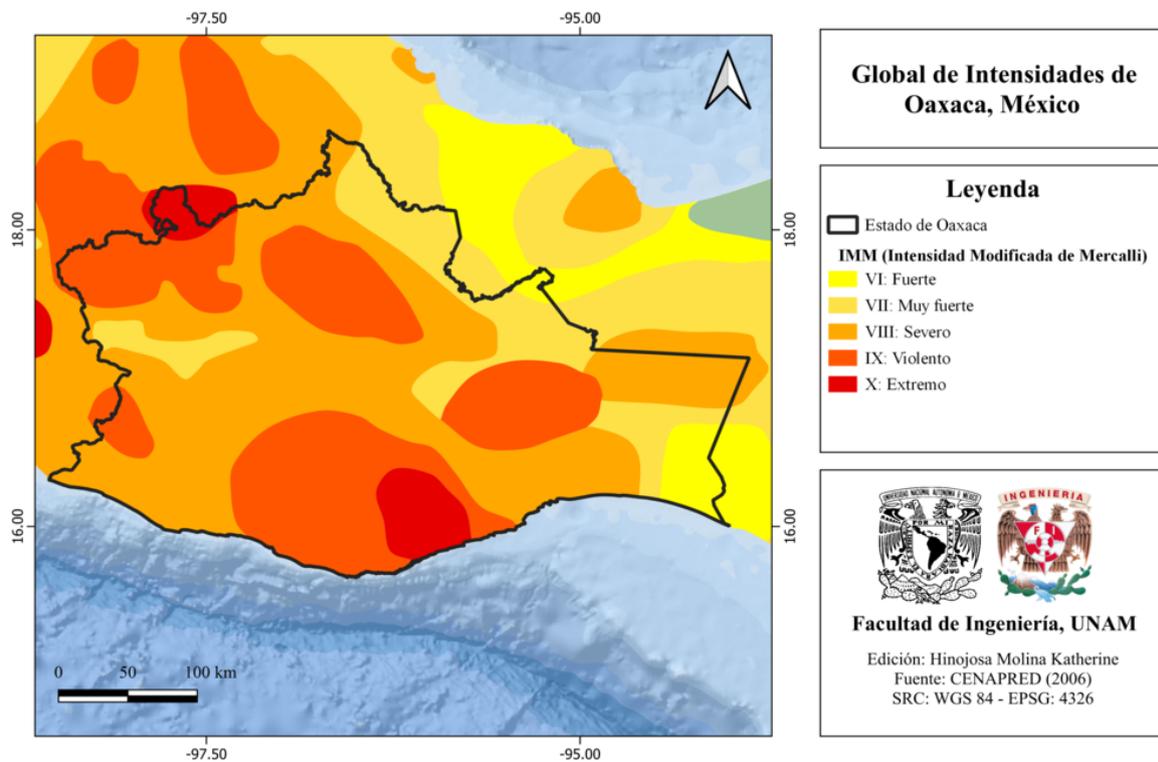


Figura 24.19: Global de intensidades de Oaxaca, México [Cenapred, 2006].

### 24.6.2 Regionalización sísmica de acuerdo con la CFE (2015)

De acuerdo con la regionalización sísmica de la República Mexicana de la Comisión Federal de Electricidad (2015), Oaxaca se encuentra dentro de las zonas C y D en las cuales se tiene sismicidad alta y muy alta, respectivamente. Ver figura 24.20

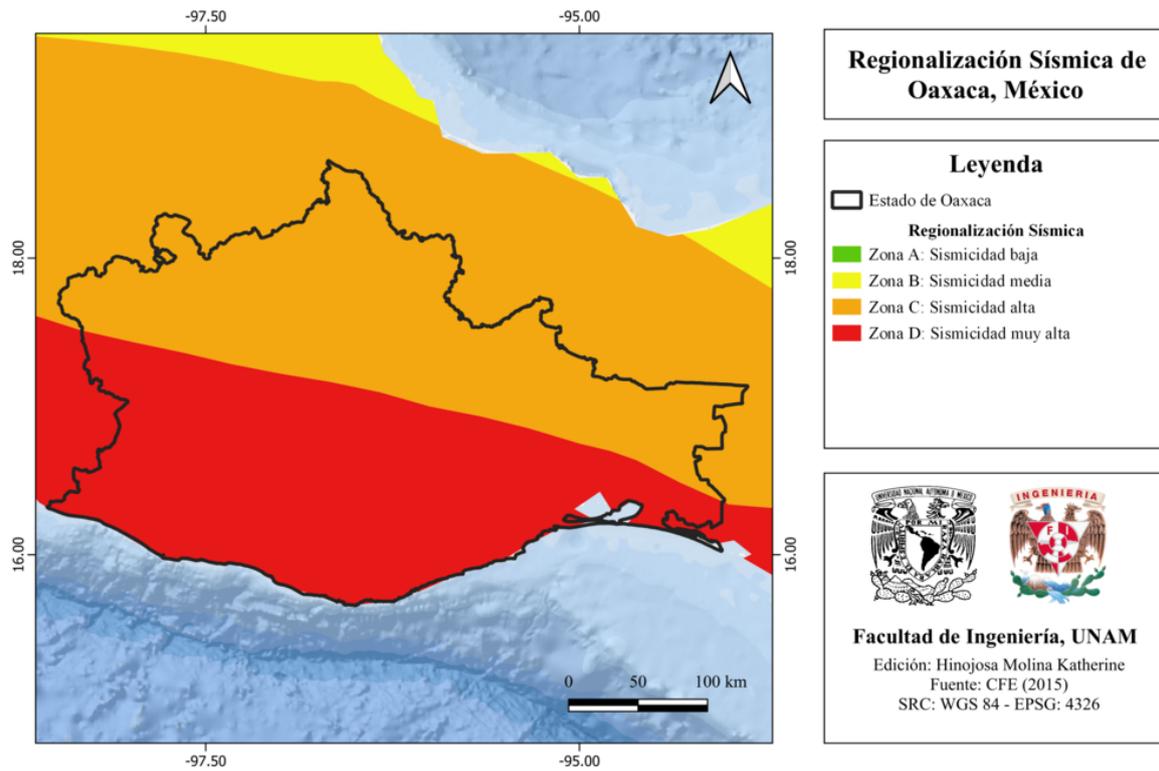


Figura 24.20: Regionalización sísmica de Oaxaca, México. [CFE, 2015]

### 24.6.3 Parámetro Vs30 (USGS)

El mapa de velocidad de onda de Corte de acuerdo con el parámetro Vs30 del USGS para Oaxaca, se muestra en la figura 24.21.

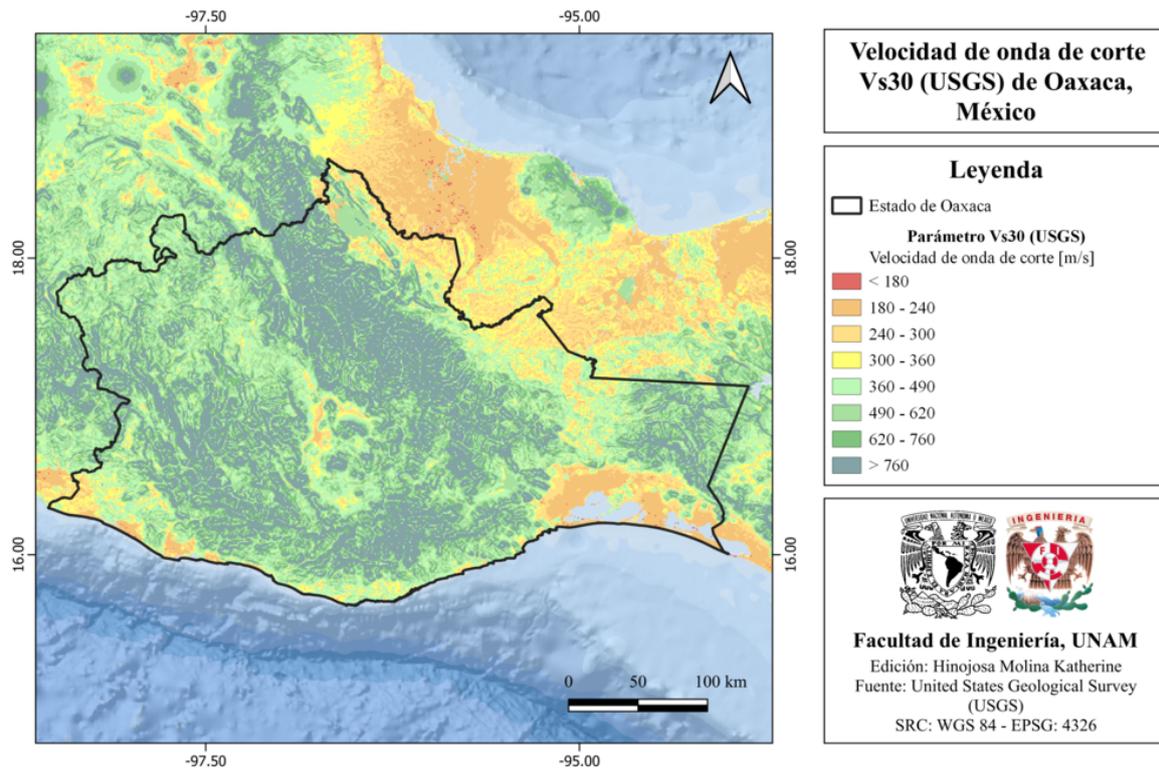


Figura 24.21: Mapa de velocidad de onda de corte Vs30 (USGS) de Oaxaca México [Heath et al., 2020]

#### 24.6.4 Municipios con posible efecto de sitio

De acuerdo con información del [Cenapred, 2020], en la figura 24.22 se muestran los municipios con posibles efectos de sitio.

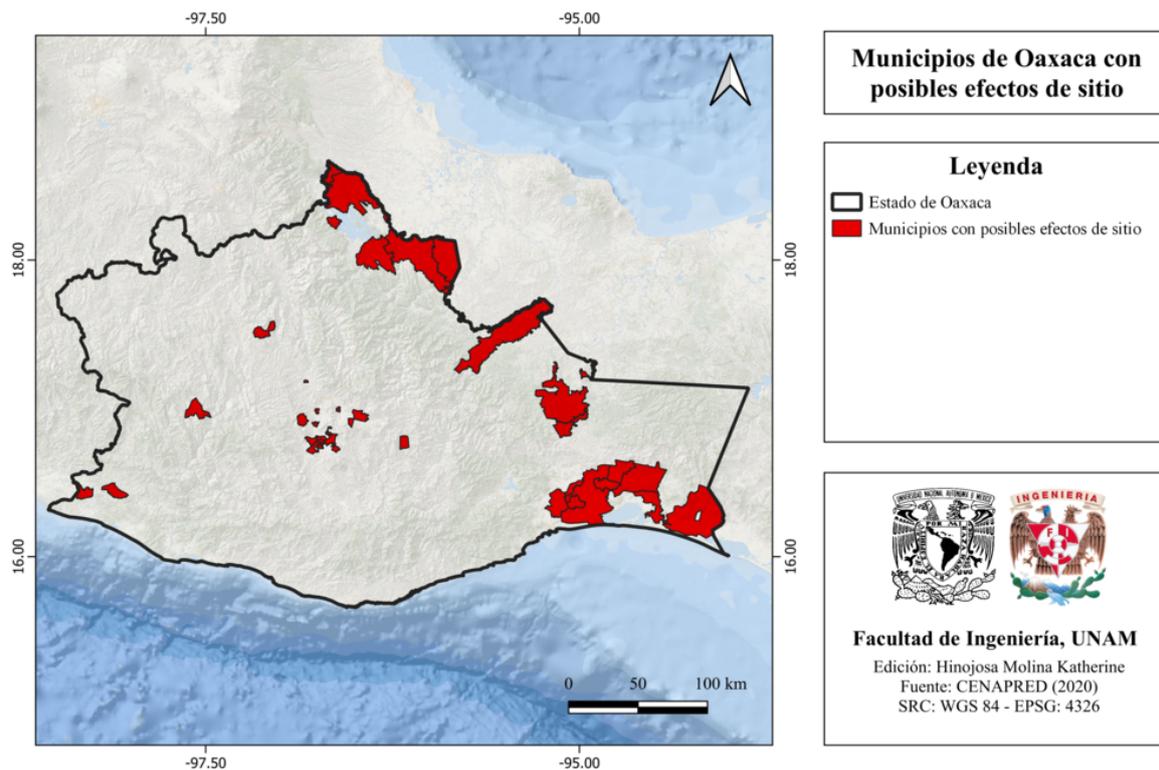


Figura 24.22: Municipios con posibles efectos de sitio de Oaxaca, México. [Cenapred, 2020]

### 24.6.5 Municipios con peligro de deslizamiento por sismo

De acuerdo con información del [Cenapred, 2020], en la figura 24.23 se muestran los municipios con peligro de deslizamiento por sismo.

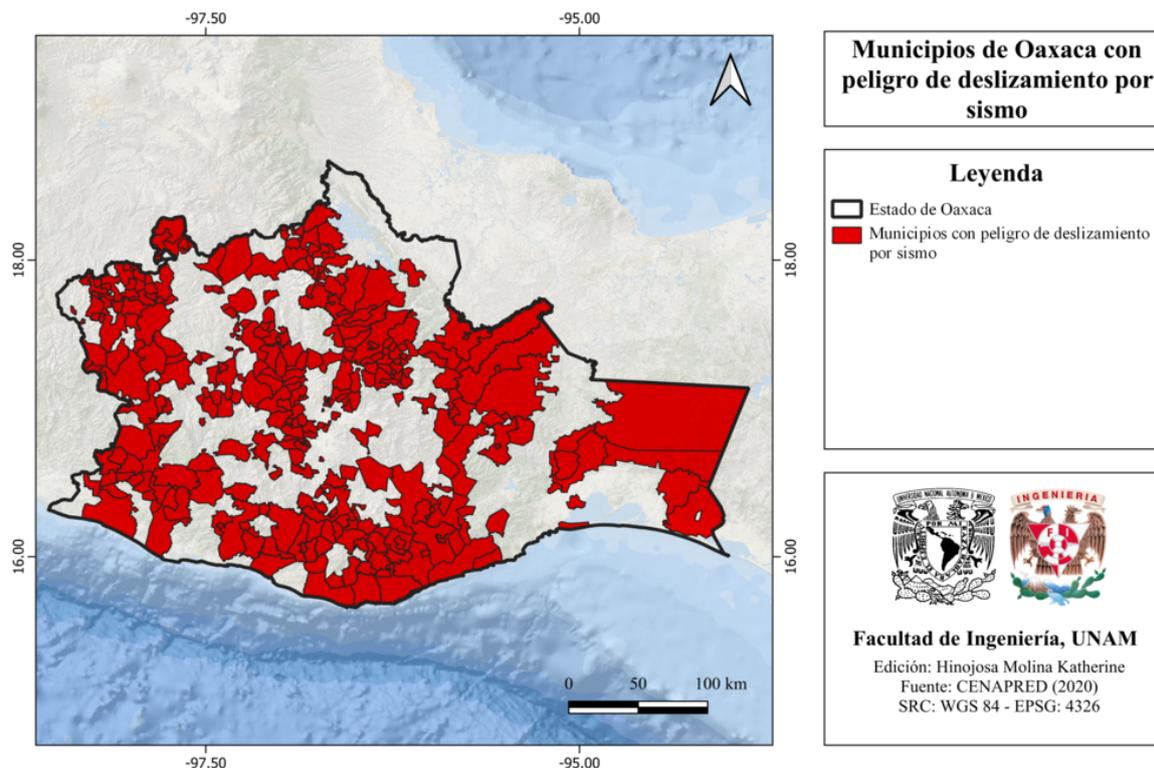


Figura 24.23: Municipios con peligro de deslizamiento por sismo de Oaxaca, México. [Cenapred, 2020]

#### 24.6.6 Municipios con reglamento de construcción de obras civiles

El estado de Oaxaca cuenta con un reglamento estatal de construcción y seguridad estructural (1998) y con un reglamento de construcciones para el municipio de Oaxaca (1998). [ANR-Cenapred, 2016]

### 24.7 Secuencias sísmicas (enjambres) reportadas por el Servicio Sismológico Nacional (SSN)

#### Secuencia sísmica del 21 de marzo de 2019

En correspondencia con el Servicio Sismológico Nacional (SSN), el día 21 de marzo de 2019 se reportó un enjambre sísmico con 42 sismos cercanos a Huatulco, con magnitudes entre 1.9 y 4. En la figura 24.24 se muestra la distribución de estos eventos sísmicos.

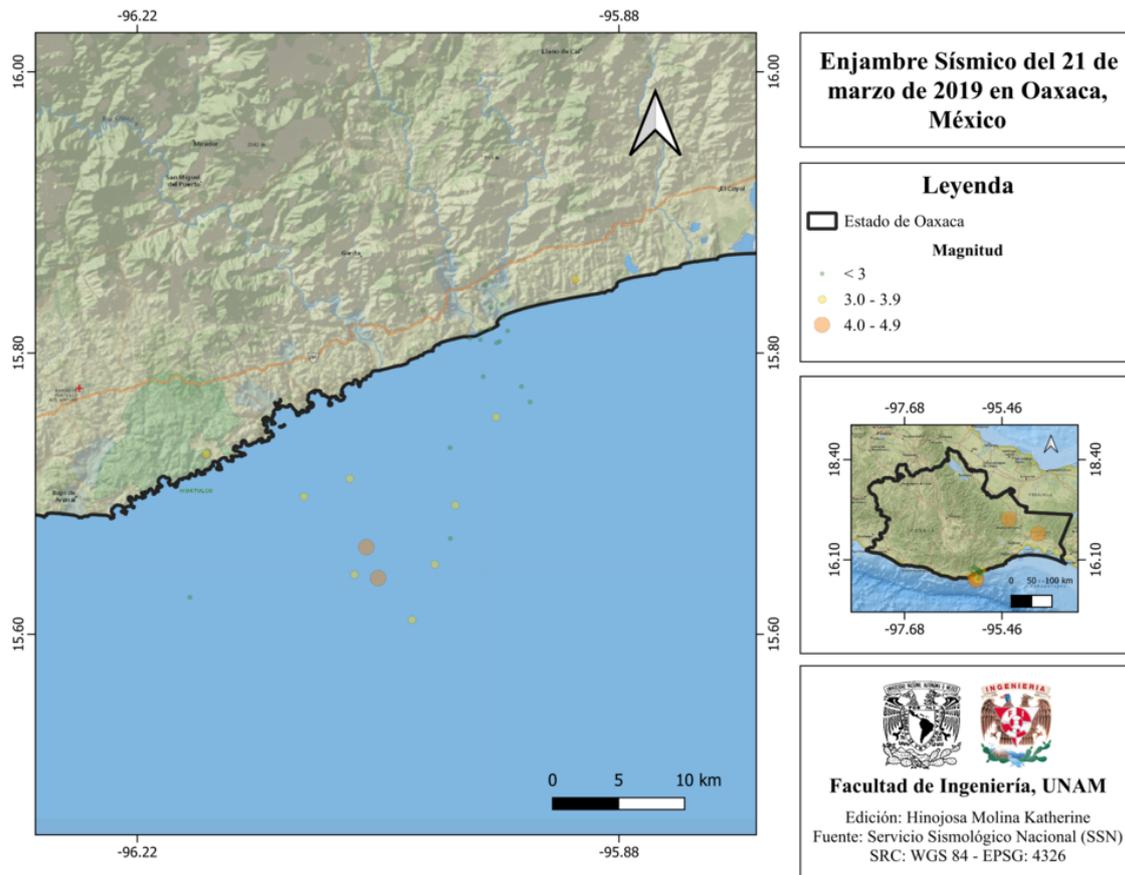


Figura 24.24: Secuencia sísmica del 21 de marzo de 2019 en Oaxaca, México. [SSN, 2023]

## 24.8 Estaciones de registro sísmico en el estado

El Servicio Sismológico Nacional (SSN) cuenta con las siguientes estaciones dentro de la Red de Banda Ancha del Instituto de Geofísica:

1. **CMIG**: Matías Romero.
2. **FTIG**: Fresnillo de Trujano.
3. **HLIG**: Huajuapán de León.
4. **HUIG**: Huatulco.
5. **OXIG**: Oaxaca.
6. **PEIG**: Puerto Escondido.

7. **PNIG**: Pinotepa Nacional.
8. **TLIG**: Tlapa.
9. **TOIG**: Toxpalán.
10. **TXIG**: Tlaxiaco.
11. **YOIG**: Yozondua.

También se cuenta con 19 estaciones en funcionamiento de la red acelerográfica del Instituto de Ingeniería de la UNAM.

1. **HUAM**: Huamelula
2. **JAMI**: Jamiltepec
3. **LANE**: Las Negras
4. **NILT**: Niltepec
5. **OAXM**: Oaxaca Facultad de Medicina
6. **OXAE**: Oaxaca Aeropuerto
7. **OXAL**: Alameda de León
8. **OXBJ**: Escuela Primaria Benito Juárez
9. **OXCU**: Oaxaca Ciudad Universitaria
10. **OXJM**: Jalapa del Marques
11. **OXLC**: Las Canteras
12. **OXPC**: Oaxaca Protección Civil
13. **OXPM**: Escuela Primaria Mugica
14. **OXTO**: Instituto Tecnológico de Oaxaca
15. **OX XO**: Xoxocotlán
16. **PANG**: Puerto Ángel

17. **SCRU**: Salina Cruz
18. **SMLC**: San Martín de los Canseco
19. **TAMA**: Tamazulapan

En el mapa de la figura 24.25 se muestra la distribución de estaciones de registro sísmico en Oaxaca.

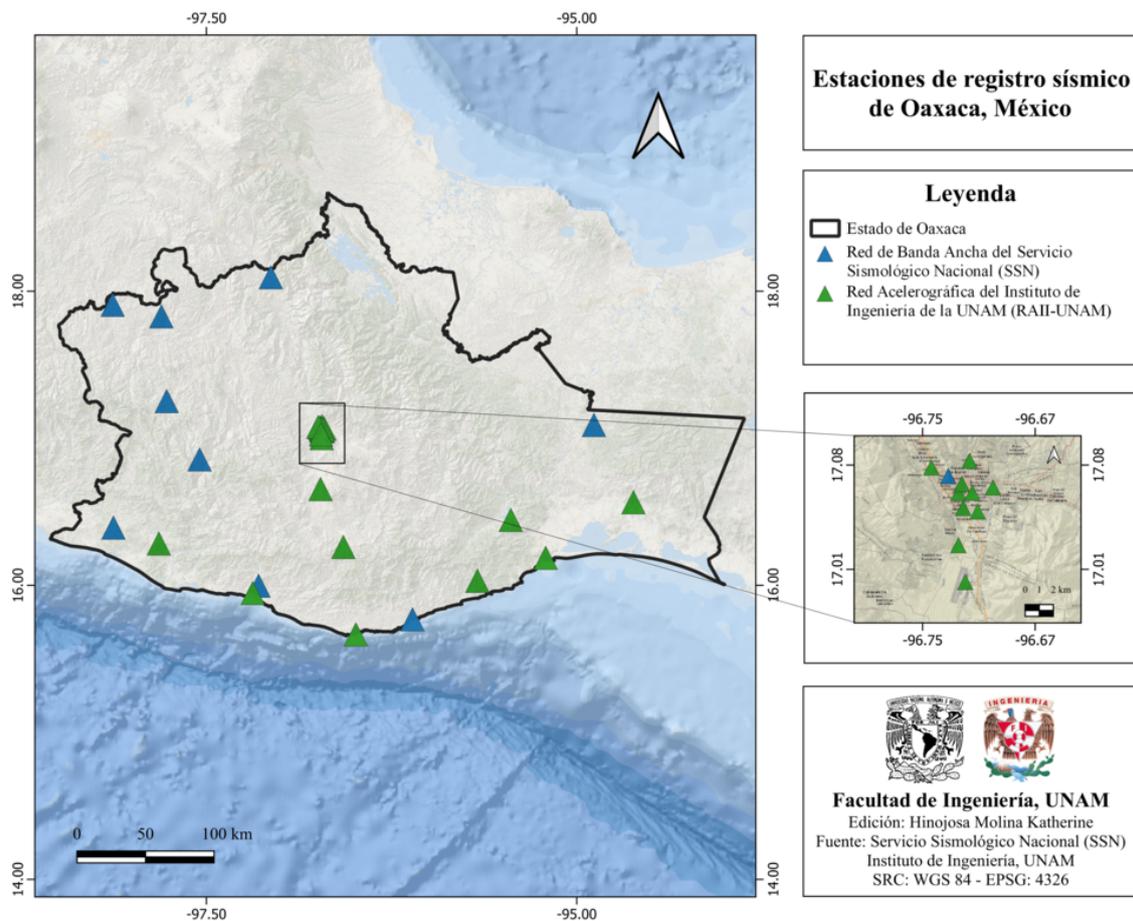


Figura 24.25: Distribución de estaciones de registro sísmico en Oaxaca, México. [SSN, 2023], [II, 2023]

## 24.9 Instituciones educativas que han realizado estudios en alguna zona del estado o en sus cercanías

Las siguientes instituciones educativas han realizado estudios o investigaciones en materia de peligro sísmico del estado de Oaxaca.

- Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)
- Instituto Politécnico Nacional (IPN)
- Universidad del Mar

## 24.10 Estudios de sismicidad o de peligro sísmico en alguna zona del estado

A continuación se enlistan estudios de sismicidad o peligro sísmico en Oaxaca, Mexico.

- Actualización del Atlas de Riesgos del estado de Oaxaca en los Fenómenos geológicos e Hidrometeorológicos. 2010. Instituto Estatal de Protección Civil.
- Centro Nacional de Prevención de Desastres. (2020). Microzonificación sísmica con enfoque para la gestión integral de Riesgos [PDF]. Recuperado de [https://www1.cenapred.unam.mx/DIR\\_INVESTIGACION/2020/1er\\_Trimestre/FRACCION\\_XLI/RS/Microzonificacion\\_Sismica\\_GIR.pdf](https://www1.cenapred.unam.mx/DIR_INVESTIGACION/2020/1er_Trimestre/FRACCION_XLI/RS/Microzonificacion_Sismica_GIR.pdf)
- Centro Nacional de Prevención de Desastres. (2021). Análisis del peligro de inundación por tsunami en costas mexicanas. Recuperado de [https://www1.cenapred.unam.mx/DIR\\_INVESTIGACION/2021/1er\\_Trimestre/FRACCION\\_XLI/RS/260421\\_Reporte\\_PAT\\_tsunami\\_ERA.pdf](https://www1.cenapred.unam.mx/DIR_INVESTIGACION/2021/1er_Trimestre/FRACCION_XLI/RS/260421_Reporte_PAT_tsunami_ERA.pdf)
- Centro Nacional de Prevención de Desastres. (2021). Monografías sísmicas estatales. Patrimonio cultural. [PDF]. Recuperado de [https://www1.cenapred.unam.mx/DIR\\_INVESTIGACION/2021/1er\\_Trimestre/FRACCION\\_XLVIIIc/XLI/RS220422\\_RS\\_Monografias\\_Estatales\\_PAT\\_2021.pdf](https://www1.cenapred.unam.mx/DIR_INVESTIGACION/2021/1er_Trimestre/FRACCION_XLVIIIc/XLI/RS220422_RS_Monografias_Estatales_PAT_2021.pdf)
- Centro Nacional de Prevención de Desastres. (2022). Peligro Sísmico en el estado de Oaxaca [PDF]. Recuperado de [https://www1.cenapred.unam.mx/DIR\\_INVESTIGACION/2022/XLI/RS/220114\\_Informe\\_PeligroSismicoOaxaca\\_PAT\\_2021.pdf](https://www1.cenapred.unam.mx/DIR_INVESTIGACION/2022/XLI/RS/220114_Informe_PeligroSismicoOaxaca_PAT_2021.pdf)
- Cornu, F. N., y Ponce, L. (1989). Zonas sísmicas de Oaxaca, México: sismos máximos y tiempos de recurrencia para el periodo 1542-1988. *Geofísica Internacional*, 28(4), 587-641.

- García Soto, A. D., Pozos-Estrada, A., Hong, H., y Gómez Martínez, R. (2012). Estimación del peligro sísmico debido a sismos interplaca e inslab y sus implicaciones en el diseño sísmico. *Ingeniería sísmica*, (86), 27-54.
- Jensen, K. J., Carey, T., Brudzinski, M. R., Cabral-Cano, E., Arciniega-Ceballos, A., Diaz-Molina, O., y Demets, D. C. (2008, December). Seismicity of the Oaxaca segment of the Middle American subduction zone. In *AGU Fall Meeting Abstracts* (Vol. 2008, pp. T13F-08).
- Ortiz Huerta, L. G. Peligro y vulnerabilidad por tsunamis de campo lejano en la Bahía de Todos Santos, Baja California.
- Peligros de Origen Geológico y Localización de Zonas Vulnerables. Atlas de Riesgos del estado de Oaxaca 2003. 2003. Consejo de Recursos Minerales y la Unidad Estatal de Protección Civil del estado de Oaxaca.
- Santos Reyes, G. C. (2014). Percepción del riesgo de terremotos en una región sísmica del estado de Oaxaca.

# Capítulo 25

## Puebla

### 25.1 Localización y provincias fisiográficas

#### 25.1.1 Localización

El estado de Puebla se ubica en el altiplano central de México, colinda al norte con Tlaxcala e Hidalgo; al noreste con Veracruz, al sur con Oaxaca, al suroeste con Guerrero y al oeste con Morelos y el estado de México.

#### 25.1.2 Provincias fisiográficas

De acuerdo con información del INEGI, Puebla forma parte de las siguientes provincias fisiográficas:

- Eje Neovolcánico
- Llanura Costera del Golfo Norte
- Sierra Madre del Sur
- Sierra Madre Oriental

En el mapa de la figura 25.1 se muestran dichas provincias fisiográficas.

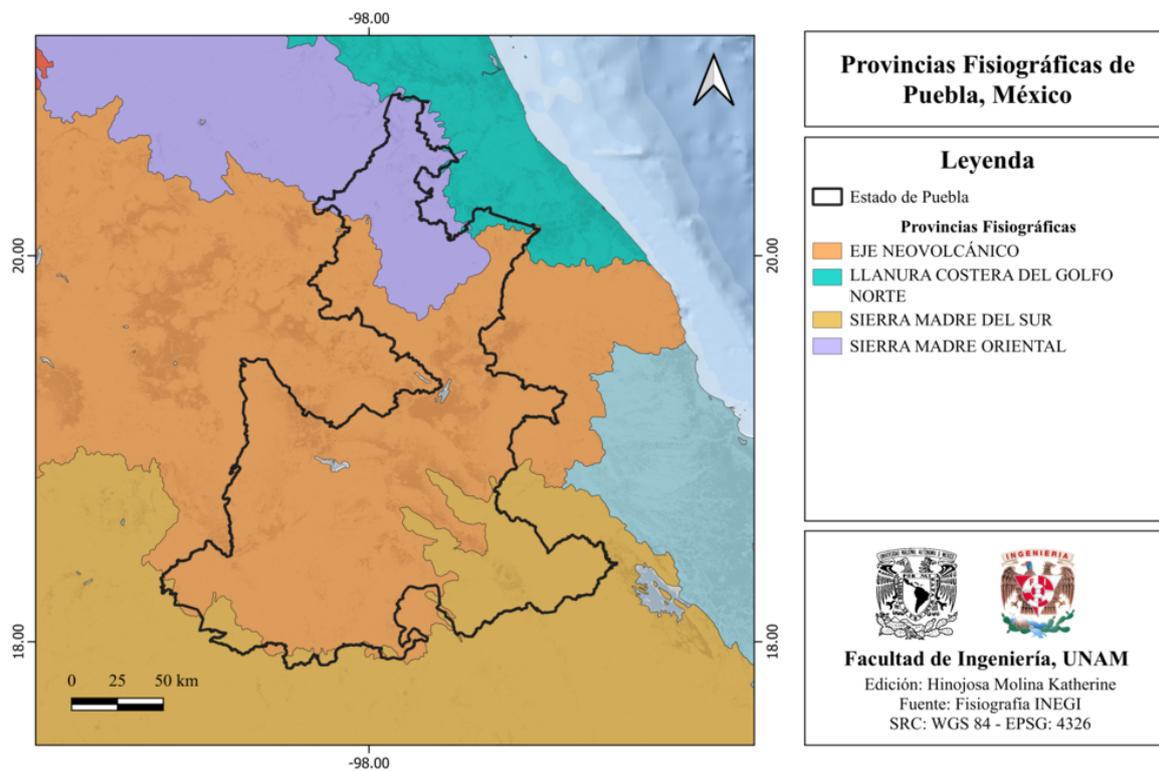


Figura 25.1: Provincias fisiográficas de Puebla, México [INEGI, 2001].

### 25.1.3 Subprovincias fisiográficas

A su vez, forma parte de las siguientes subprovincias fisiográficas:

- Carso Huasteco
- Chinconquiaco
- Cordillera Costera del Sur
- Lagos y Volcanes de Anáhuac
- Llanuras y Lomeríos
- Mixteca Alta
- Sierras Centrales de Oaxaca
- Sierras del Sur de Puebla
- Sierras Orientales

- Sierras y Valles Guerrerenses

En el mapa de la figura 25.2 se muestran las Subprovincias fisiográficas de Puebla.

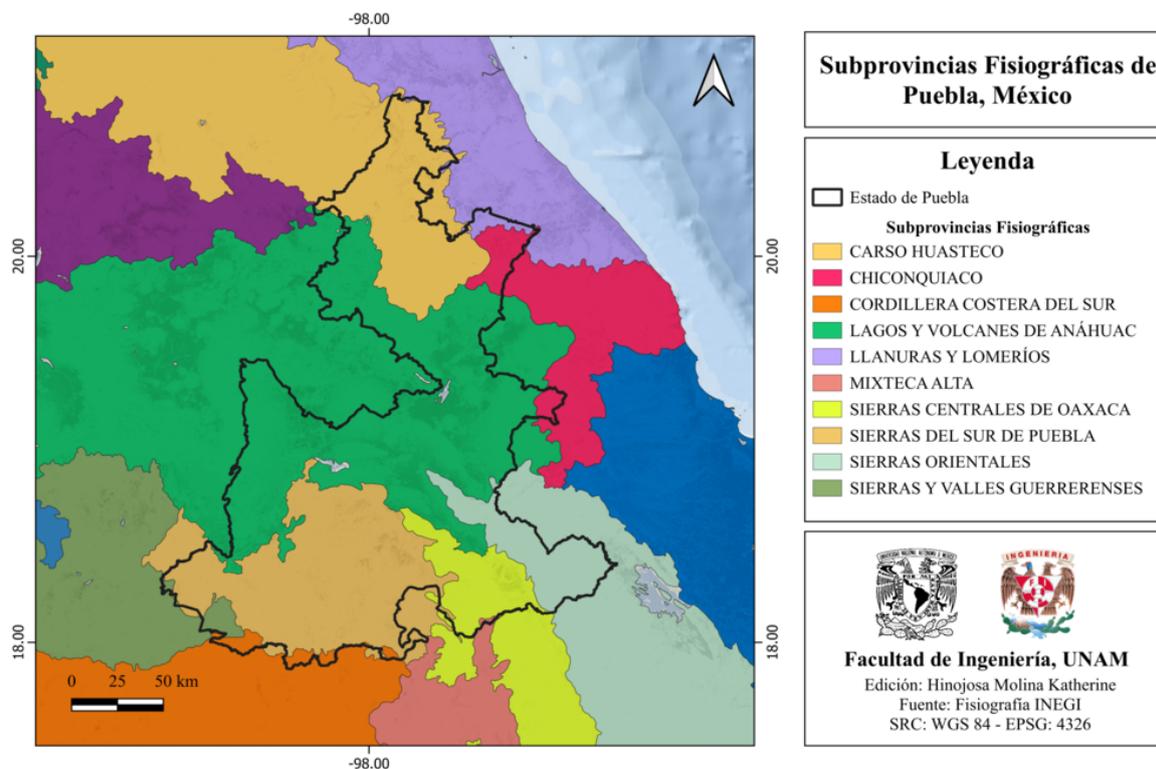


Figura 25.2: Subprovincias fisiográficas de Puebla, México [INEGI, 2001].

### 25.1.4 Rasgos geológicos estructurales

Puebla forma parte de la margen suroccidental de la placa Norteamericana, por lo que se ubica dentro de una zona tectónica activa relacionada con el límite convergente entre ésta y la placa de Cocos [Mesoamérica, 2009]. Existen diversos rasgos geológicos estructurales en Puebla, desde fallas, fracturas, anticlinales y sinclinales (ver figura 25.3).

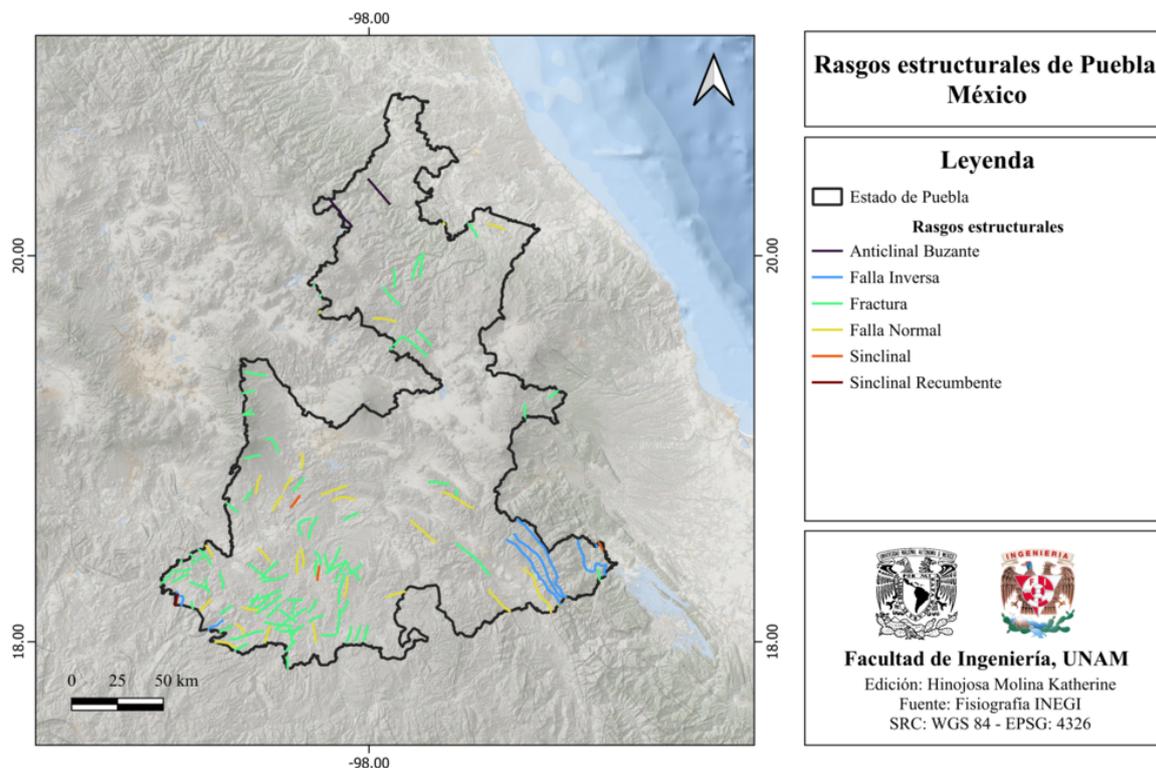


Figura 25.3: Rasgos estructurales de Puebla, México [INEGI, 2002].

## 25.2 Zonas sismogénéticas (sismotectónicas)

### 25.2.1 Zonas sismogénéticas de acuerdo con Zúñiga et al., (2017)

El estado de Puebla es parte de las siguientes zonas sismogénéticas [Zúñiga et al., 2017]:

#### Zonas sismogénéticas someras ( $h < 40$ km)

- **BB:** Zona de eventos intraplaca (corticales) en la placa de Norteamérica. Provincia de esfuerzos de la cuenca de Burgos ( $h < 20$  km).
- **GMX:** Zona de eventos intraplaca (corticales) en la placa de Norteamérica. Provincia del Golfo de México ( $h < 20$  km).
- **NAM:** Intraplaca o corticales en la placa Norteamericana al sureste de México. No relacionados con el régimen volcánico de la Faja Volcánica Transmexicana ( $h < 20$  km).

- **MVB:** Zona de eventos intraplaca de la parte somera ( $h < 15$  km) de la placa Norteamericana, asociado a esfuerzos tensionales en el centro de México. Estos esfuerzos están relacionados con la ubicación de la Faja Volcánica Transmexicana ( $h < 20$  km).

En el mapa de la figura 25.4 se muestran las regiones sismogénicas someras del estado de Puebla.

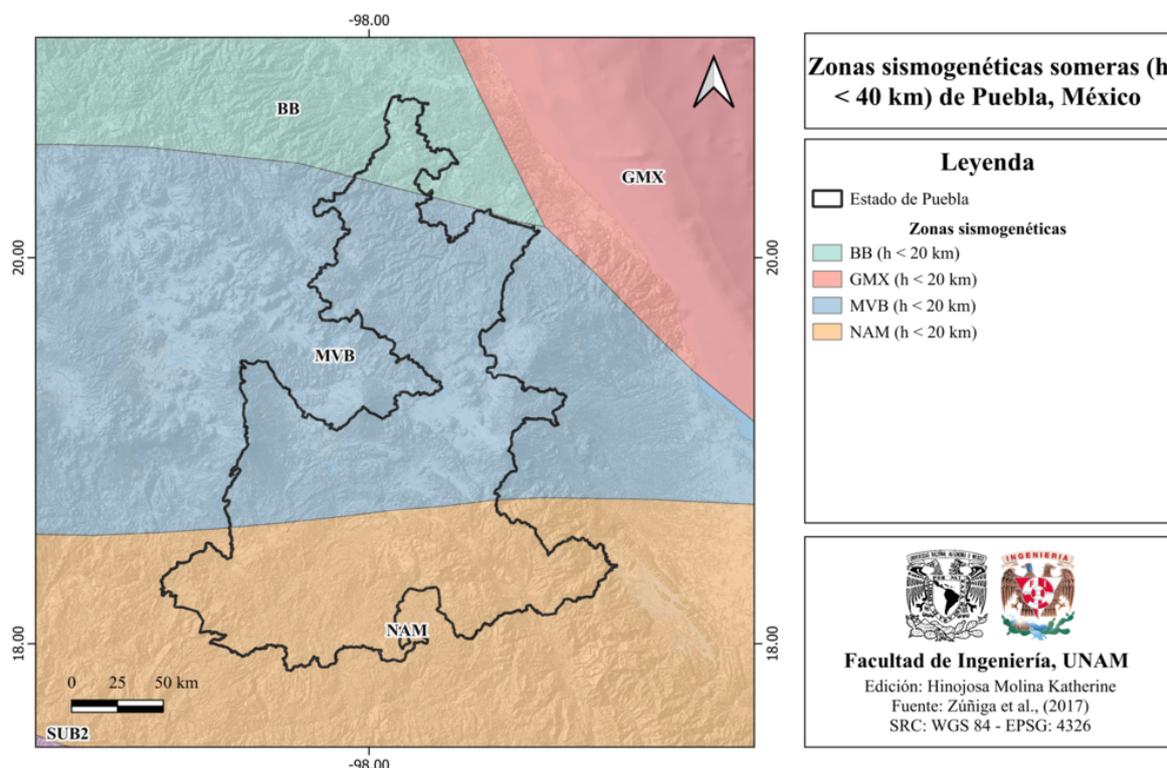


Figura 25.4: Zonas sismogénicas del estado de Puebla [Heath et al., 2020].

### Zonas sismogénicas de profundidad intermedia ( $h > 40$ km)

- **IN2:** Zona de eventos intraplaca de profundidad intermedia ( $40 \text{ km} \leq h < 255$  km). Zona de transición de la placas de Cocos y corresponde a la extensión a profundidad de la región SUB3.

Estas zonas sismogénicas se muestran en la figura 25.5.

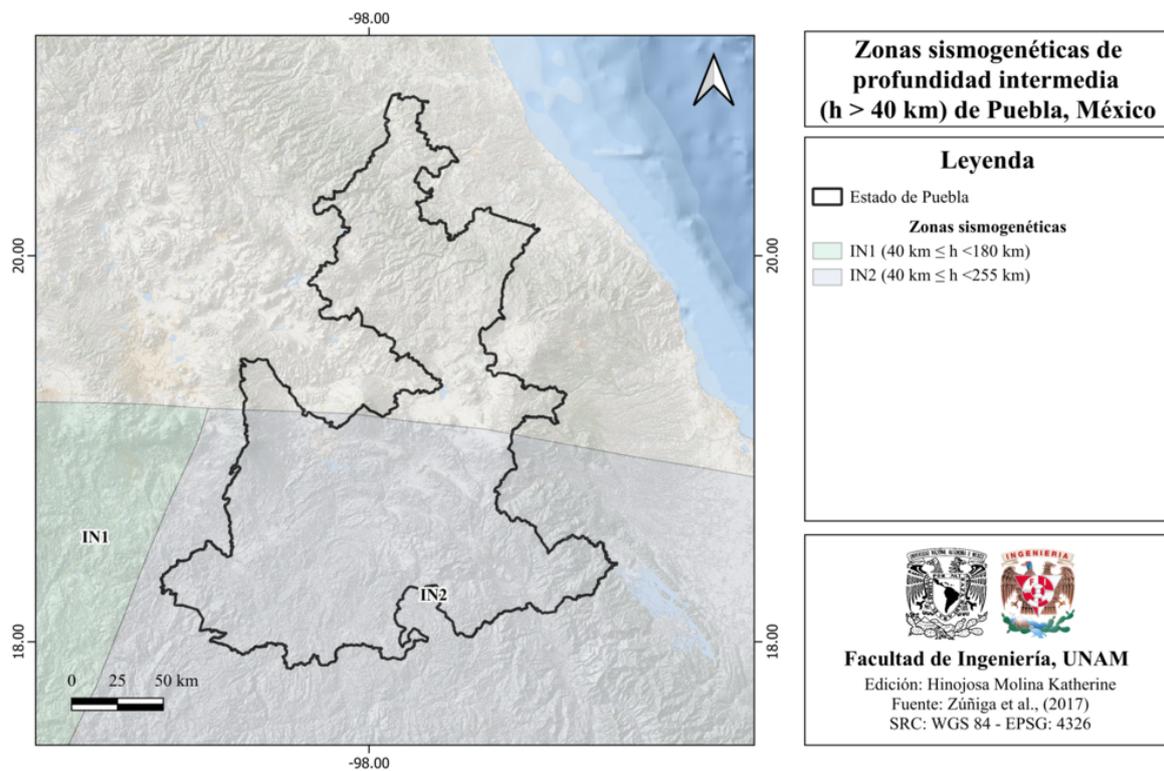


Figura 25.5: Regiones sismogénicas de profundidad intermedia del estado de Puebla. [Zúñiga et al., 2017]

### 25.2.2 Zonas sismogénicas de acuerdo con la Comisión Federal de Electricidad (2015)

De acuerdo con información de la Comisión Federal de Electricidad [CFE, 2015], el estado de Puebla se encuentra dentro de las siguientes zonas sismogénicas:

#### Zonas generadoras de sismos superficiales

- **30:** Golfo
- **31:** Petrolera
- **32:** Intraplaca
- **33:** Eje volcánico
- **34:** Sismicidad difusa 1

En la figura 25.6 se muestran estas zonas sismogénicas.

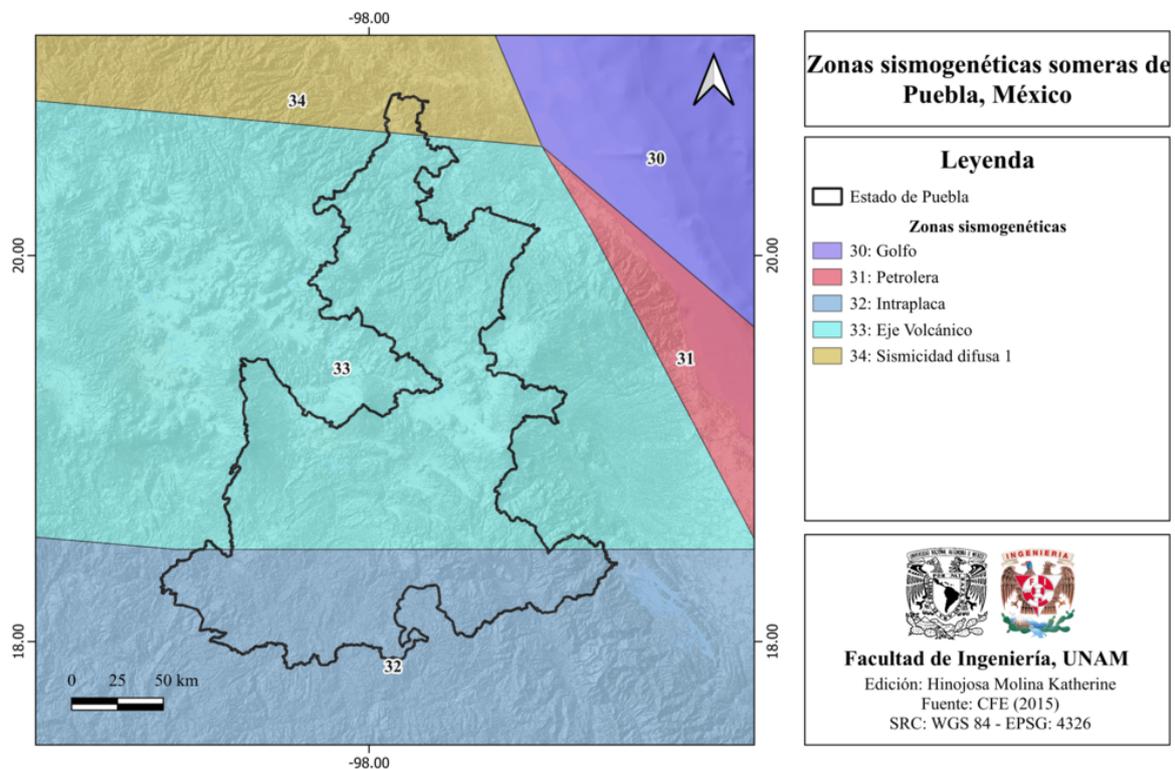


Figura 25.6: Zonas generadoras de sismos superficiales en el estado de Puebla [CFE, 2015].

### Zonas generadoras de sismos de profundidad intermedia

- **Región 28:** Profundidad Intermedia Oeste Nueva
- **Región 29:** Profundidad Intermedia Centro Nueva

Estas zonas generadoras de sismos de profundidad intermedia en el estado de Puebla se muestran en la figura 25.7.

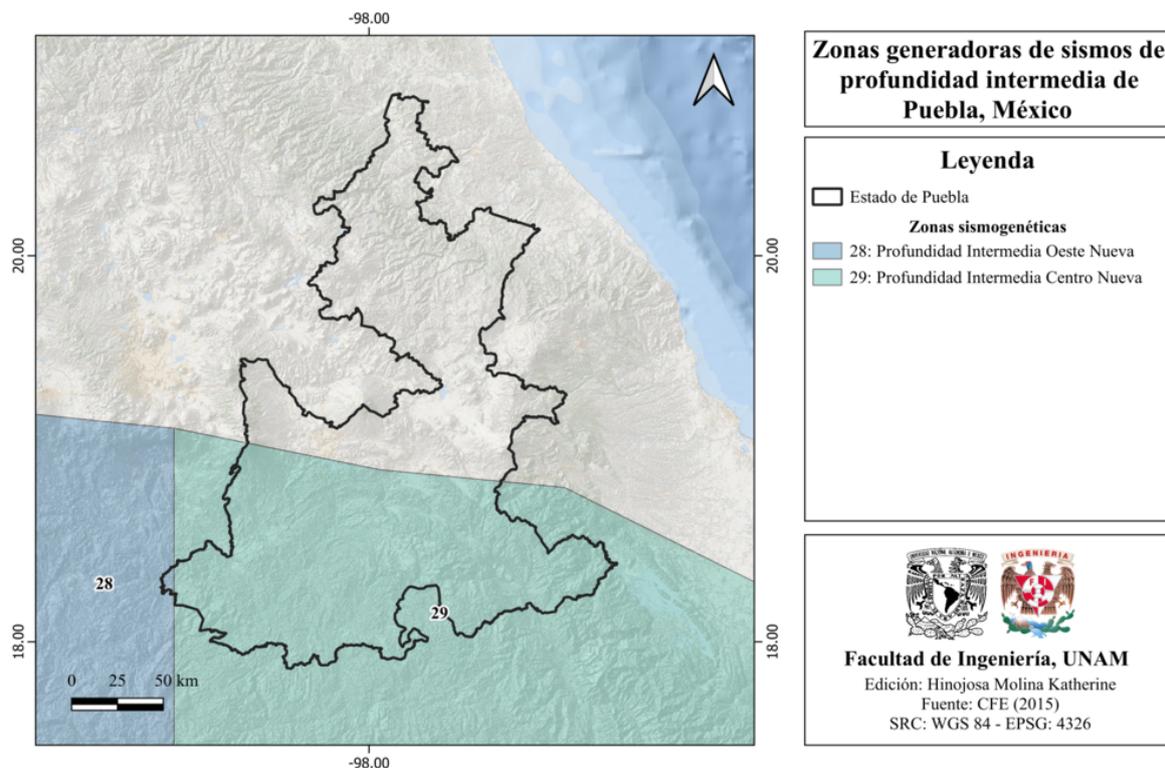


Figura 25.7: Zonas generadoras de sismos de profundidad intermedia en el estado de Puebla. [CFE, 2015]

### 25.3 Sismicidad reportada por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) en el período 1900-2022

El Servicio Sismológico Nacional (SSN) ha reportado 1305 sismos en Puebla, durante el período del 1 de enero de 1900 al 31 de diciembre de 2022 (UTC) con magnitudes desde 1.7 hasta 7.1.

#### Sismos de magnitud mayor o igual a 6.0 en Puebla, México

Los sismos de magnitud mayor o igual a 6.0 en el estado y en sus cercanías se muestran en la figura 25.8.

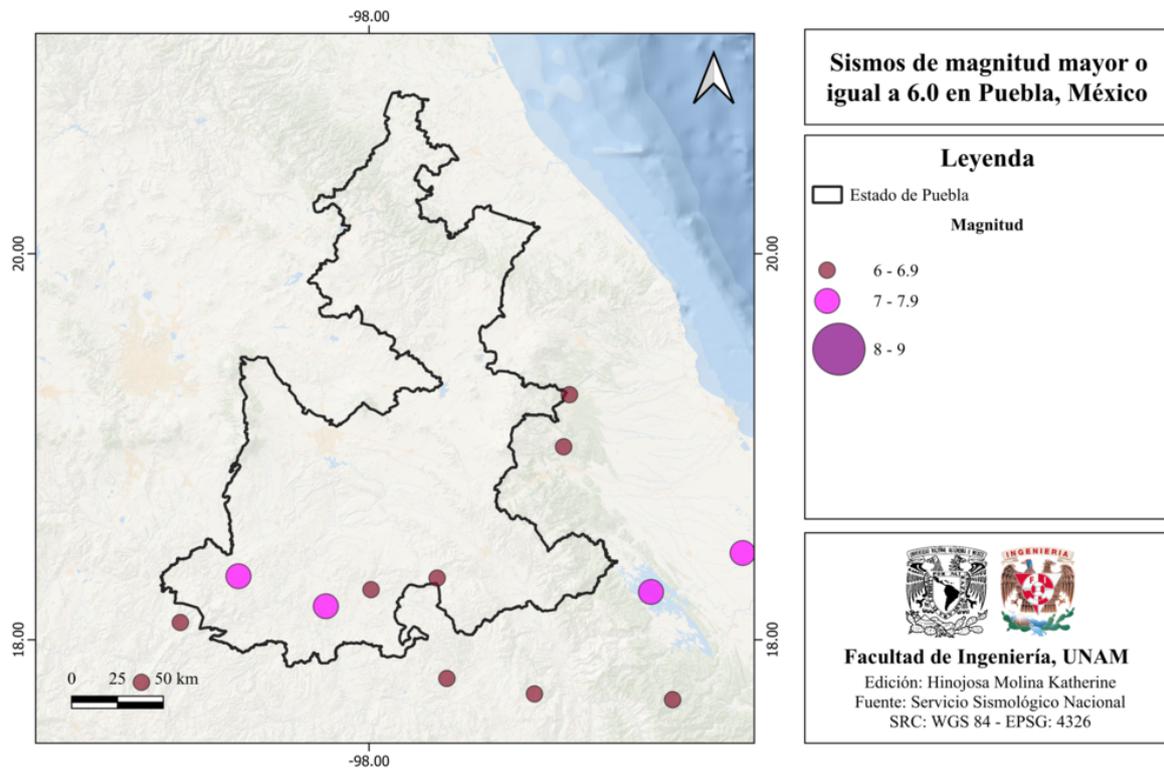


Figura 25.8: Sismos de magnitud mayor o igual a 6.0 en Puebla y sus alrededores [SSN, 2023].

## 25.4 Sismos históricos

- **19 de septiembre de 2017, M 7.1**

El 19 de septiembre de 2017, el SSN registró un sismo de magnitud 7.1 a las 13:14:39 (hora local). Este evento fue de tipo intraplaca, dentro de la placa oceánica de Cocos, por debajo del continente, a una profundidad de 51 km. El estado de Puebla registró aceleraciones entre los 11 y 150  $\frac{cm}{s^2}$  (ver figura 25.9). Puebla, Estado de México, Guerrero y Oaxaca reportaron 74, 45, 15, 6 y 1 deceso(s) respectivamente. El costo de las afectaciones se estima en 62 mil 99 millones de pesos [García Arróliga et al., 2019].

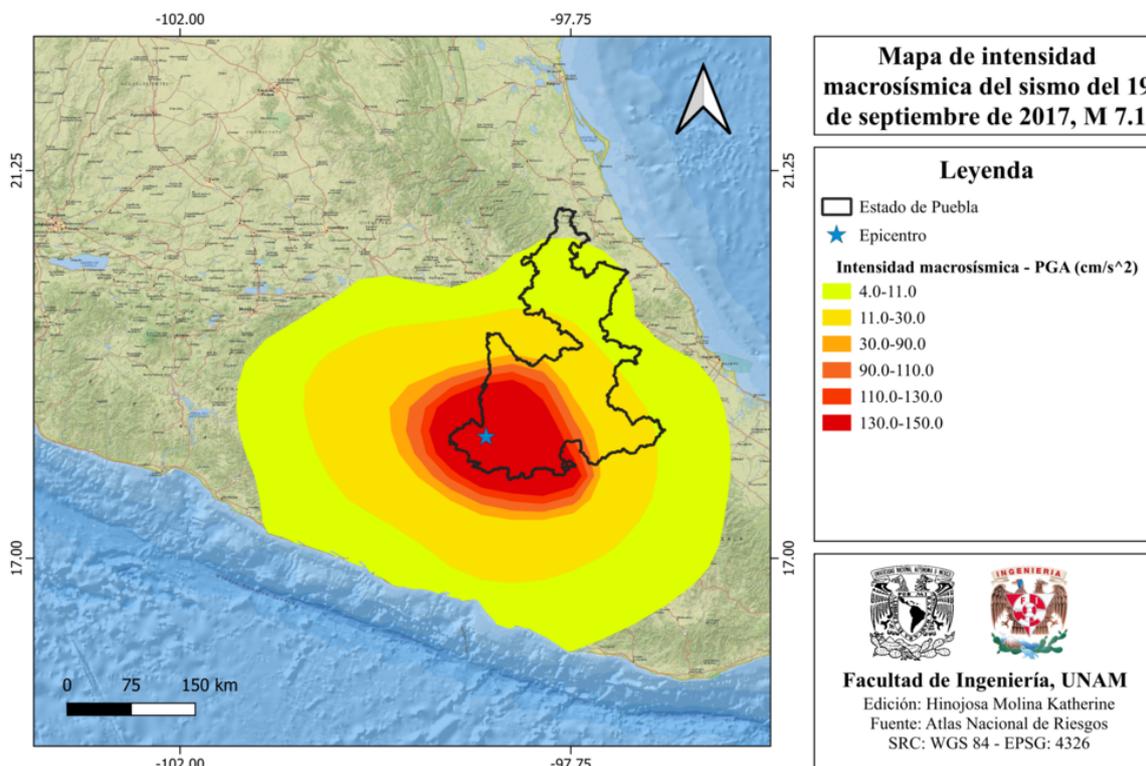


Figura 25.9: Mapa de intensidad del sismo del 19 de septiembre de 2017, M 7.1 [ANR-Cenapred, 2016].

- **15 de junio de 1999, M 7.0**

El 15 de junio de 1999, el Servicio Sismológico Nacional (SSN) registró un sismo de magnitud 7.0 a las 15:41:06 (hora local), localizado a 20 km al sur de Tehuacán, Puebla. Este evento fue percibido especialmente en poblados al sur de Puebla y norte de Oaxaca, aunque también llegó a ser levemente percibido en Morelos, Guerrero, Estado de México, Tlaxcala y Veracruz.

Puebla tuvo los mayores daños, especialmente en edificios antiguos e históricos. Se tuvieron 15 lamentables decesos y 188 lesionados. En el mapa de la figura 25.10 se muestra el mapa de intensidad de este sismo.

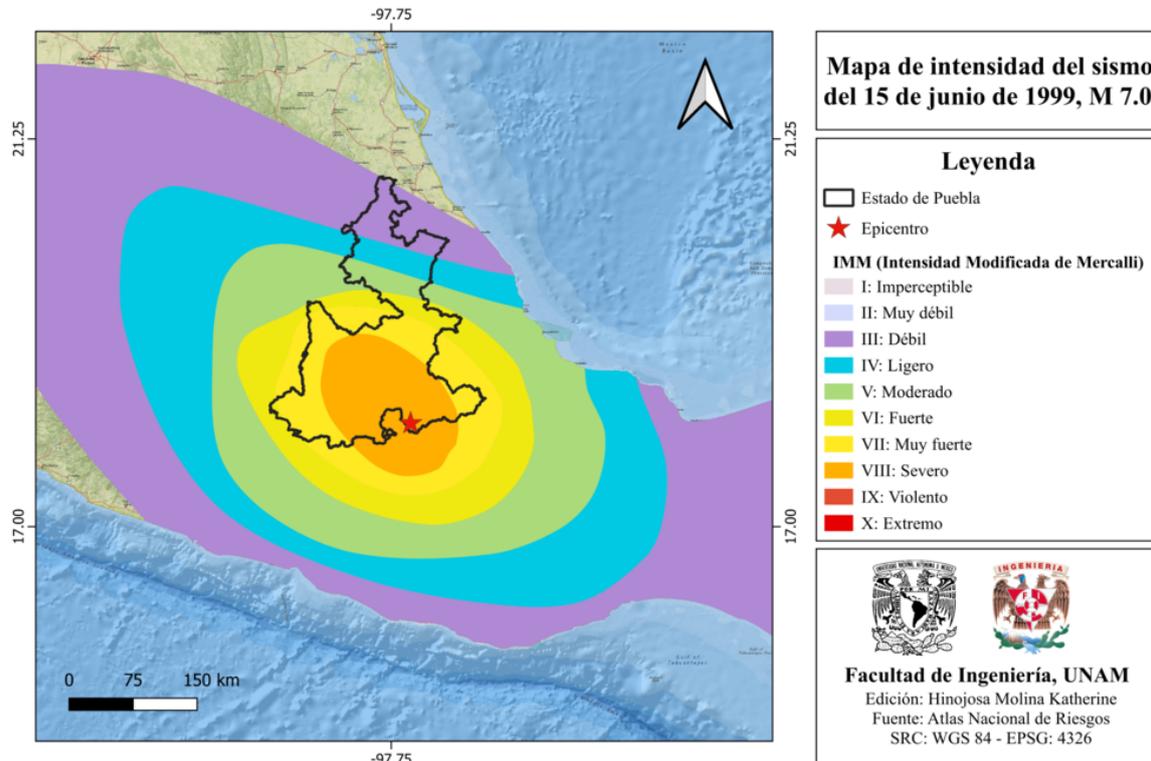


Figura 25.10: Mapa de intensidad del sismo del 15 de junio de 1999, M 7.0 [ANR-Cenapred, 2016].

- **9 de febrero de 1928, M 6.5**

El día 9 de febrero de 1928, a las 22:39 (hora local) se registró un sismo de magnitud 6.5, localizado al noreste de Acatlán de Osorio, Puebla a 84 km de profundidad. Este evento afectó a las poblaciones de los límites del estado, principalmente a Huajuapán de León en Oaxaca.

En el mapa de la figura 25.11 se muestra el mapa de intensidad de este sismo.

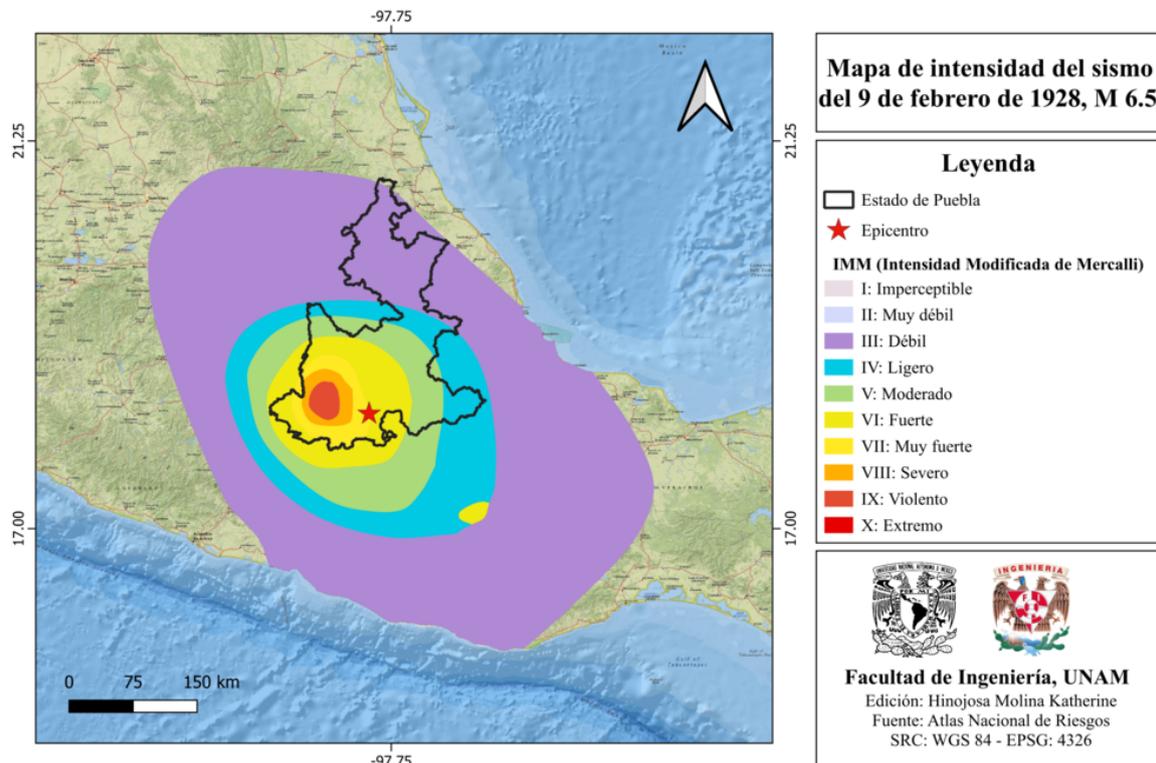


Figura 25.11: Mapa de intensidad del sismo del 9 de febrero de 1928, M 6.5 [ANR-Cenapred, 2016].

## 25.5 Peligro por tsunami

El estado no está expuesto a este fenómeno, ya que se encuentra a 290 km de la costa del Golfo de México.

## 25.6 Información general de peligro sísmico

### 25.6.1 Global de intensidades

El mapa del global de intensidades para el estado de Puebla se muestra en la figura 25.12.



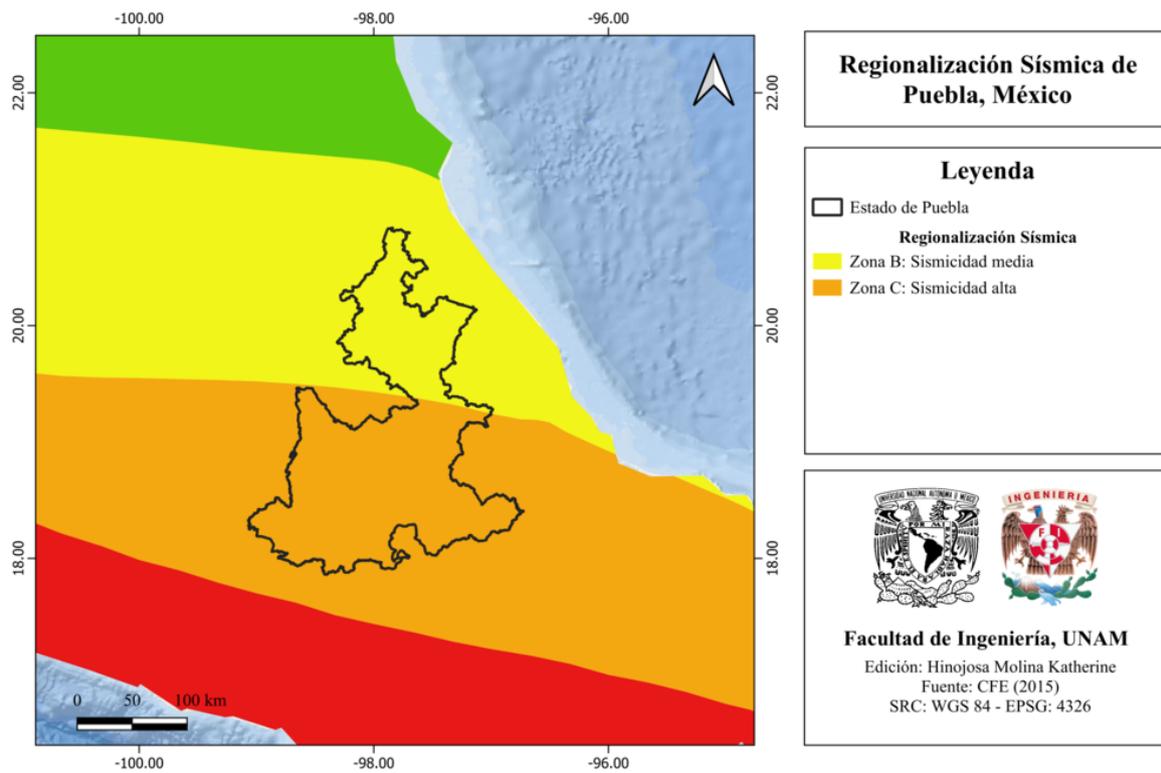


Figura 25.13: Regionalización sísmica del estado de Puebla [CFE, 2015].

### 25.6.3 Parámetro Vs30 (USGS)

El mapa de velocidad de onda de corte de Puebla se muestra en la figura 25.14.

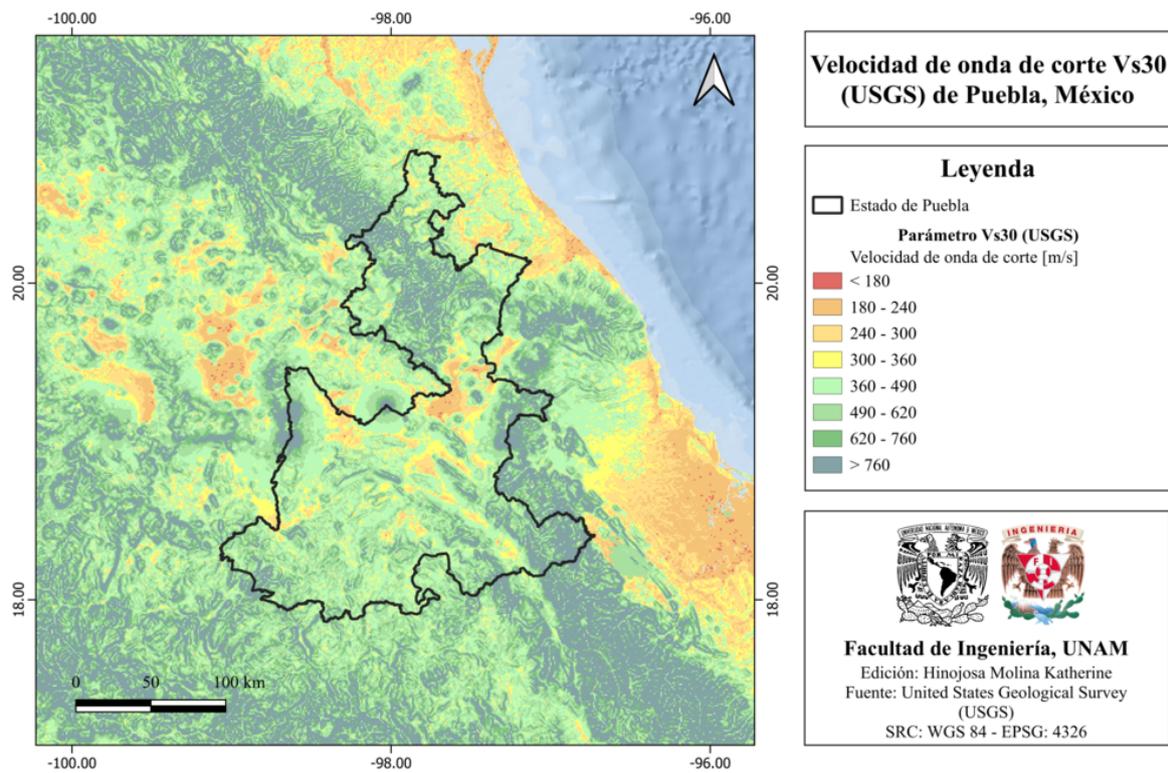


Figura 25.14: Velocidad de onda de corte Vs30 (USGS) del estado de Puebla [Heath et al., 2020].

#### 25.6.4 Municipios con posibles efectos de sitio

En el mapa de la figura 25.15 se muestran los municipios del estado de Puebla con posibles efectos de sitio.

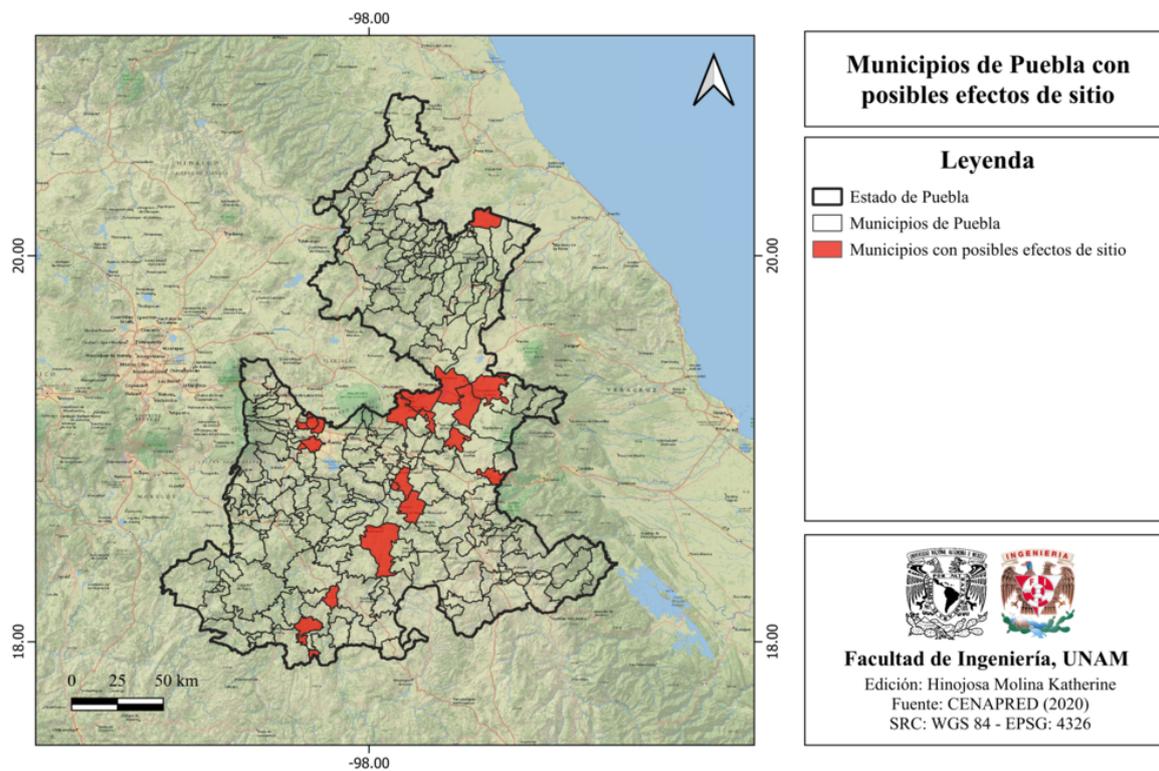


Figura 25.15: Municipios del estado de Puebla con posibles efectos de sitio [Cenapred, 2020].

### 25.6.5 Municipios con peligro de deslizamiento por sismo

En el mapa de la figura 25.16 se muestran los municipios del estado de Puebla con peligro de deslizamiento por sismo.

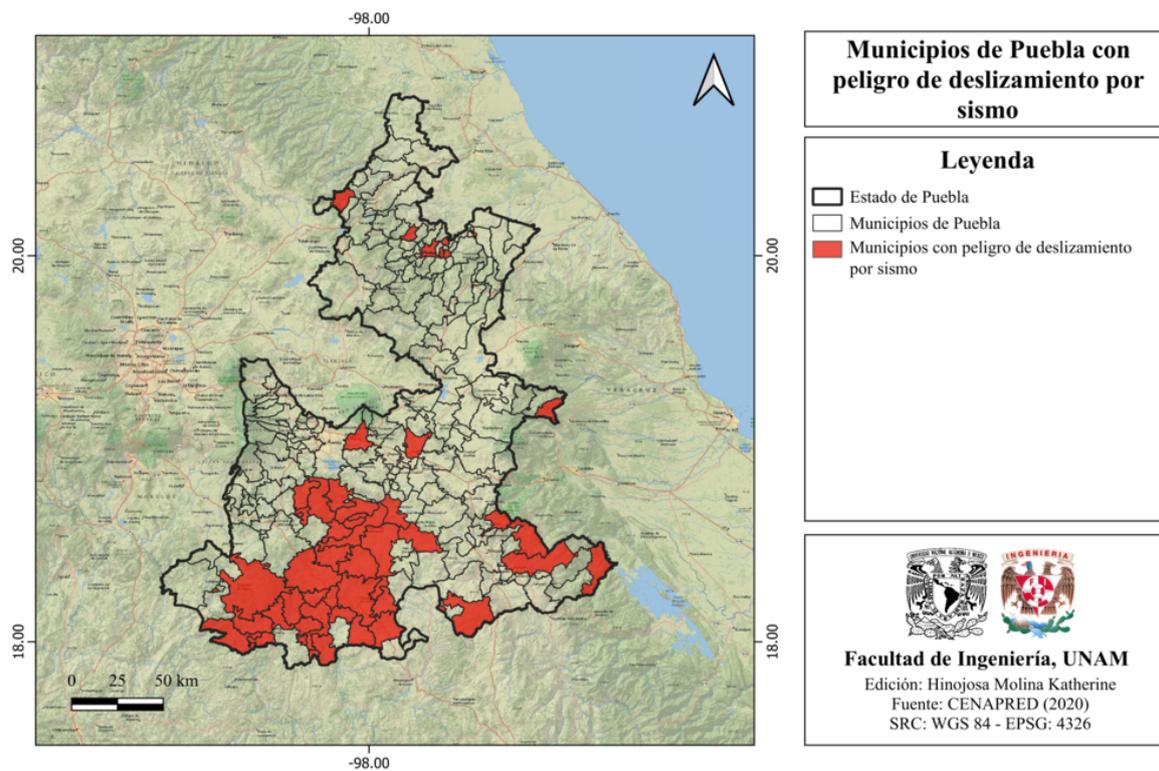


Figura 25.16: Municipios del estado de Puebla con peligro de deslizamiento por sismo [Cenapred, 2020].

### 25.6.6 Municipios con reglamento de construcción de obras civiles

El estado de Puebla cuenta con 4 reglamentos municipales de construcción de obras civiles (ver figura 25.17), así como con un reglamento de construcción estatal.

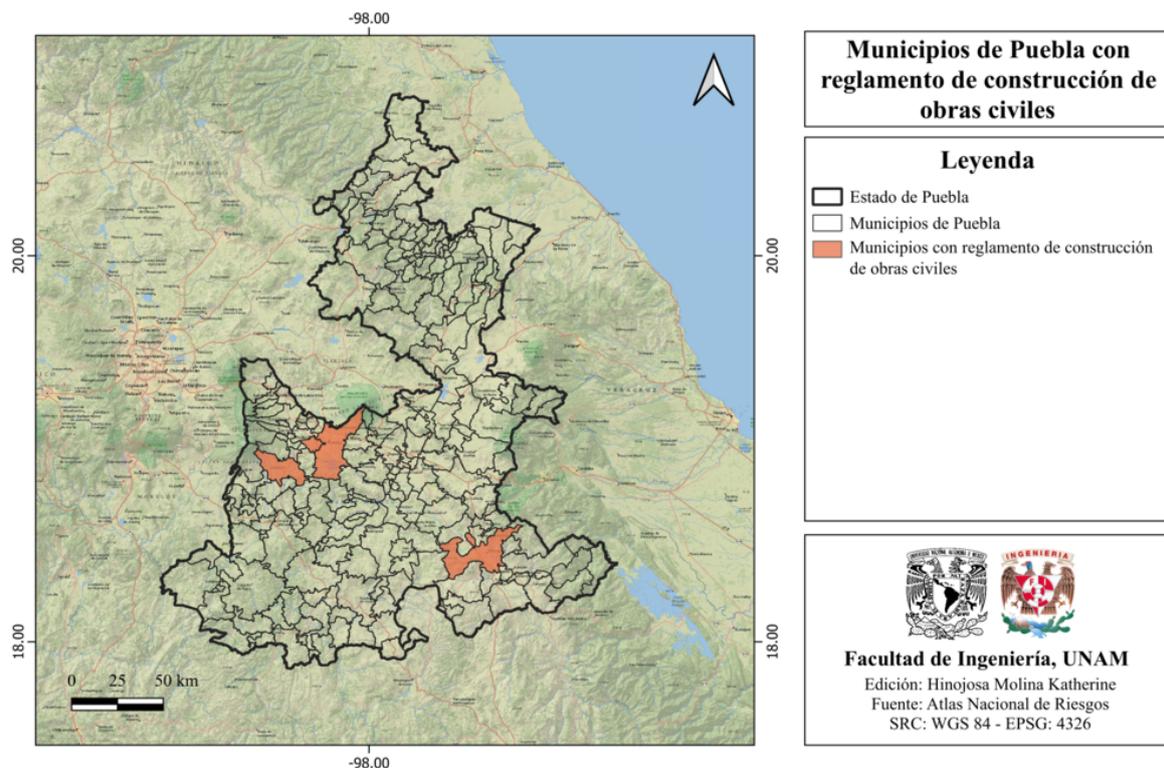


Figura 25.17: Municipios de Puebla con reglamentos de construcción de obras civiles [ANR-Cenapred, 2016].

## 25.7 Secuencias sísmicas (enjambres) reportadas por el Servicio Sismológico Nacional (SSN)

Hasta la fecha no existen registros de secuencias sísmicas en Puebla.

## 25.8 Estaciones de registro sísmico en el estado

Puebla cuenta con una estación correspondiente a la Red de Banda Ancha del SSN y 11 estaciones pertenecientes a la Red Acelerográfica del Instituto de Ingeniería de la UNAM (RAII-UNAM) Tal como se muestra en el mapa de la figura 25.18.

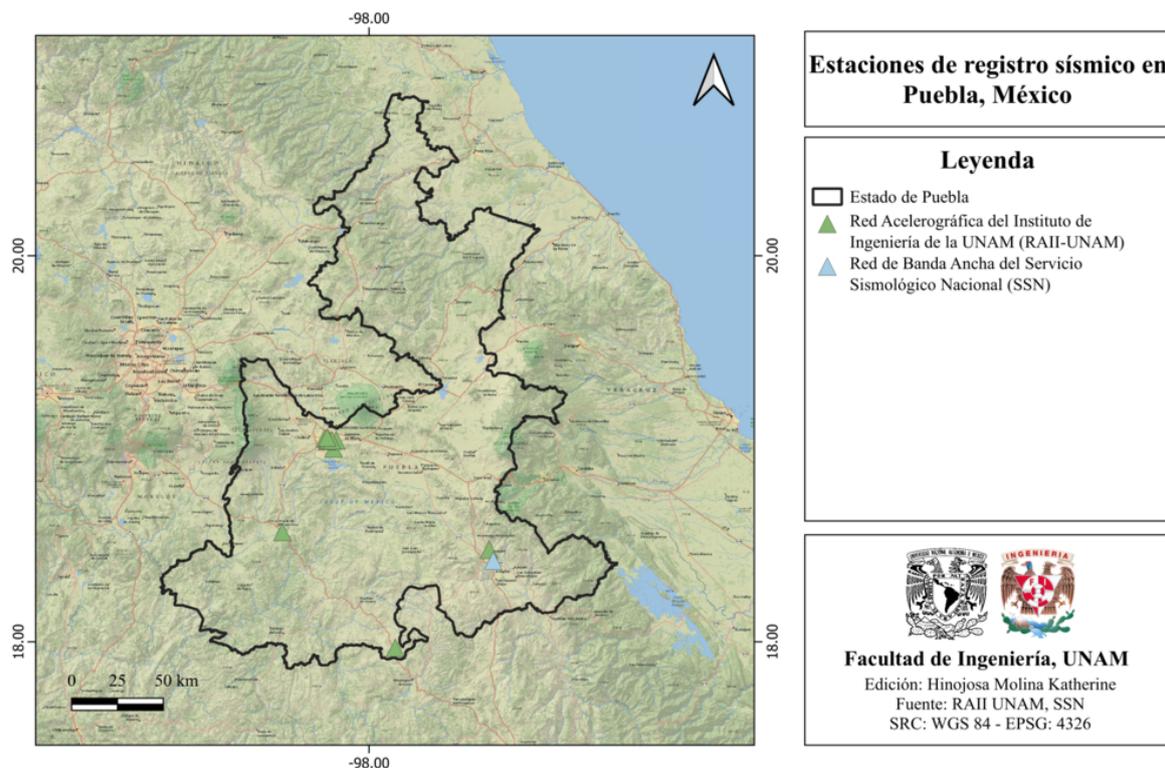


Figura 25.18: Estaciones de registro sísmico en el estado de Puebla [SSN, 2023].

## 25.9 Instituciones educativas que han realizado estudios en alguna zona del estado o en sus cercanías

La Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, la Universidad Nacional Autónoma de México y el Instituto Politécnico Nacional han realizado estudios en materia geocientífica en el estado de Puebla.

## 25.10 Estudios de sismicidad o de peligro sísmico en alguna zona del estado

- Cruz-Atienza, V. M., Singh, S. K., y Ordaz, M. (2017). ¿Qué ocurrió el 19 de septiembre de 2017 en México? UNAM.
- Figueroa, J. (1974). Sismicidad en Puebla, Macrosismo del 28 de agosto de 1973: México, D.F. Instituto de Ingeniería, UNAM.

- Mirwald, A., Cruz-Atienza, V. M., Díaz-Mojica, J., Iglesias, A., Singh, S. K., Villafuerte, C., y Tago, J. (2019). The September 19, 2017 (Mw7.1), intermediate-depth Mexican earthquake: a slow and energetically inefficient deadly shock. *Geophysical Research Letters*, 46.
- Proyecto Mesoamérica. (2009). Atlas Estatal de Puebla 2009 [PDF]. Recuperado de [https://rmgir.proyectomesoamerica.org/PDFAtlasEstatales/PUEBLA\\_2009.pdf](https://rmgir.proyectomesoamerica.org/PDFAtlasEstatales/PUEBLA_2009.pdf)
- Sahakian, V. J., Melgar, D., Quintanar, L., Ramírez-Guzmán, L., Pérez-Campos, X., y Baltay, A. (2018). Ground Motions from the 7 and 19 septiembre 2017 Tehuantepec and Puebla-Morelos, Mexico, Earthquakes. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 108(6), 3300-3312.

# Capítulo 26

## Querétaro

### 26.1 Localización y provincias fisiográficas

#### 26.1.1 Localización

Querétaro se ubica en la región centro-norte de México. Limita al norte con San Luis Potosí, al oeste con Guanajuato, al este con Hidalgo, al sureste con el Estado de México, y al suroeste con Michoacán.

#### 26.1.2 Provincias fisiográficas

De acuerdo con información del INEGI, Querétaro forma parte de las siguientes provincias fisiográficas:

- Eje Neovolcánico
- Mesa Del Centro
- Sierra Madre Oriental

En el mapa de la figura 26.1 se muestran dichas provincias fisiográficas.

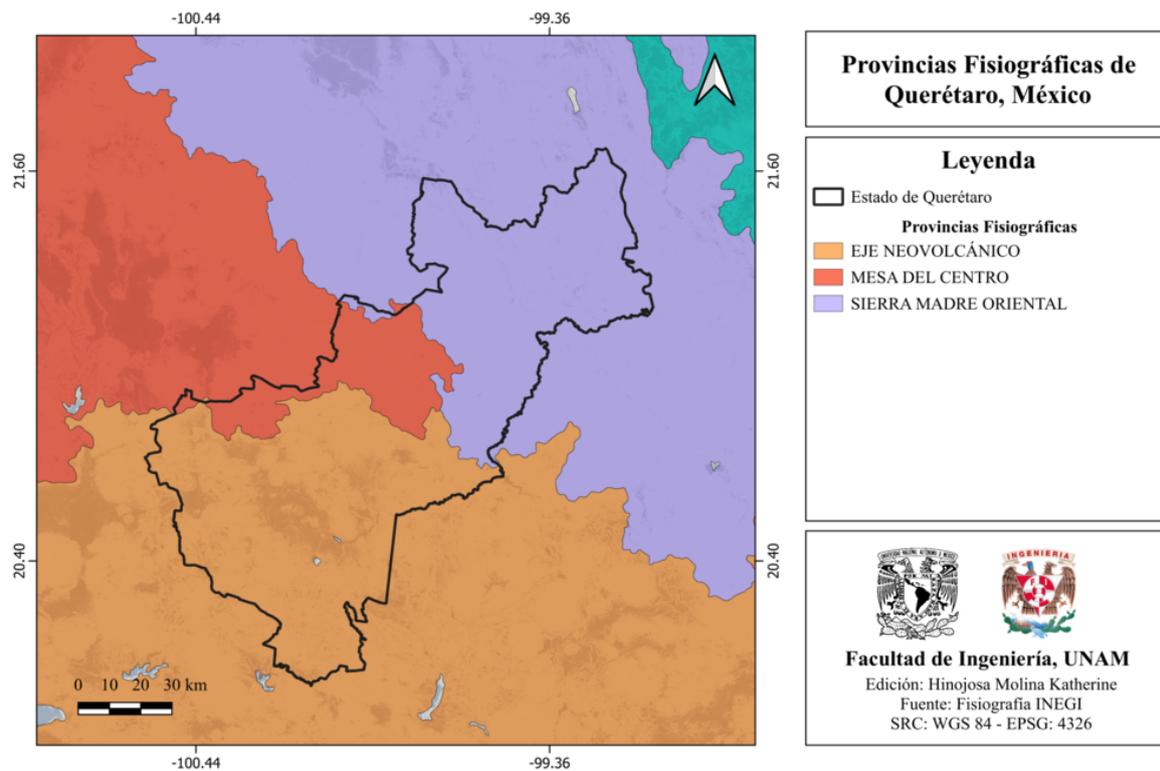


Figura 26.1: Provincias fisiográficas de Querétaro, México [INEGI, 2001].

### 26.1.3 Subprovincias fisiográficas

A su vez, forma parte de las siguientes subprovincias fisiográficas:

- Carso Huasteco
- Lagos y Volcanes de Anáhuac
- Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo
- Mil cumbres
- Sierras y Llanuras del Norte de Guanajuato

En el mapa de la figura 26.2 se muestran las Subprovincias fisiográficas de Querétaro.

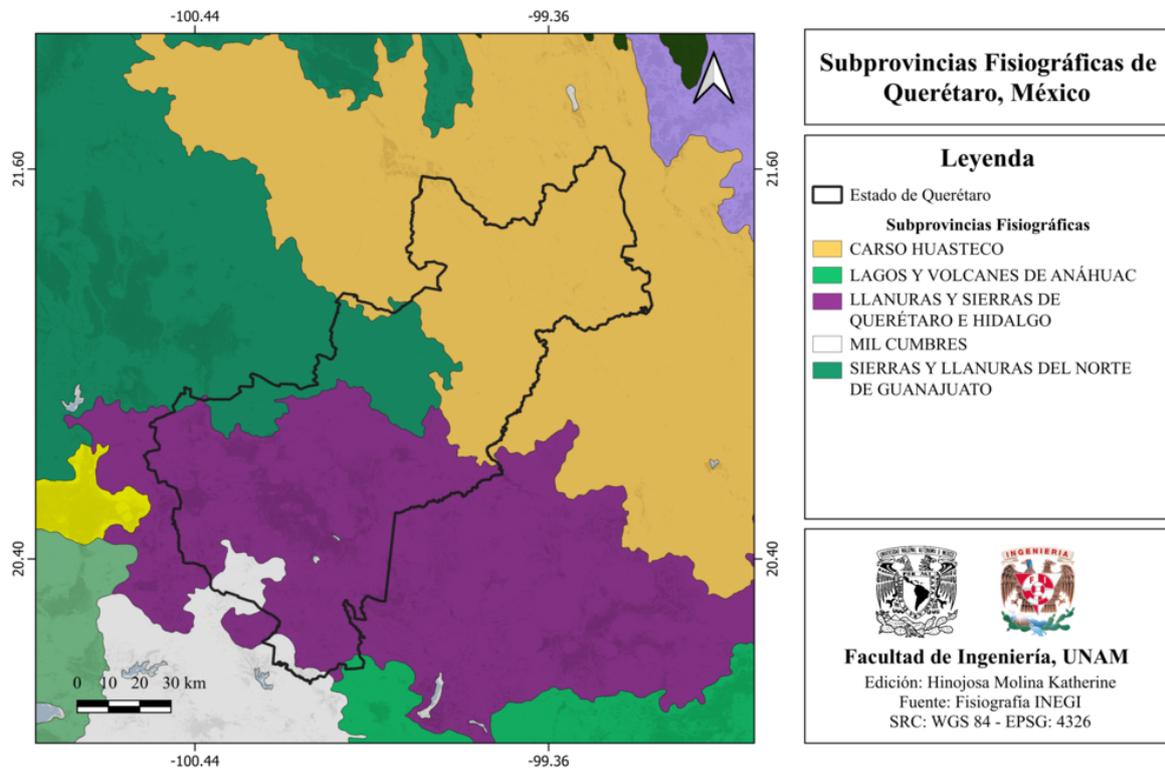


Figura 26.2: Subprovincias fisiográficas de Querétaro, México [INEGI, 2001].

### 26.1.4 Rasgos geológicos estructurales

Querétaro presenta diversos rasgos geológicos estructurales, entre los que se encuentran anticlinales, fallas inversas, normales y sinclinales (ver figura 26.3).

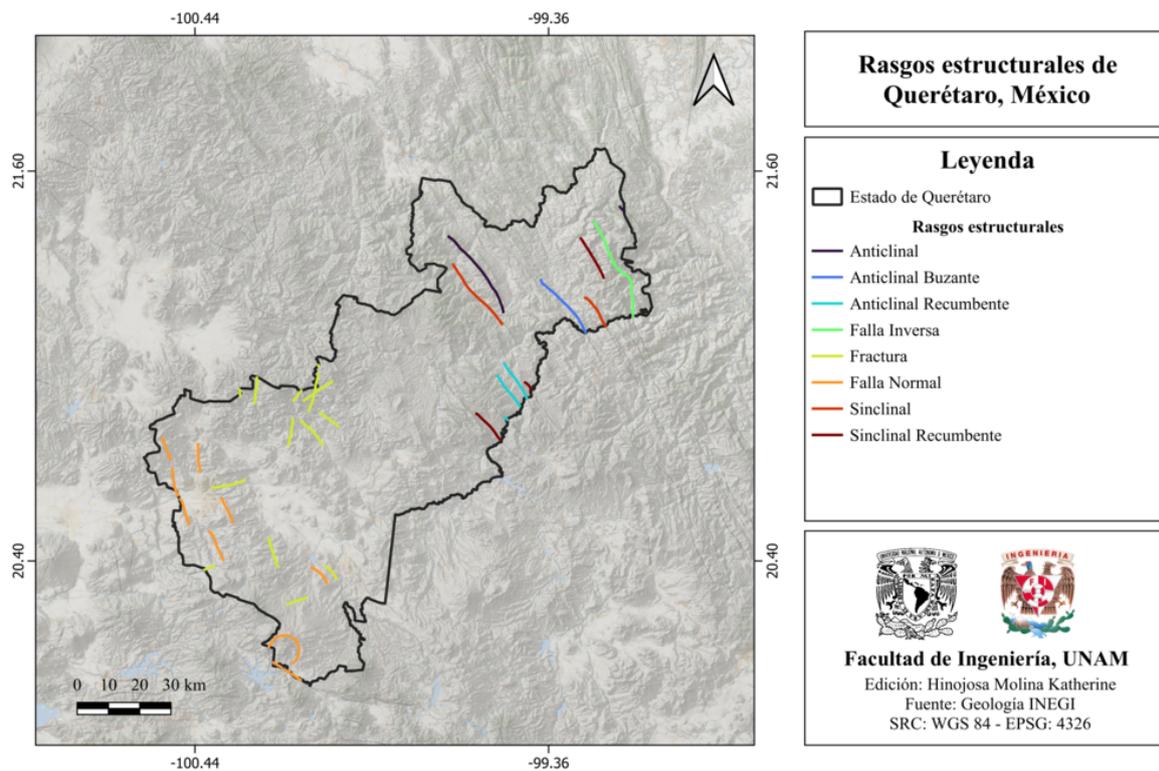


Figura 26.3: Rasgos estructurales de Querétaro, México [INEGI, 2002].

## 26.2 Zonas sismogénéticas (sismotectónicas)

### 26.2.1 Zonas sismogénéticas de acuerdo con Zúñiga et al., (2017)

El estado de Querétaro es parte de las siguientes zonas sismogénéticas [Zúñiga et al., 2017]:

#### Zonas sismogénéticas someras ( $h < 40$ km)

- **BB:** Zona de eventos intraplaca (corticales) en la placa de Norteamérica. Provincia de esfuerzos de la cuenca de Burgos ( $h < 20$  km).
- **MVB:** Zona de eventos intraplaca de la parte somera ( $h < 15$  km) de la placa Norteamericana, asociado a esfuerzos tensionales en el centro de México. Estos esfuerzos están relacionados con la ubicación de la Faja Volcánica Transmexicana ( $h < 20$  km).

En el mapa de la figura 26.4 se muestran las regiones sismogénicas someras del estado de Querétaro.

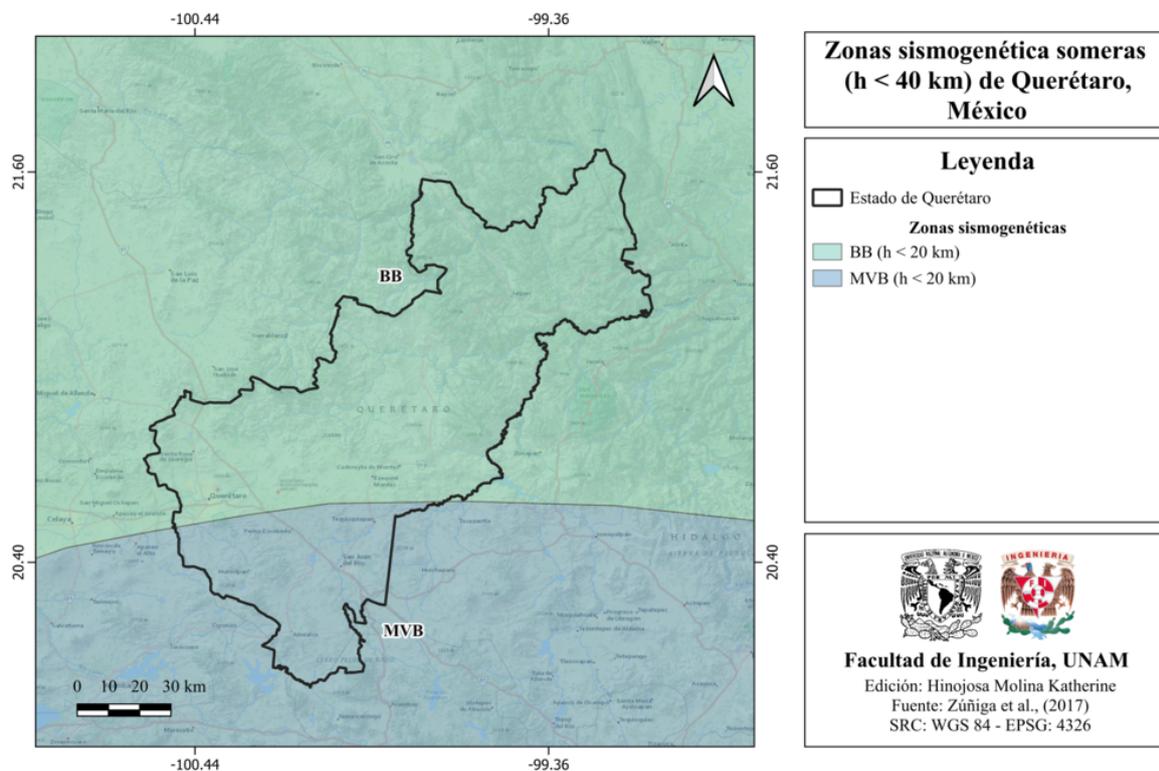


Figura 26.4: Zonas sismogénicas del estado de Querétaro [Heath et al., 2020].

## 26.2.2 Zonas sismogénicas de acuerdo con la Comisión Federal de Electricidad (2015)

De acuerdo con información de la Comisión Federal de Electricidad [CFE, 2015], el estado de Querétaro se encuentra dentro de las siguientes zonas sismogénicas:

### Zonas generadoras de sismos superficiales

- **33:** Eje Volcánico
- **34:** Sismicidad difusa 1

En la figura 26.5 se muestran estas zonas sismogénicas.

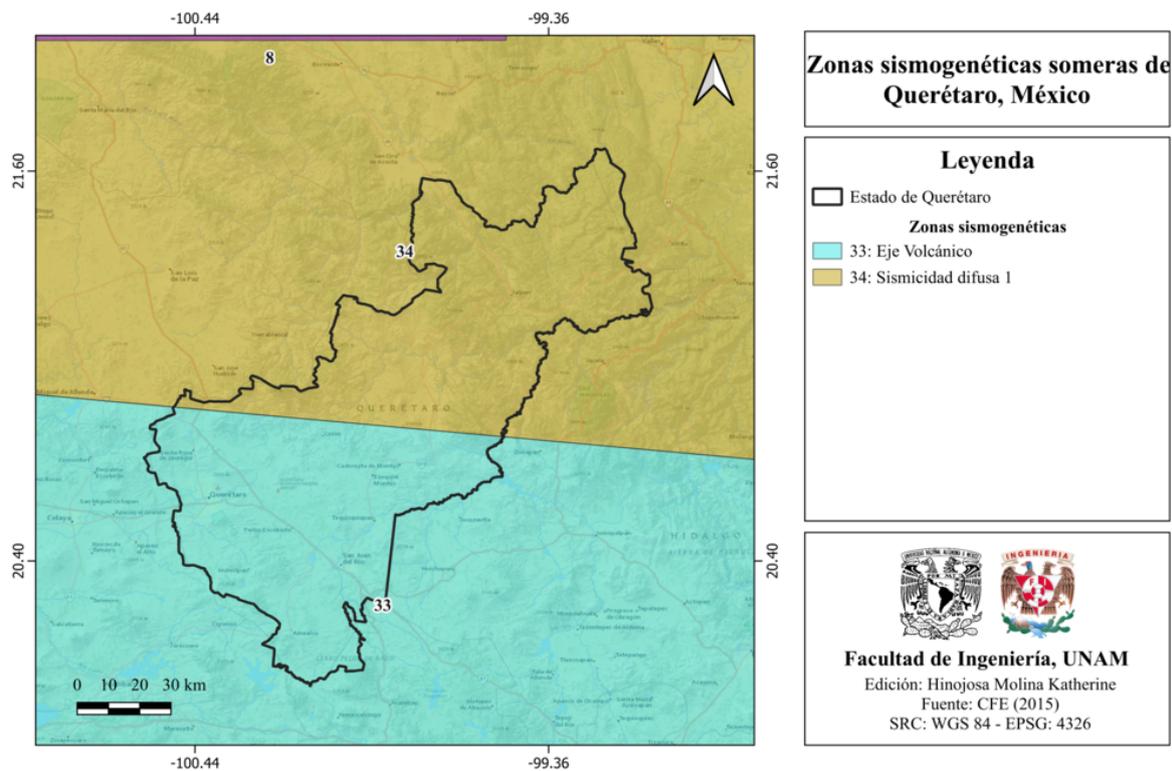


Figura 26.5: Zonas generadoras de sismos superficiales en el estado de Querétaro [CFE, 2015].

### 26.3 Sismicidad reportada por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) en el período 1900-2022

El Servicio Sismológico Nacional (SSN) ha reportado 17 sismos en Querétaro, durante el período del 1 de enero de 1900 (UTC) al 31 de diciembre de 2022, con magnitudes desde 3.1 hasta 4.2 y profundidades desde 1 km hasta 33 km.

### 26.4 Sismos históricos

- **Sismo del 26 de noviembre de 1887** De acuerdo con registros del catálogo de sismos Históricos, este evento ocurrió el 26 de noviembre de 1887 a las 05:01 (hora local), y tuvo una magnitud estimada de 6.2. Las coordenadas del epicentro son 21 lat., -99.7 long. Se conoce por registros históricos que el sismo causó cuarteaduras a los edificios y parroquia de Jalpan. Además, fue sentido fuertemente en Pinal de

Amoles, Qro.

## 26.5 Peligro por tsunami

El estado no está expuesto a este fenómeno, ya que se encuentra a 478 km a la costa más cercana de Veracruz.

## 26.6 Información general de peligro sísmico

### 26.6.1 Global de intensidades

El mapa del global de intensidades para el estado de Querétaro se muestra en la figura 26.6.

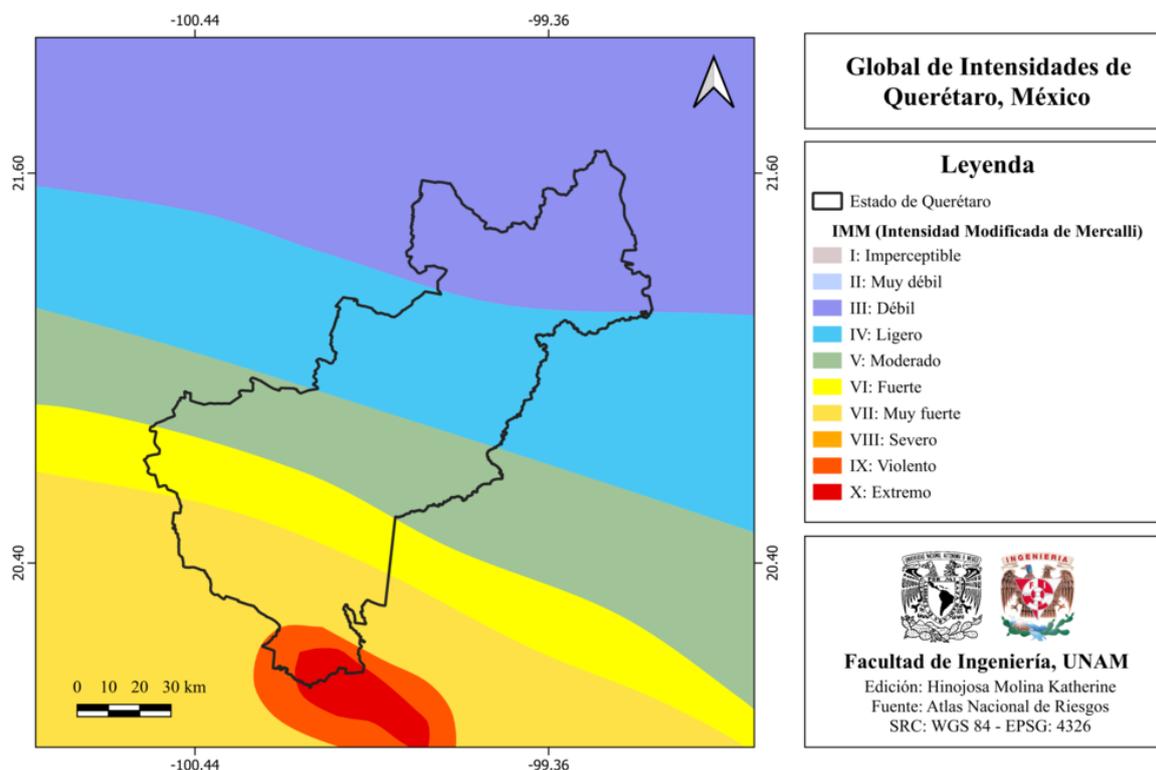


Figura 26.6: Global de intensidades del estado de Querétaro [ANR-Cenapred, 2016].

### 26.6.2 Regionalización sísmica de acuerdo con la CFE (2015)

De acuerdo con la regionalización sísmica de la CFE [CFE, 2015], el estado de Querétaro forma parte de las zonas A y B que corresponden a sismicidad baja y media (ver figura 26.7).

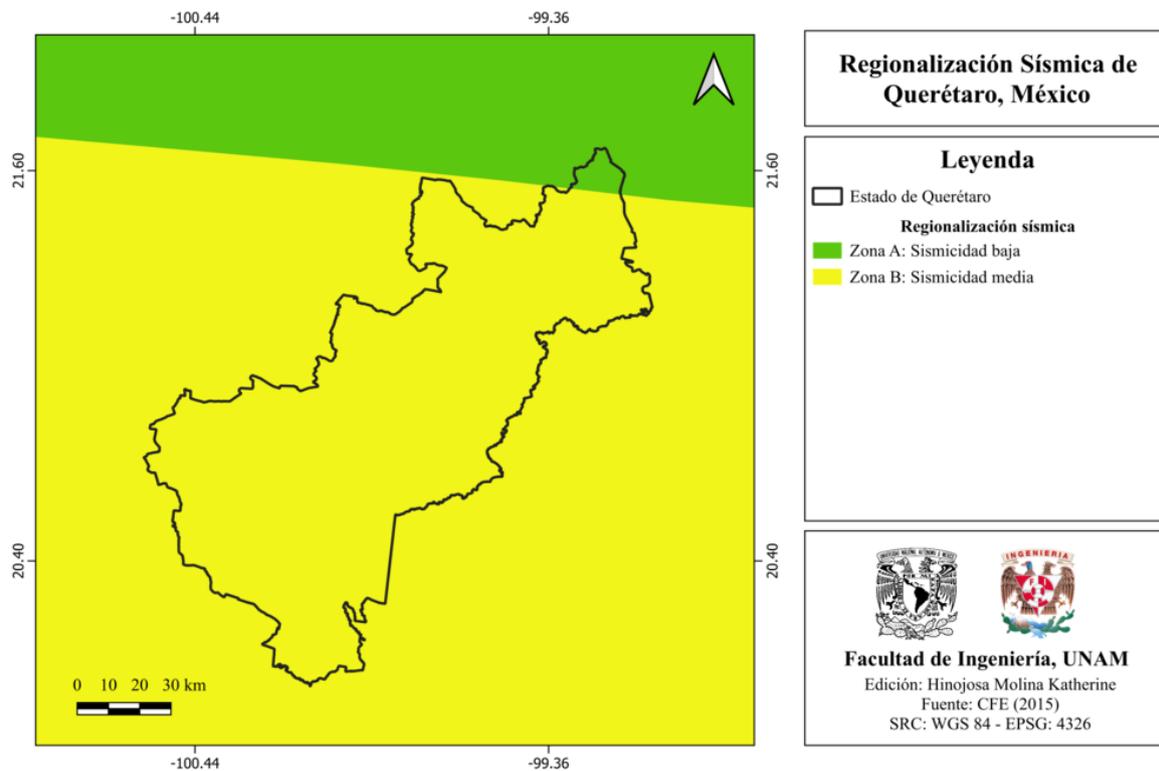


Figura 26.7: Regionalización sísmica del estado de Querétaro [CFE, 2015].

### 26.6.3 Parámetro Vs30 (USGS)

El mapa de velocidad de onda de corte de Querétaro se muestra en la figura 26.8.

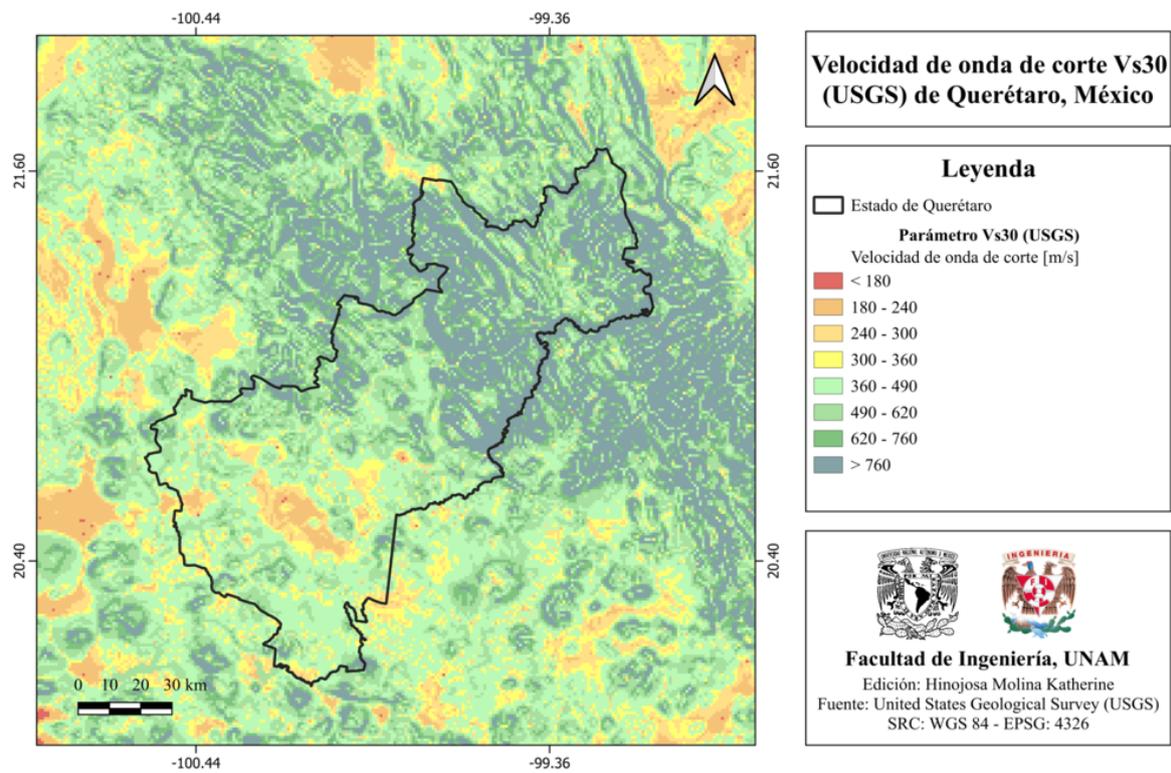


Figura 26.8: Velocidad de onda de corte Vs30 (USGS) del estado de Querétaro [Heath et al., 2020].

#### 26.6.4 Municipios con posibles efectos de sitio

En el mapa de la figura 26.9 se muestran los municipios del estado de Querétaro con posibles efectos de sitio.

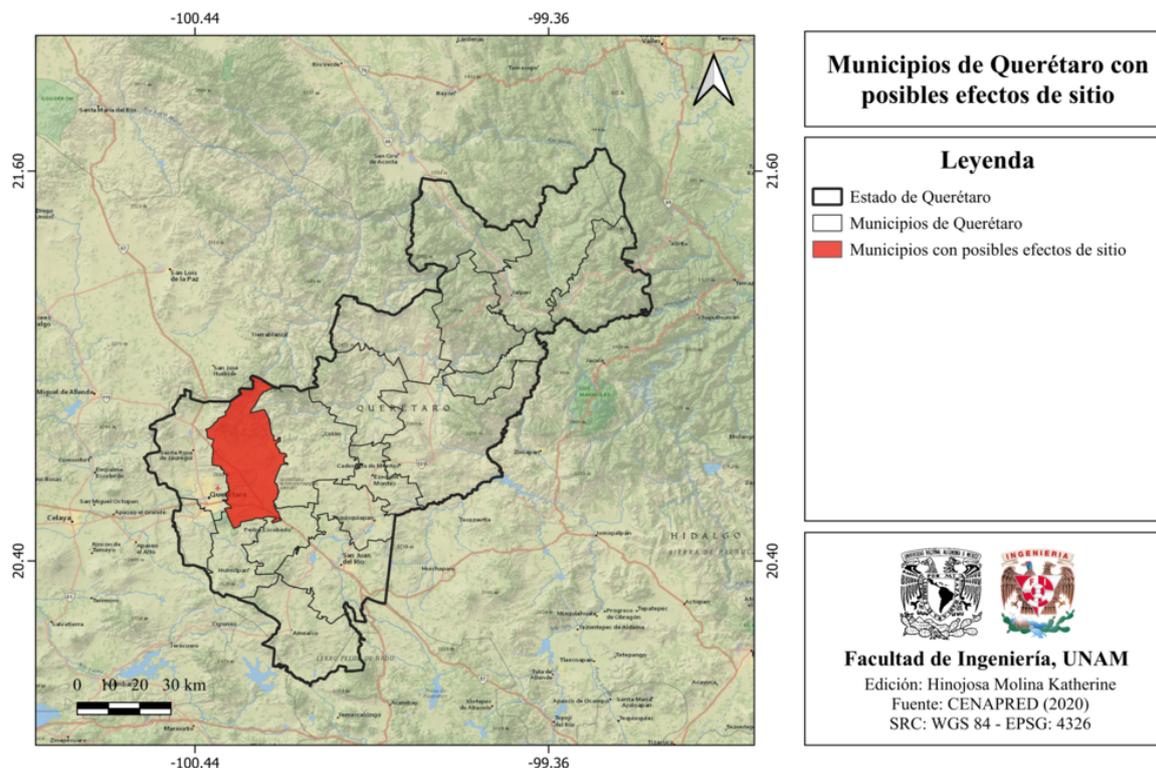


Figura 26.9: Municipios del estado de Querétaro con posibles efectos de sitio [Cenapred, 2020].

### 26.6.5 Municipios con peligro de deslizamiento por sismo

No se cuenta con información.

### 26.6.6 Municipios con reglamento de construcción de obras civiles

El estado de Querétaro cuenta con 6 reglamentos municipales de construcción de obras civiles (ver figura 26.10), así como con un reglamento de construcción estatal (1988).

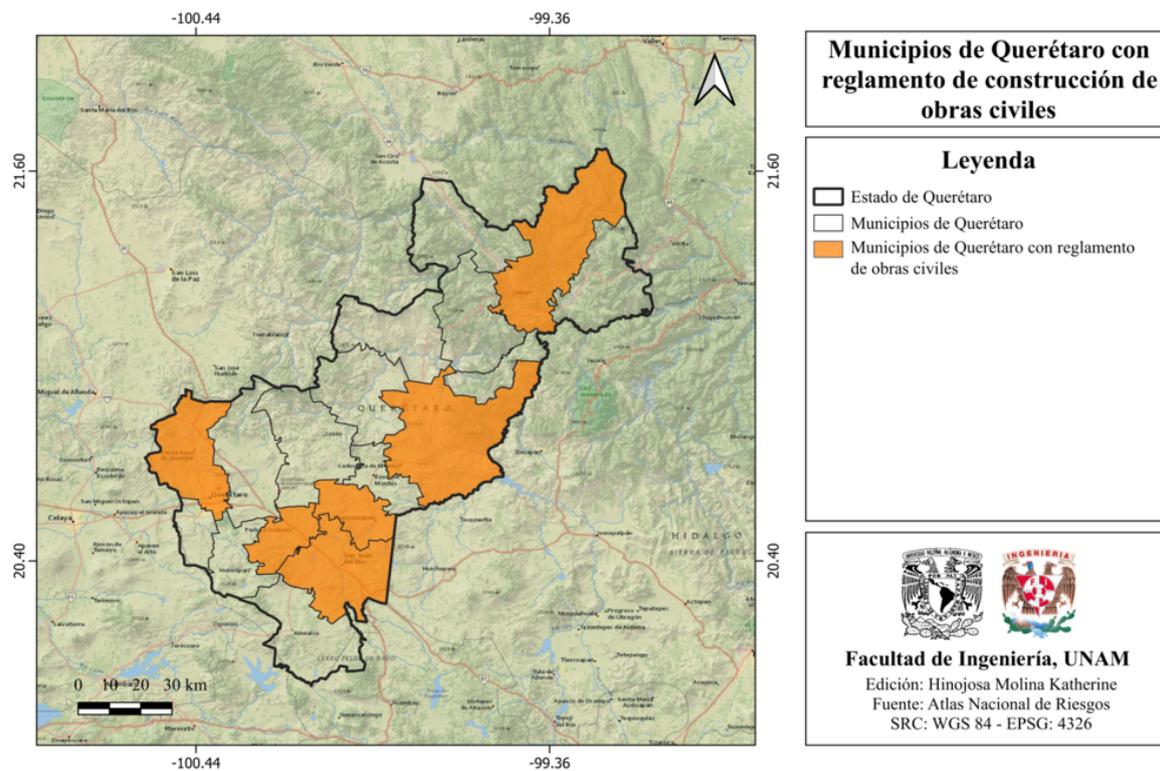


Figura 26.10: Municipios de Querétaro con reglamentos de construcción de obras civiles [ANR-Cenapred, 2016].

## 26.7 Secuencias sísmicas (enjambres) reportadas por el Servicio Sismológico Nacional (SSN)

Hasta la fecha no existen registros de secuencias sísmicas en Querétaro.

## 26.8 Estaciones de registro sísmico en el estado

El Estado de Querétaro cuenta con la Red Sismológica del Estado de Querétaro, la cual cuenta con 17 estaciones sísmicas (ver figura 26.11).

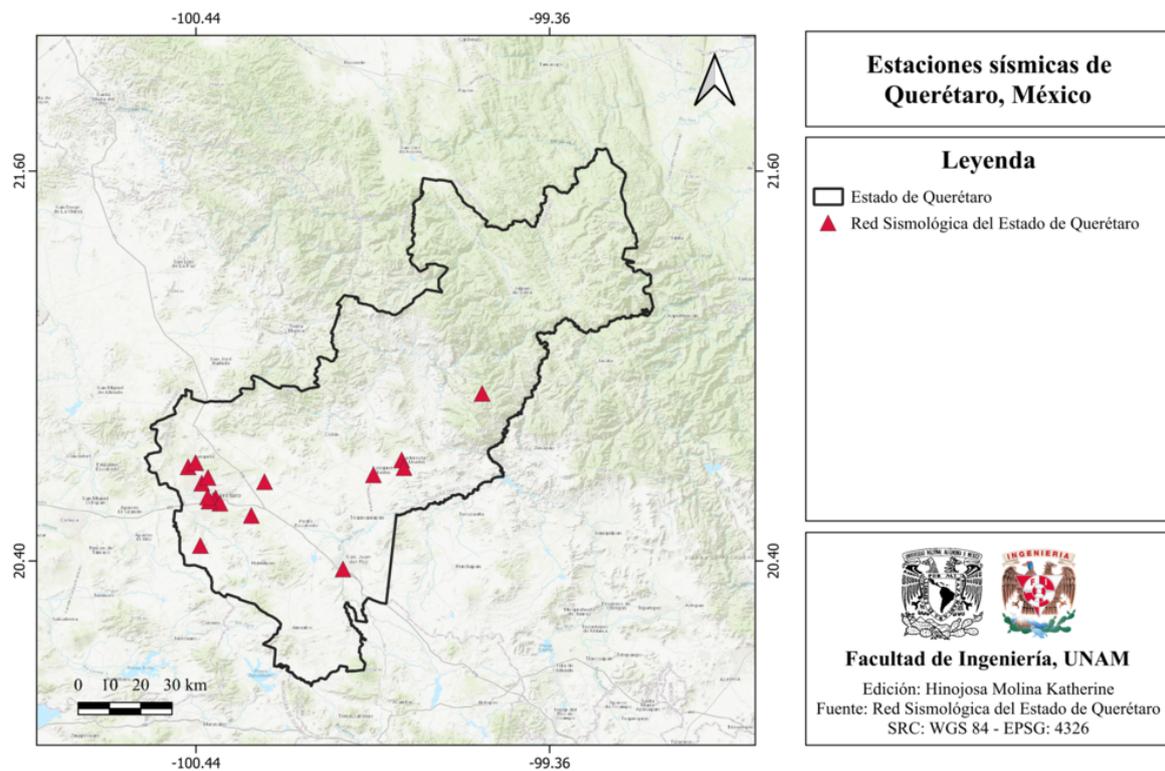


Figura 26.11: Estaciones de registro sísmico en Querétaro, México (Red Sísmológica del Estado de Querétaro, 2023).

## 26.9 Instituciones educativas que han realizado estudios en alguna zona del estado o en sus cercanías

El Centro de Geociencias, campus Juriquilla de la UNAM ha realizado estudios geocientíficos en Querétaro.

## 26.10 Estudios de sismicidad o de peligro sísmico en alguna zona del estado

- Aguirre-Díaz, G. J., Zúñiga, F. R., Pacheco-Alvarado, F. J., Guzmán-Speziale, M. y Nieto-Obregón, J., “El Graben de Querétaro, México. Observaciones de Fallamiento Activo”, GEOS, Vol. 20, No. 1, pp. 2-7.
- Aguirre-Díaz, G. J., Nieto-Obregón y F. R. Zúñiga, 2005, “Seismogenic Basin and

Range and intra-arc normal faulting in the northern-central Mexican Volcanic Belt, Querétaro, Mexico”, *Geological Journal*, Vol. 40, pp. 215-243.

- Alfonso Álvarez Manilla Aceves, Dora Carreón Freyre, Carlos Mendoza, F. Ramón Zúñiga Dávila Madrid, D. Zhao, 2017, “Respuesta dinámica del subsuelo de la ciudad de Querétaro, México, a partir de ondas superficiales”, *SMIS*, pp. 1-21.
- Clemente-Chavez , A. Figueroa-Soto , F. R. Zúñiga , M. Arroyo , M. Montiel, and O. Chavez, 2013, “Seismicity at the northeast edge of the Mexican Volcanic Belt (MVB) and activation of an undocumented fault: the Peñamiller earthquake sequence of 2010–2011, Querétaro, Mexico”, Vol. 13, pp 2521-2531
- Dávalos-Álvarez, O. G., Nieto-Samaniego, A F., Alaniz-Álvarez, S. A. y Gómez-González, J. M., 2005, “Las fases de deformación cenozoica en la región de Huimilpan, Querétaro, y su relación con la sismicidad local”, *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, Vol. 22, No. 2, pp. 129-147.
- León-Loya, R. A., 2014, “estado y Clasificación de la Microsismicidad en la parte central de la Sierra Madre Oriental”, Tesis de Maestría, UNAM.
- Zúñiga, F. R., 2010, “El otro Riesgo Sísmico: los sismos en el centro de México”, XI Simposio Nacional de Ingeniería sísmica. Sociedad Mexicana de Ingeniería sísmica, Septiembre 2010, Centro de Geociencias, Campus Juriquilla, Querétaro, UNAM.

# Capítulo 27

## Quintana Roo

### 27.1 Localización y provincias fisiográficas

#### 27.1.1 Localización

Quintana Roo se localiza en la península de Yucatán, al sureste del país. Limita al norte con Yucatán y el golfo de México, al este con el mar Caribe, al sur con Belice y al oeste con Campeche.

#### 27.1.2 Provincias fisiográficas

El estado de Quintana Roo forma parte de la siguiente provincia fisiográfica, de acuerdo con información de la fisiografía del INEGI (ver figura 27.1):

- Península de Yucatán

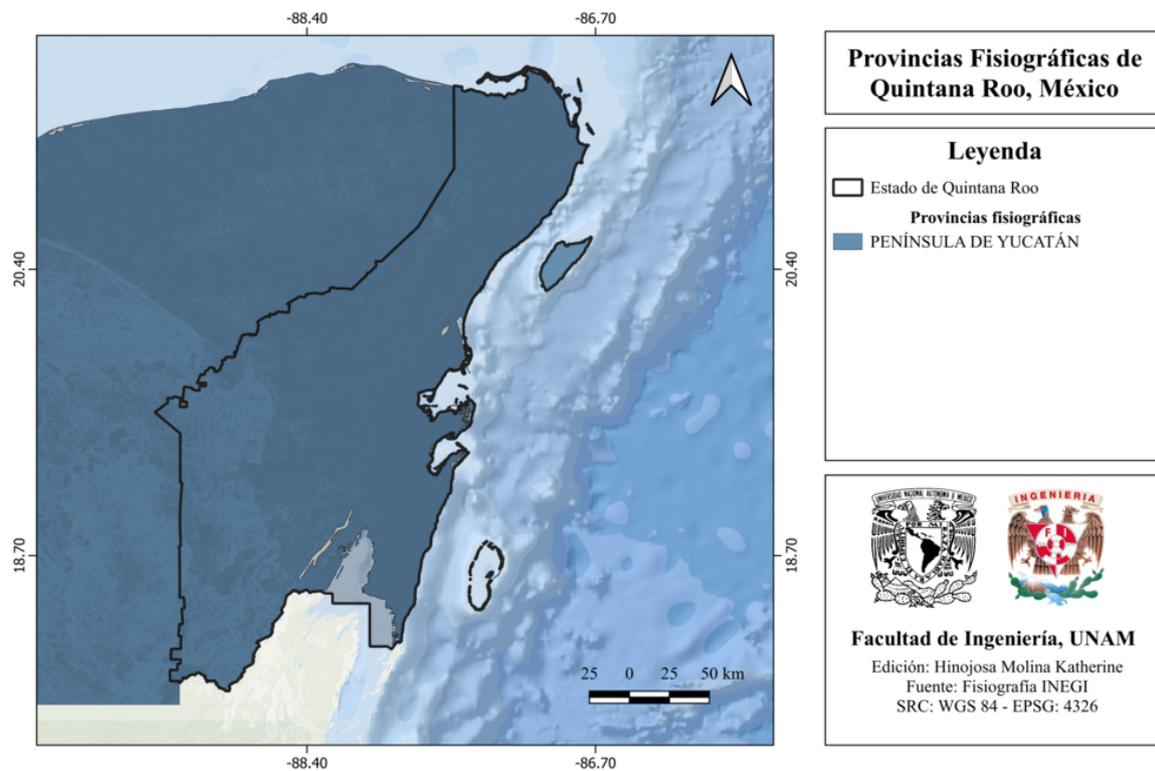


Figura 27.1: Provincias fisiográficas de Quintana Roo, México [INEGI, 2001].

### 27.1.3 Subprovincias fisiográficas

Al mismo tiempo, Quintana Roo forma parte de las siguientes subprovincias fisiográficas (ver figura 27.2):

- Carso y Lomeríos de Quintana Roo
- Carso Yucateco
- Costa Baja de Quintana Roo

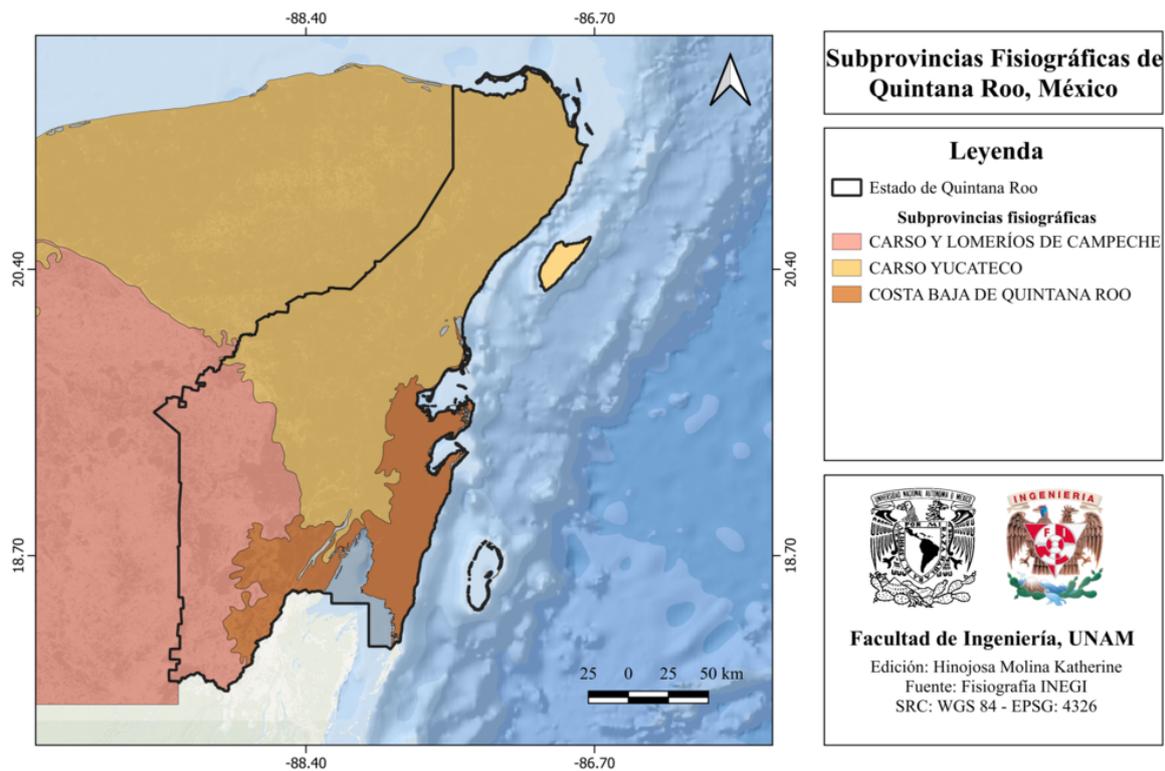


Figura 27.2: Subprovincias fisiográficas de Quintana Roo, México [INEGI, 2001].

### 27.1.4 Rasgos geológicos estructurales

En Quintana Roo existen distintos rasgos estructurales como fallas normales, así como numerosas fracturas a lo largo del estado, tal como se muestra en la figura 27.3.

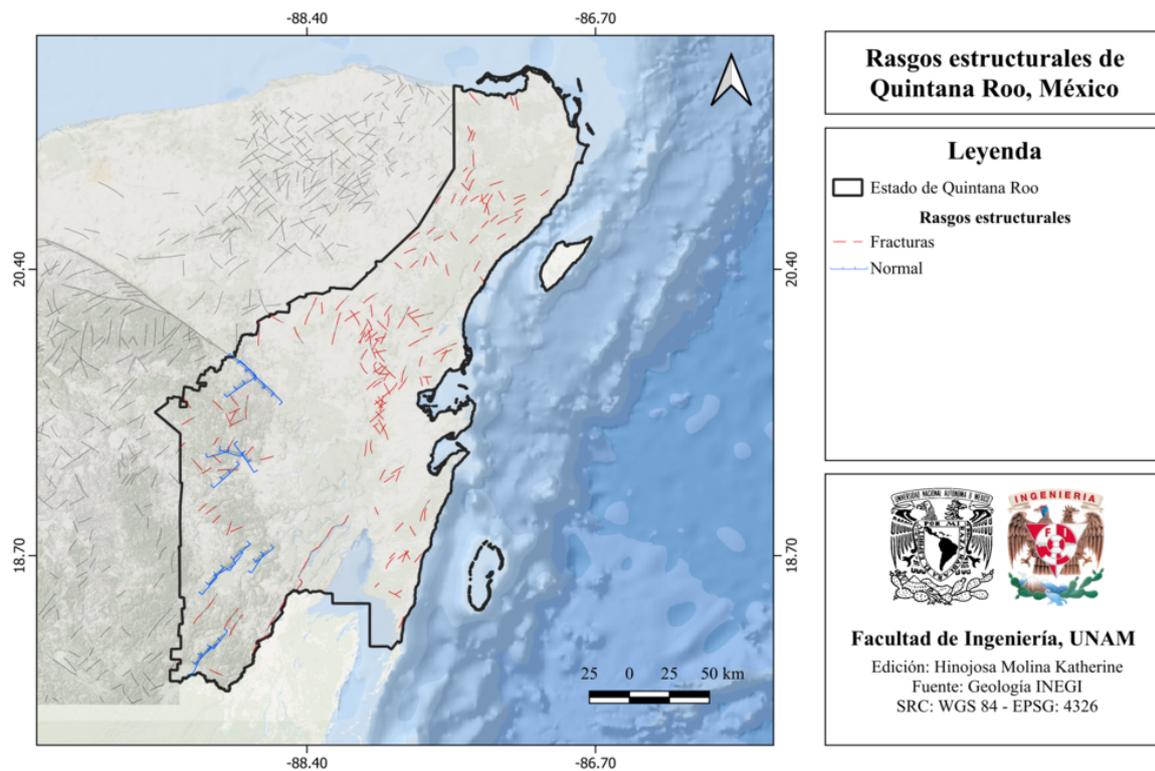


Figura 27.3: Rasgos estructurales de Quintana Roo, México [INEGI, 2002].

## 27.2 Zonas sismogénéticas (sismotectónicas)

### 27.2.1 Zonas sismogénéticas de acuerdo con Zúñiga et al., (2017)

#### Zonas sismogénéticas someras ( $h < 40$ km)

- **NAL:** Zona de muy baja actividad sísmica. Los sismos ocurren dentro de la placa Norteamericana (cortical) con profundidad somera ( $h < 20$  km). Ubicada en la región más oriental de México, abarca principalmente la península de Yucatán.

Esta zona sismogénética se muestra en la figura 27.4.

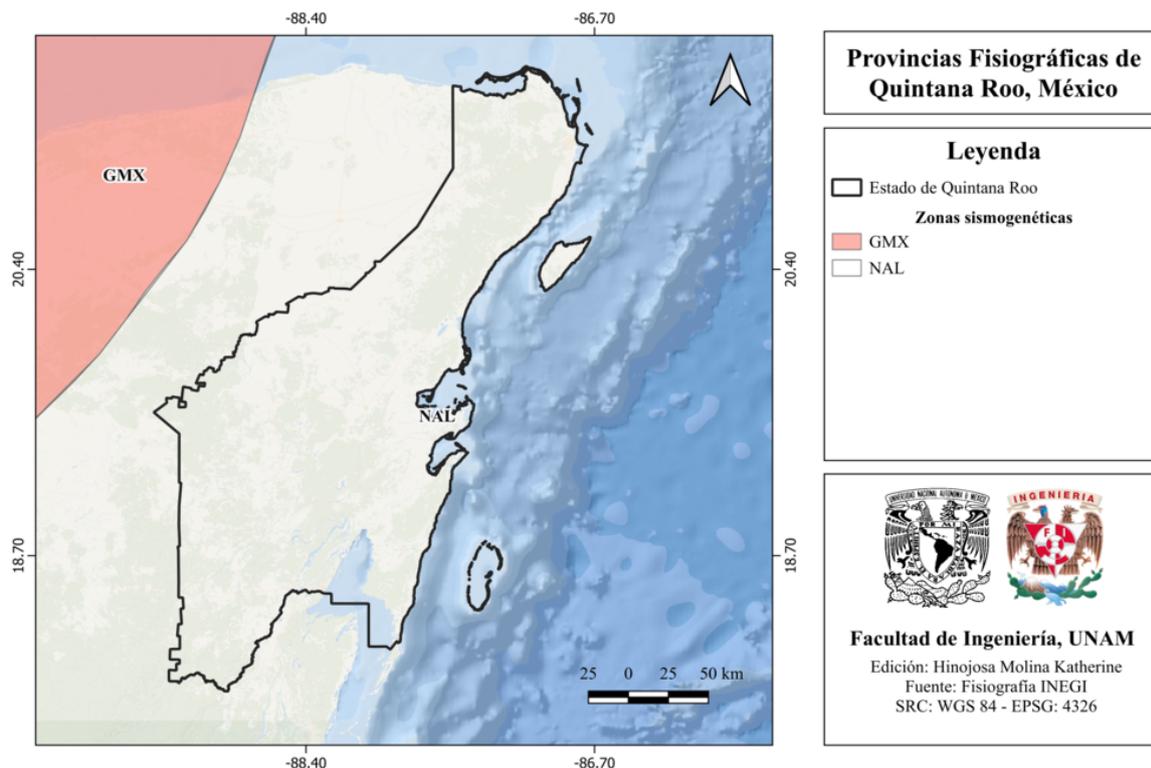


Figura 27.4: Zonas sismogénicas someras en Quintana Roo, México [Zúñiga et al., 2017].

### 27.3 Sismicidad reportada por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) en el período 1900-2022

El Servicio Sismológico Nacional (SSN) ha reportado 105 sismos en Quintana Roo, durante el período entre el 1 de enero de 1900 al 31 de diciembre de 2022 (UTC) con magnitudes entre 3.0 y 6.5.

### 27.4 Sismos históricos

La sismicidad en Quintana Roo es muy baja, se caracteriza por ser una región en la cual no se tienen registros históricos de eventos importantes, pero puede ser afectada por sismos lejanos como el del 10 de enero de 2018, M 7.5, 44 km al este de las Islas del Cisne.

## 27.5 Peligro por tsunami

La costa del estado de Quintana Roo se encuentra en la zona con bajo potencial de recepción de tsunamis [Cenapred, 2021], tal como se muestra en la figura 27.5.

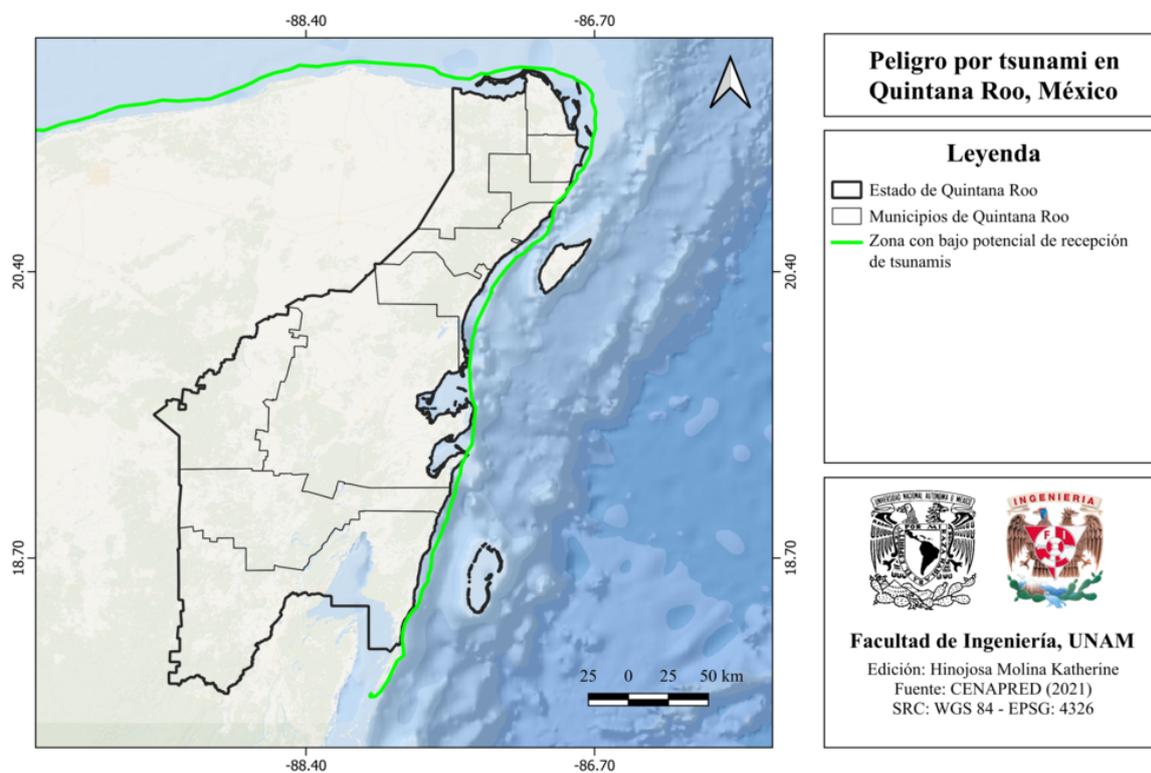


Figura 27.5: Peligro por tsunami en Quintana Roo, México [Cenapred, 2021].

## 27.6 Información general de peligro sísmico

### 27.6.1 Global de intensidades

No se cuenta con información.

### 27.6.2 Regionalización sísmica de acuerdo con la CFE (2015)

Quintana Roo se encuentra en las regiones A en su mayoría, y una pequeña porción se encuentra en la región B, estas regiones indican sismicidad baja y media, respectivamente (ver figura 27.6).

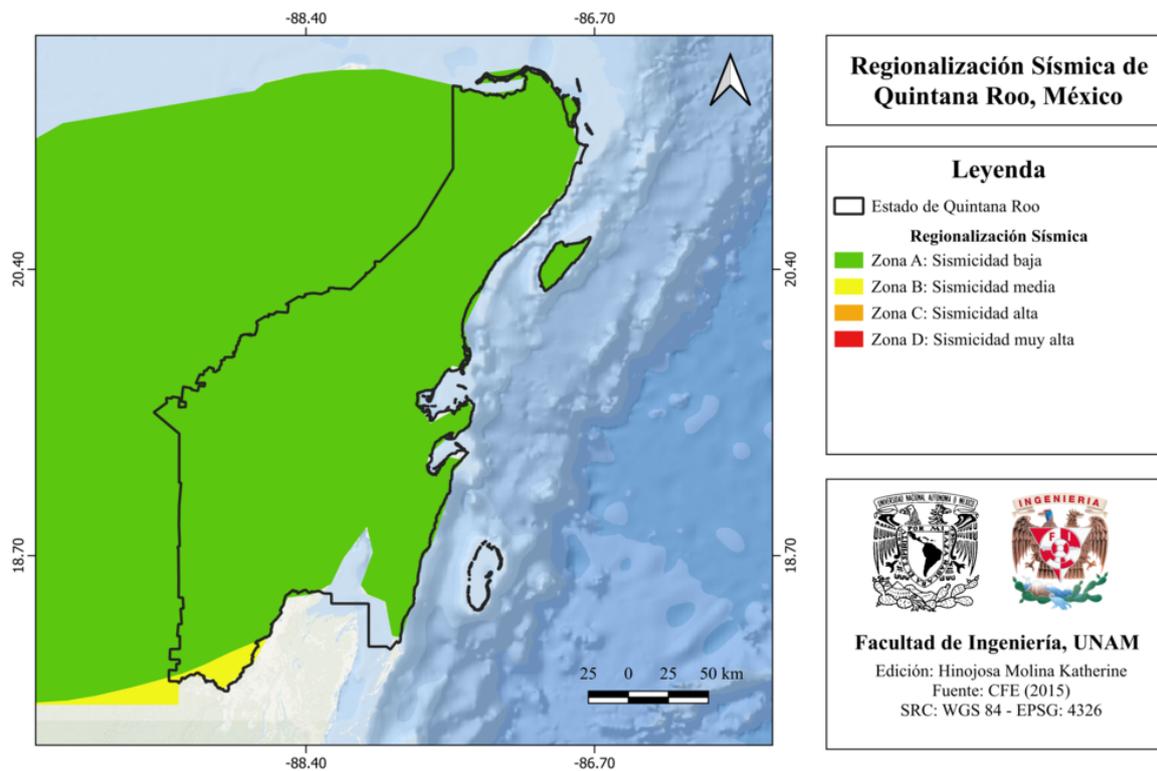


Figura 27.6: Regionalización sísmica de Quintana Roo, México [CFE, 2015].

### 27.6.3 Parámetro Vs30 (USGS)

El mapa de velocidad de onda de corte, de acuerdo con el parámetro Vs30 [Heath et al., 2020], se muestra en la figura 27.7.

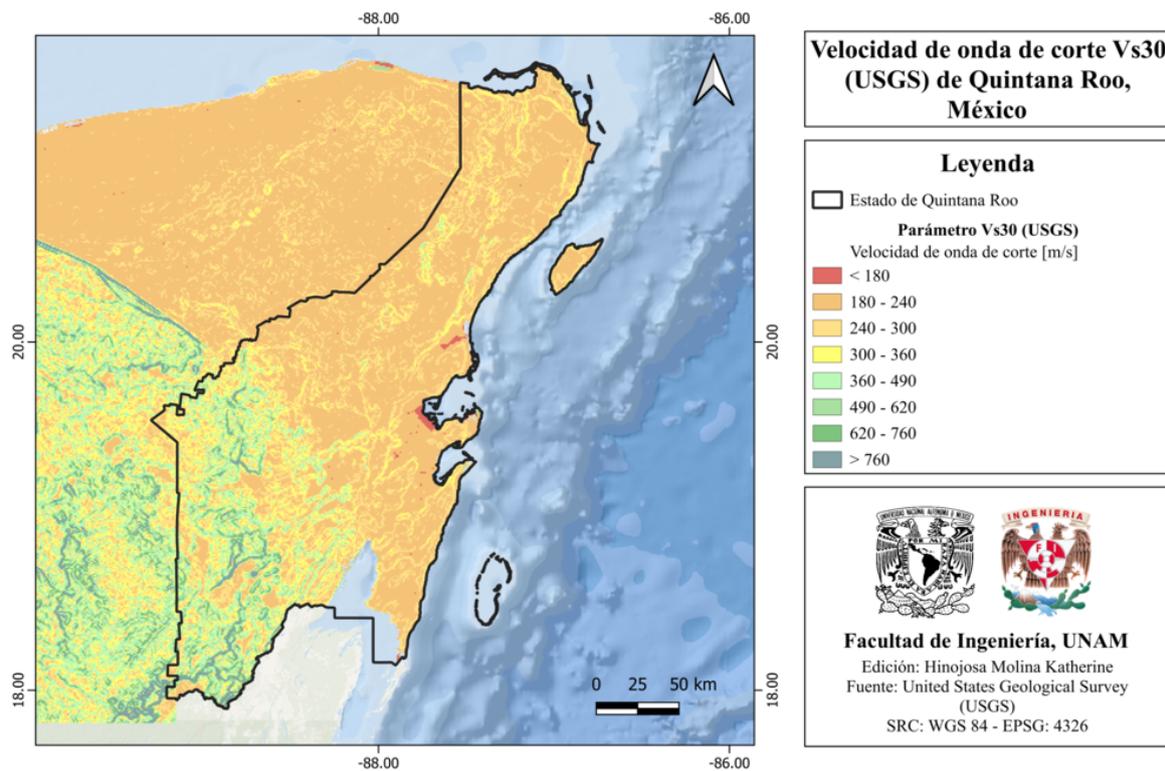


Figura 27.7: Velocidad de onda de corte Vs30 (USGS) de Quintana Roo, México [Heath et al., 2020].

#### 27.6.4 Municipios con posibles efectos de sitio

En el mapa de la figura 27.8 se muestran los municipios de Quintana Roo con posibles efectos de sitio.

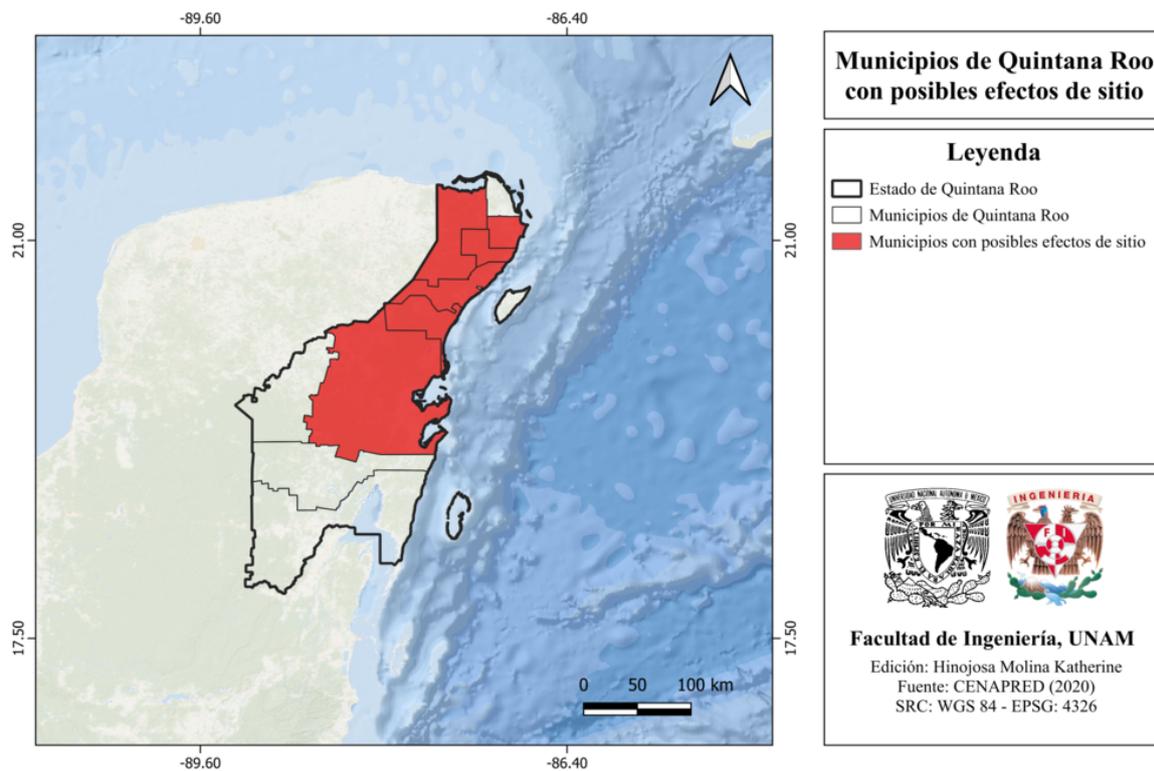


Figura 27.8: Municipios de Quintana Roo con posibles efectos de sitio [Cenapred, 2020].

### 27.6.5 Municipios con peligro de deslizamiento por sismo

No se cuenta con información en el trabajo de Cenapred.

### 27.6.6 Municipios con reglamento de construcción de obras civiles

El estado de Quintana Roo cuenta con cinco reglamentos de obras civiles (ver figura 27.9), los cuales se enlistan a continuación:

- Reglamento de Construcción del municipio de Benito Juárez.
- Reglamento de Construcción del municipio de Isla Mujeres (2002).
- Reglamento de Construcción del municipio de Cozumel (2010).
- Reglamento de Construcción del municipio de Othon P. Blanco (2003).
- Reglamento de Construcción del municipio de Solidaridad (2007).

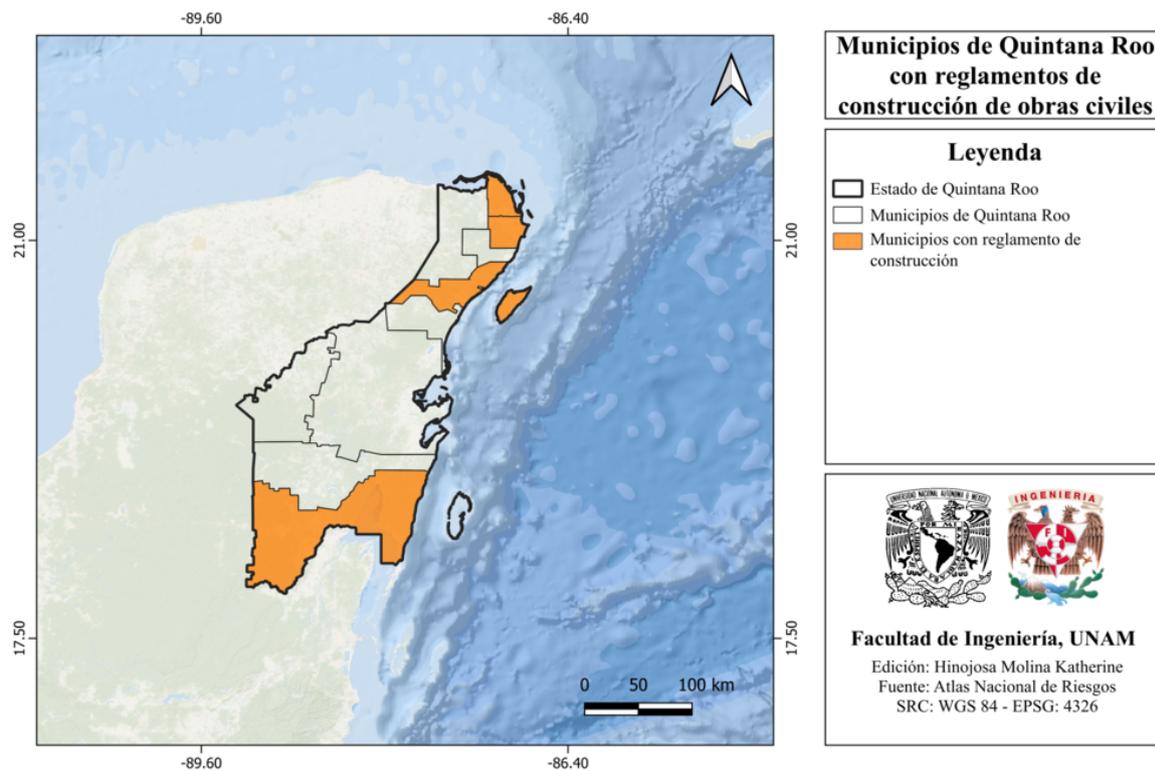


Figura 27.9: Municipios de Quintana Roo con reglamentos de construcción de obras civiles [ANR-Cenapred, 2016].

## 27.7 Secuencias sísmicas (enjambres) reportadas por el Servicio Sismológico Nacional (SSN)

No existen registros de secuencias sísmicas en el estado de Quintana Roo.

## 27.8 Estaciones de registro sísmico en el estado

La Red de Banda Ancha del Servicio Sismológico Nacional (SSN) cuenta con una estación sísmica en Quintana Roo (ver figura 27.10):

- Tepich (TEIG)

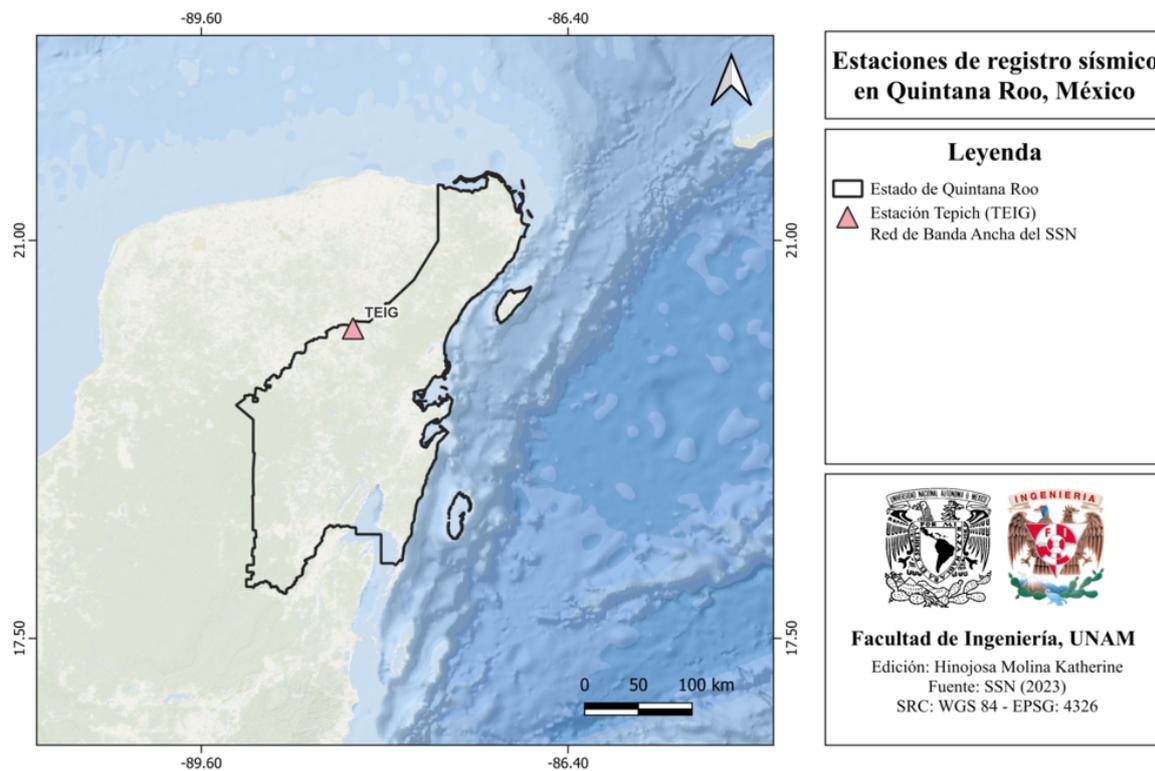


Figura 27.10: Estaciones de registro sísmico de Quintana Roo, México [SSN, 2023].

## 27.9 Instituciones educativas que han realizado estudios en alguna zona del estado o en sus cercanías

La Facultad de Ingeniería y Tecnología de la Universidad Autónoma del Carmen ha realizado estudios previos en Quintana Roo.

## 27.10 Estudios de sismicidad o de peligro sísmico en alguna zona del estado

- Mann, P., 1999, "Chapter 1. Caribbean Sedimentary Basins: Classification and Tectonic Setting from Jurassic to Present", Sedimentary Basins of the World, Vol. 4, pp 3-31.

# Capítulo 28

## San Luis Potosí

### 28.1 Localización y provincias fisiográficas

#### 28.1.1 Localización

San Luis Potosí se ubica en la región centro-norte de México. Limita al norte con Nuevo León y Coahuila, al este con Tamaulipas, al sur con Veracruz e Hidalgo, al suroeste con Querétaro, y al oeste con Zacatecas.

#### 28.1.2 Provincias fisiográficas

De acuerdo con la Fisiografía del INEGI, San Luis Potosí es parte de tres provincias fisiográficas (ver figura 28.1):

- Llanura Costera del Golfo Norte
- Mesa del Centro
- Sierra Madre Oriental

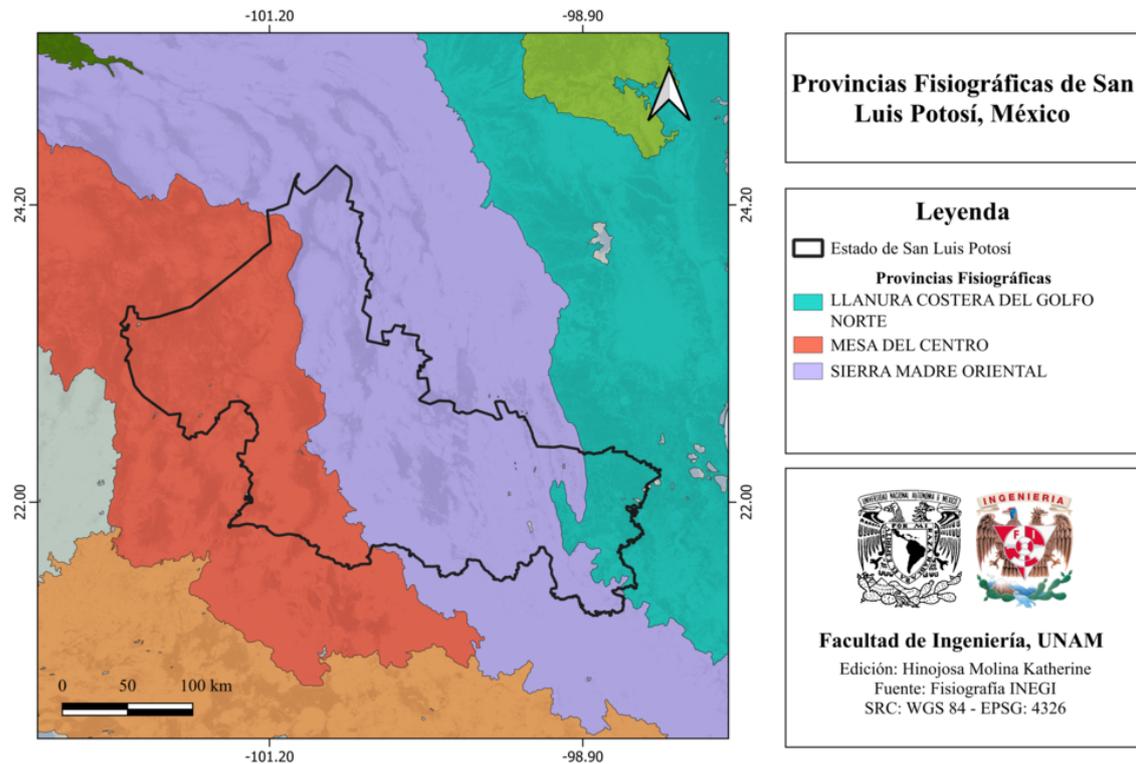


Figura 28.1: Provincias fisiográficas del estado de San Luis Potosí, México[INEGI, 2001].

### 28.1.3 Subprovincias fisiográficas

A su vez, forma parte de nueve subprovincias fisiográficas (ver figura 28.2):

- Carso Huasteco
- Gran Sierra Plegada
- Llanuras de Ojuelos – Aguascalientes
- Llanuras y Lomeríos
- Llanuras y Sierras Potosino – Zacatecanas
- Sierras Transversales
- Sierras y Llanuras del Norte de Guanajuato
- Sierras y Llanuras Occidentales
- Sierras y Lomeríos de Aldama y Río Grande

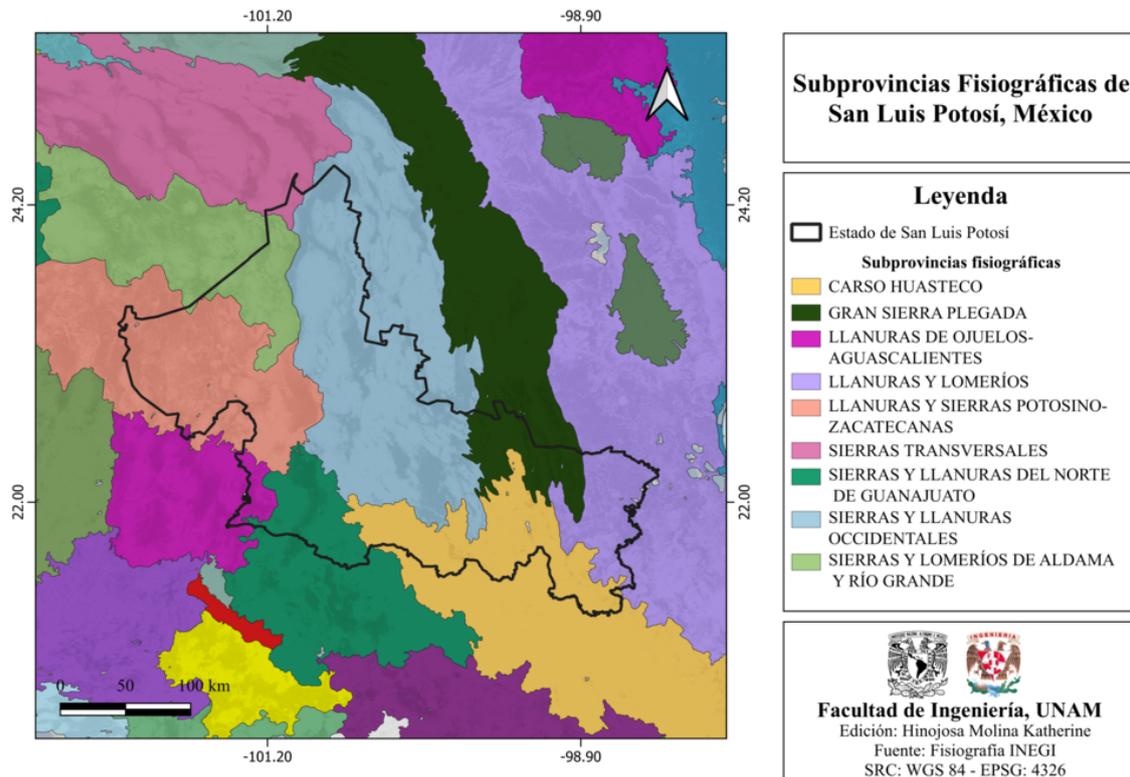


Figura 28.2: Subprovincias fisiográficas del estado de San Luis Potosí, México [INEGI, 2001].

### 28.1.4 Rasgos geológicos estructurales

El estado de San Luis Potosí presenta varios rasgos geológicos estructurales como anticlinales, fracturas, sinclinales y fallas normales (ver figura 28.3).

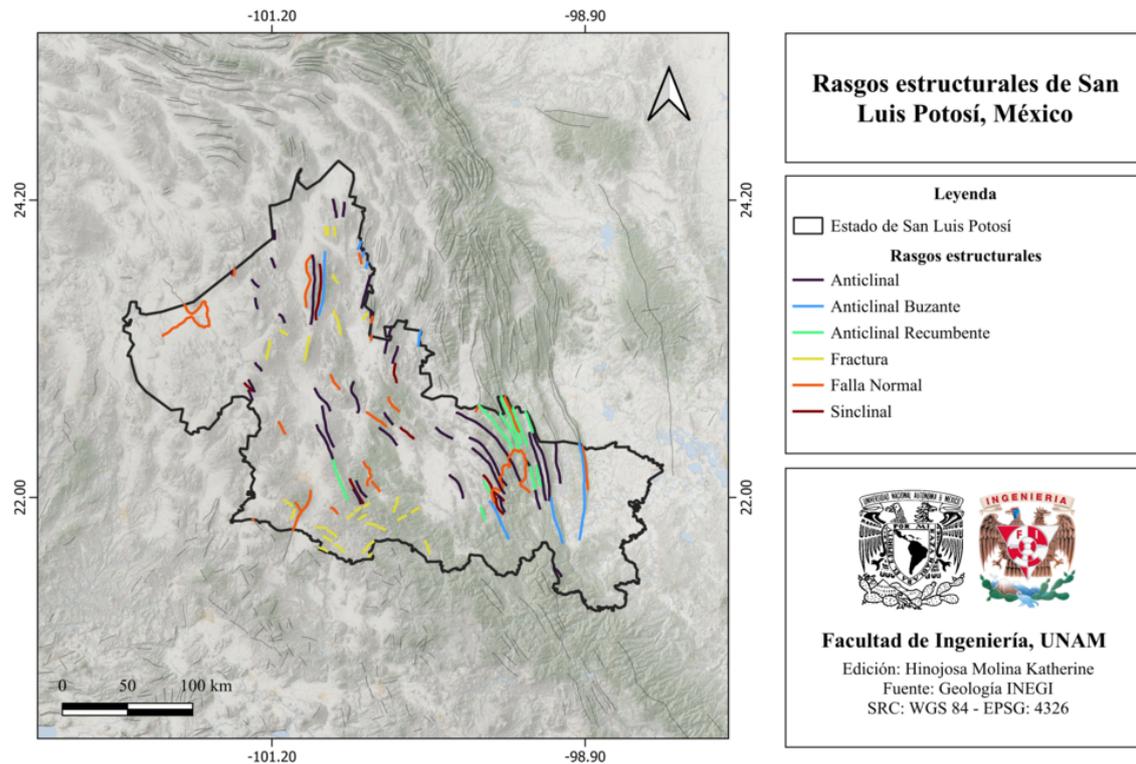


Figura 28.3: Rasgos estructurales de San Luis Potosí, México [INEGI, 2002].

## 28.2 Zonas sismogénicas (sismotectónicas)

### 28.2.1 Zonas sismogénicas de acuerdo con Zúñiga et al., (2017)

El estado de San Luis Potosí se encuentra dentro de las siguientes zonas sismogénicas [Zúñiga et al., 2017].

#### Zonas sismogénicas someras ( $h < 40$ km)

- **BAR:** Zona de eventos dentro de la placa Norteamericana de poca profundidad ( $h < 20$  km), baja magnitud y escasa frecuencia. Posible extensión sur de las provincias de la Cuenca y cadena Río Grande.
- **BB:** Zona de eventos intra-placa en la placa de Norteamérica ( $h < 20$  km). Provincia de Estrés de la Cuenca de Burgos.

Estas zonas sismogénicas se muestran en la figura 28.4.

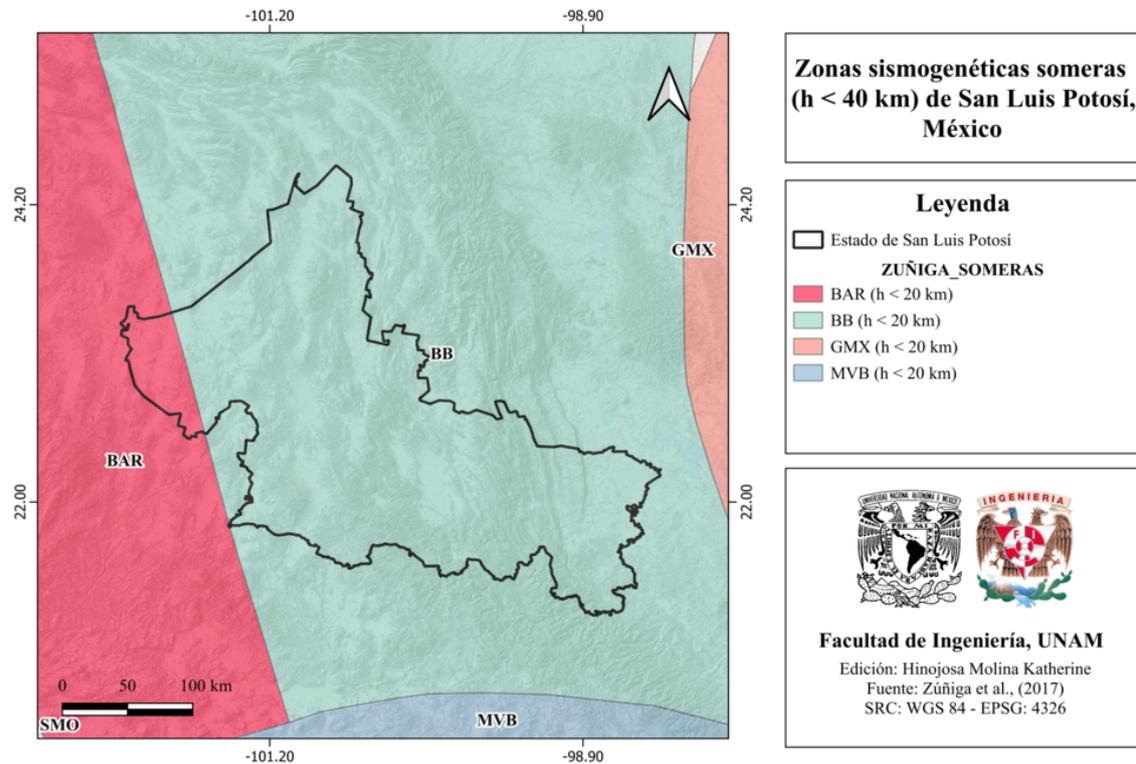


Figura 28.4: Zonas sismogénicas someras ( $h < 40$  km) del estado de San Luis Potosí, México [Zúñiga et al., 2017].

### 28.2.2 Zonas sismogénicas de acuerdo con la Comisión Federal de Electricidad (2015)

San Luis Potosí posee las siguientes regiones sismogénicas [CFE, 2015].

#### Zonas generadoras de sismos superficiales

- **8:** Cuenca de Burgos
- **34:** Sismicidad difusa 1

Estas zonas sismogénicas se muestran en la figura 28.5.

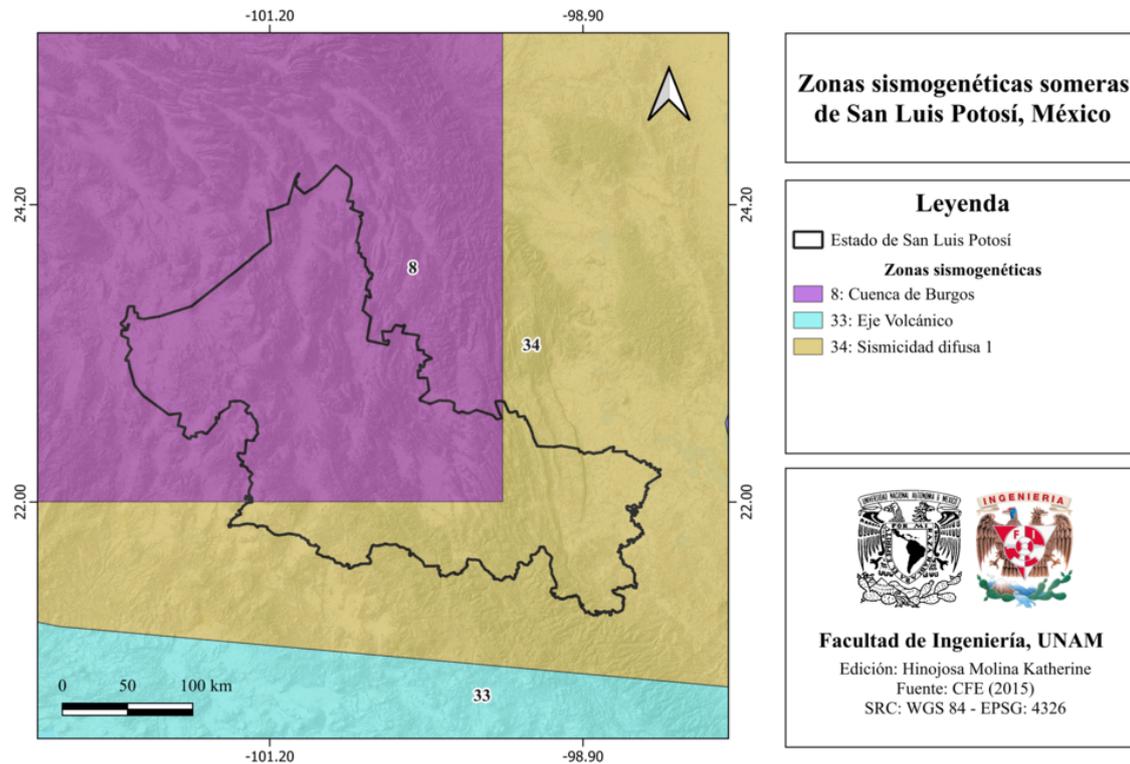


Figura 28.5: Zonas generadoras de sismos superficiales del estado de San Luis Potosí, México [CFE, 2015].

### 28.3 Sismicidad reportada por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) en el período 1900-2022

El Servicio Sismológico Nacional (SSN) ha reportado 236 sismos en San Luis Potosí, en el período del 1 de enero de 1900 al 31 de diciembre de 2022, con magnitudes desde 3.0 hasta 4.9 [SSN, 2023].

### 28.4 Sismos históricos

No se cuenta con información.

## 28.5 Peligro por tsunami

El estado no está expuesto a este fenómeno, ya que se encuentra a 330 km a la costa más cercana de Veracruz

## 28.6 Información general de peligro sísmico

### 28.6.1 Global de intensidades

El mapa del global de intensidades de San Luis Potosí se muestra en la figura 28.6.

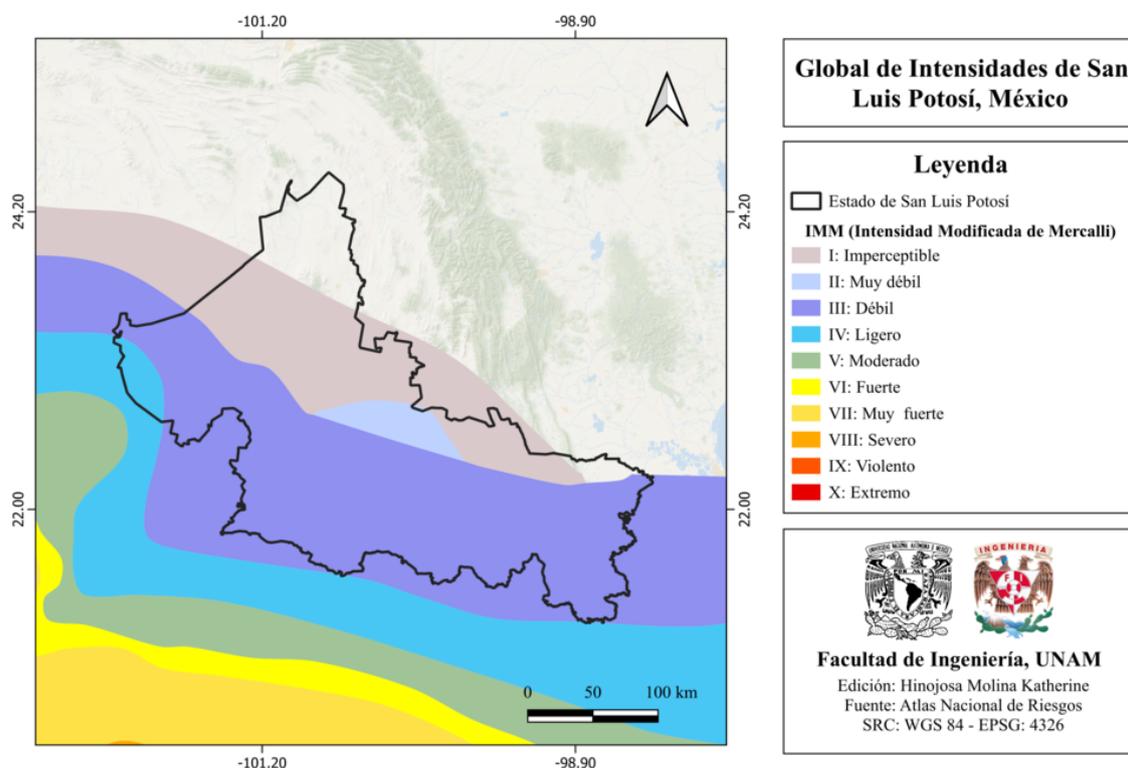


Figura 28.6: Global de intensidades de San Luis Potosí, México [CFE, 2015].

### 28.6.2 Regionalización sísmica de acuerdo con la CFE (2015)

San Luis Potosí se encuentra en las regiones A en su mayoría, y una pequeña porción se encuentra en la región B, estas regiones indican sismicidad baja y media, respectivamente (ver figura 28.7).

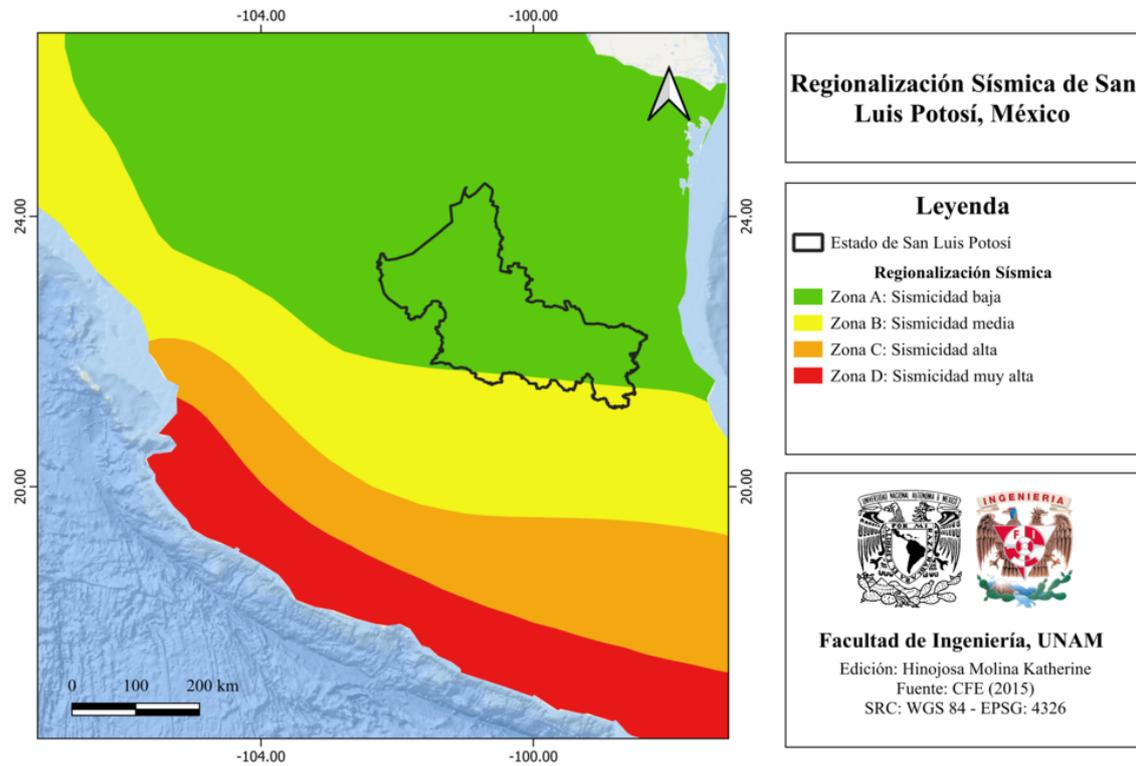


Figura 28.7: Regionalización sísmica de San Luis Potosí, México [CFE, 2015].

### 28.6.3 Parámetro Vs30 (USGS)

El mapa de velocidad de onda de corte, de acuerdo con el parámetro Vs30 [United States Geological Survey (USGS), 2023], se muestra en la figura 28.8.

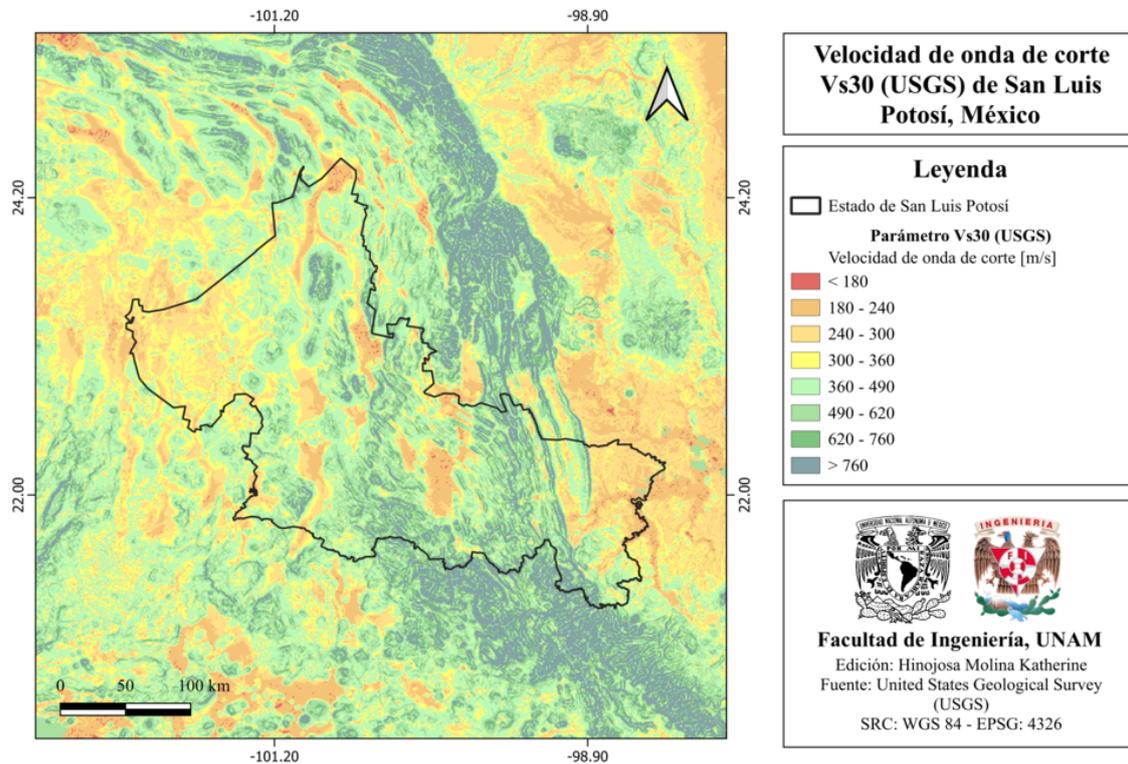


Figura 28.8: Velocidad de onda de corte Vs30 (USGS) de San Luis Potosí, México [Heath et al., 2020].

### 28.6.4 Municipios con posibles efectos de sitio

En el mapa de la figura 28.9 se muestran los municipios de San Luis Potosí con posibles efectos de sitio.

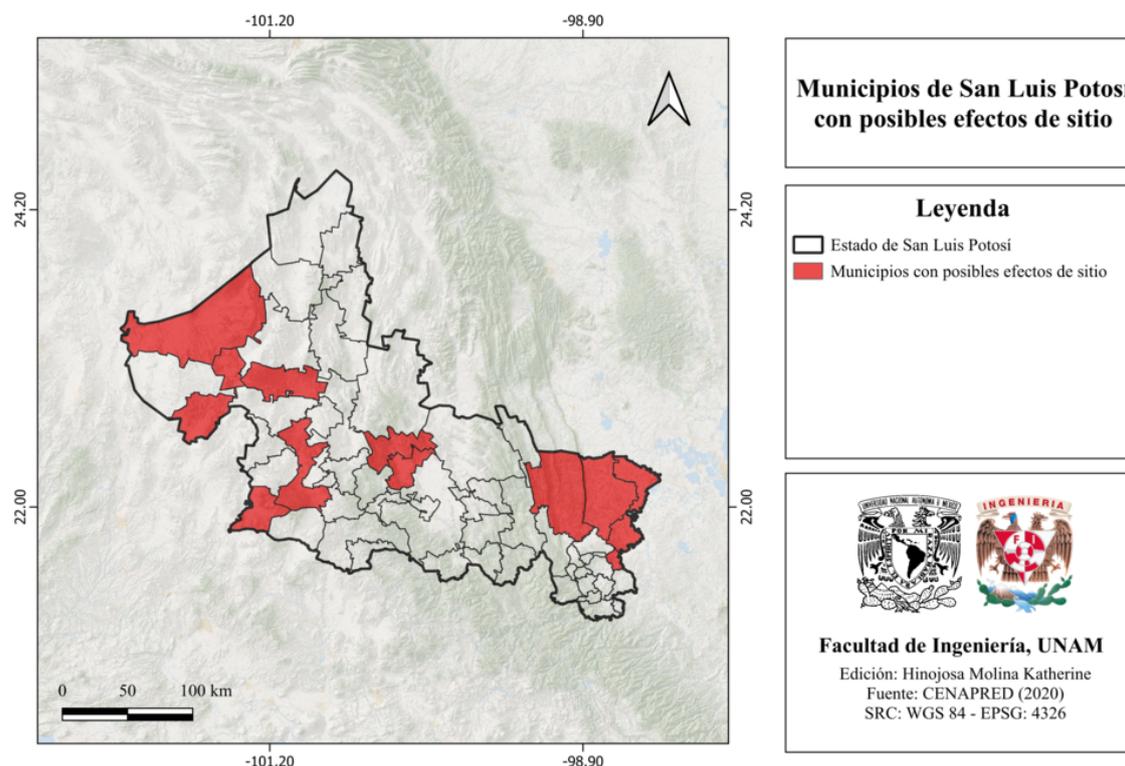


Figura 28.9: Municipios de San Luis Potosí con posibles efectos de sitio [Cenapred, 2020].

### 28.6.5 Municipios con peligro de deslizamiento por sismo

No se cuenta con información

### 28.6.6 Municipios con reglamento de construcción de obras civiles

El estado de San Luis Potosí cuenta con seis reglamentos municipales de obras civiles (ver figura 28.10), los cuales se enlistan a continuación:

- Reglamento de Construcción del municipio de Aquismón (2015).
- Reglamento de Construcción del municipio de Ciudad Valles (1999).
- Reglamento de Construcción del municipio de Matehuala (2015).
- Reglamento de Construcción del municipio de Rioverde (2005).
- Reglamento de Construcción del municipio de Ebano (2006).

- Reglamento de Construcción del municipio de San Luis Potosí (2004).

Así mismo, también se cuenta con un reglamento estatal de construcción de obras civiles.

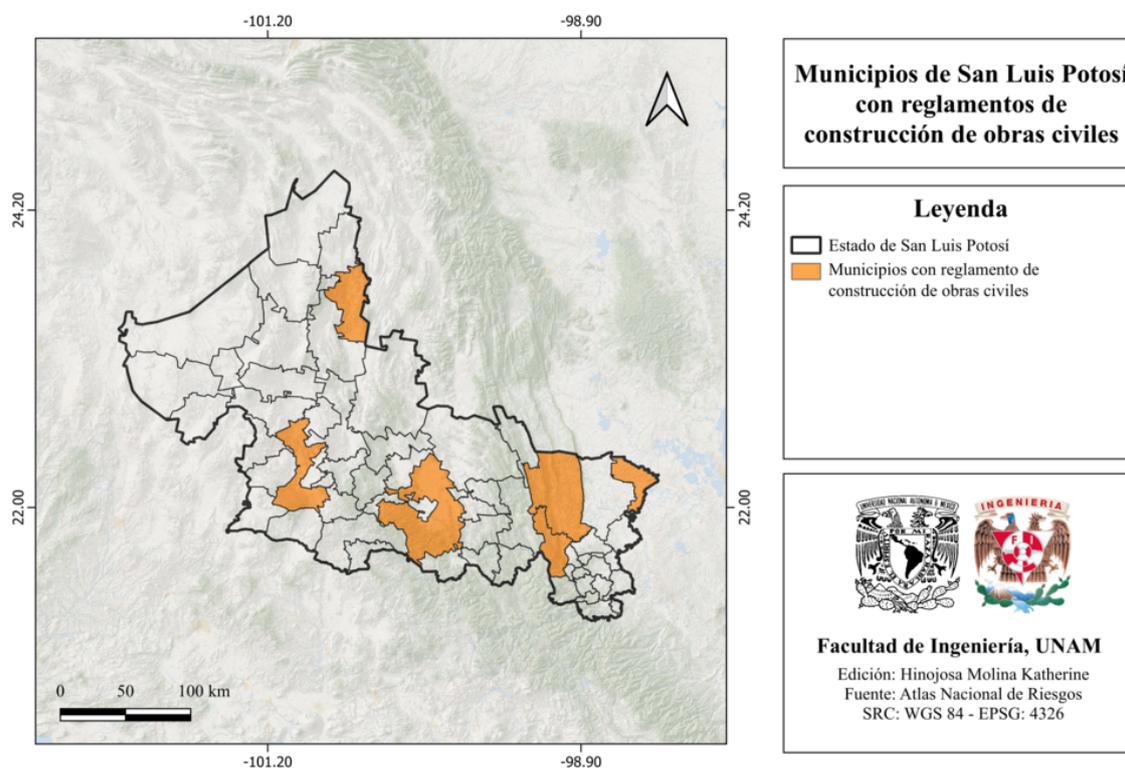


Figura 28.10: Municipios de San Luis Potosí con reglamentos de construcción de obras civiles [ANR-Cenapred, 2016].

## 28.7 Secuencias sísmicas (enjambres) reportadas por el Servicio Sismológico Nacional (SSN)

### Secuencia sísmica del 4 al 6 de septiembre de 2021, Guanajuato-San Luis Potosí (M 4.5)

Del 4 al 6 de septiembre de 2021, el Servicio Sismológico Nacional (SSN) reportó una secuencia sísmica de 32 eventos localizados en la región del límite entre Guanajuato y San Luis Potosí, en los municipios de San Felipe, Guanajuato y Santa María del Río, San Luis Potosí. Los eventos mayores fueron dos de magnitud 4.5, ocurridos los días 4 y 5 de septiembre.

## 28.8 Estaciones de registro sísmico en el estado

La Red de Banda Ancha del Servicio Sismológico Nacional (SSN) cuenta con una estación sísmica en San Luis Potosí (ver figura 28.11):

- **RPIG:** Río Verde.

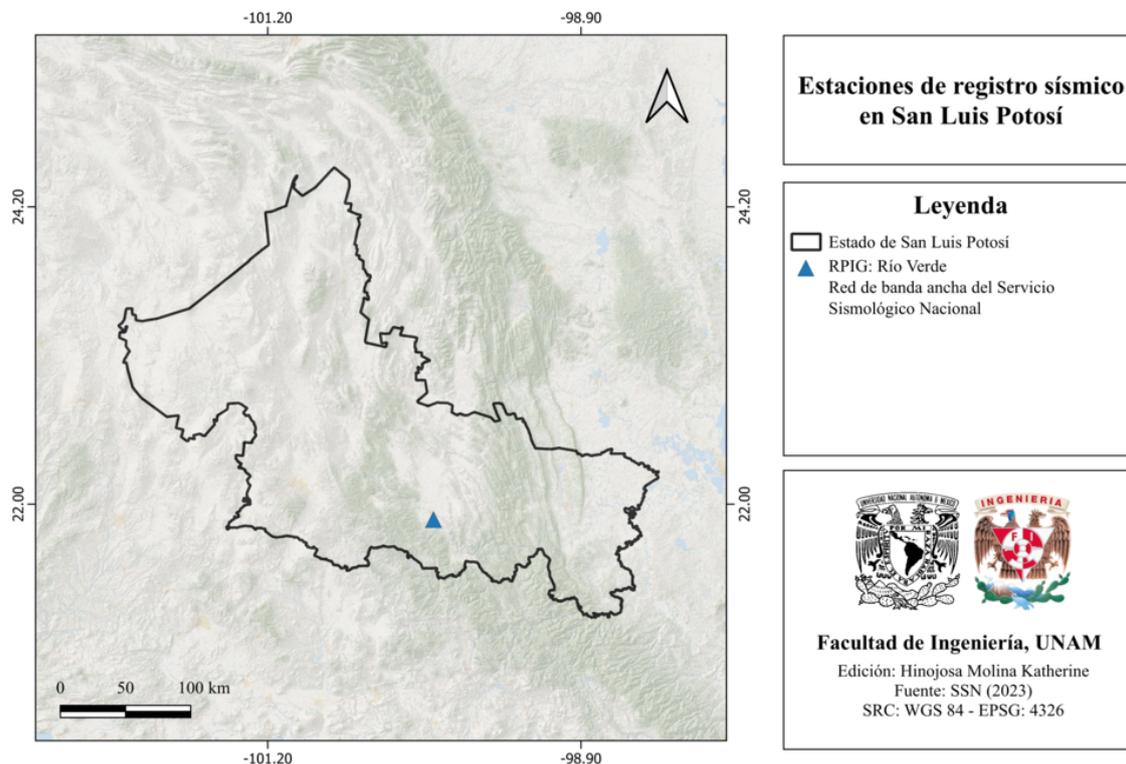


Figura 28.11: Estaciones de registro sísmico en San Luis Potosí, México [SSN, 2023].

## 28.9 Instituciones educativas que han realizado estudios en alguna zona del estado o en sus cercanías

Las siguientes instituciones educativas han realizado estudios previos en materia de geociencias en San Luis Potosí:

- Facultad de Ciencias de la Tierra de la Universidad Autónoma de Nuevo León
- Centro de Geociencias, UNAM campus Juriquilla
- Universidad Autónoma de Aguascalientes (UAA)

- Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP)

## 28.10 Estudios de sismicidad o de peligro sísmico en alguna zona del estado

- Sánchez García, A. C., 2009, “Descripción de posibles fallas sismogénicas regionales en la Zona Media del estado de San Luis Potosí, SLP”, Tesis de Licenciatura, Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de San Luis Potosí.
- Servicio Sismológico Nacional (SSN), 2021, “Reporte Especial: Secuencia sísmica del 4 al 6 de Septiembre de 2021, Guanajuato-San Luis Potosí (M4.5)”, Instituto de Geofísica, UNAM.

# Capítulo 29

## Sinaloa

### 29.1 Localización y provincias fisiográficas

#### 29.1.1 Localización

El estado de Sinaloa se ubica en la región noroeste de México. Limita al norte con Sonora y Chihuahua, al este con Durango, al sur con Nayarit y al oeste con el golfo de California (océano Pacífico).

#### 29.1.2 Provincias fisiográficas

Según la Fisiografía del INEGI, Sinaloa se encuentra en tres provincias fisiográficas (ver figura 29.1):

- Llanura Costera del Pacífico
- Sierra Madre Occidental

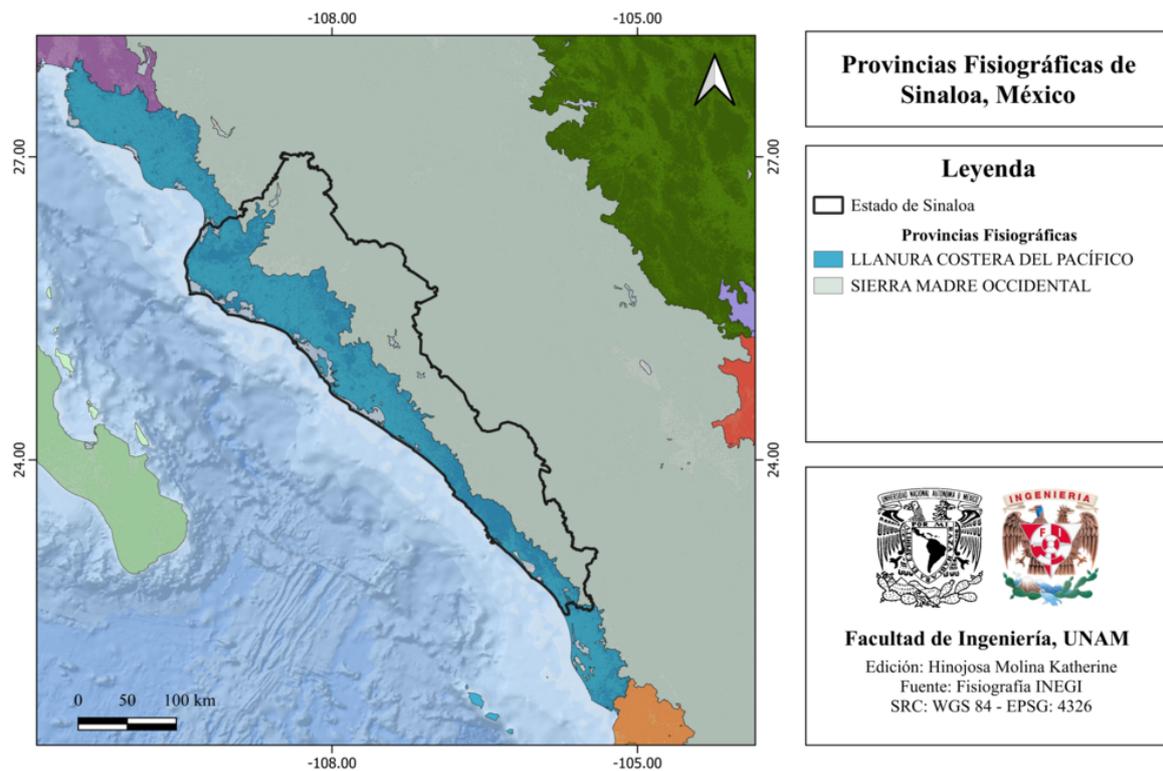


Figura 29.1: Provincias fisiográficas del estado de Sinaloa, México [INEGI, 2001].

### 29.1.3 Subprovincias fisiográficas

A su vez, forma parte de cinco subprovincias fisiográficas (ver figura 29.2):

- Delta del Río Grande de Santiago
- Llanura Costera de Mazatlán
- Llanura Costera y Deltas de Sonora y Sinaloa
- Mesetas y Cañadas del Sur
- Pie de la Sierra

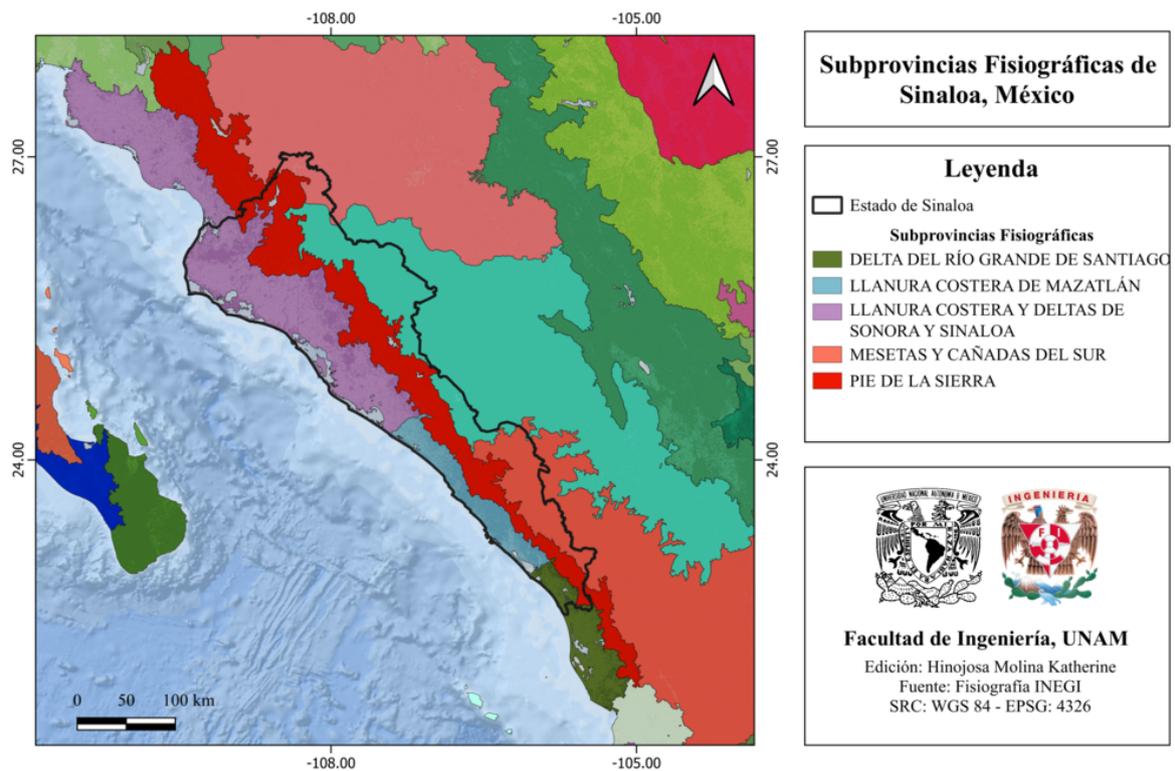


Figura 29.2: Subprovincias fisiográficas del estado de Sinaloa, México [INEGI, 2001].

#### 29.1.4 Rasgos geológicos estructurales

Sinaloa presenta diversos rasgos geológicos estructurales, incluyendo fallas normales y fracturas (ver figura 29.3).

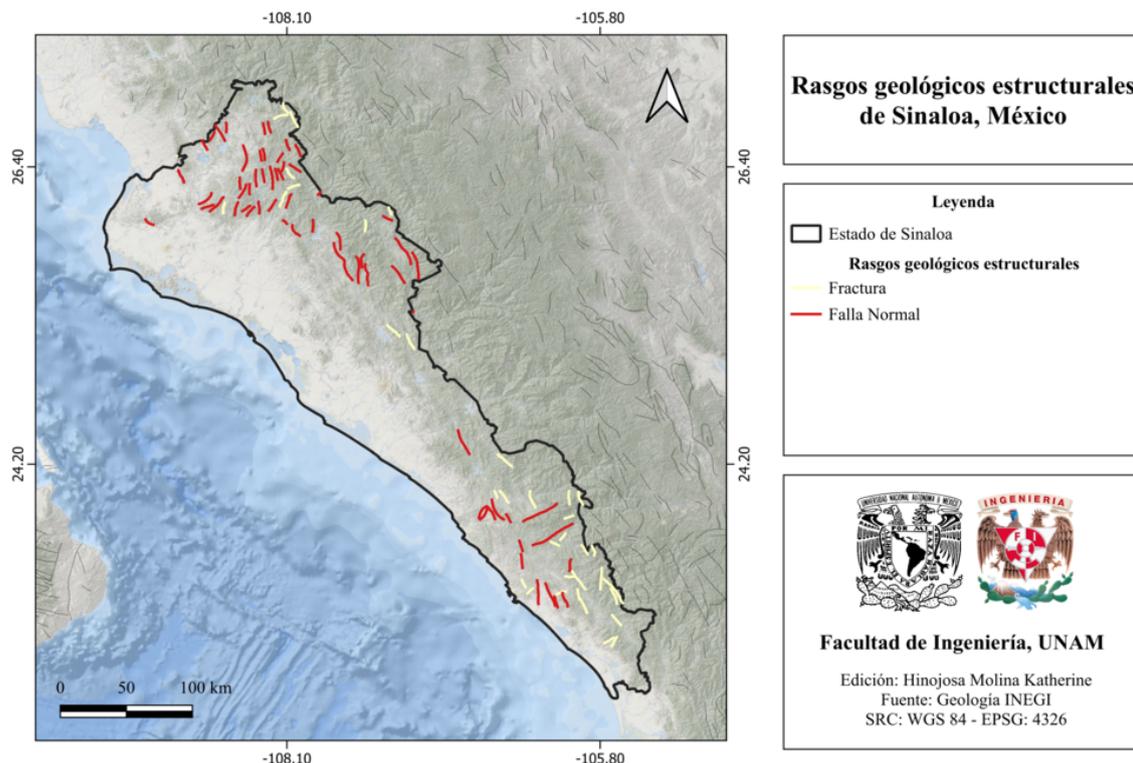


Figura 29.3: Rasgos estructurales de Sinaloa, México [INEGI, 2002].

## 29.2 Zonas sismogénéticas (sismotectónicas)

### 29.2.1 Zonas sismogénéticas de acuerdo con Zúñiga et al., (2017)

De acuerdo con [Zúñiga et al., 2017], Sinaloa forma parte de las siguientes zonas sismogénéticas:

#### Zonas sismogénéticas someras ( $h < 40$ km)

- **BC2:** Zona de sismos interplaca entre las placas del Pacífico y Norteamérica. Región Este de Baja California - Mar de Cortés ( $h < 15$  km).
- **SMO:** Zona de eventos intra-placa (corticales en la placa de Norteamérica). Provincia tectónica de la Sierra Madre. ( $h < 20$  km).

En el mapa de la figura 29.4, se muestran dichas zonas sismogénéticas.

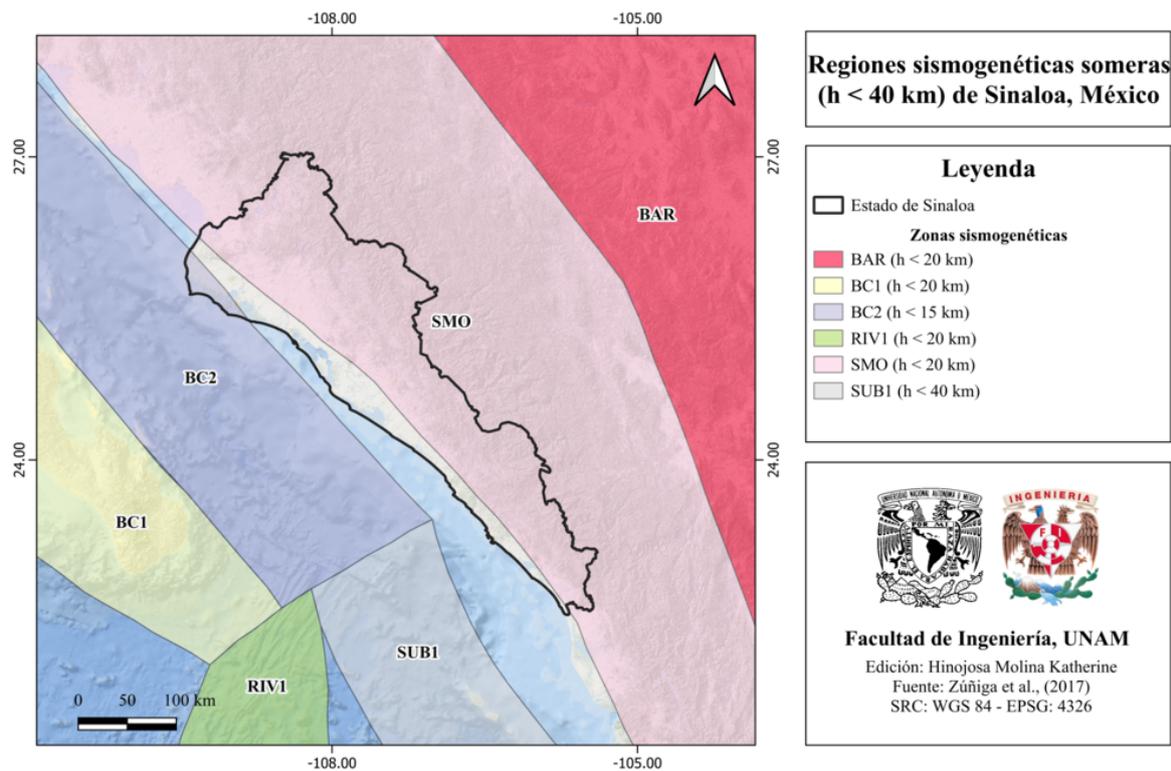


Figura 29.4: Zonas sísmicas de Sinaloa, México [Zúñiga et al., 2017].

### 29.2.2 Zonas sísmicas de acuerdo con la Comisión Federal de Electricidad (2015)

Sinaloa forma parte de las siguientes zonas sísmicas [CFE, 2015].

#### Zonas generadoras de sismos superficiales

- **5:** Baja California Intraplaca Sur
- **6:** Sierra Madre Occidental
- **33:** Eje Volcánico
- **34:** Sísmica difusa 1

Estas zonas sísmicas se observan en el mapa de la figura 29.5.

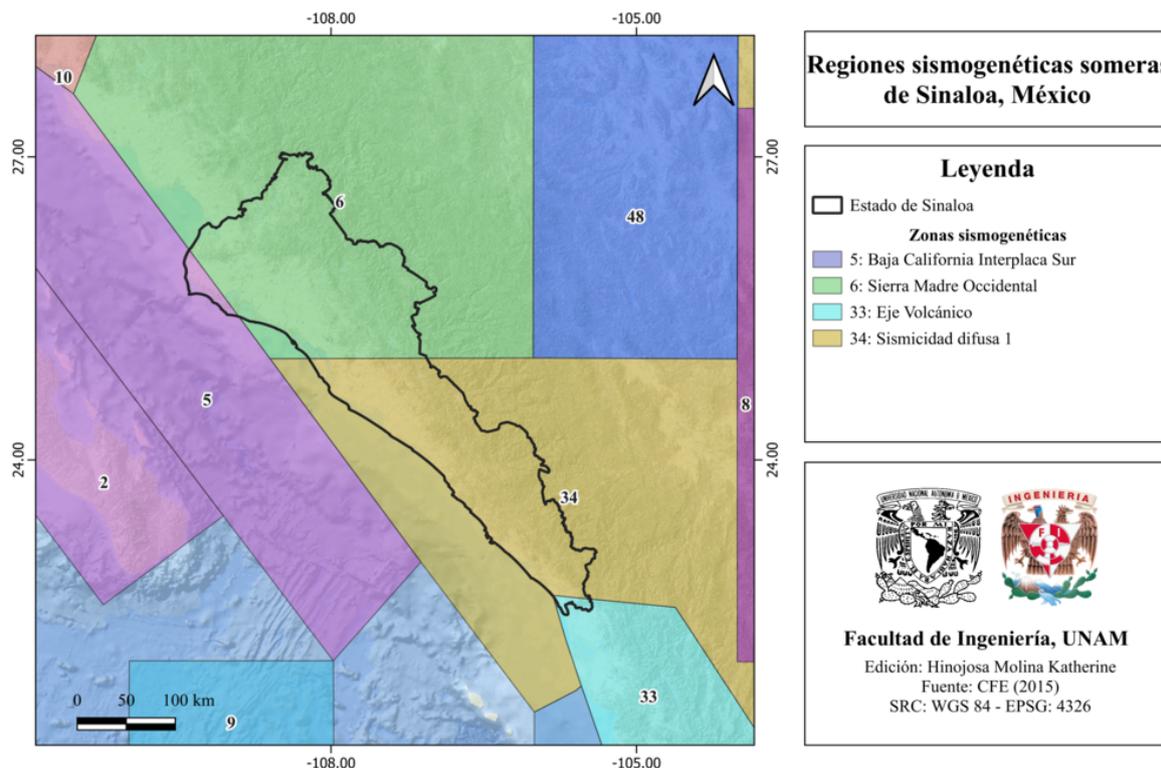


Figura 29.5: Zonas sismogénicas de Sinaloa, México [CFE, 2015].

### 29.3 Sismicidad reportada por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) en el período 1900-2022

El Servicio Sismológico Nacional (SSN) ha reportado 1 171 sismos en Sinaloa, durante el período del 1 de enero de 1900 al 31 de diciembre de 2022 (UTC), con magnitudes desde 2.3 hasta 7.0.

#### Sismos de magnitud mayor o igual a 6.0 en Sinaloa y sus alrededores

Los sismos de magnitud mayor o igual que 6.0 se muestran en la figur 29.6. El evento de mayor magnitud (7.0) ocurrió el 9 de diciembre de 1901 a 83 km al oeste de Ahome, Sinaloa a las 02:17 (UTC) a una profundidad de 33.0 km.

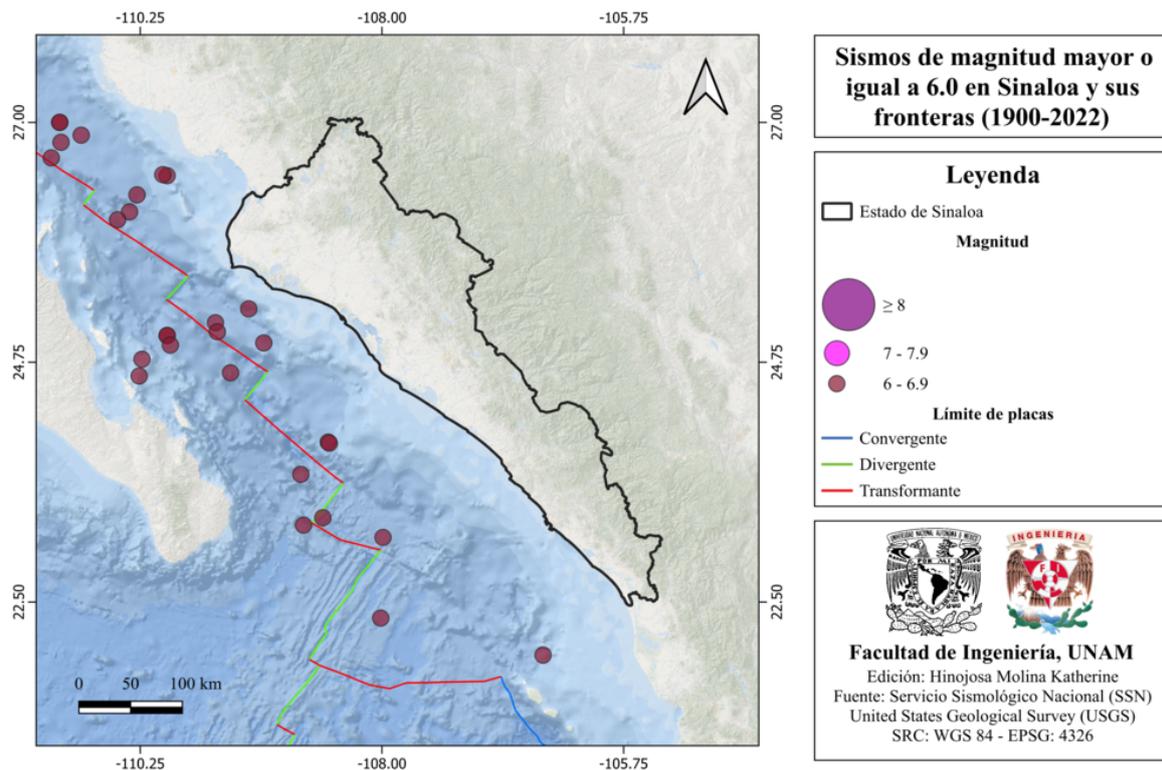


Figura 29.6: Sismos de magnitud mayor o igual a 6.0 en Sinaloa y sus alrededores [SSN, 2023].

## 29.4 Sismos históricos

Hasta la fecha, el sismo de mayor magnitud del cual el Servicio Sismológico Nacional (SSN) tiene registro, ocurrió el 9 de diciembre de 1901 (UTC) en los alrededores de Ahome, Sinaloa (M 7.0).

## 29.5 Peligro por tsunami

La costa del estado de Sinaloa se encuentra dentro de la región receptora de tsunamis lejanos, según el Centro Nacional de Prevención de Desastres (Cenapred) de México, tal como se muestra en la figura 29.7.

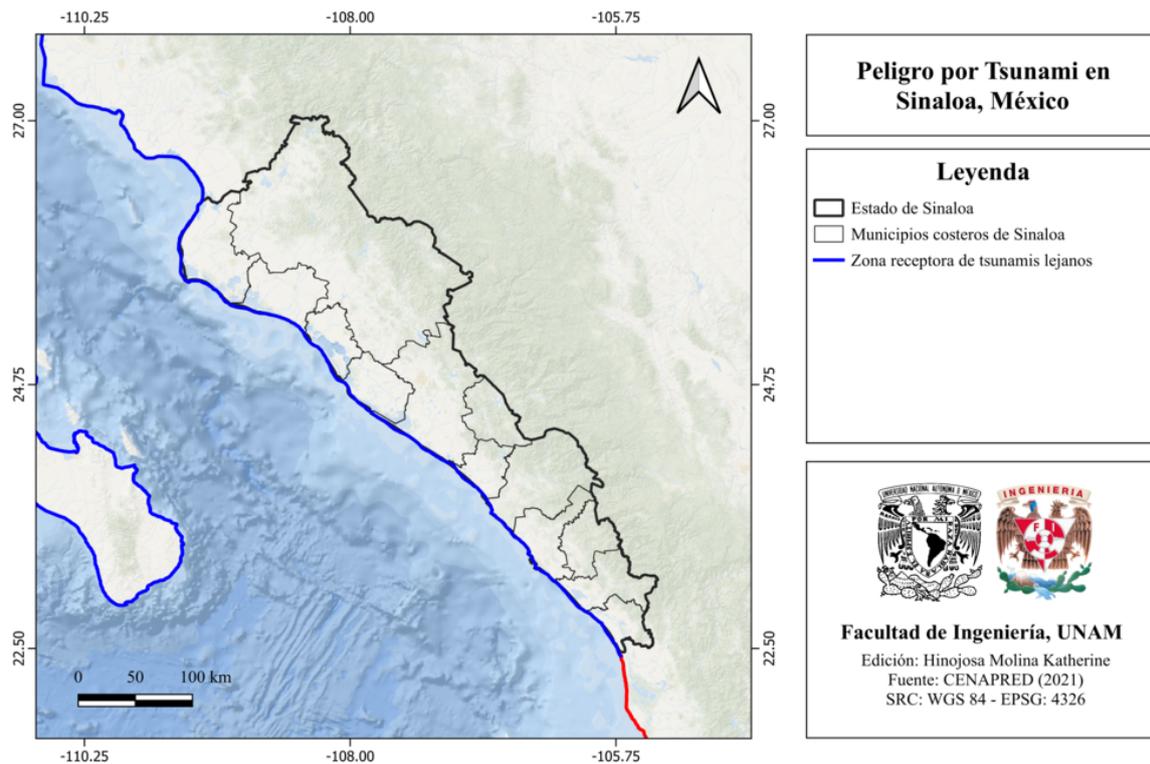


Figura 29.7: Peligro por tsunami en Sinaloa, México [Cenapred, 2021].

## 29.6 Información general de peligro sísmico

### 29.6.1 Global de intensidades

El mapa del global de intensidades de Sinaloa se muestra en la figura 29.8.

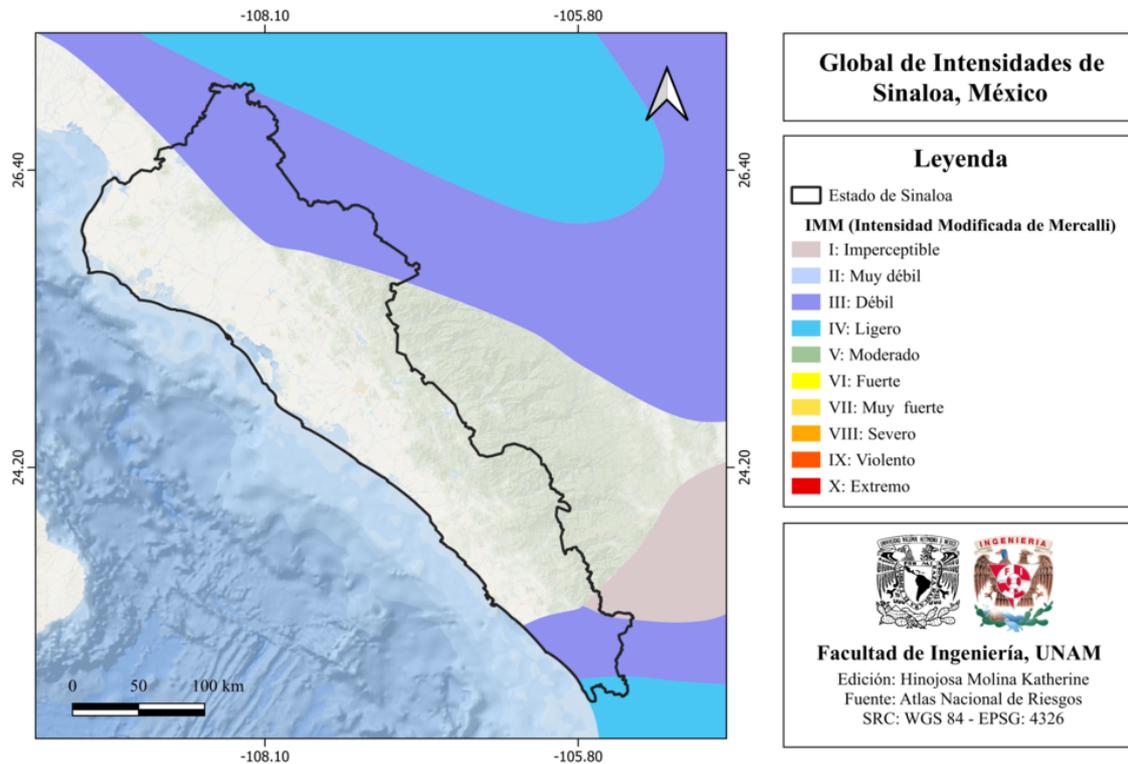


Figura 29.8: Global de intensidades de Sinaloa, México [CFE, 2015].

### 29.6.2 Regionalización sísmica de acuerdo con la CFE (2015)

El estado de Sinaloa es parte de las zonas B y C [CFE, 2015], las cuales corresponden a sismicidad media y sismicidad alta, respectivamente (ver figura 29.9).

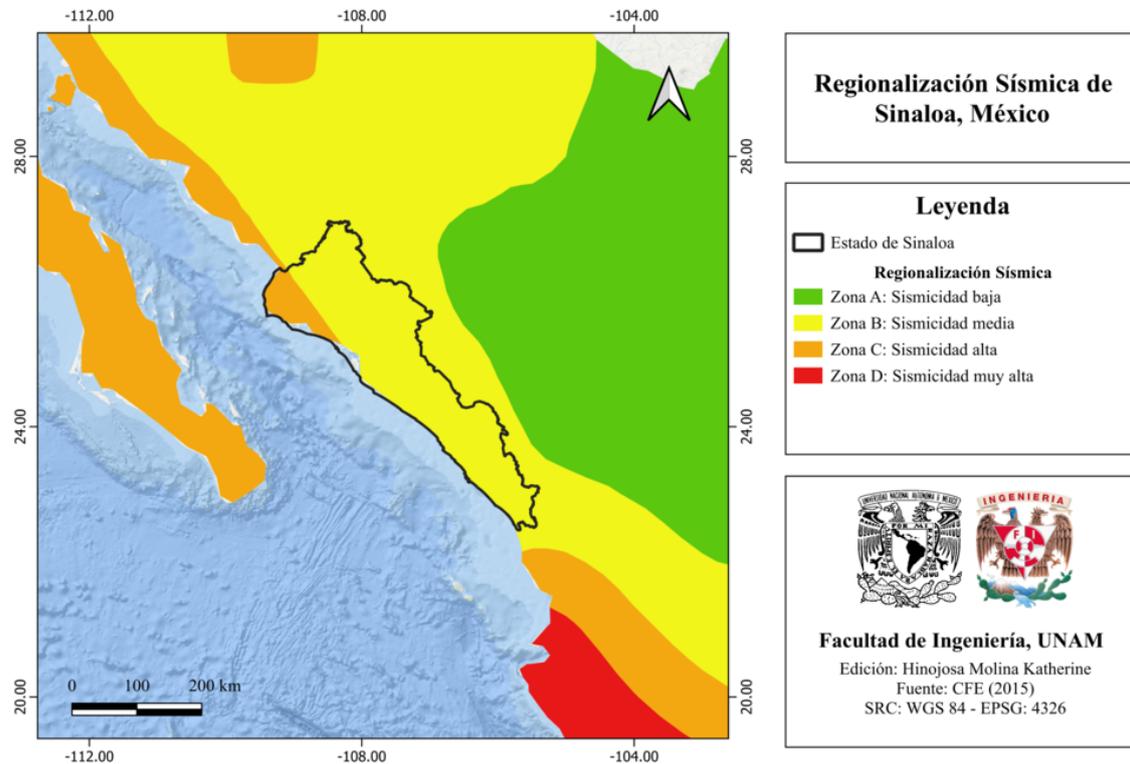


Figura 29.9: Regionalización sísmica de Sinaloa, México [CFE, 2015].

### 29.6.3 Parámetro Vs30 (USGS)

El mapa de velocidad de onda de corte (parámetro Vs30) [Heath et al., 2020], se muestra en la figura 29.10.

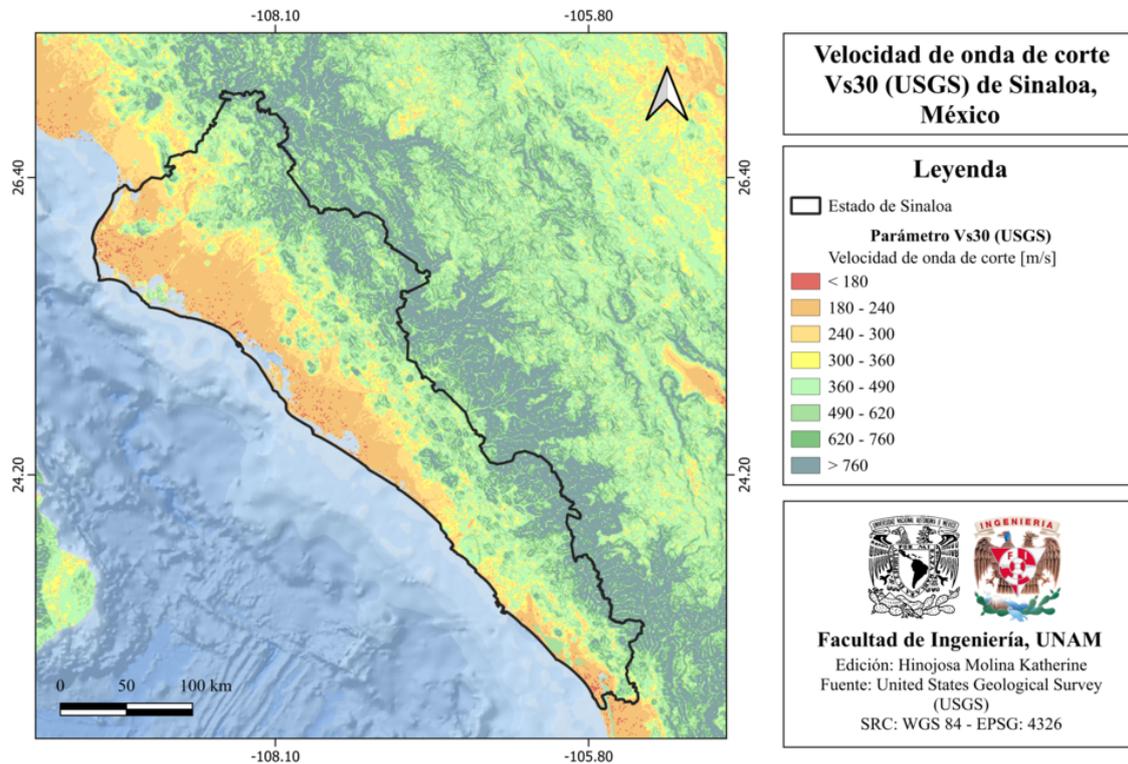


Figura 29.10: Velocidad de onda de corte Vs30 (USGS) de Sinaloa, México [Heath et al., 2020].

#### 29.6.4 Municipios con posibles efectos de sitio

En el mapa de la figura 29.11 se muestra el mapa de los municipios de Sinaloa con posibles efectos de sitio.

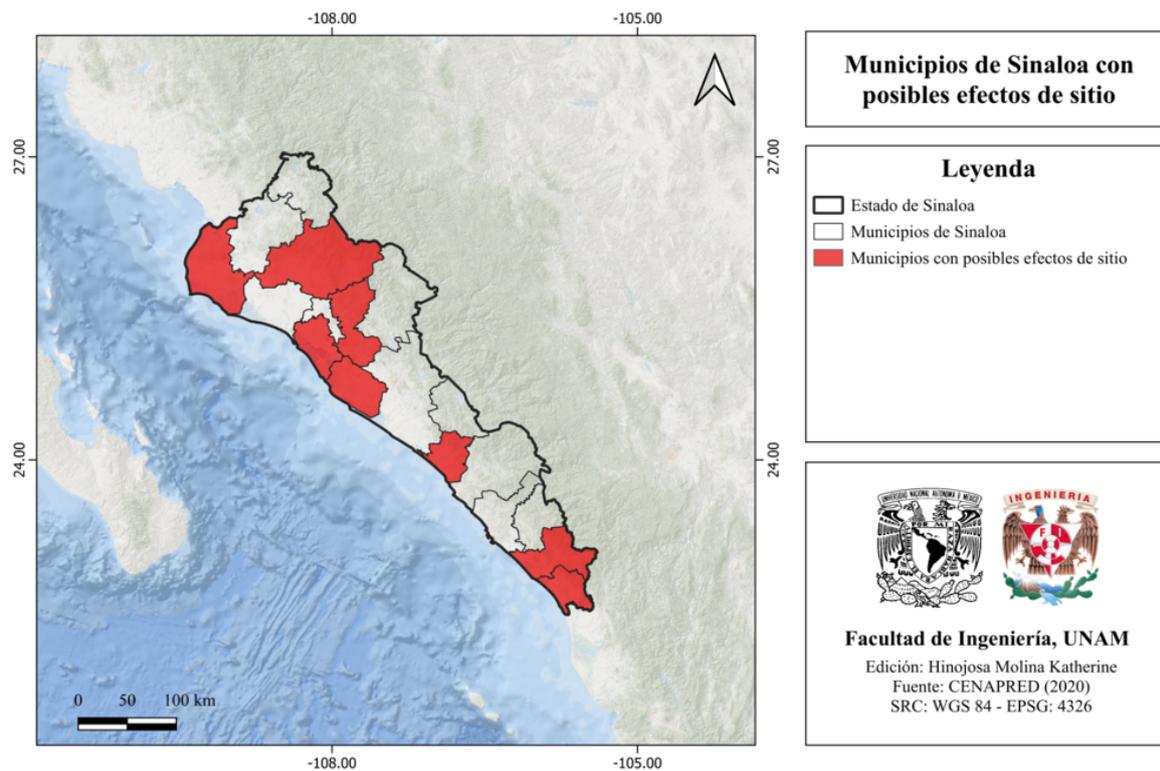


Figura 29.11: Municipios con posibles efectos de sitio de Sinaloa, México [USGS, 2023].

### 29.6.5 Municipios con peligro de deslizamiento por sismo

Los municipios con peligro de deslizamiento por sismo de Sinaloa se muestran en el mapa de la figura 29.12



- Reglamento de Construcciones del Municipio de Escuinapa de Hidalgo, Sinaloa (1999).
- Reglamento de Construcción del Municipio de Guasave (2003).
- Reglamento de Construcciones para el municipio de Mazatlán (2001).
- Reglamento de Construcciones del Municipio de Mocorito (2006).
- Reglamento de Construcciones del Municipio de Rosario, Sinaloa (1992).
- Reglamento de Construcción para el Municipio de Salvador Alvarado, Sinaloa (2001).
- Reglamento de Construcciones para el Municipio de San Ignacio (2001).
- Reglamento de Construcciones del Municipio de Sinaloa (1994).

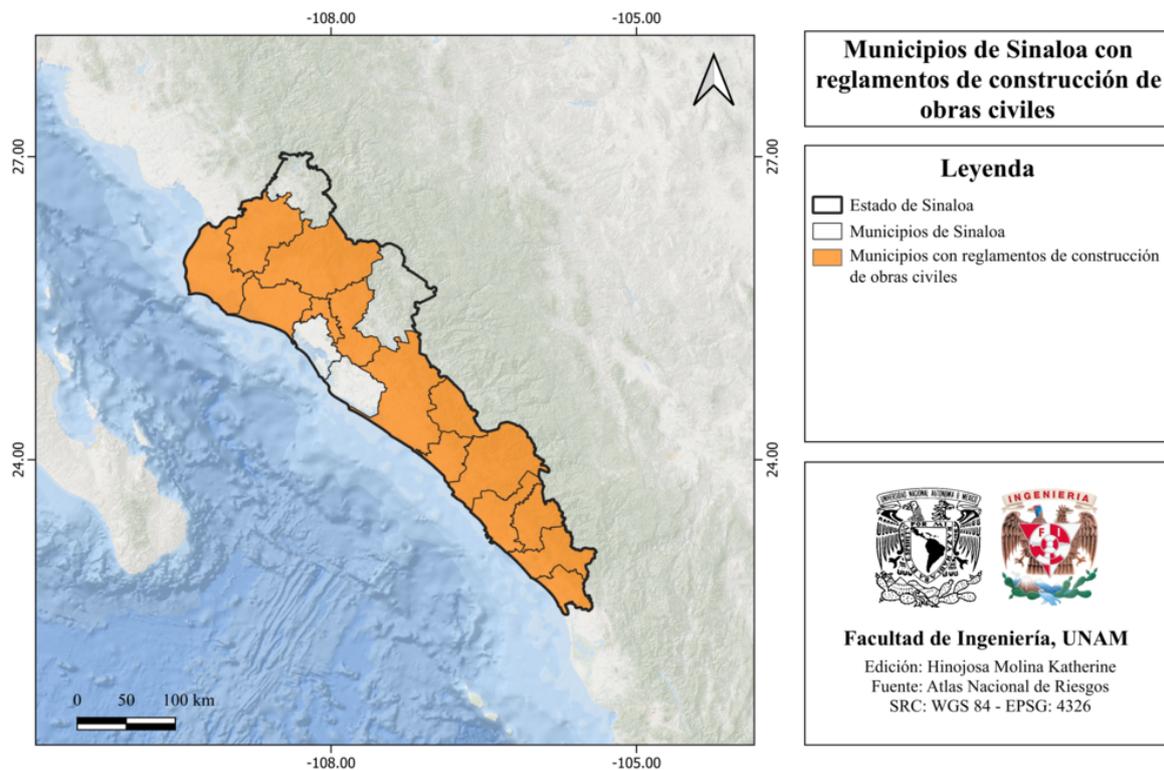


Figura 29.13: Municipios con reglamento de construcción de obras civiles en Sinaloa, México [ANR-Cenapred, 2016].

## 29.7 Secuencias sísmicas (enjambres) reportadas por el Servicio Sismológico Nacional (SSN)

### Secuencia sísmica del 11 al 16 de mayo de 2018 en Sinaloa

Entre los días del 11 al 16 de mayo de 2018, el SSN reportó una secuencia sísmica con 149 eventos con epicentros cercanos a El Fuerte, Sinaloa. Fueron localizados únicamente 35 sismos, el mayor de ellos de magnitud 4.0, ocurrió el 11 de mayo a las 03:12:39 (tiempo del centro de México) a una profundidad de 5 km.

## 29.8 Estaciones de registro sísmico en el estado

Sinaloa cuenta con cinco estaciones sísmicas en total; cuatro de ellas pertenecientes a la Red de Banda Ancha del Servicio Sismológico Nacional (SSN) y una más perteneciente a la Red sísmológica de Banda Ancha del Golfo de California (RESBAN) tal como se muestra en la figura 29.14.

Estaciones del SSN:

- CSIG: Choix
- TSIG: Topolobampo
- SSIG: Sanalona
- MAIG: Mazatlán

Estaciones de RESBAN:

- TOPB: Topolobampo

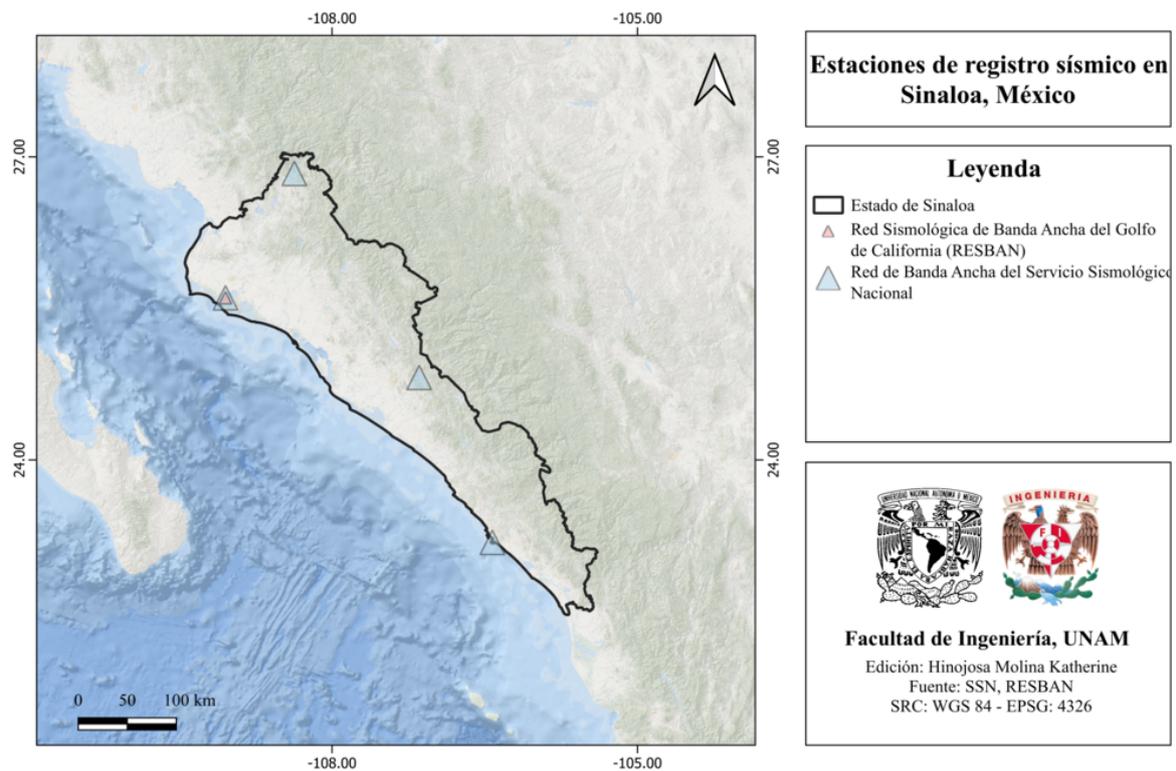


Figura 29.14: Estaciones de registro sísmico en Sinaloa, México [SSN, 2023], CICESE

## 29.9 Instituciones educativas que han realizado estudios en alguna zona del estado o en sus cercanías

El Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE) ha realizado estudios en materia de geociencias en Sinaloa.

## 29.10 Estudios de sismicidad o de peligro sísmico en alguna zona del estado

- Ortiz Huerta, L. G. Peligro y vulnerabilidad por tsunamis de campo lejano en la Bahía de Todos Santos, Baja California.
- López, R. C., y Mora, E. B. (2018). Análisis de peligro sísmico probabilístico para el estado de Sinaloa. Revista Ingeniería y Tecnología UAS, 1(1), 16-28.

- López-Pineda, L., 2005, “Análisis de la Sismicidad y Estructura de la Corteza en el Golfo de California”, Tesis de Doctorado, CICESE.
- Lozoya, H. R., Reyes, T. D., Melendez, A. A., Robles, J. E. V., y Valdez, J. M. T. (2024). Seismic Hazard Analysis at Los Mochis, Sinaloa, Mexico. *Geofísica Internacional*, 63(1), 637-649.

# Capítulo 30

## Sonora

### 30.1 Localización y provincias fisiográficas

#### 30.1.1 Localización

Sonora se localiza en la región noroeste del país, limita al norte con Estados Unidos, al este con Chihuahua, al sur con Sinaloa y al oeste con el mar de Cortés o golfo de California y Baja California.

#### 30.1.2 Provincias fisiográficas

Sonora es parte de cuatro provincias fisiográficas (ver figura 30.1):

- Llanura Costera del Pacífico
- Sierra Madre Occidental
- Llanura Sonorense
- Sierras y Llanuras del Norte

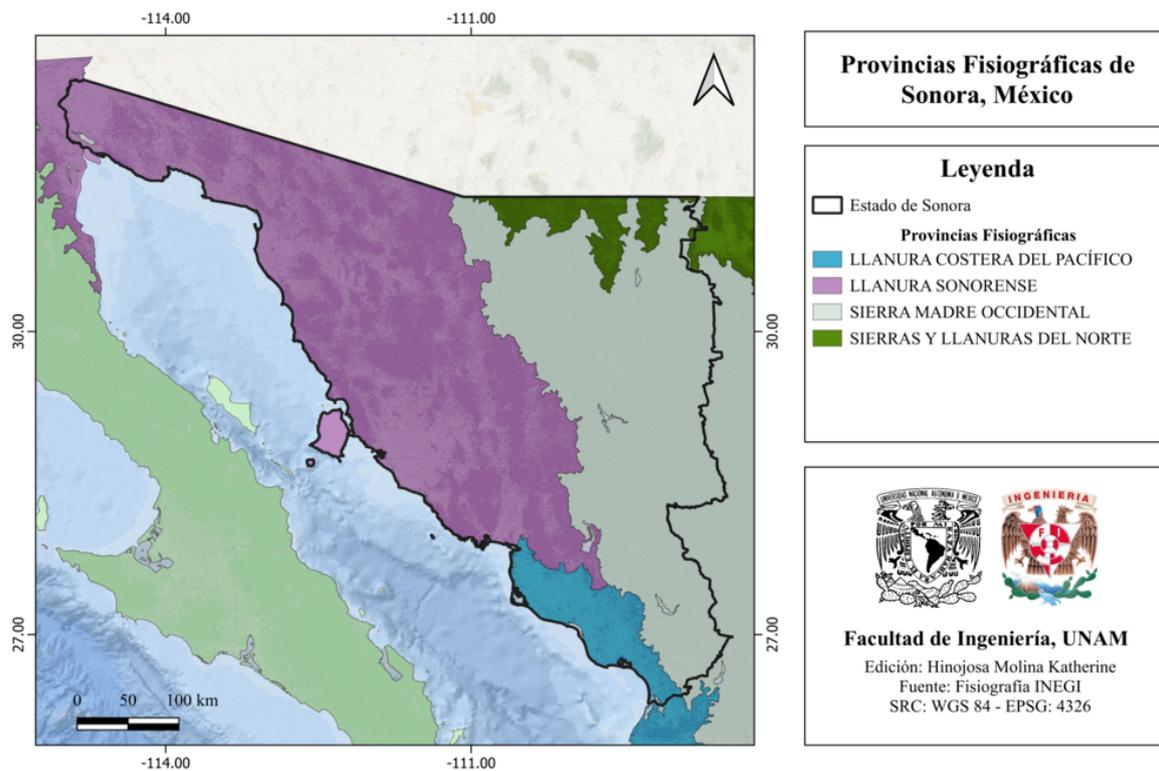


Figura 30.1: Provincias fisiográficas del estado de Sonora, México. [INEGI, 2001]

### 30.1.3 Subprovincias fisiográficas

Al mismo tiempo, es parte de las siguientes subprovincias fisiográficas (ver figura 30.2):

- Desierto de Altar
- Gran Meseta y Cañones Chihuahuenses
- Llanura Costera y Deltas de Sonora y Sinaloa
- Llanuras y Medanos del Norte
- Pie de la Sierra
- Sierra del Pinacate
- Sierras y Cañadas del Norte
- Sierras y Llanuras Sonorenses
- Sierras y Valles del Norte

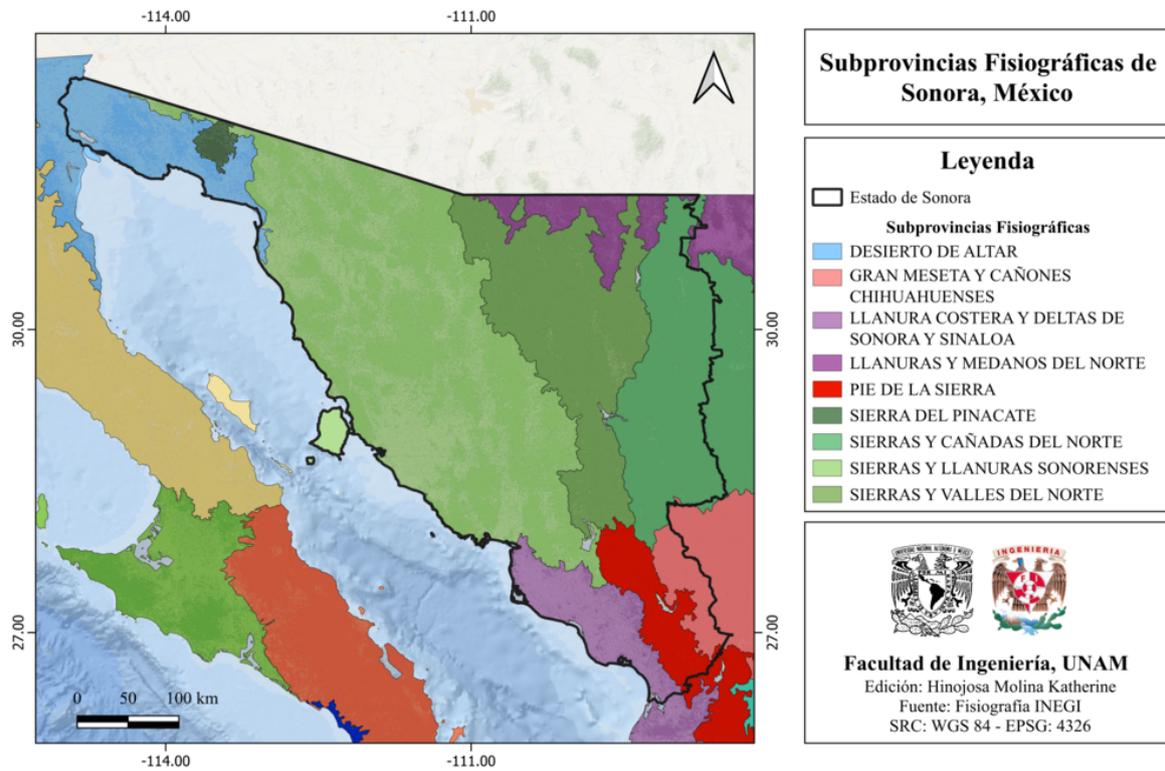


Figura 30.2: Subprovincias fisiográficas del estado de Sonora, México. [INEGI, 2001]

### 30.1.4 Rasgos geológicos estructurales

El estado de Sinaloa cuenta con gran variedad de rasgos geológicos, entre los cuales destacan las fallas normales, así como las fracturas. No obstante, se tiene presencia igualmente de fallas de rumbo, inversas y anticlinales (ver figura 30.3).

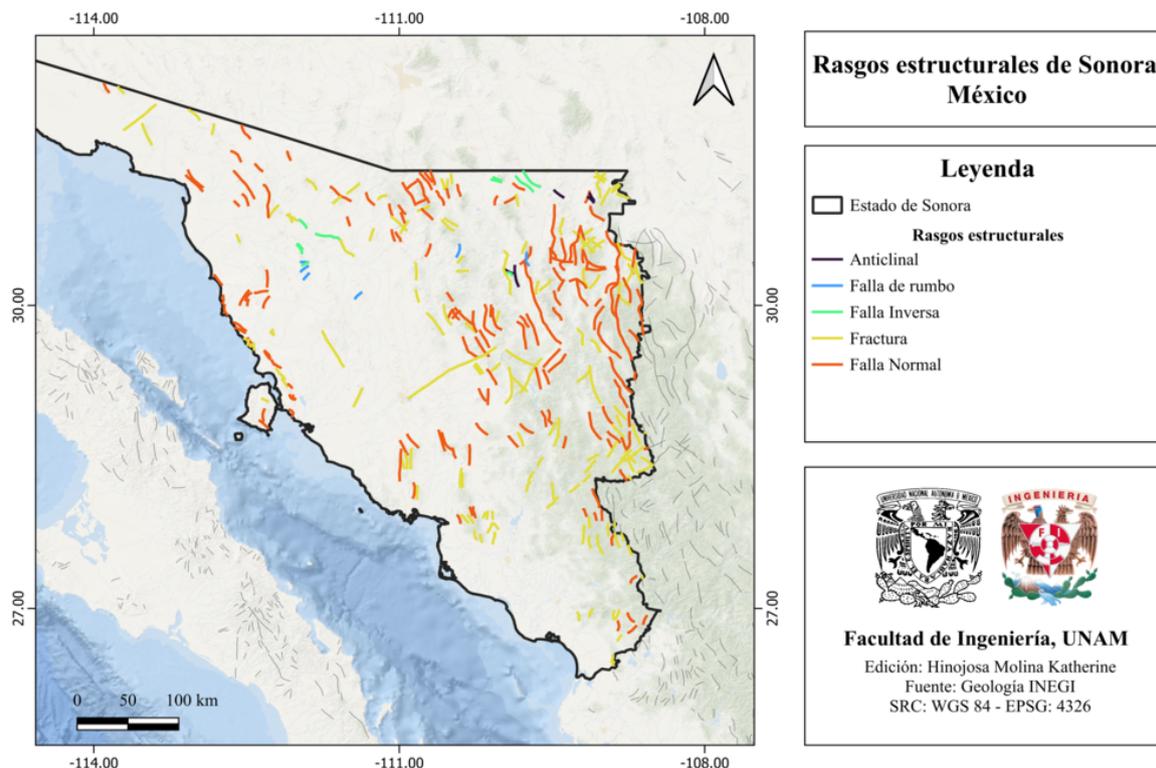


Figura 30.3: Rasgos estructurales de Sonora, México. [INEGI, 2002]

## 30.2 Zonas sismogénéticas (sismotectónicas)

### 30.2.1 Zonas sismogénéticas de acuerdo con Zúñiga et al., (2017)

Sonora es parte de las siguientes zonas sismogénéticas [Zúñiga et al., 2017]:

#### Zonas sismogénéticas someras ( $h < 40$ km)

- **BAR:** Zona de eventos dentro de la placa Norteamericana de poca profundidad ( $h < 20$  km), baja magnitud y escasa frecuencia. Posible extensión sur de las provincias de la Cuenca y cadena Río Grande.
- **SMO:** Zona de eventos intra-placa en la placa de Norteamérica. Provincia tectónica de Sierra Madre ( $h < 20$  km).
- **BC2:** Zona de sismos interplaca entre las placas del Pacífico y Norteamérica. Región Este de Baja California - Mar de Cortés ( $h < 15$  km).

Las zonas sismogénicas someras [Zúñiga et al., 2017] de Sonora se muestran en la figura 30.4.

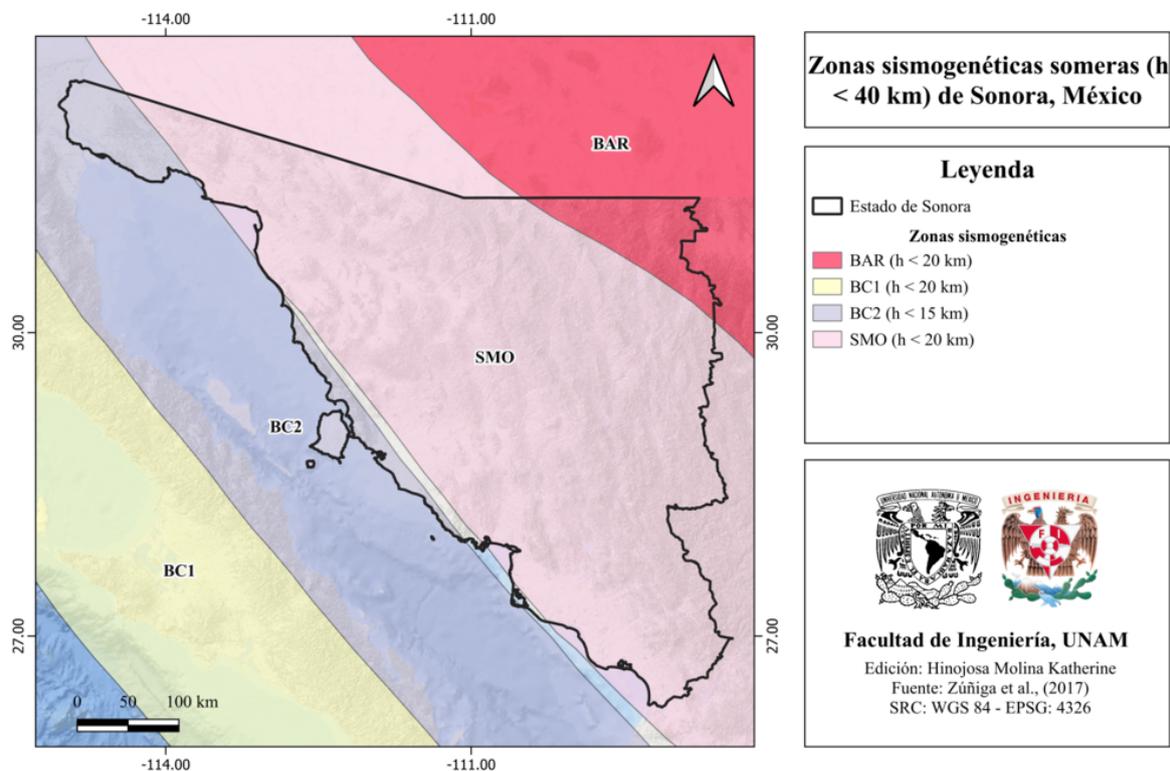


Figura 30.4: Zonas sismogénicas someras de Sonora, México. [Zúñiga et al., 2017]

### 30.2.2 Zonas sismogénicas de acuerdo con la Comisión Federal de Electricidad (2015)

Sonora es parte de las siguientes zonas sismogénicas [CFE, 2015]:

#### Zonas generadoras de sismos superficiales

- **Región 3:** Baja California Intraplaca Norte
- **Región 4:** Baja California Intraplaca Centro
- **Región 5:** Baja California Intraplaca Sur
- **Región 6:** Sierra Madre Occidental
- **Región 7:** Cuencas y Sierras

- **Región 10:** Sismicidad difusa 2
- **Región 46:** Bavispe - Bavispe GR

Las zonas sismogénicas someras [CFE, 2015] de Sonora se muestran en la figura 30.5.

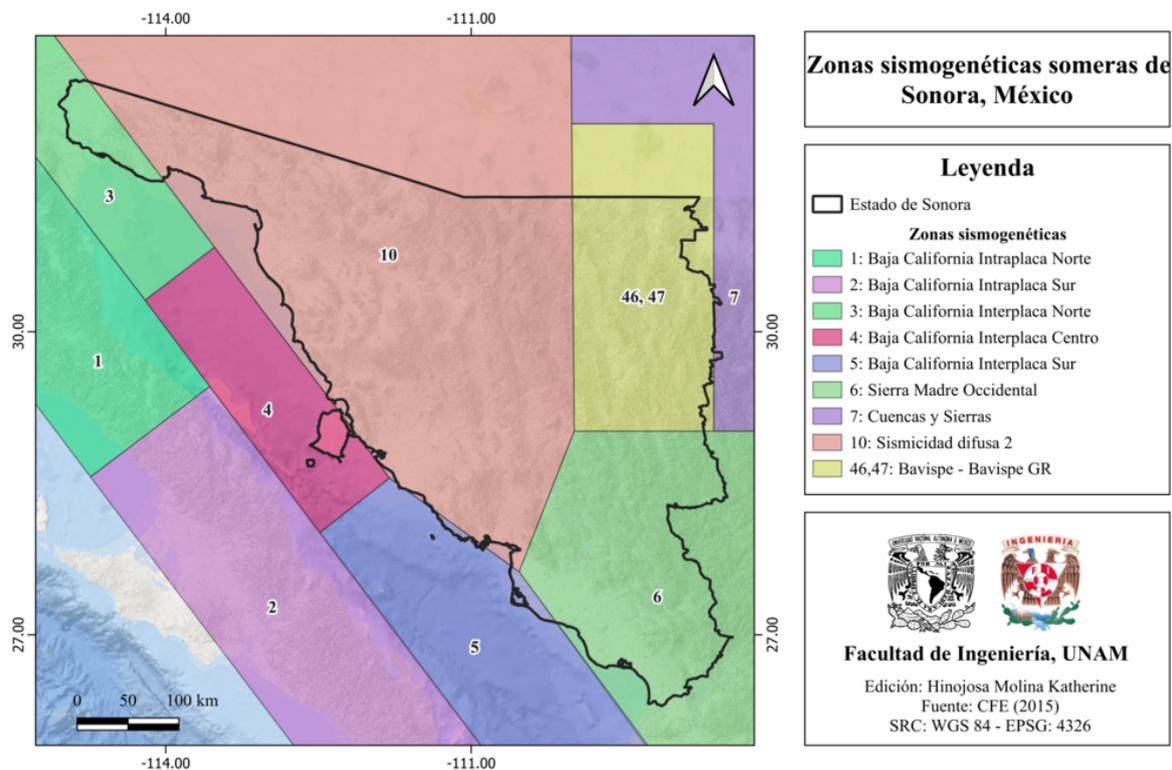


Figura 30.5: Zonas sismogénicas someras de Sonora, México. [CFE, 2015]

### 30.3 Sismicidad reportada por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) en el período 1900-2022

El Servicio Sismológico Nacional (SSN) ha reportado 2 425 sismos en Sonora, durante el período del 1 de enero de 1900 al 31 de diciembre de 2022 (UTC), con magnitudes desde 2.4 hasta 6.8.

## Sismos de magnitud mayor o igual a 6.0 en Sonora y sus alrededores

El SSN ha registrado 12 sismos de magnitud mayor o igual a 6.0 en Sonora y sus alrededores (ver figura 30.6).

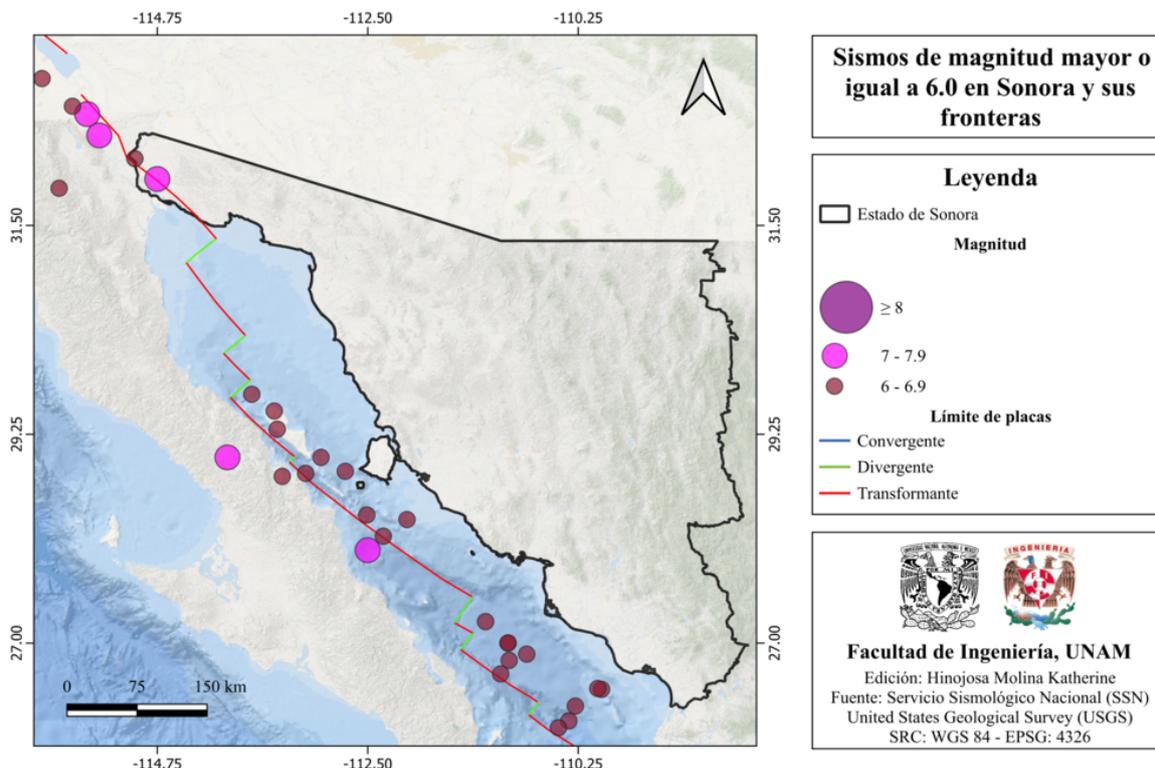


Figura 30.6: Sismos de magnitud mayor o igual a 6.0 en Sonora y sus alrededores [SSN, 2023].

## 30.4 Sismos históricos

### Sismo de Bavispe, Sonora, 3 de mayo de 1887, M 7.6

El sismo de Bavispe, Sonora ocurrió el 3 de mayo de 1887 y fue percibido desde la ciudad de Agua Prieta hasta el puerto de Mazatlán. Éste tuvo una magnitud estimada de 7.6 [Suárez and Hough, 2008] y ocurrió a las 22:13 UTC. A pesar de que no existen registros sísmicos de este evento, se estima que los daños leves en la escala modificada de Mercalli (intensidad VI) tuvieron lugar en distancias de hasta 200 kilómetros aproximadamente, en México como en Estados Unidos. En la figura 30.7 se muestra el mapa de

intensidades de este sismo.

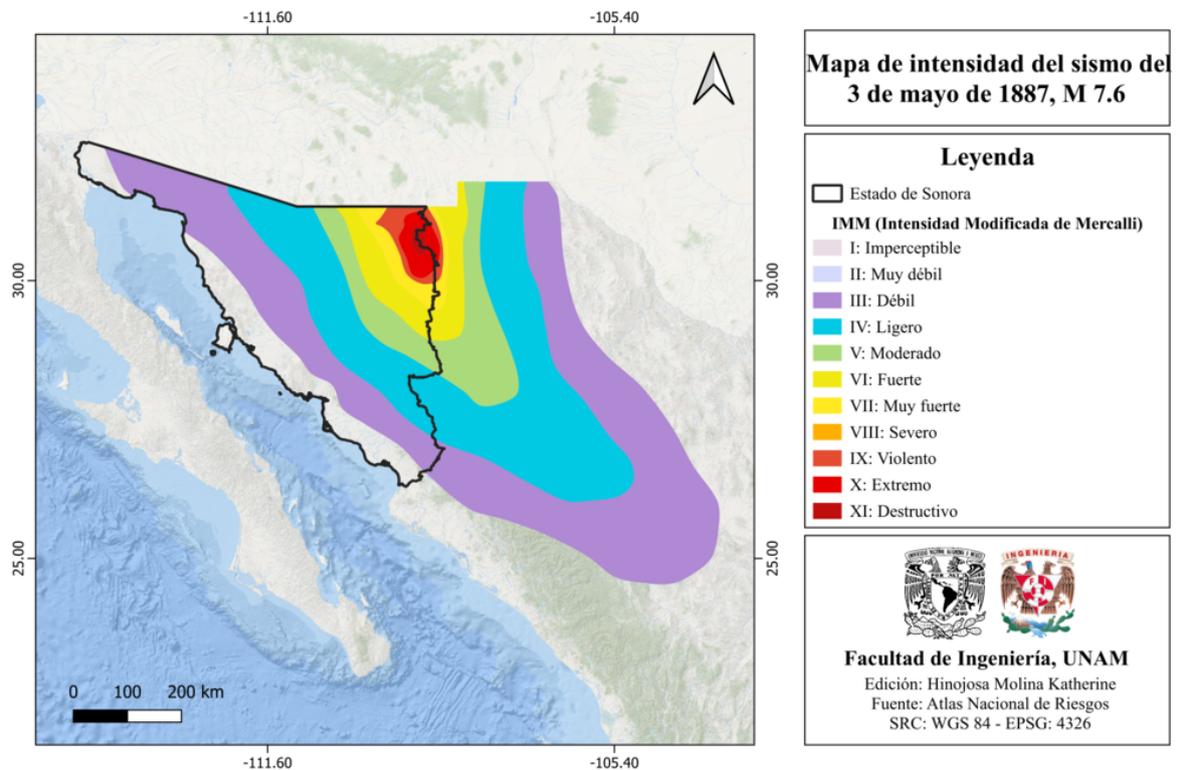


Figura 30.7: Mapa de intensidad del sismo de Bavispe, Sonora. [ANR-Cenapred, 2016].

## 30.5 Peligro por tsunamis

La costa del estado de Sonora se encuentra en una zona generadora de tsunamis locales y receptora de tsunamis locales, como se muestra en el mapa de la figura 30.8.

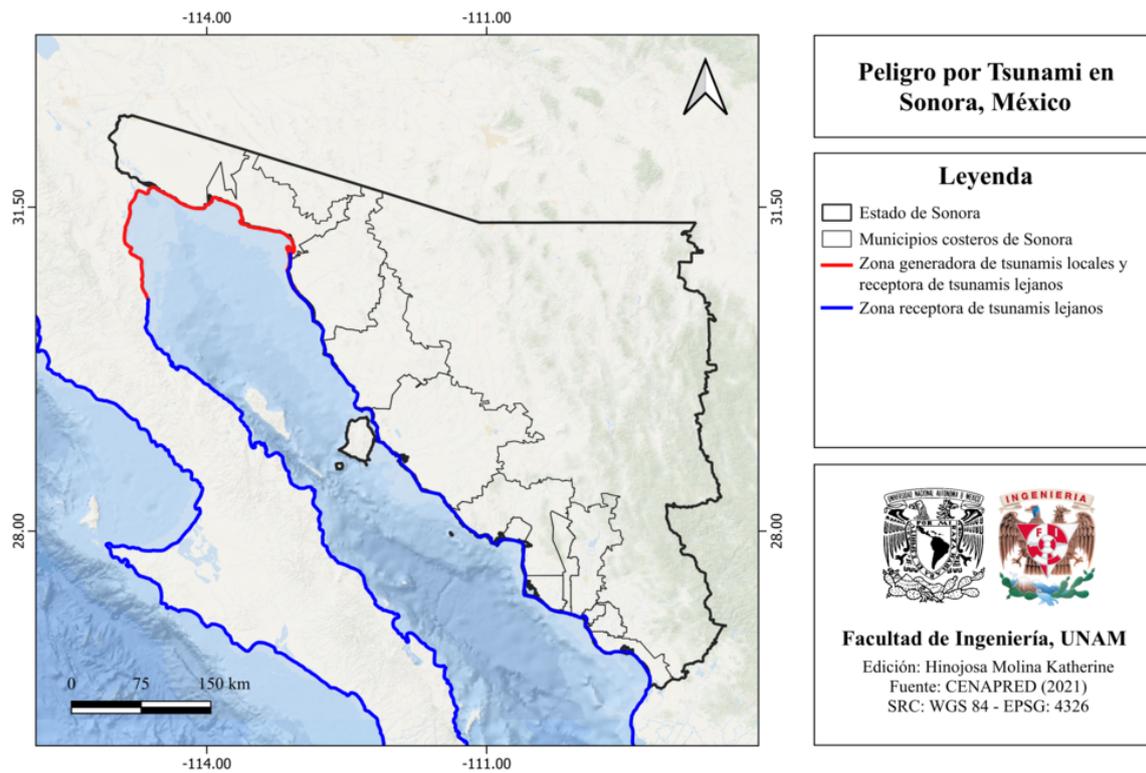


Figura 30.8: Peligro por tsunami en Sonora, México [Cenapred, 2021].

## 30.6 Información general de peligro sísmico

### 30.6.1 Global de intensidades

En el mapa de la figura 30.9 se muestra el global de intensidades de Sonora.

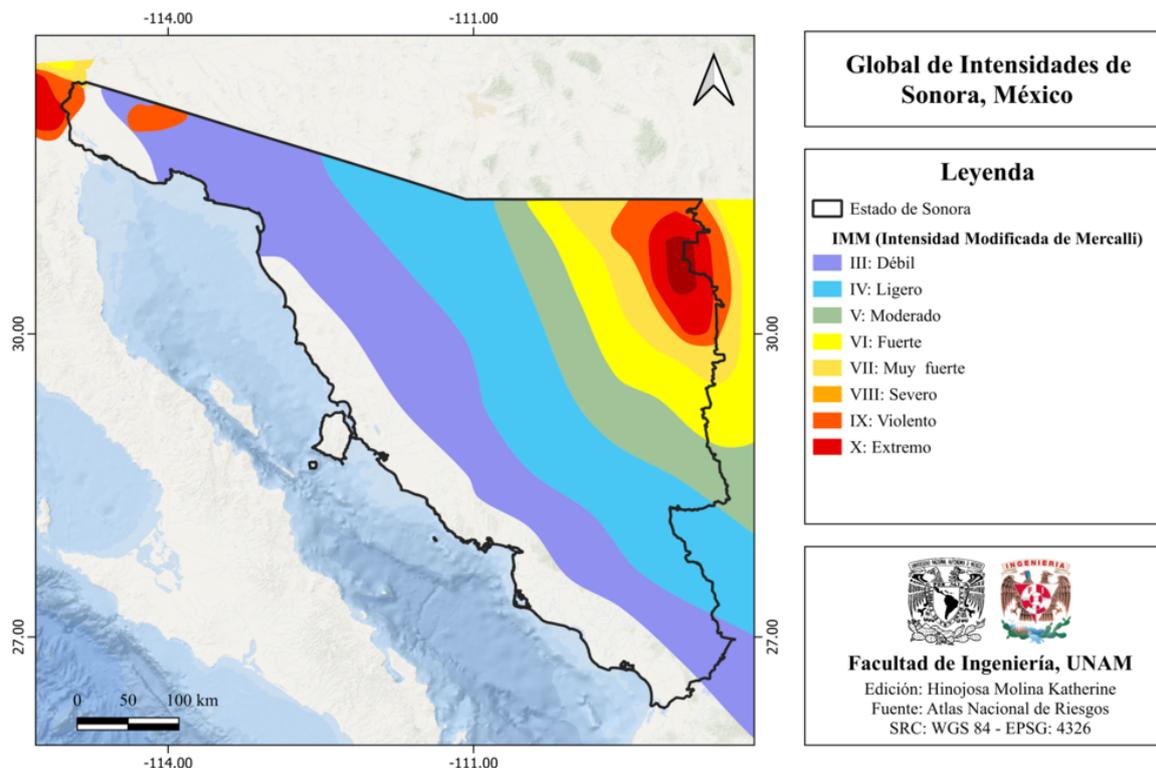


Figura 30.9: Global de intensidades de Sonora, México [ANR-Cenapred, 2016].

### 30.6.2 Regionalización sísmica de acuerdo con la CFE (2015)

De acuerdo con la clasificación de regionalización sísmica de la [CFE, 2015], Sonora se encuentra dentro de las zonas B,C y D que corresponden a sismicidad media, alta y muy alta, respectivamente (ver figura 30.10).

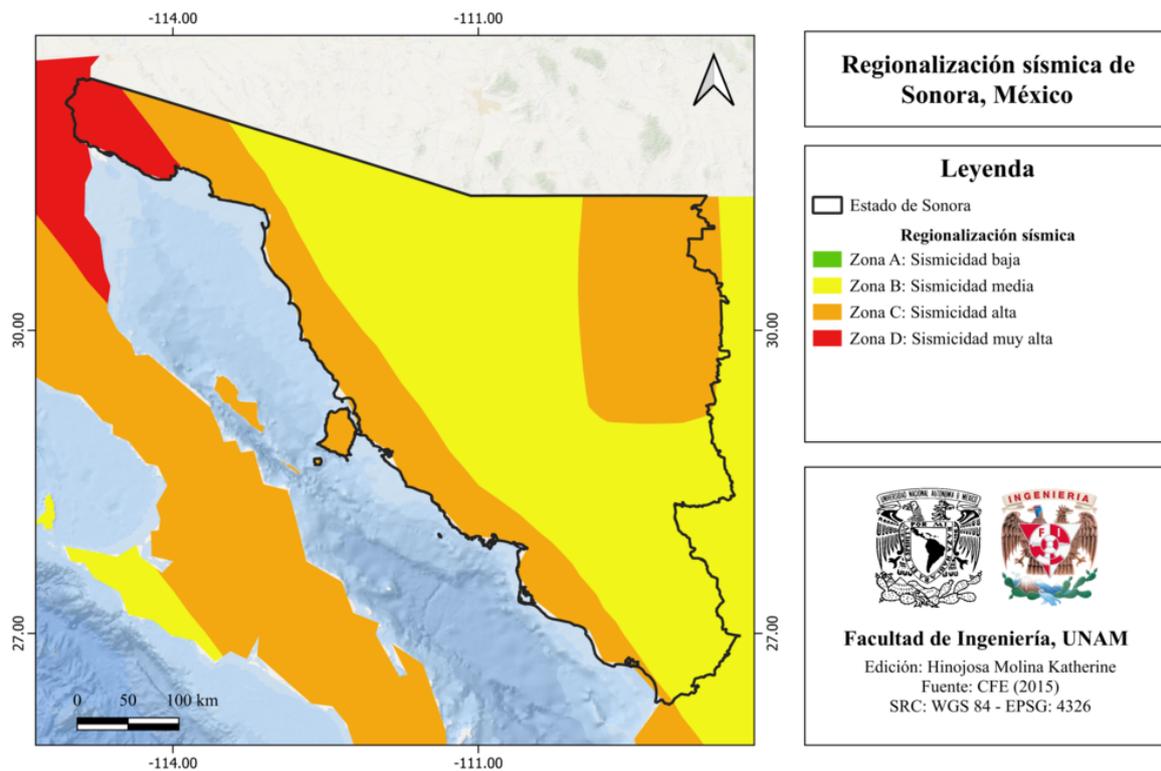


Figura 30.10: Regionalización sísmica de Sonora, México [CFE, 2015].

### 30.6.3 Parámetro Vs30 (USGS)

El mapa de velocidad de onda de corte [Heath et al., 2020] de Sonora se muestra en la figura 30.11.

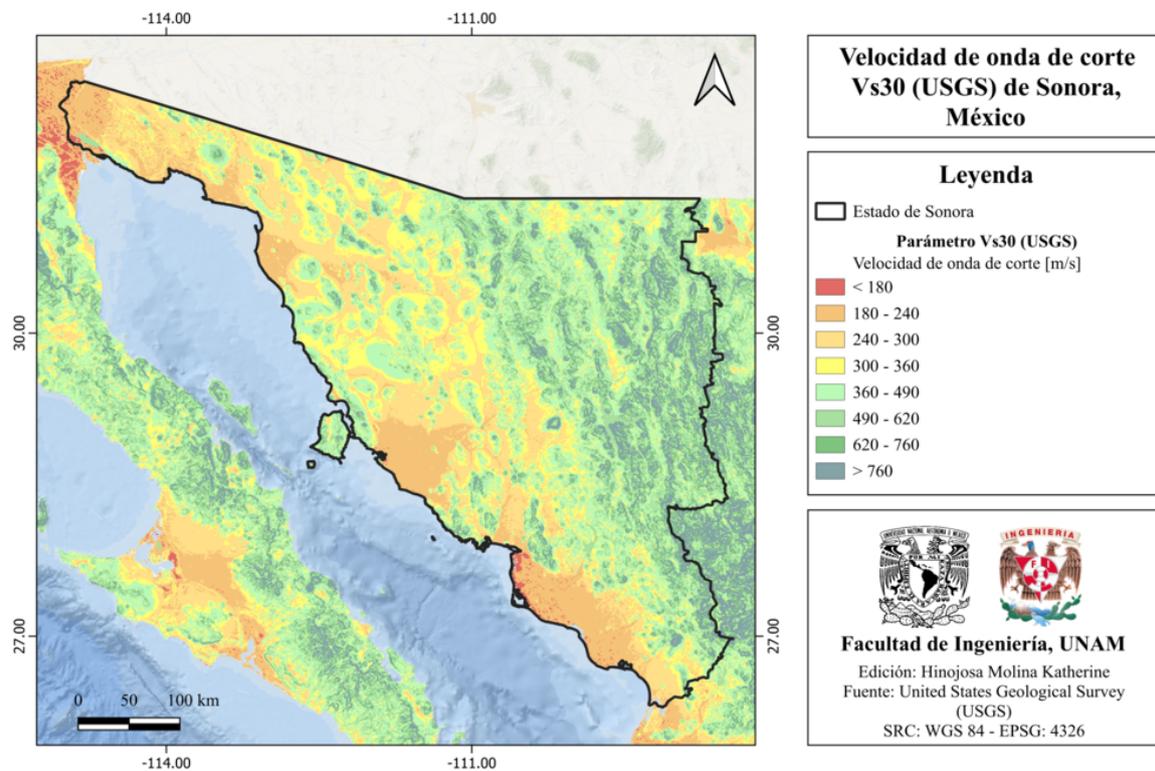


Figura 30.11: Velocidad de onda de corte Vs30 (USGS) de Sonora, México [Heath et al., 2020].

#### 30.6.4 Municipios con posibles efectos de sitio

En el mapa de la figura 30.12 se muestran los municipios de Sonora que presentan posibles efectos de sitio.

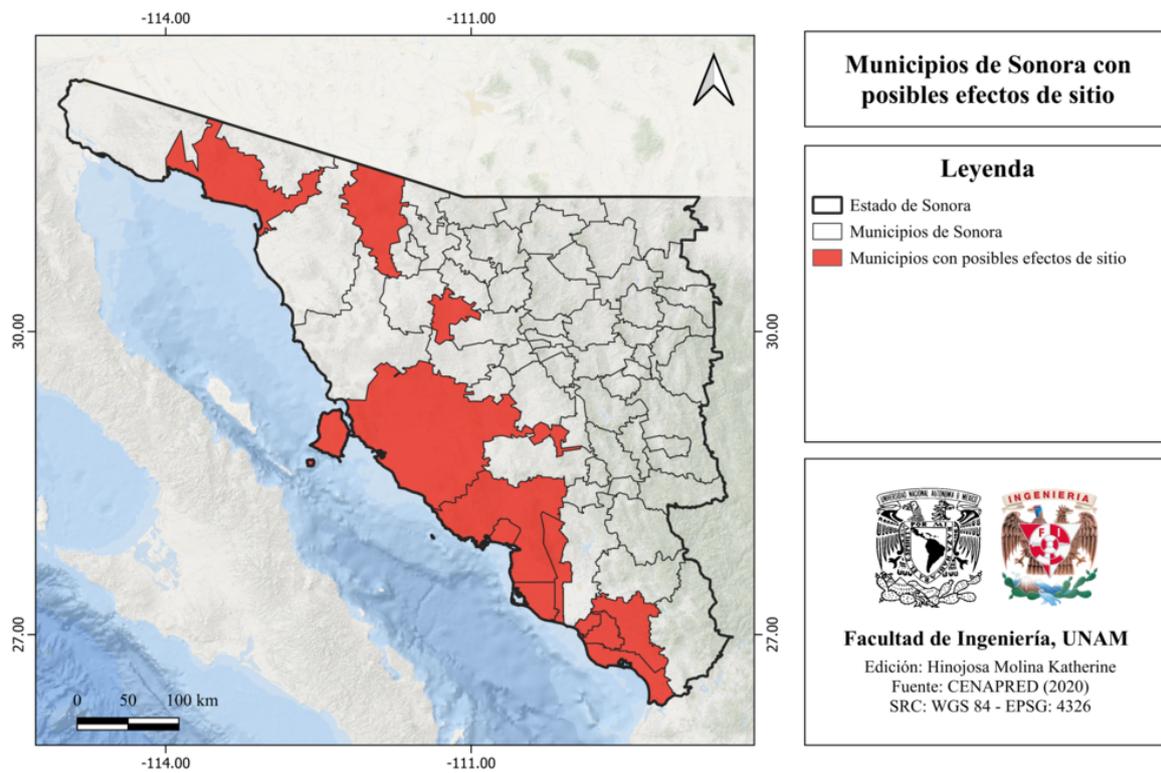


Figura 30.12: Municipios de Sonora con posibles efectos de sitio [Cenapred, 2020].

### 30.6.5 Municipios con peligro de deslizamiento por sismo

En el mapa de la figura 30.13 se muestran los municipios de Sonora con peligro de deslizamiento por sismo.

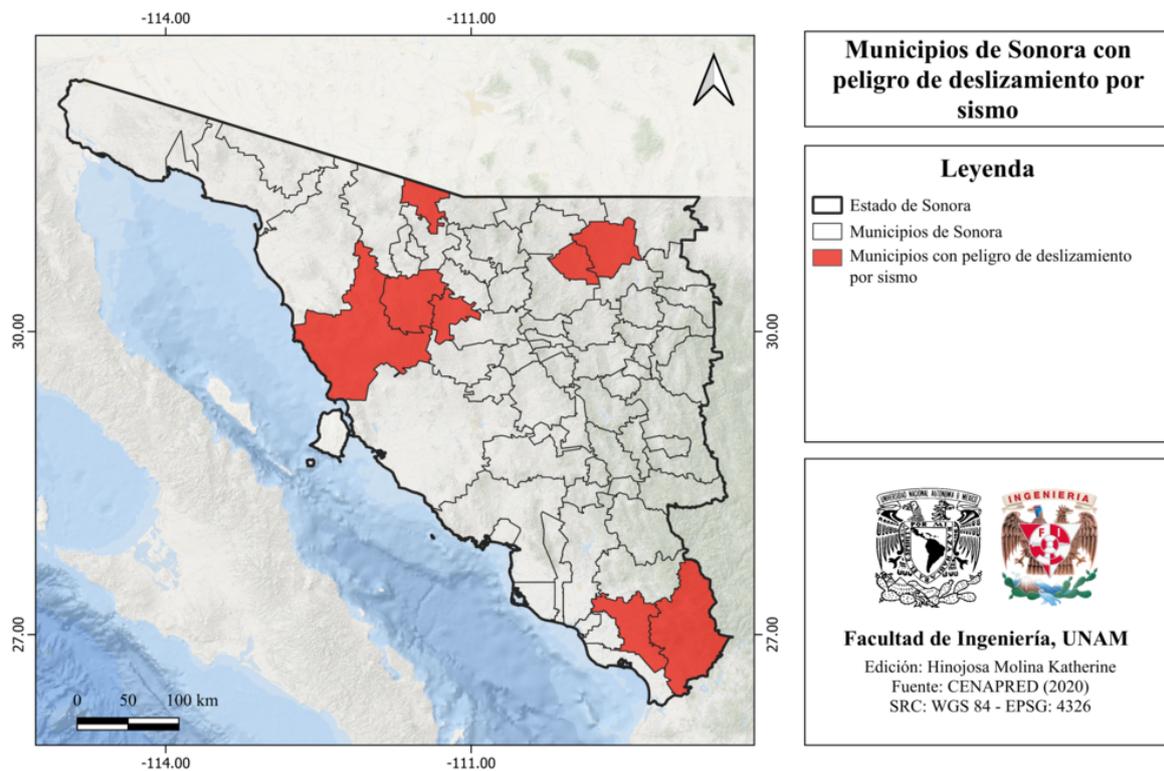


Figura 30.13: Municipios de Sonora con peligro de deslizamiento por sismo [Cenapred, 2020].

### 30.6.6 Municipios con reglamento de construcción de obras civiles

Sonora cuenta con ocho reglamentos municipales de construcción de obras civiles (ver figura 30.14).

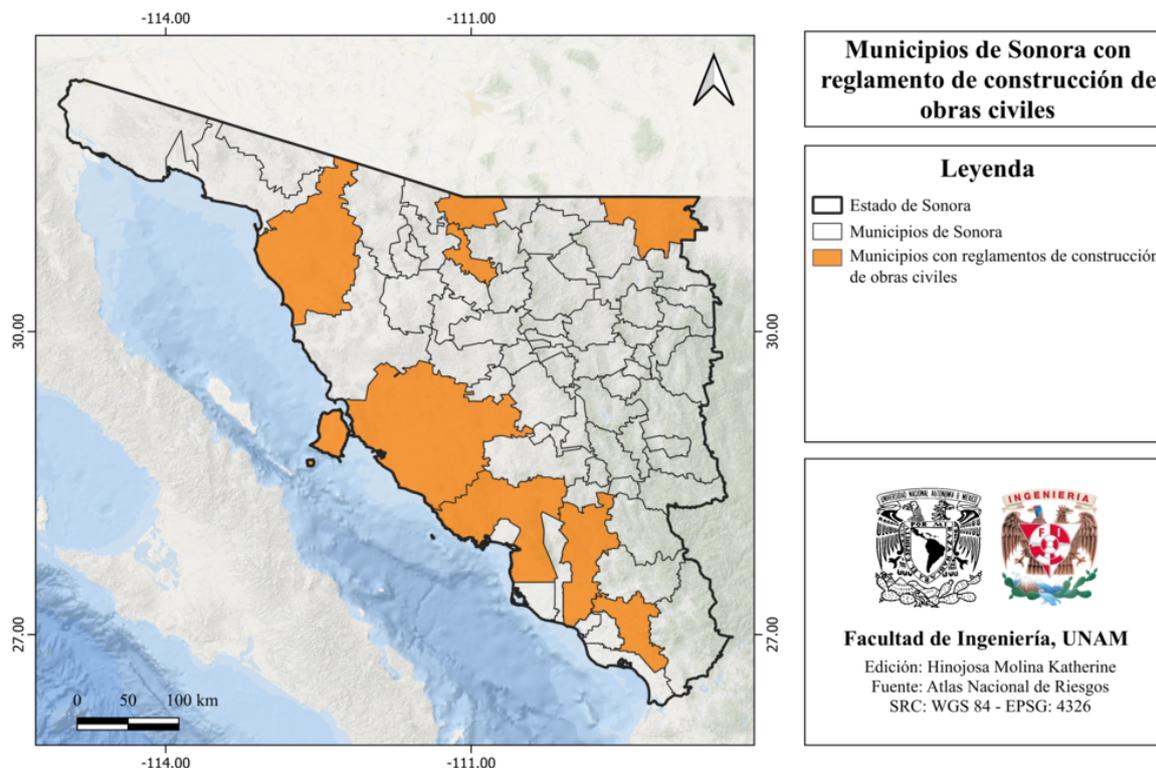


Figura 30.14: Municipios de Sonora con reglamento de construcción [ANR-Cenapred, 2016].

## 30.7 Secuencias sísmicas (enjambres) reportadas por el Servicio Sismológico Nacional (SSN)

### Secuencia sísmica del 13 de marzo al 26 de agosto de 2021

En el período del 13 de marzo al 26 de agosto de 2021, el Servicio Sismológico Nacional (SSN) reportó una secuencia sísmica de 127 eventos, de los cuales fueron localizados 74, con magnitudes entre 2.4 y 5.1. Estos eventos se localizaron en las cercanías de Nacoziari, Sonora. El evento de mayor magnitud ocurrió el 31 de julio a las 16:19 (hora local), a una profundidad de 10 km y magnitud 5.1 [SSN, 2023].

## 30.8 Estaciones de registro sísmico en el estado

El Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE) cuenta con ocho estaciones de registro sísmico en todo el estado de Sonora.

Por otra parte, el Servicio Sismológico Nacional (SSN) cuenta con tres estaciones en Sonora con los siguientes códigos y ubicaciones:

- **NZIG:** Nacozari
- **HSIG:** Hermosillo

La distribución de estas estaciones sísmicas en el estado se puede visualizar en el mapa de la figura 30.15.

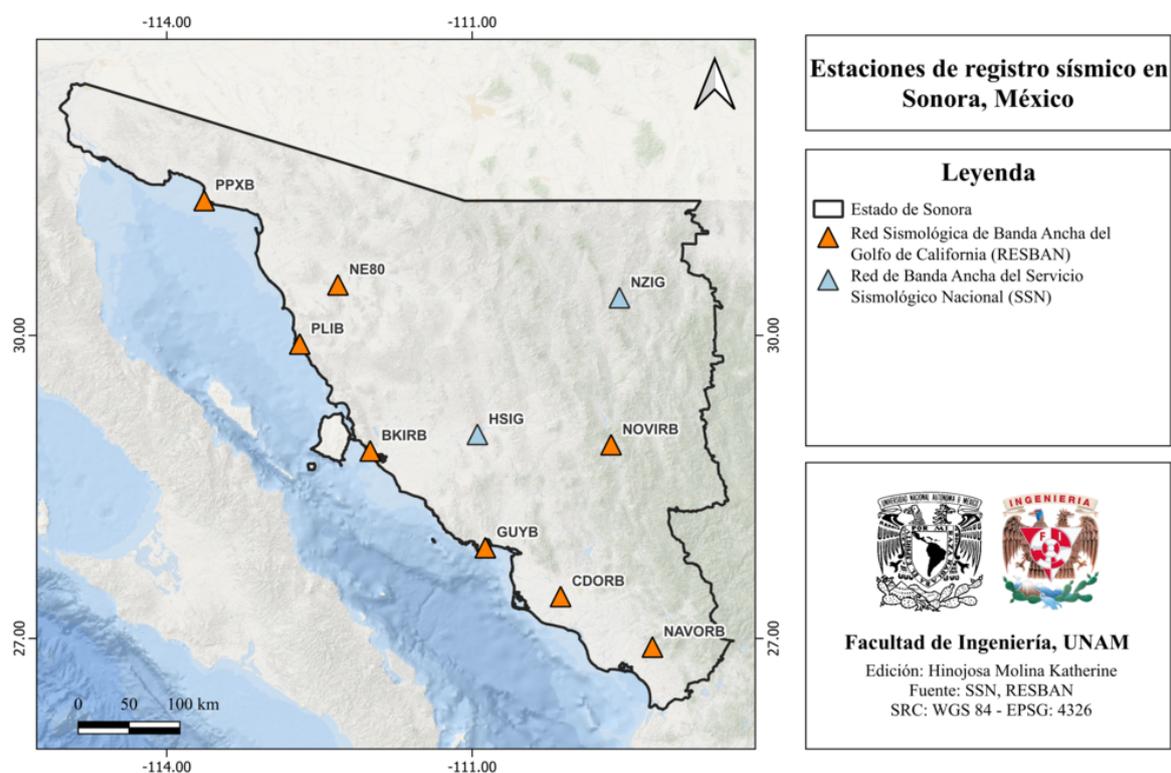


Figura 30.15: Estaciones de registro sísmico en Sonora, México [SSN, 2023], [CICESE, 2023].

## 30.9 Instituciones educativas que han realizado estudios en alguna zona del estado o en sus cercanías

Las siguientes instituciones han realizado estudios en materia geocientífica en Sonora:

- Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE).
- Universidad de Sonora.

## 30.10 Estudios de sismicidad o de peligro sísmico en alguna zona del estado

- Castro, R. R., 2015, "Seismicity in the Basin and range province of Sonora, Mexico, between 2003 and 2011, near the rupture of the 3 May 1887 Mw 7.5 earthquake", *Geofísica Internacional*, 54-1, 83-94.
- DuBois, S. M., y Smith, A. W., 1980, "The 1887 Earthquake in San Bernardino Valley, Sonora: Historic accounts and intensity patterns in Arizona", State of Arizona, Bureau of Geology and Mineral Technology, The University of Arizona, Special Paper 3.
- López-Pineda, L., 2005, "Análisis de la sismicidad y estructura de la corteza en el Golfo de California", Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Tesis Doctoral.
- Martínez Marmolejo, Y. G., 2018, "Evaluación de riesgos geológicos en Bahía de Kino, Sonora, México", Tesis de Maestría, Universidad de Sonora.
- Suter, M., 2001, "The historical seismicity of northeastern Sonora and northwestern Chihuahua, Mexico (28-32°N, 106-111°W)", *Journal of South American Earth Sciences*, 14, 521-532.

# Capítulo 31

## Tabasco

### 31.1 Localización y provincias fisiográficas

#### 31.1.1 Localización

Tabasco se localiza al sureste de México. Limita al norte con el golfo de México; al este con Campeche; al sureste con Guatemala; al sur con Chiapas y al oeste con Veracruz.

#### 31.1.2 Provincias fisiográficas

Con base en la información de la Fisiografía de México del INEGI, el estado de Tabasco forma parte de dos provincias fisiográficas:

1. Llanura Costera del Golfo Sur
2. Sierras de Chiapas y Guatemala

En la figura 31.1 se muestran las provincias fisiográficas de Tabasco.

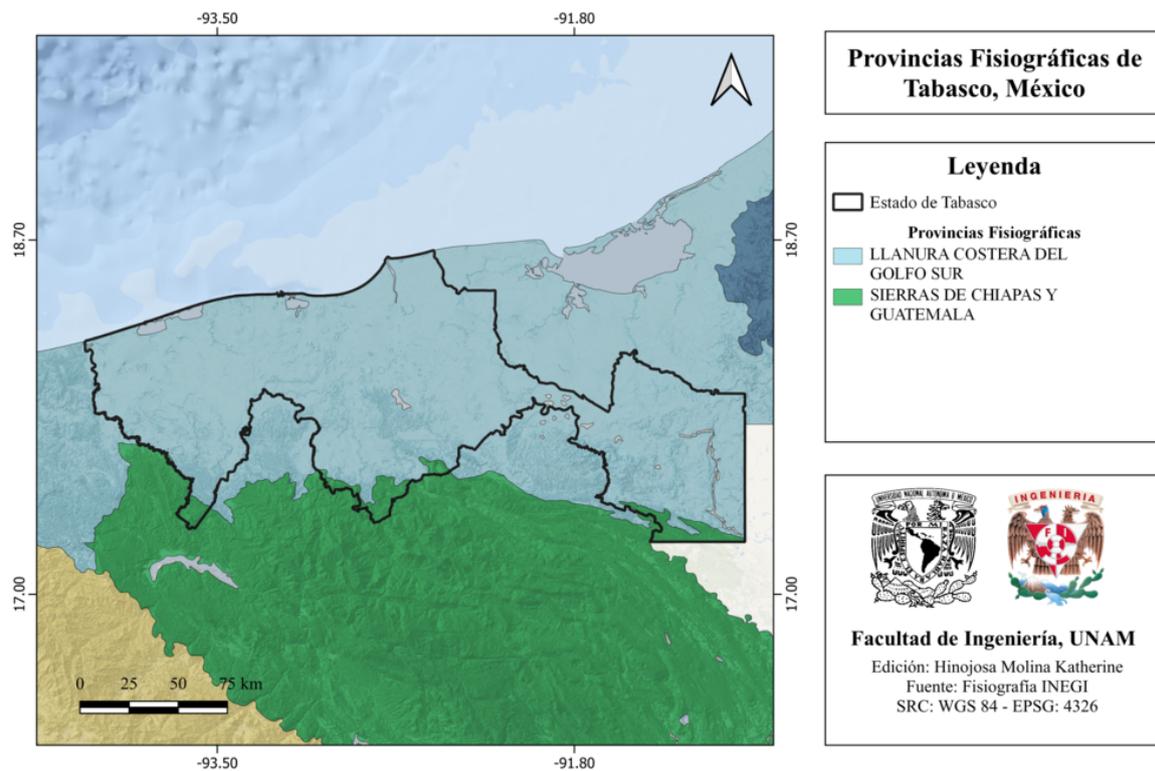


Figura 31.1: Provincias fisiográficas del estado de Tabasco, México [INEGI, 2001].

### 31.1.3 Subprovincias fisiográficas

A su vez, el estado se subdivide en tres subprovincias fisiográficas. Éstas se muestran en la figura 31.2.

- Llanura y pantanos tabasqueños
- Sierras bajas del Petén
- Sierras del norte de Chiapas

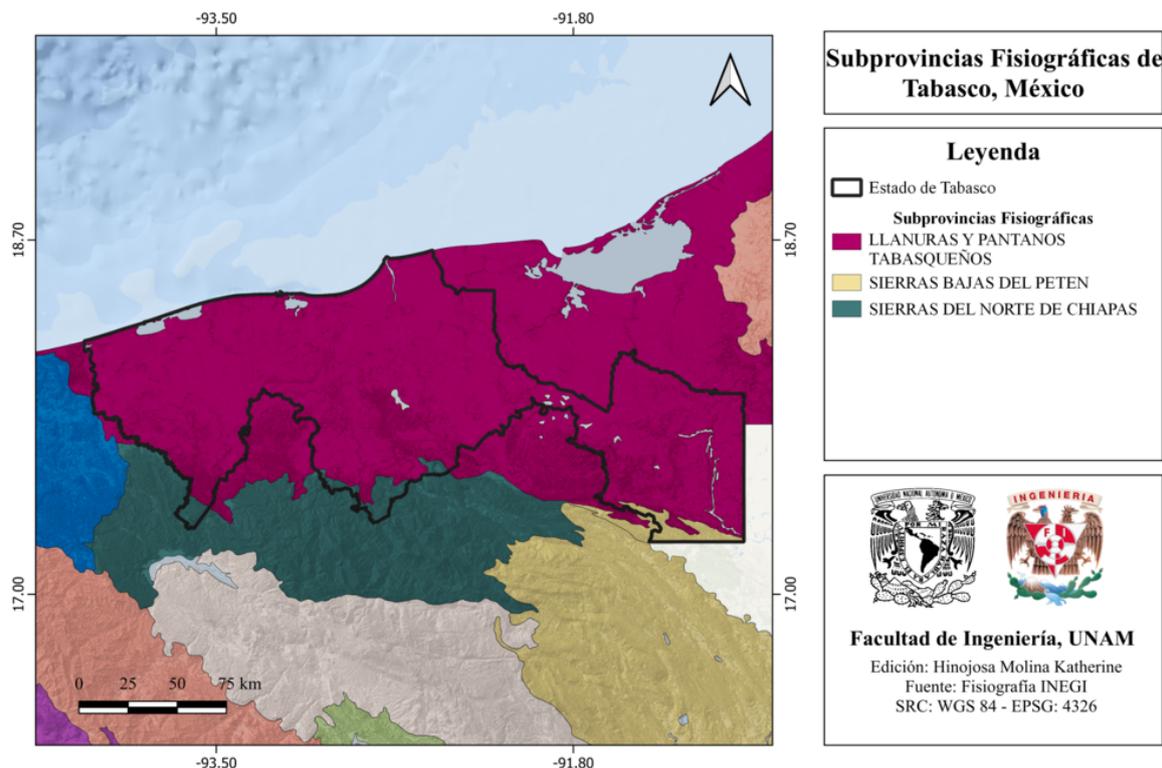


Figura 31.2: Subprovincias fisiográficas del estado de Tabasco, México [INEGI, 2001].

### 31.1.4 Rasgos geológicos estructurales

La mayor parte de la corteza continental del estado de Tabasco se encuentra dentro de la placa Norteamericana la cual tiene contacto tectónico con la placa del Caribe a lo largo de la zona de fallas Polochic-Motagua [SGM, 2013].

En la figura 31.3 se muestra el mapa de rasgos estructurales de Tabasco, en el cual se observa la presencia de fallas normales y de rumbo, así como anticlinales y sinclinales.

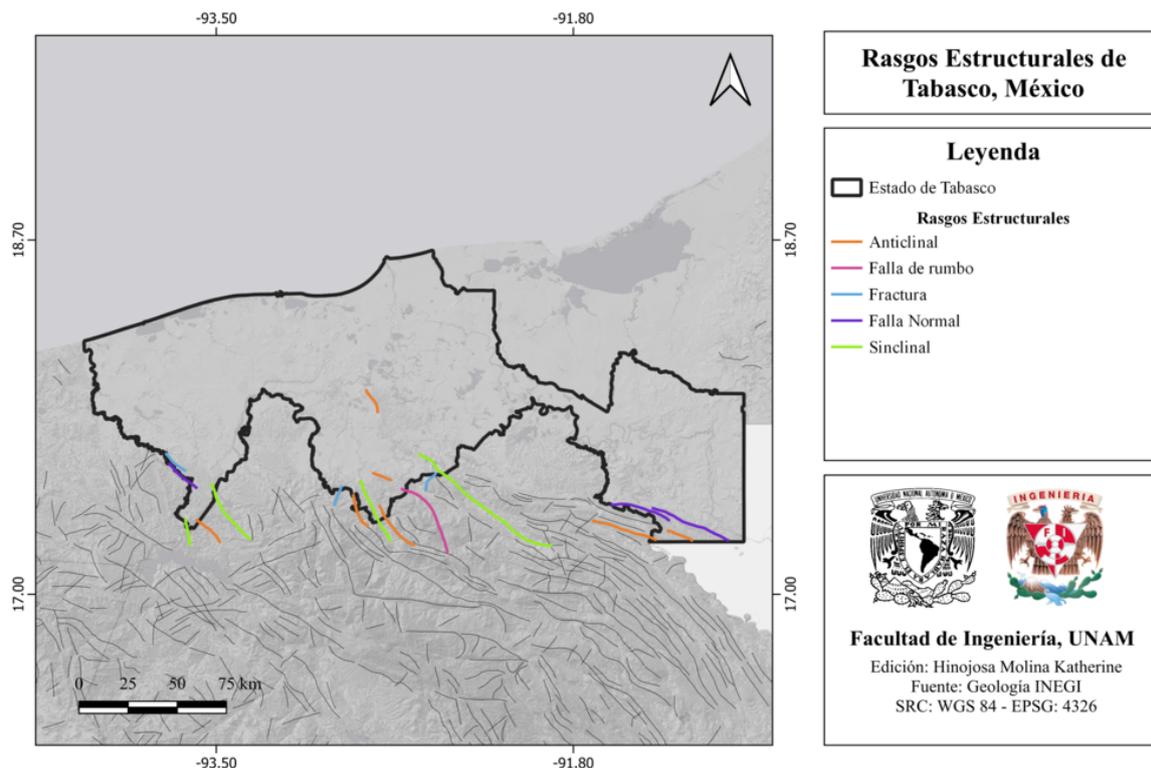


Figura 31.3: Rasgos estructurales de Tabasco, México [INEGI, 2002].

## 31.2 Zonas sismogénéticas (sismotectónicas)

### 31.2.1 Zonas sismogénéticas de acuerdo con Zúñiga et al., (2017)

Tabasco forma parte de las siguientes zonas sismogénéticas [Zúñiga et al., 2017]:

#### Zonas sismogénéticas someras ( $h < 40$ km)

- **GMX**: Zona de eventos intraplaca en la placa de Norteamérica. Provincia del Golfo de México.
- **NAM**: Intraplaca o corticales en la placa Norteamericana al sureste de México. No relacionados con el régimen volcánico de la Faja Volcánica Transmexicana ( $h < 20$  km).
- **NAL**: Sismicidad escasa, zona de eventos intraplaca en la placa de Norteamérica. Península de Yucatán ( $h < 20$  km).

En la figura 31.4 se muestran estas zonas sismogénicas someras.

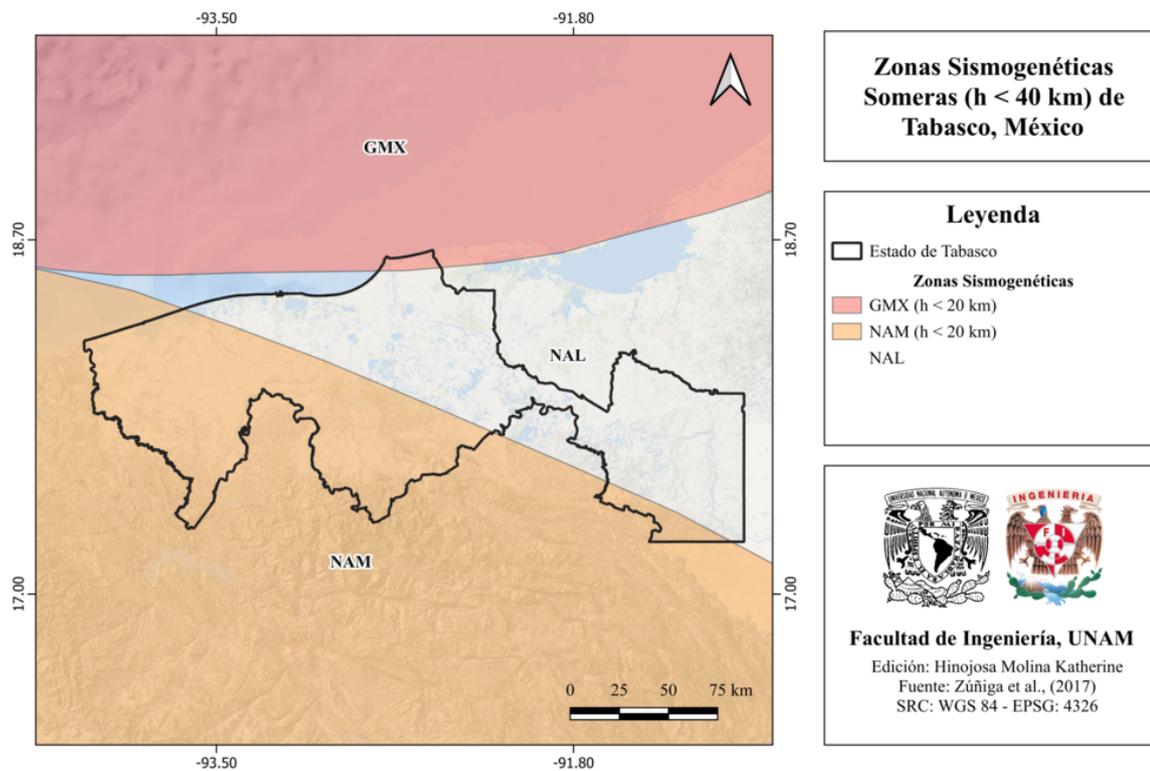


Figura 31.4: Zonas sismogénicas someras ( $h < 40$  km) de Tabasco, México [Zúñiga et al., 2017].

### Zonas sismogénicas de profundidad intermedia ( $h > 40$ km)

- **IN3:** Zona de eventos intraplaca o corticales en la placa de Cocos, de profundidad intermedia ( $40 \text{ km} \leq h < 460 \text{ km}$ ) Extensión en profundidad de la zona SUB4.

En la figura 31.5 se muestran estas zonas sismogénicas de profundidad intermedia.

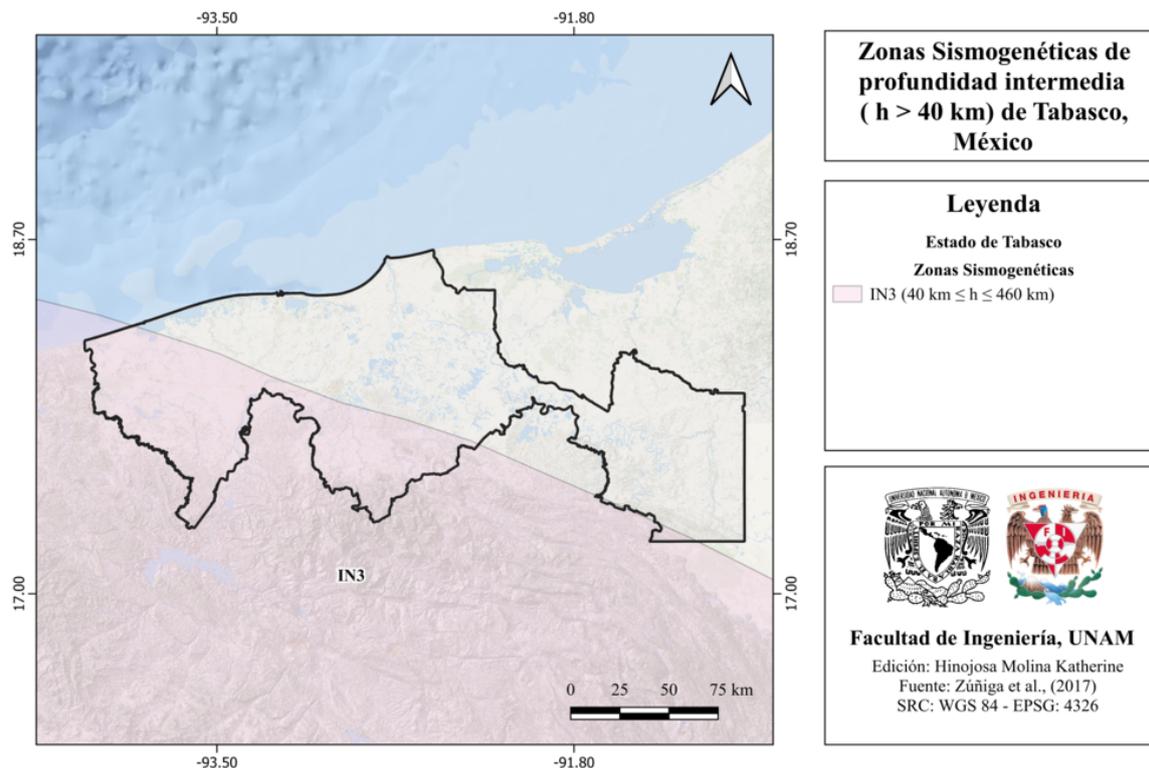


Figura 31.5: Zonas sismogénicas de profundidad intermedia ( $h > 40$  km) de Tabasco, México [Zúñiga et al., 2017].

### 31.2.2 Zonas sismogénicas de acuerdo con la Comisión Federal de Electricidad (2015)

De acuerdo con la Comisión Federal de Electricidad (2015), Tabasco se encuentra sobre las siguientes zonas generadoras de sismos:

#### Zonas generadoras de sismos superficiales

- **30:** Golfo
- **31:** Petrolera
- **32:** Intraplaca
- **37:** Chiapas Volcán - Modificada

Estas zonas sismogénicas se muestran en la figura 31.6.

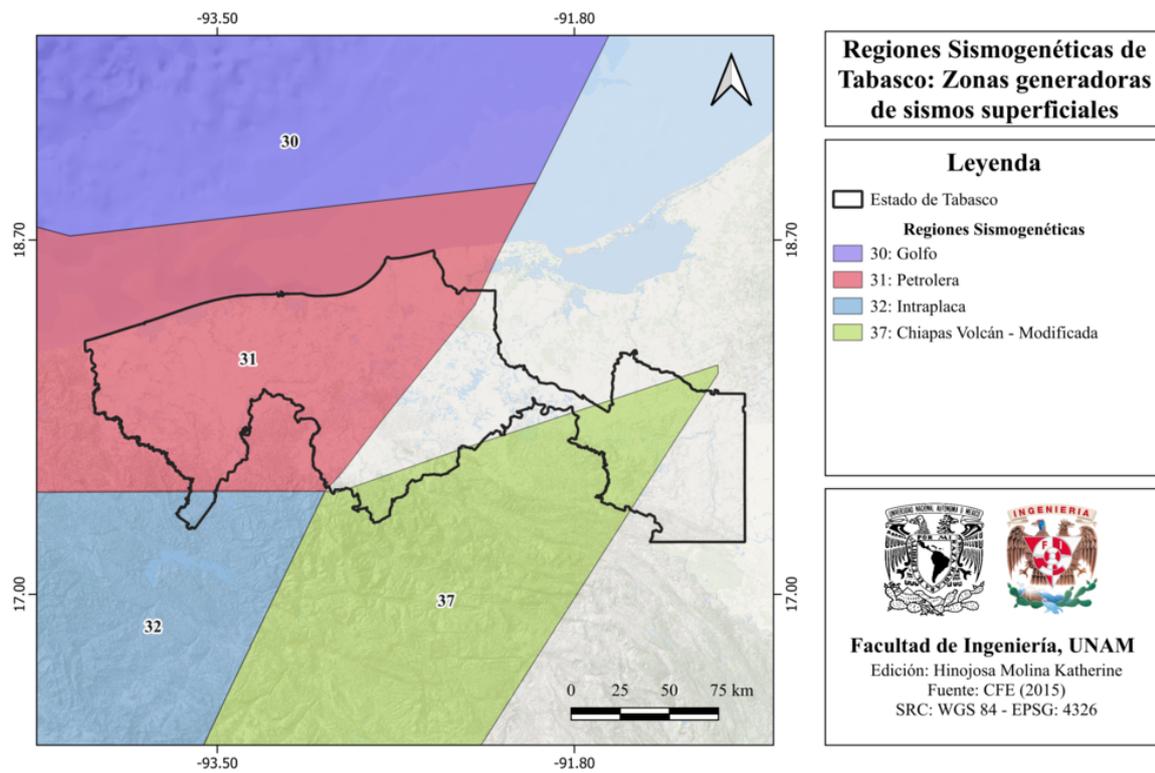


Figura 31.6: Zonas generadoras de sismos superficiales de Tabasco, México [CFE, 2015].

### Zonas generadoras de sismos de profundidad intermedia

- **36:** Profundidad Intermedia Este Nueva - Modificada
- **38:** Profundos Chiapas - Modificada

Esta zona sismogénica se muestra en la figura 31.7

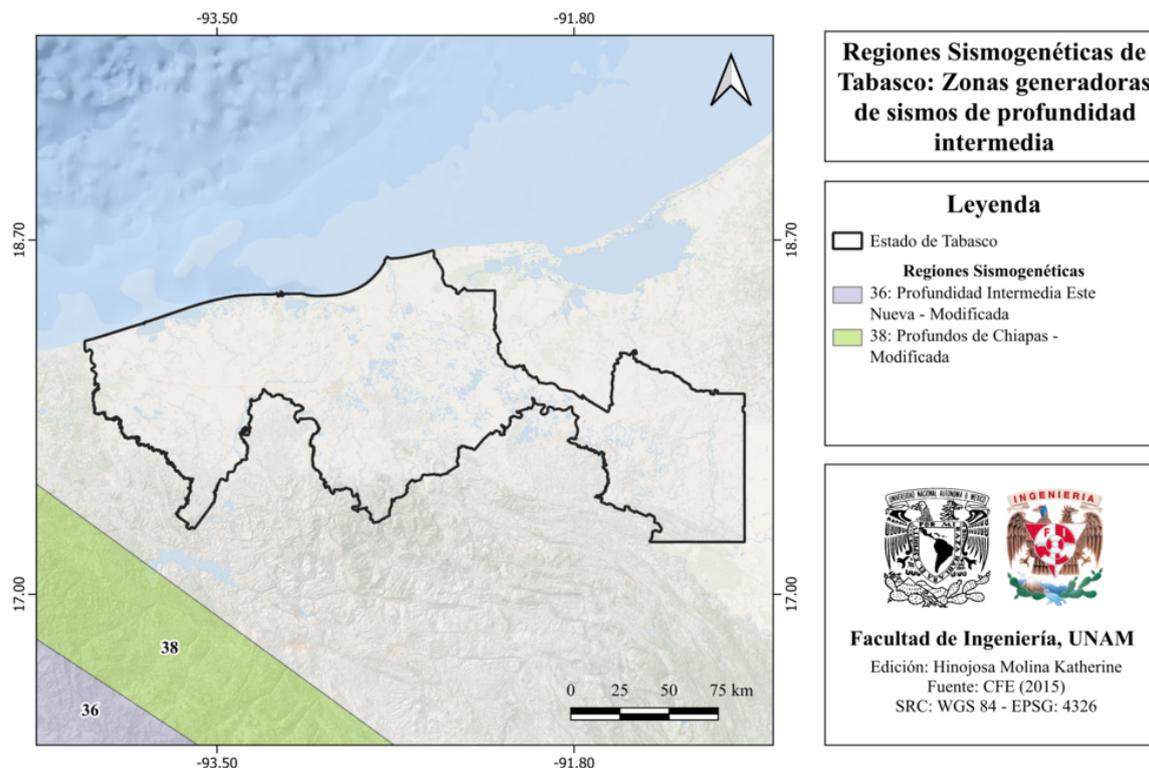


Figura 31.7: Zonas generadoras de sismos de profundidad intermedia de Tabasco, México [CFE, 2015].

### 31.3 Sismicidad reportada por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) en el período 1900-2022

El Servicio Sismológico Nacional (SSN) ha reportado 616 sismos en el período comprendido entre 1900 y 2022 (UTC), desde 2.7 y hasta 4.8 de magnitud.

### 31.4 Sismos históricos

En la actualidad no se tienen registros de sismos históricos con epicentro en Tabasco, sin embargo, sí han sido percibidos de manera relevante los siguientes sismos:

- **7 de septiembre de 2017:** Sismo de magnitud 8.2, de 45.9 km de profundidad y localizado en el Golfo de Tehuantepec, a 133 km al suroeste de Pijijiapan, Chiapas. Fue percibido en Tabasco, México con aceleraciones de entre los 4.0 a los 11.0 [ $\frac{cm}{s^2}$ ], tal como se muestra en el mapa de intensidades, mostrado en la figura 31.8.

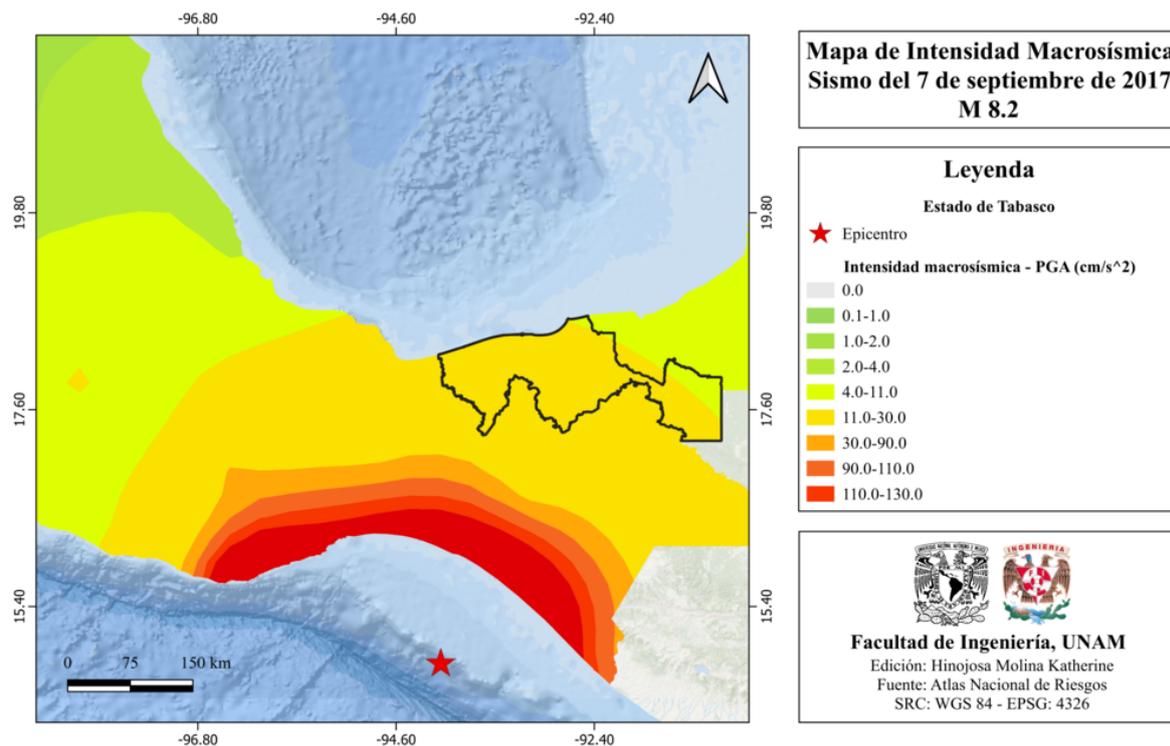


Figura 31.8: Mapa de intensidad Macrosísmica del sismo del 7 de septiembre de 2017, M 8.2 [ANR-Cenapred, 2016].

- **26 de agosto de 1959, M 6.4:** Sismo de magnitud M 6.4, localizado a 12 km al norte de Allende, Veracruz y con una profundidad de 21 km. Fue percibido con intensidades de III, IV, y V en la escala de intensidad de Mercalli las cuales corresponden a débil, ligero y moderado, respectivamente. En la figura 31.9 se muestra el mapa de intensidad de este sismo.

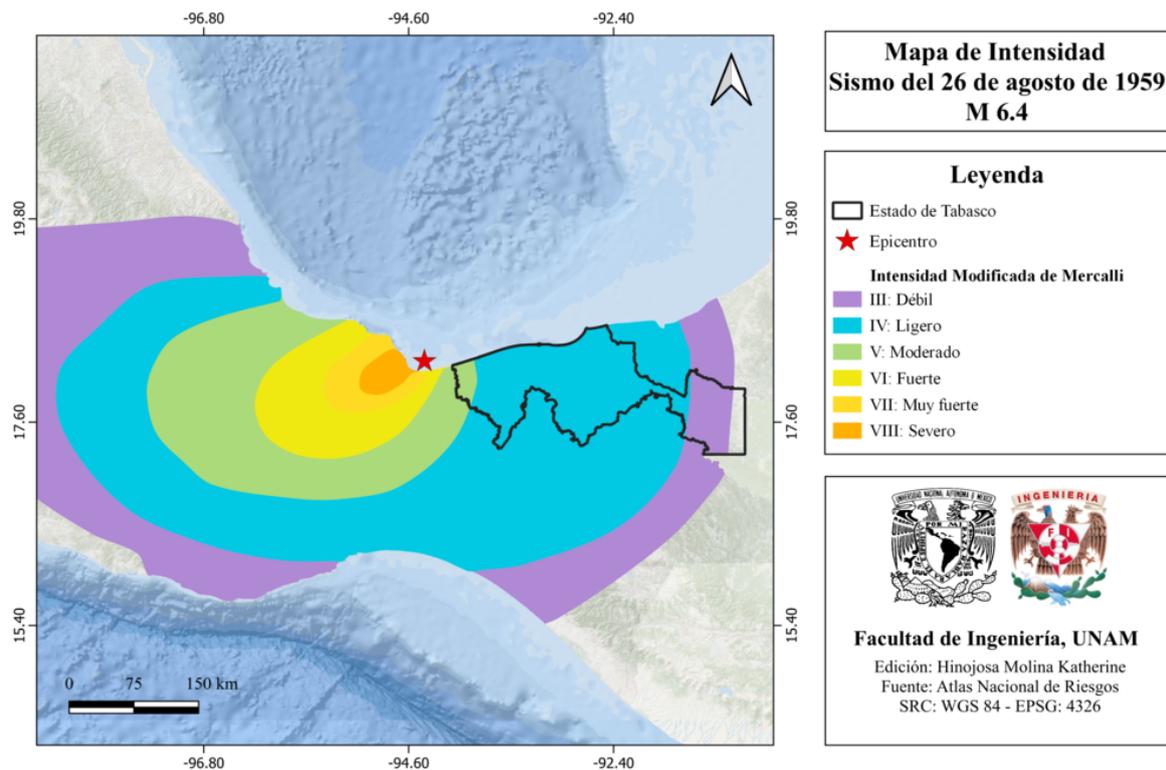


Figura 31.9: Mapa de intensidad del sismo del 26 de agosto de 1959, M 6.4 [ANR-Cenapred, 2016].

- **11 de noviembre de 1942, M 6.7:** Sismo de magnitud 6.7, localizado a 75 km de las Choapas, Veracruz. Tuvo una profundidad de 90 km y fue percibido en el estado de Tabasco con intensidades en la escala modificada de Mercalli de III, IV y V.

### 31.5 Peligro por tsunami

La costa del estado de Tabasco se encuentra en la zona con bajo potencial de recepción de tsunamis [Cenapred, 2021], tal como se muestra en la figura 31.10.

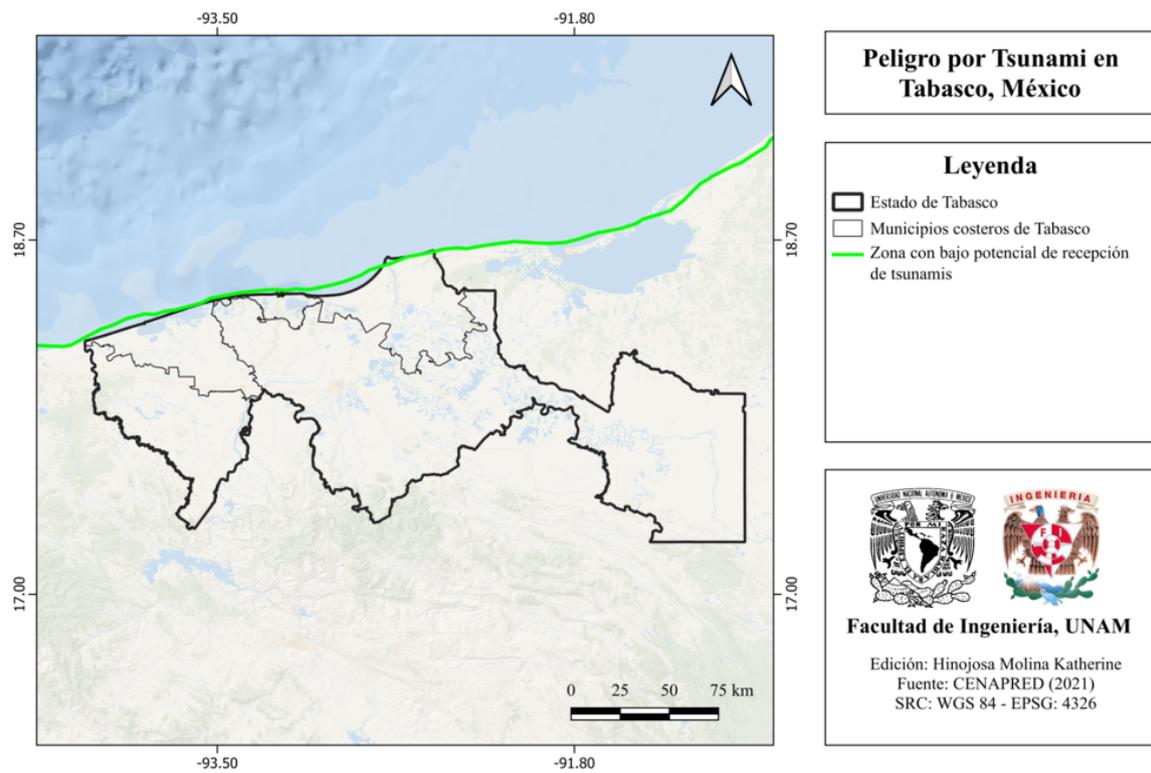


Figura 31.10: Peligro por tsunami en Tabasco, México [Cenapred, 2021].

## 31.6 Información general de peligro sísmico

### 31.6.1 Global de intensidades

El mapa global de intensidades de Tabasco se muestra en la figura 31.11:

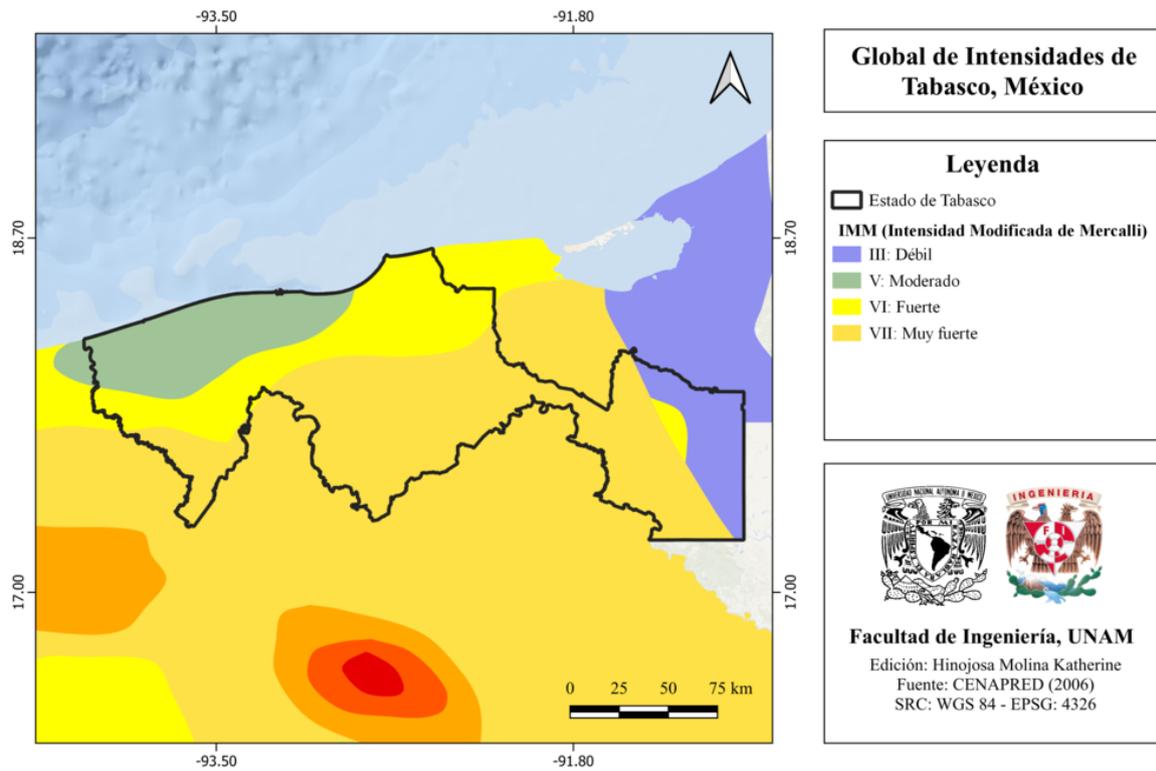


Figura 31.11: Global de intensidades de Tabasco, México [ANR-Cenapred, 2016].

### 31.6.2 Regionalización sísmica de acuerdo con la CFE (2015)

Tabasco forma parte de la zona B y C, que corresponden a sismicidad baja y alta respectivamente [CFE, 2015], tal como se muestra en la figura 31.12.

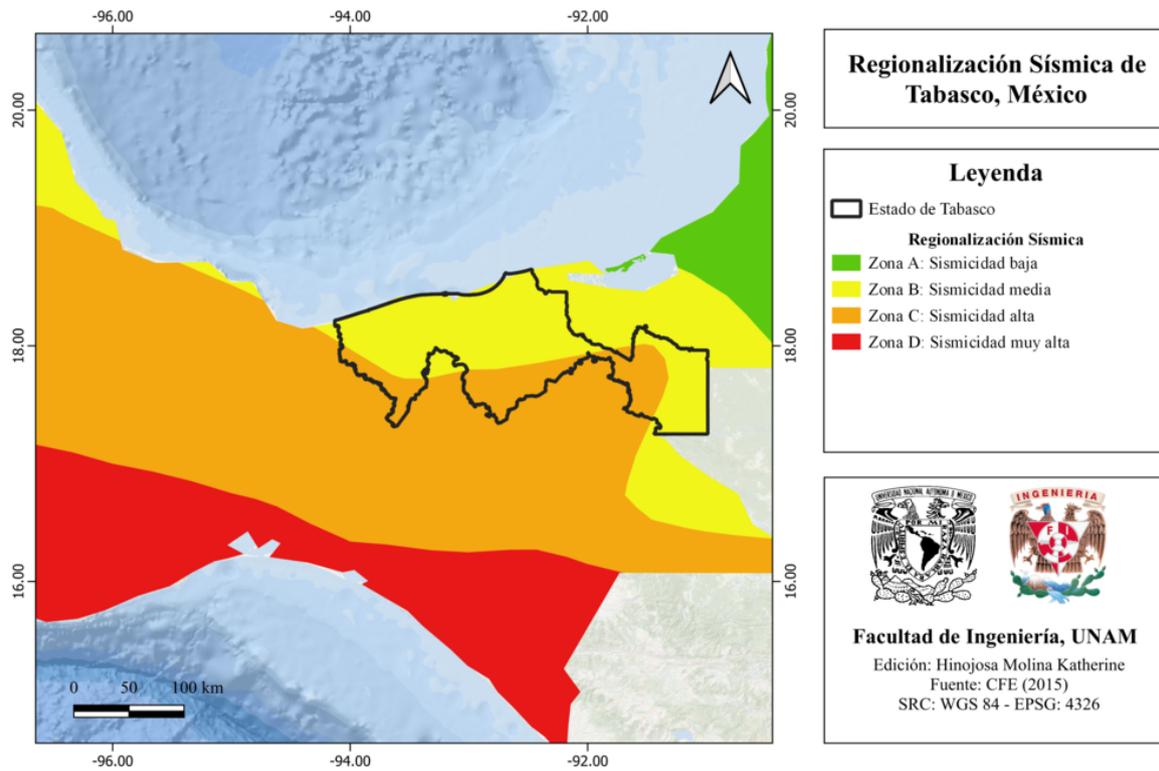


Figura 31.12: Regionalización sísmica de Tabasco, México [CFE, 2015].

### 31.6.3 Parámetro Vs30 (USGS)

El mapa de velocidad de onda de corte, de acuerdo con el parámetro Vs30 del USGS para Tabasco, se muestra en la figura 31.13.

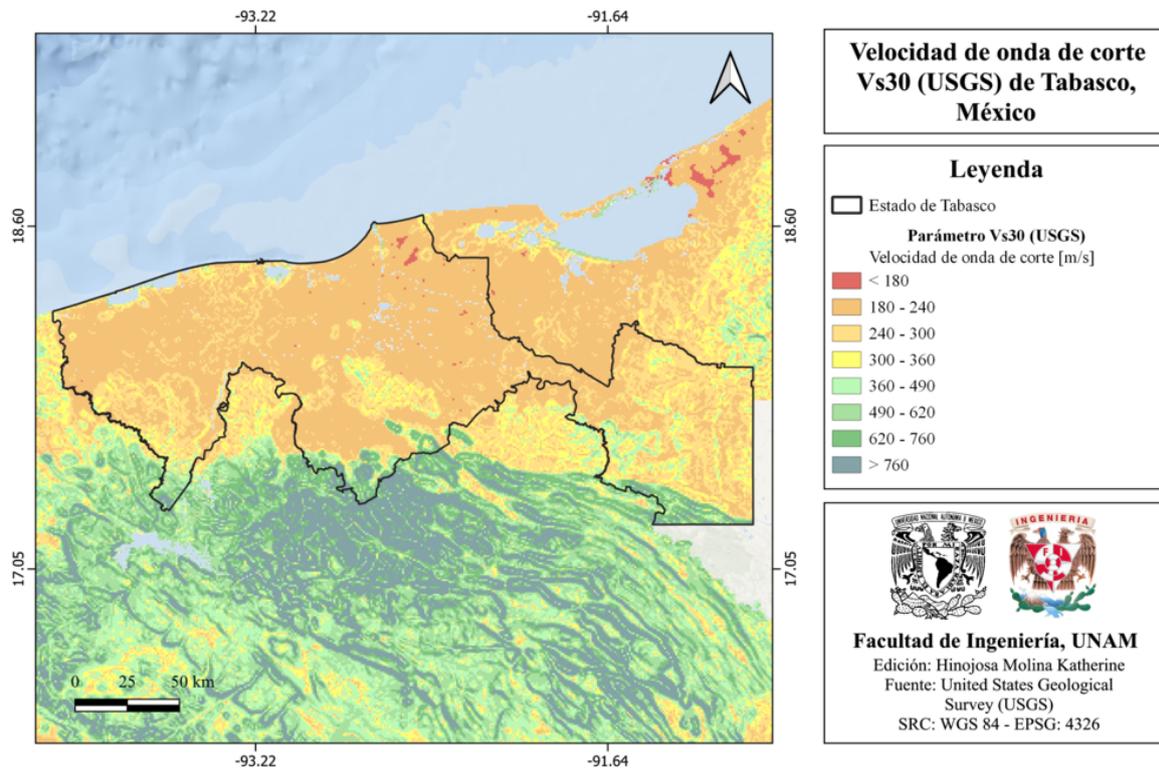


Figura 31.13: Velocidad de onda de corte Vs30 (USGS) de Tabasco, México [Heath et al., 2020].

### 31.6.4 Municipios con posibles efectos de sitio

En el mapa de la figura 31.14 se muestran los municipios con posibles efectos de sitio.

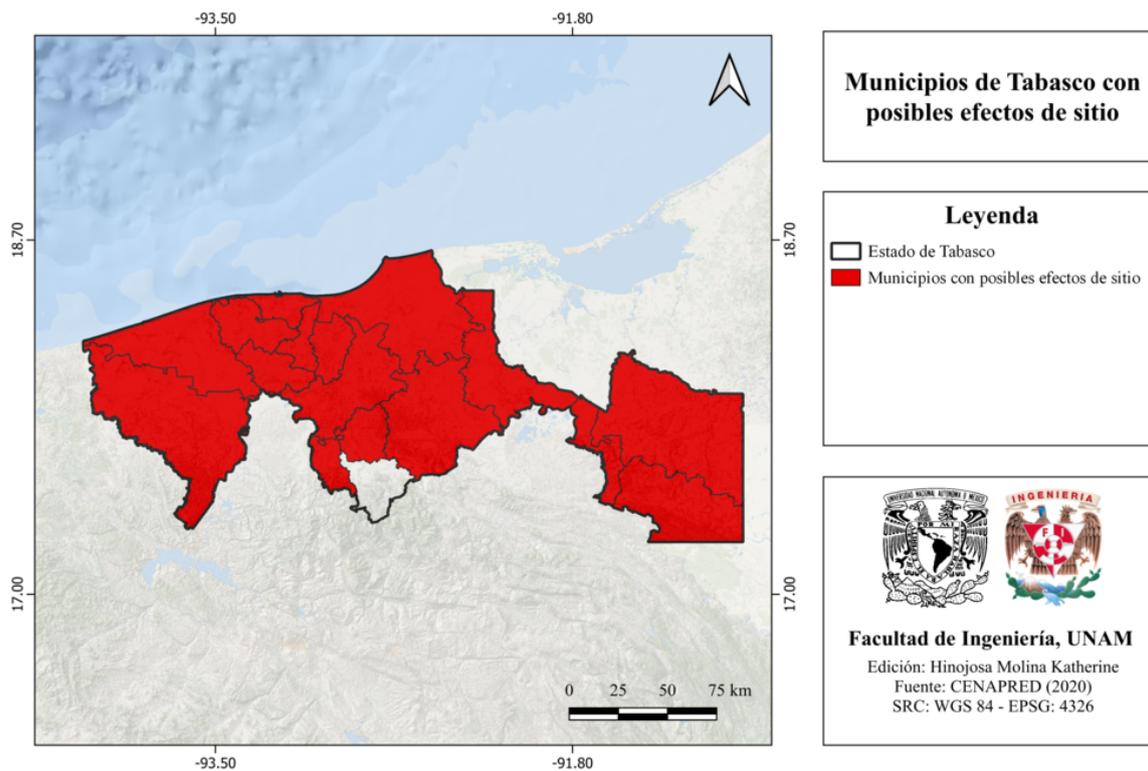


Figura 31.14: Municipios de Tabasco con posibles efectos de sitio [Cenapred, 2020].

### 31.6.5 Municipios con peligro de deslizamiento por sismo

En el estado de Tabasco no se tiene peligro de deslizamiento por sismo.

### 31.6.6 Municipios con reglamento de construcción de obras civiles

El estado de Tabasco cuenta con el siguiente reglamento de obras civiles:

- Reglamento de Construcciones del Municipio del Centro, estado de Tabasco (1984)

## 31.7 Secuencias sísmicas (enjambres) reportadas por el Servicio Sismológico Nacional (SSN)

No existen registros en el Servicio Sismológico Nacional (SSN) sobre secuencias sísmicas en el estado de Tabasco.

## 31.8 Estaciones de registro sísmico en el estado

Tabasco cuenta con una estación de registro sísmico perteneciente a la Red Acelerográfica del Instituto de Ingeniería.

- **VHSA:** Villahermosa

En el mapa de la figura 31.15 se muestran las estaciones sísmicas de Tabasco.

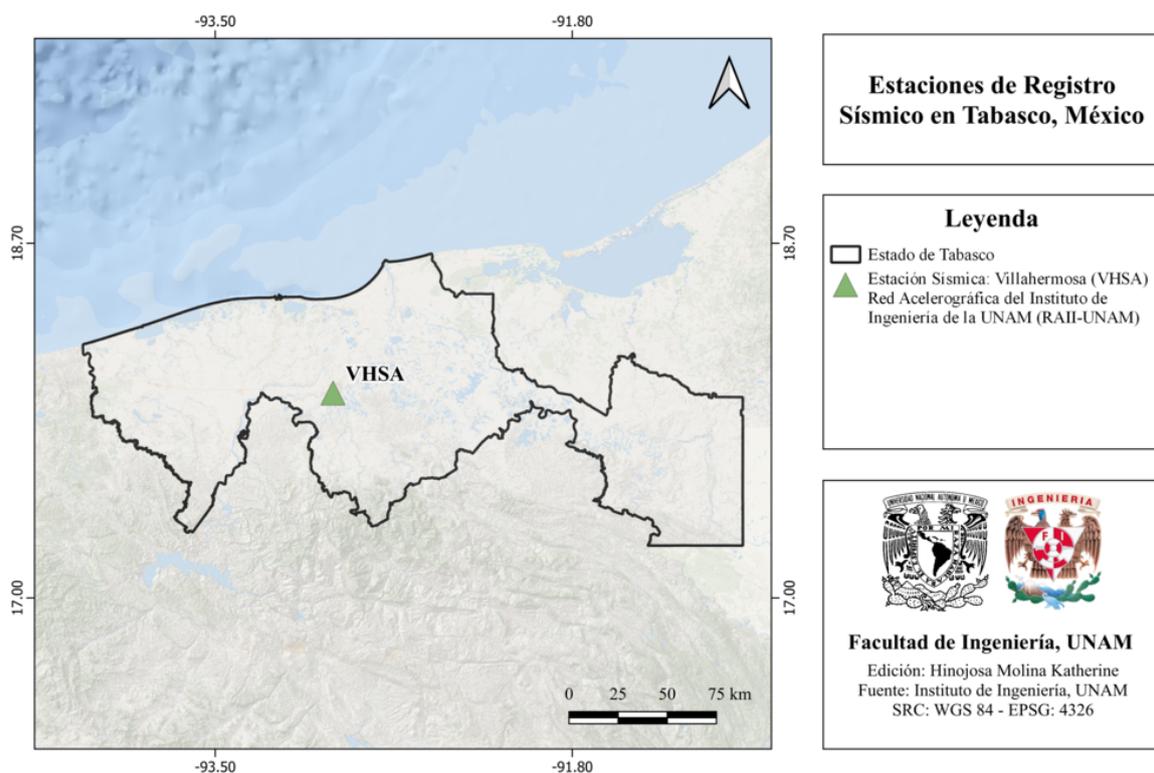


Figura 31.15: Estaciones de registro sísmico en Tabasco, México [II, 2023].

## 31.9 Instituciones educativas que han realizado estudios en alguna zona del estado o en sus cercanías

- Universidad Politécnica del Centro
- Universidad Juárez Autónoma de Tabasco
- Universidad Olmeca

## 31.10 Estudios de sismicidad o de peligro sísmico en alguna zona del estado

- Servicio Geológico Mexicano. (2013). Atlas de peligro por fenómenos naturales del estado Tabasco 2013. Recuperado de [http://rmgir.proyectomesoamerica.org/PDFAtlasEstatales/TABASCO\\_2013.pdf](http://rmgir.proyectomesoamerica.org/PDFAtlasEstatales/TABASCO_2013.pdf)
- Singh S. K., Pacheco J. F., Pérez-Campos X., Ordaz, M., y Reynoso, E. (2015). "The 6 September 1997 (Mw4.5) Coatzacoalcos-Minatitlan, Veracruz, Mexico earthquake: implications for tectonics and seismic hazard of the region". *Geofísica Internacional*, 54-3, pp. 289-298.

# Capítulo 32

## Tamaulipas

### 32.1 Localización y provincias fisiográficas

#### 32.1.1 Localización

El estado de Tamaulipas se localiza al noreste del país, limita al norte con el río Bravo que lo separa de estados Unidos, al este con el Golfo de México, al sur con Veracruz, al suroeste con San Luis Potosí y al oeste con Nuevo León.

#### 32.1.2 Provincias fisiográficas

Con base en la información de la Fisiografía de México del INEGI, el estado de Tamaulipas forma parte de tres provincias fisiográficas:

1. Grandes Llanuras de Norteamérica
2. Llanura Costera del Golfo Norte
3. Sierra Madre Oriental

En la figura 32.1 se muestran las provincias fisiográficas de Tabasco.

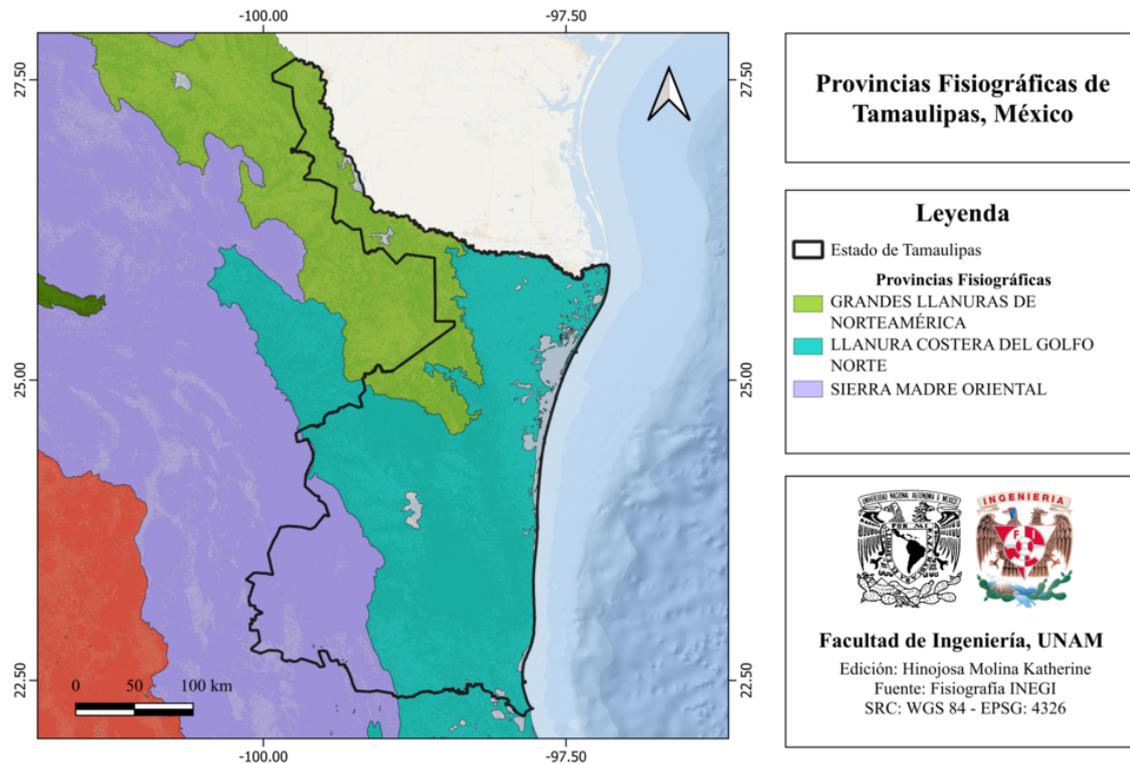


Figura 32.1: Provincias fisiográficas del estado de Tamaulipas, México [INEGI, 2001].

### 32.1.3 Subprovincias fisiográficas

A su vez, el estado se subdivide en siete subprovincias fisiográficas. Éstas se muestra en la figura 32.2.

- Gran Sierra Plegada
- Llanura Costera Tamaulipeca
- Llanuras de Coahuila y Nuevo León
- Llanuras y Lomeríos
- Sierra de San Carlos
- Sierra de Tamaulipas
- Sierras y Llanuras Occidentales

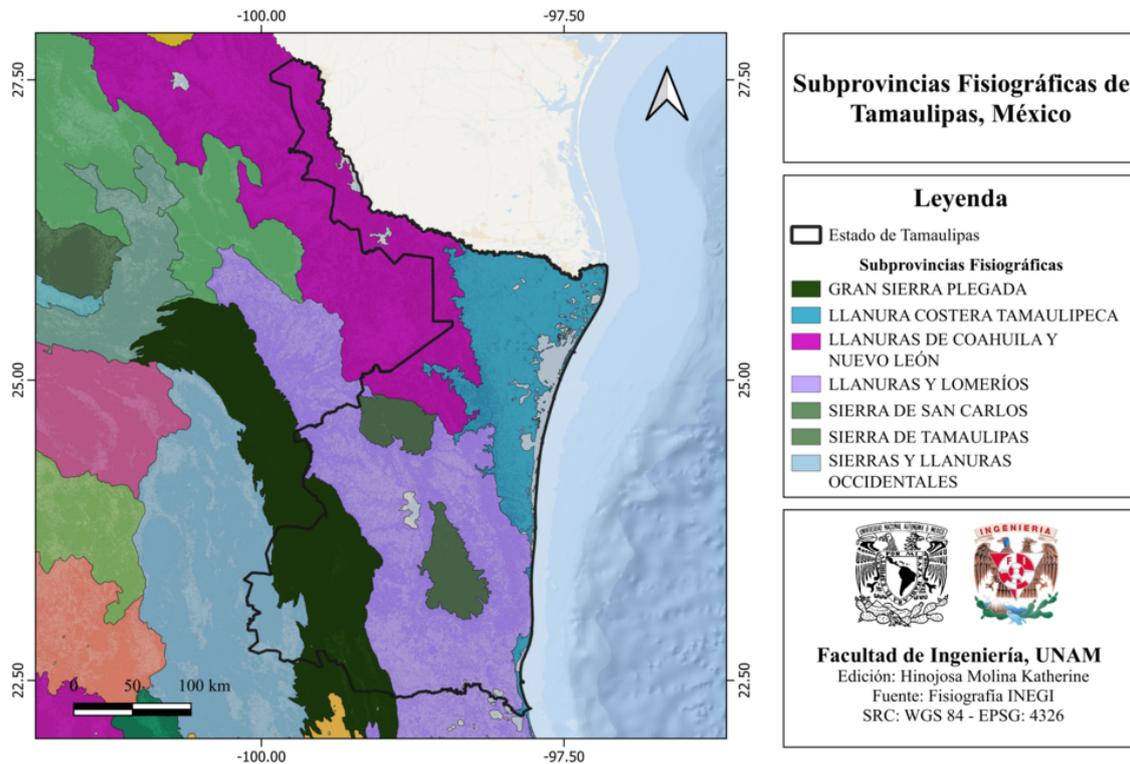


Figura 32.2: Subprovincias fisiográficas del estado de Tamaulipas, México [INEGI, 2001].

### 32.1.4 Rasgos geológicos estructurales

El estado de Tamaulipas presenta diversos rasgos estructurales, tales como fracturas y fallas normales (ver figura 32.3).

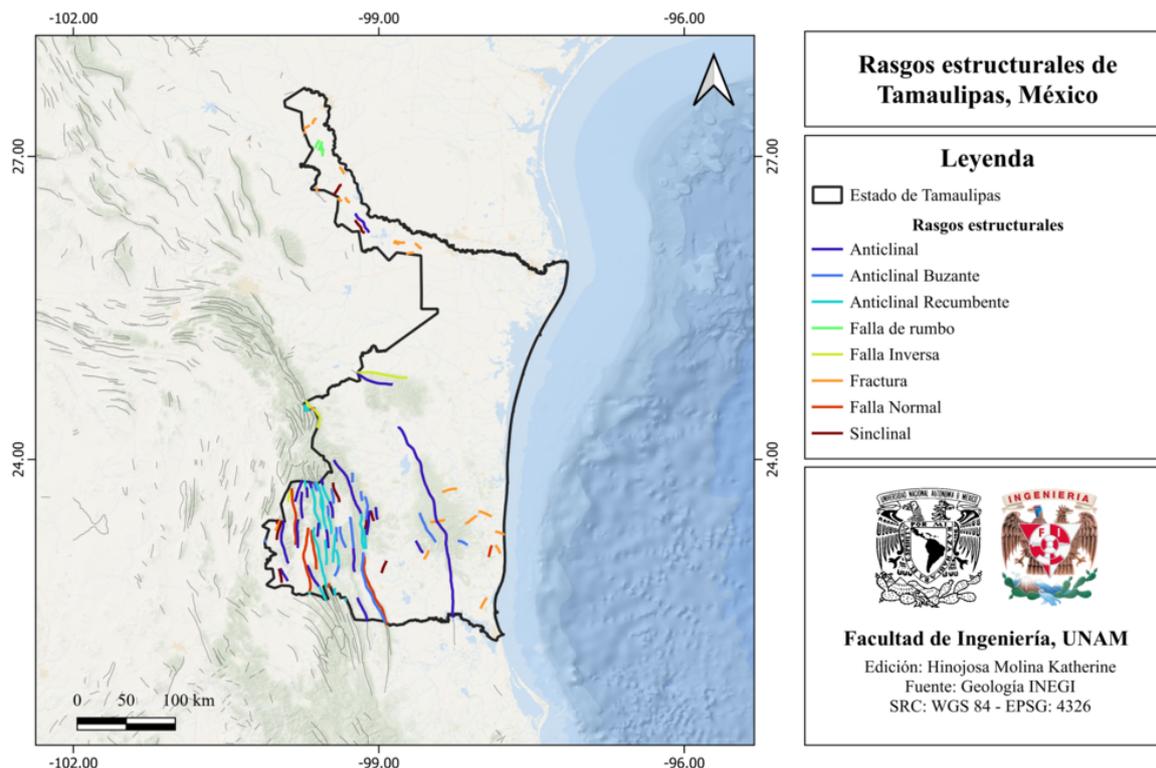


Figura 32.3: Rasgos estructurales de Tamaulipas, México [INEGI, 2002].

## 32.2 Zonas sismogénéticas (sismotectónicas)

### 32.2.1 Zonas sismogénéticas de acuerdo con Zúñiga et al., (2017)

Tamaulipas forma parte de las siguientes zonas sismogénéticas [Zúñiga et al., 2017]:

#### Zonas sismogénéticas someras ( $h < 40$ km)

- **GMX**: Zona de eventos intraplaca en la placa de Norteamérica. Provincia del Golfo de México.
- **BB**: Zona de eventos intra-placa en la placa de Norteamérica ( $h < 20$  km). Provincia de Estrés de la Cuenca de Burgos.

En la figura 32.4 se muestran estas zonas sismogénéticas someras.

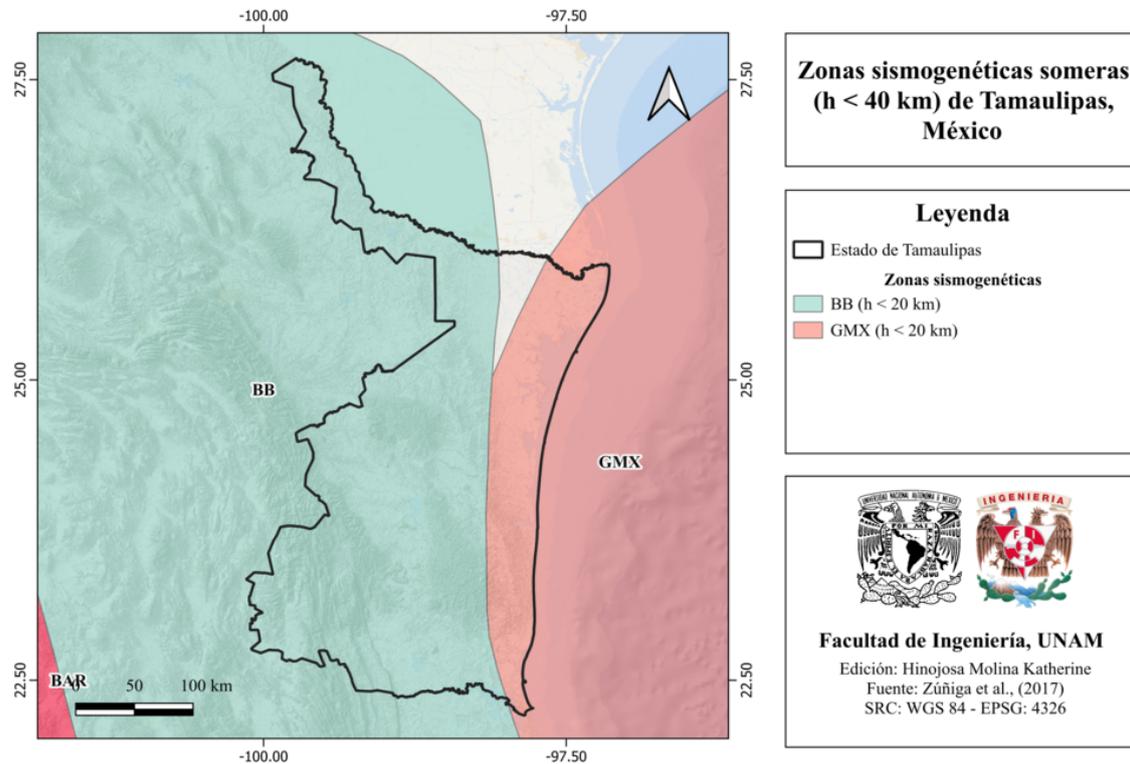


Figura 32.4: Zonas sísmogenéticas someras (h < 40 km) de Tamaulipas, México [Zúñiga et al., 2017].

### 32.2.2 Zonas sísmogenéticas de acuerdo con la Comisión Federal de Electricidad (2015)

De acuerdo con la Comisión Federal de Electricidad (2015), Tamaulipas se encuentra sobre las siguientes zonas generadoras de sismos:

#### Zonas generadoras de sismos superficiales

- **8:** Cuenca de Burgos
- **30:** Golfo
- **34:** Sismicidad difusa 1

Estas zonas sísmogenéticas se muestran en la figura ??.

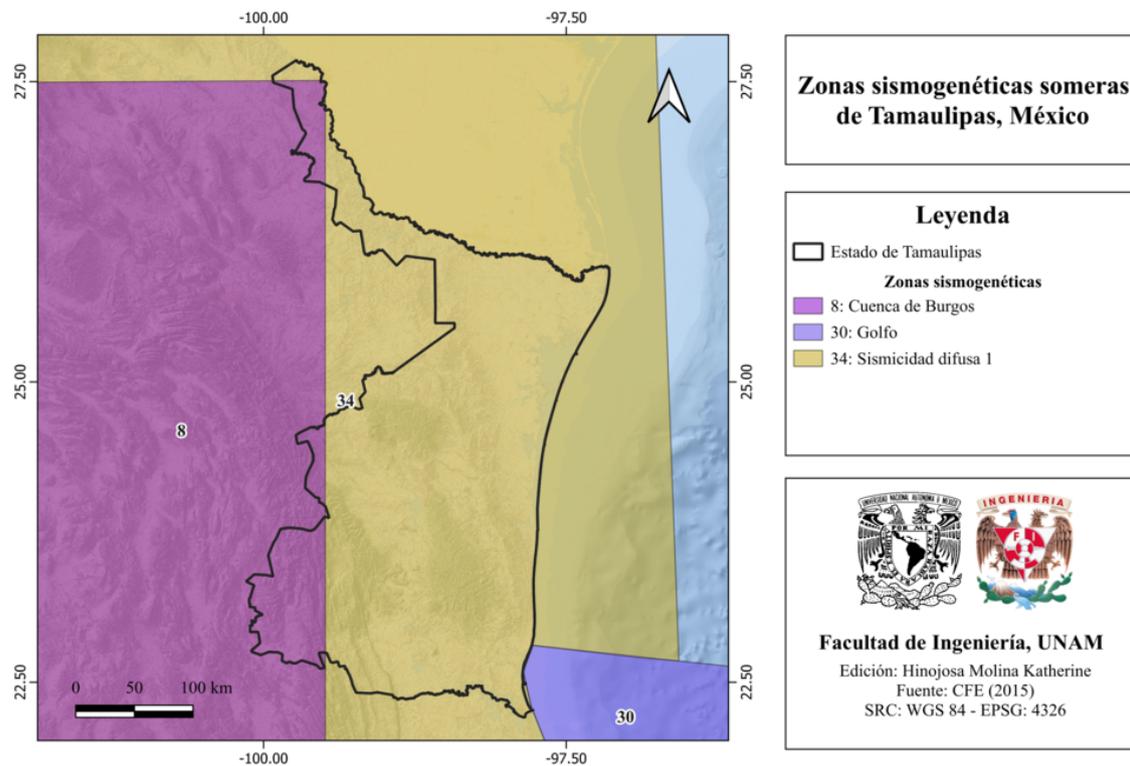


Figura 32.5: Zonas Generadoras de sismos Superficiales de Tamaulipas, México [CFE, 2015].

### 32.3 Sismicidad reportada por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) en el período 1900-2022

El Servicio Sismológico Nacional (SSN) ha reportado 141 sismos en Tamaulipas durante el período del 1 de enero de 1900 al 31 de diciembre de 2022 (UTC) con magnitudes desde 2.9 hasta 4.8.

### 32.4 Sismos históricos

No existen registros de sismos históricos para el estado de Tamaulipas.

## 32.5 Peligro por tsunami

La costa del estado de Tamaulipas se localiza en una zona de bajo potencial de recepción de tsunamis [Cenapred, 2021], (ver figura 32.6).

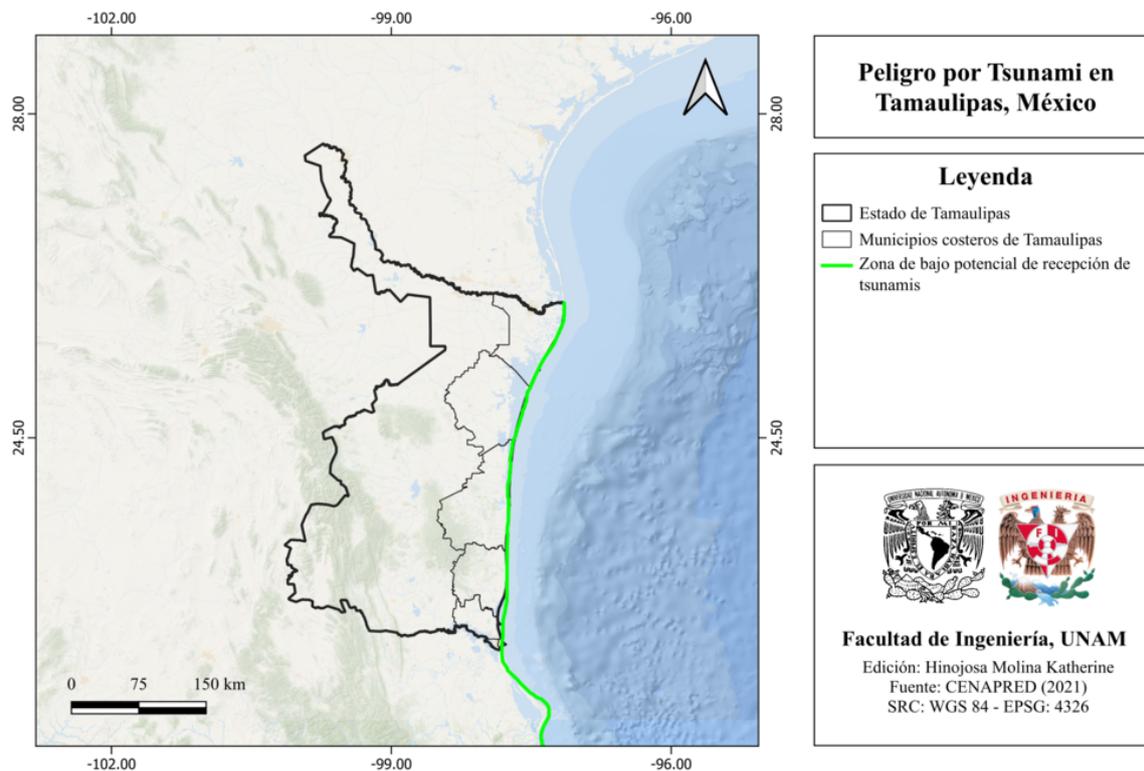


Figura 32.6: Peligro por tsunami en Tamaulipas, México [Cenapred, 2021].

## 32.6 Información general de peligro sísmico

### 32.6.1 Global de intensidades

No se cuenta con información.

### 32.6.2 Regionalización sísmica de acuerdo con la CFE (2015)

Tamaulipas se encuentra dentro de la región A, correspondiente a sismicidad baja [CFE, 2015] (ver figura 32.7).

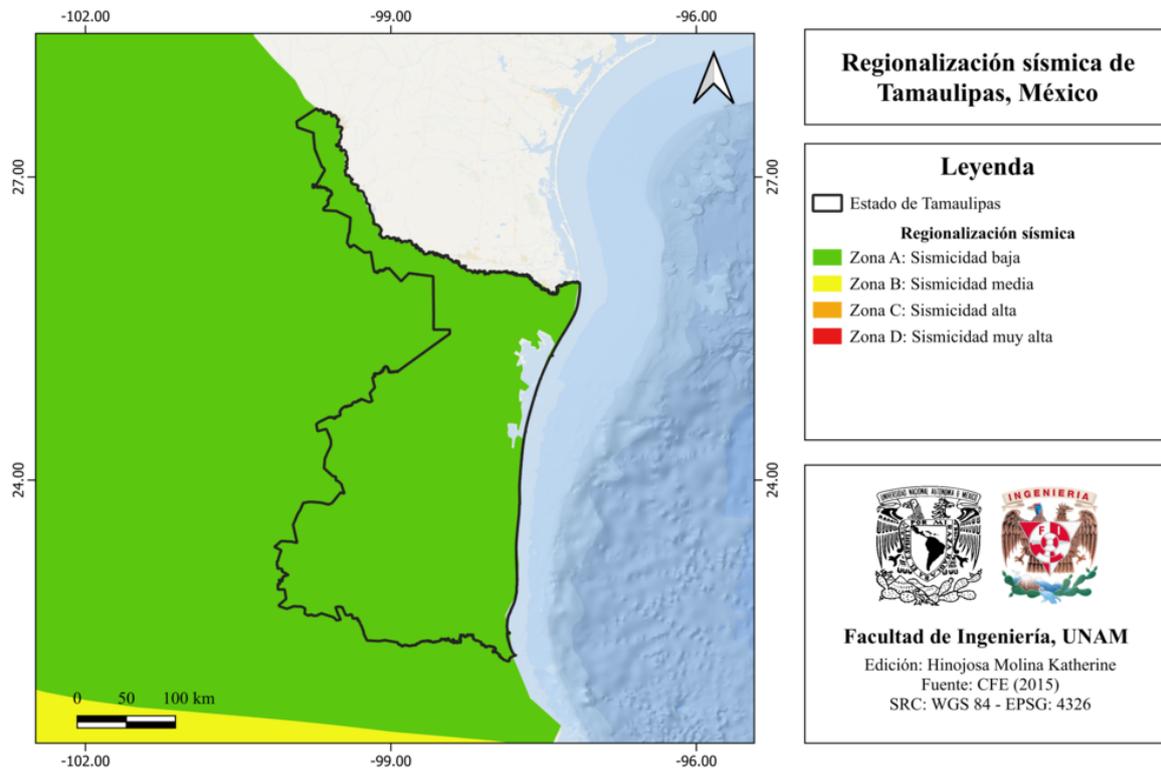


Figura 32.7: Regionalización sísmica de Tamaulipas, México [CFE, 2015].

### 32.6.3 Parámetro Vs30 (USGS)

El mapa de velocidad de onda de corte, de acuerdo con el parámetro Vs30 de la USGS se muestra en la figura 32.8.

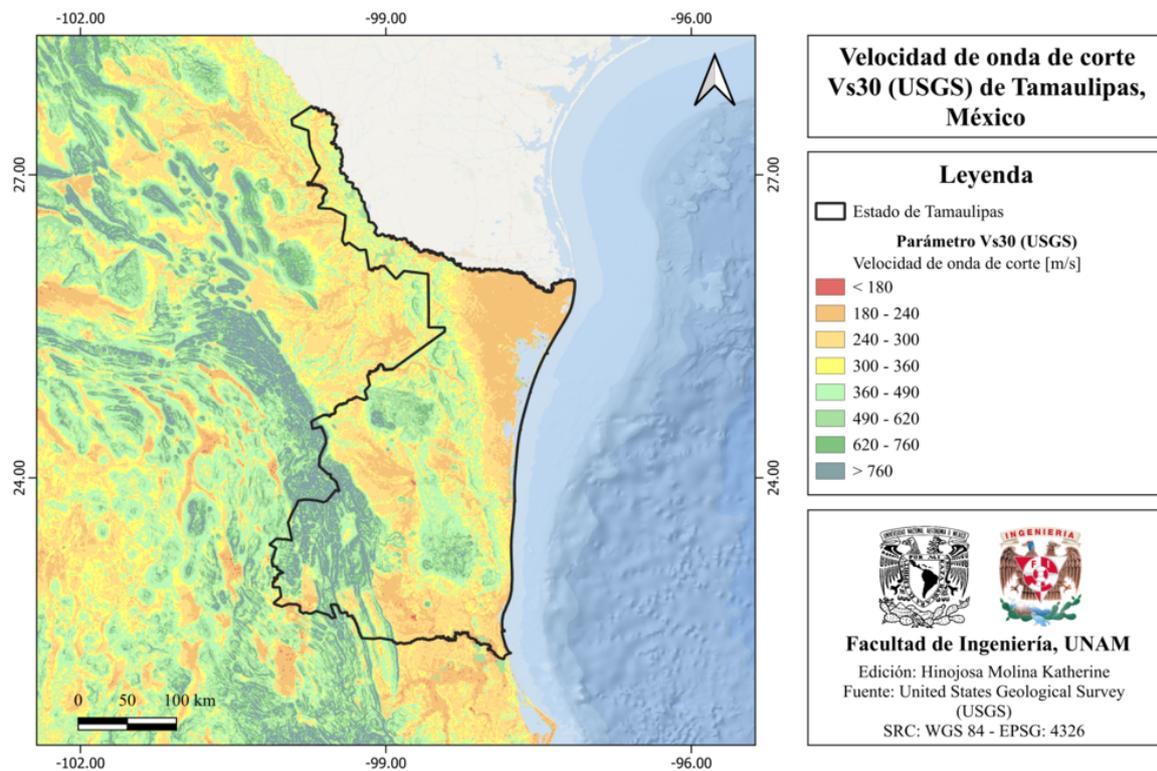


Figura 32.8: Velocidad de onda de corte Vs30 (USGS) de Tamaulipas, México [Heath et al., 2020].

### 32.6.4 Municipios con posibles efectos de sitio

En el mapa de la figura 32.9 se muestran los municipios de Tamaulipas con posibles efectos de sitio.

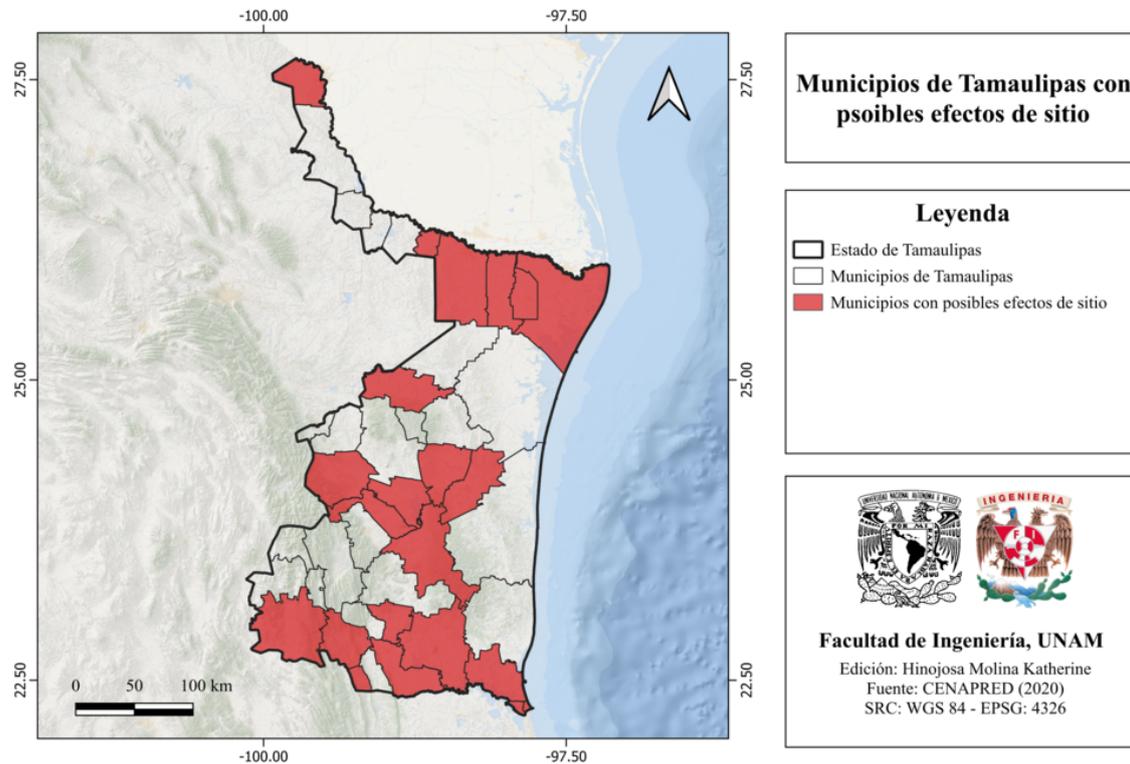


Figura 32.9: Municipios de Tamaulipas con posibles efectos de sitio [Cenapred, 2020].

### 32.6.5 Municipios con reglamento de construcción de obras civiles

El estado de Tamaulipas cuenta con cuatro reglamentos municipales de construcción de obras civiles (ver figura 32.10), correspondientes a los municipios de Altamira, Nuevo Laredo, Reynosa y Matamoros.

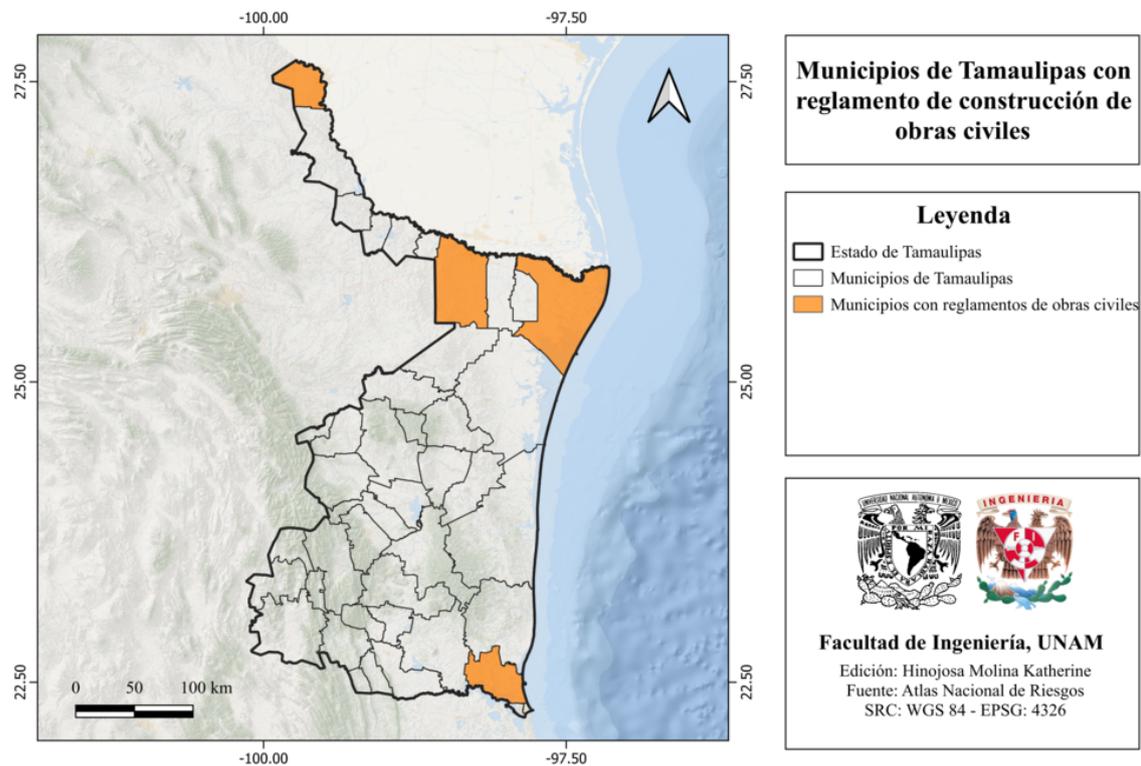


Figura 32.10: Municipios de Tamaulipas con reglamentos de construcción [ANR-Cenapred, 2016].

## 32.7 Secuencias sísmicas (enjambres) reportadas por el Servicio Sismológico Nacional (SSN)

No existen registros en el Servicio Sismológico Nacional (SSN) sobre secuencias sísmicas en el estado de Tamaulipas.

## 32.8 Estaciones de registro sísmico en el estado

Tamaulipas cuenta con una estación de registro sísmico perteneciente a la Red de Banda Ancha del Servicio Sismológico Nacional (SSN).

- **GTIG:** Gómez Farías.

En el mapa de la figura 32.11 se muestra dicha estación sísmica.

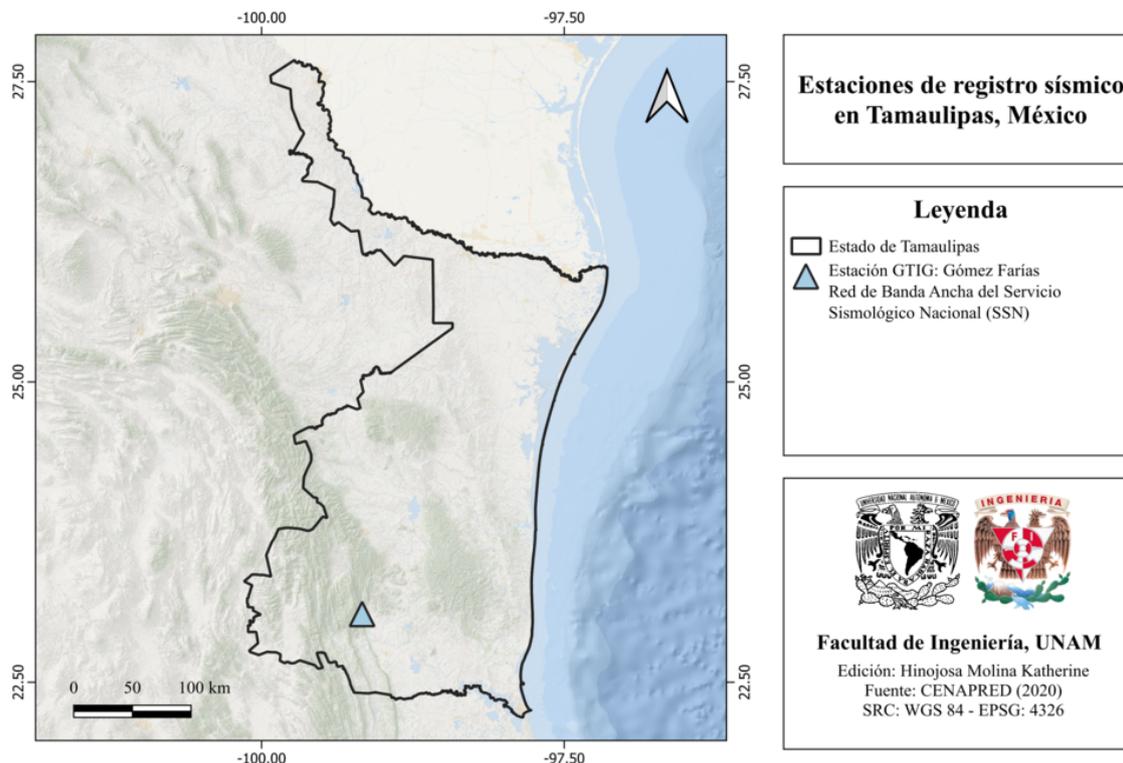


Figura 32.11: Estaciones de registro sísmico en Tamaulipas, México [SSN, 2023].

## 32.9 Instituciones educativas que han realizado estudios en alguna zona del estado o en sus cercanías

El estado de Tamaulipas cuenta con la siguiente institución educativa de geociencias:

- Instituto Tecnológico de Ciudad Madero (ITCM).

## 32.10 Estudios de sismicidad o de peligro sísmico en alguna zona del estado

- Montalvo Arrieta J.C, Pérez-Campos X, Ramos-Zuñiga L.G, Salinas Jasso J.A, Paz Martínez E.G, Martínez Jiménez L.D., 2019, “12 años de monitoreo sísmico en el Noreste de México, retos y realidades”, XXII Congreso Nacional de Ingeniería sísmica, 20 al 23 de Noviembre de 2019, Monterrey, Nuevo León, pp. 22.

# Capítulo 33

## Tlaxcala

### 33.1 Localización y provincias fisiográficas

#### 33.1.1 Localización

El estado de Tlaxcala se localiza en la región este de México, limita al norte con Hidalgo, al norte, este y sur con Puebla y al oeste con el estado de México.

#### 33.1.2 Provincias fisiográficas

Con base en la información de la Fisiografía de México del INEGI, el estado de Tlaxcala forma parte de la siguiente provincia fisiográfica:

1. Eje Neovolcánico

En la figura 33.1 se muestran las provincias fisiográficas de Tabasco.

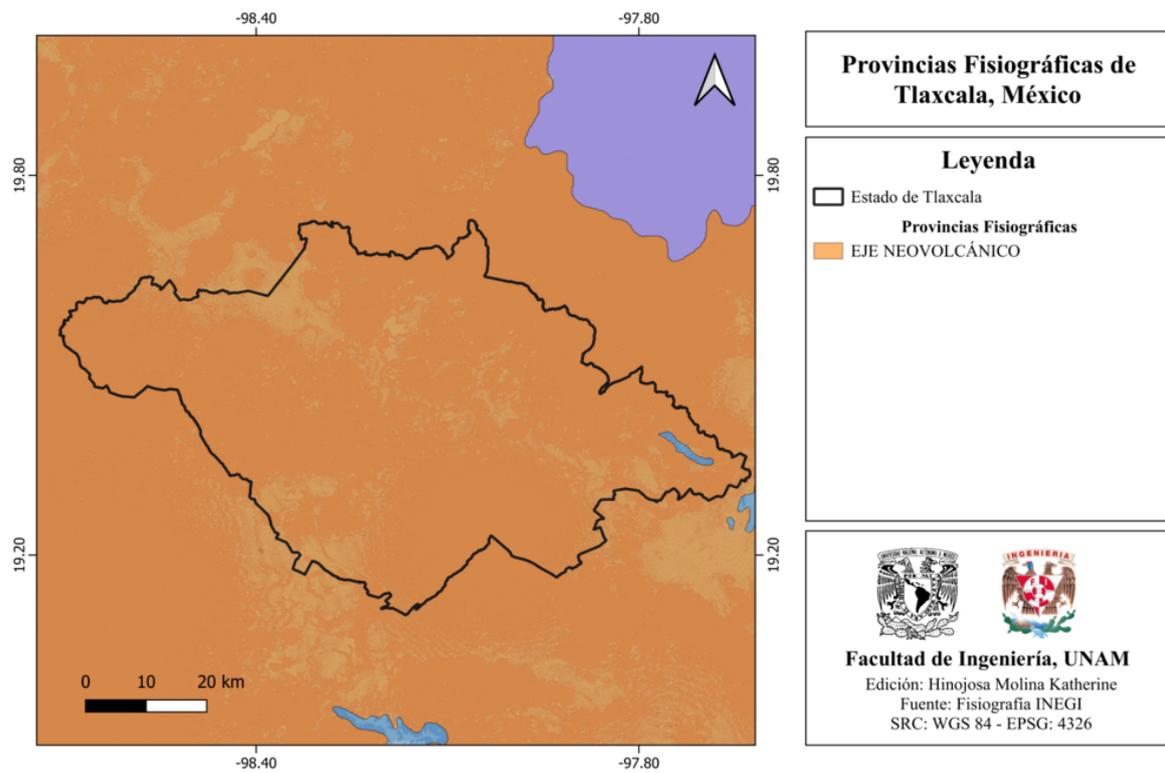


Figura 33.1: Provincias fisiográficas del estado de Tlaxcala, México [INEGI, 2001].

### 33.1.3 Subprovincias fisiográficas

A su vez, el estado se subdivide en una subprovincia fisiográfica. Ésta se muestra en la figura 33.2.

- Lagos y volcanes de Anáhuac

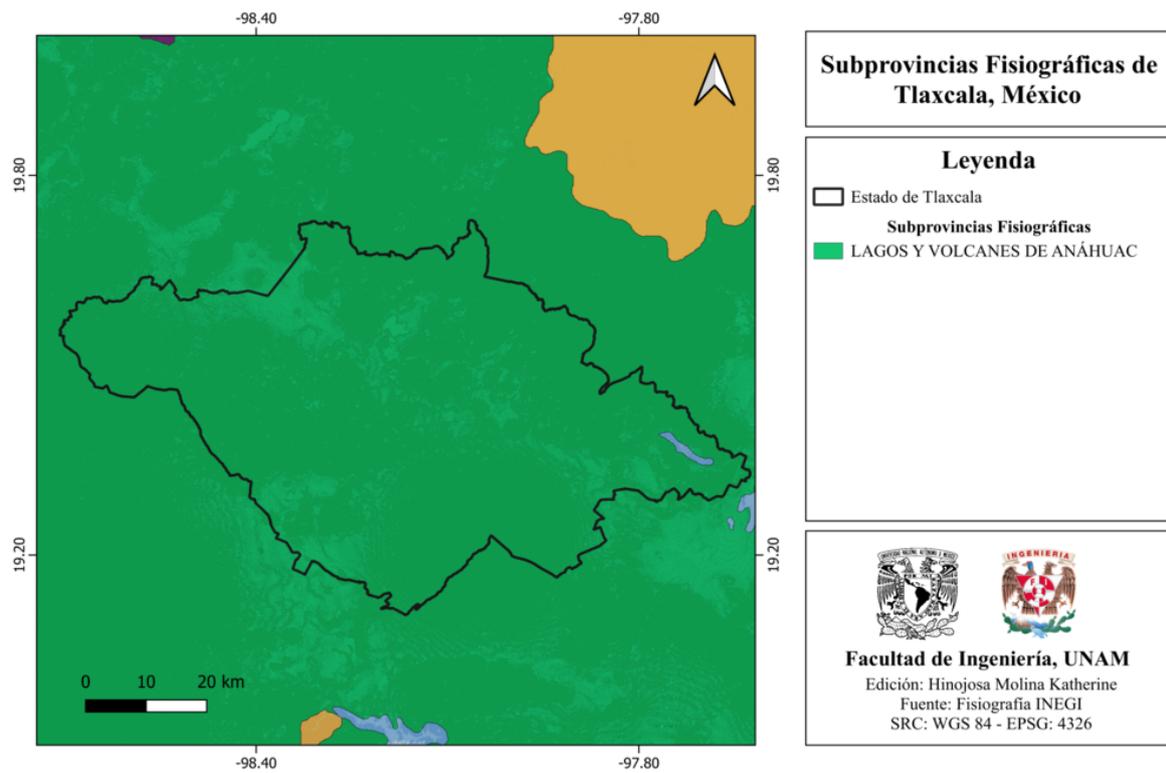


Figura 33.2: Subprovincias fisiográficas del estado de Tlaxcala, México [INEGI, 2001].

### 33.1.4 Rasgos geológicos estructurales

El estado de Tamaulipas presenta diversos rasgos estructurales, tales como fracturas y fallas normales (ver figura 33.3).

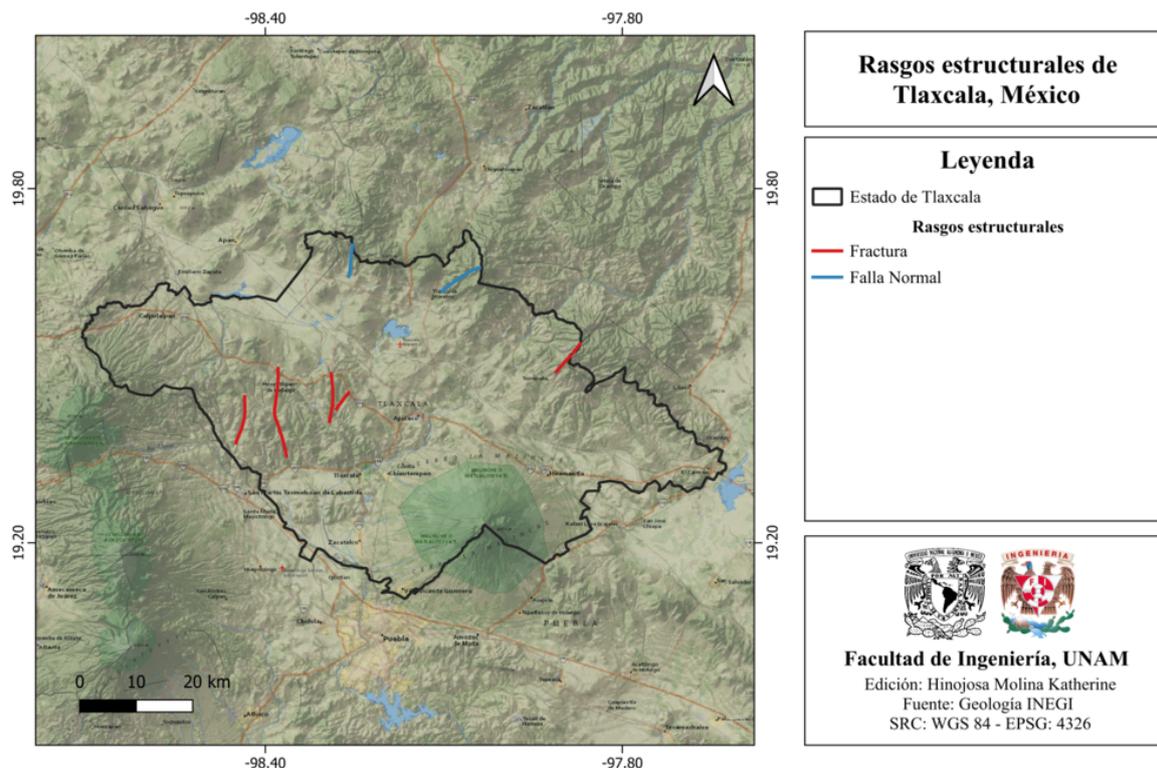


Figura 33.3: Rasgos estructurales de Tlaxcala, México [INEGI, 2002].

### 33.2 Zonas sismogénéticas (sismotectónicas)

#### 33.2.1 Zonas sismogénéticas de acuerdo con Zúñiga et al., (2017)

Tlaxcala forma parte de las siguientes zonas sismogénéticas [Zúñiga et al., 2017]:

#### Zonas sismogénéticas someras ( $h < 40$ km)

- **MVB:** Zona de eventos intraplaca de la parte somera ( $h < 15$  km) de la placa Norteamericana, asociado a esfuerzos tensionales en el centro de México. Estos esfuerzos están relacionados con la ubicación de la Faja Volcánica Transmexicana ( $h < 20$  km).

En la figura 33.4 se muestran estas zonas sismogénéticas someras.

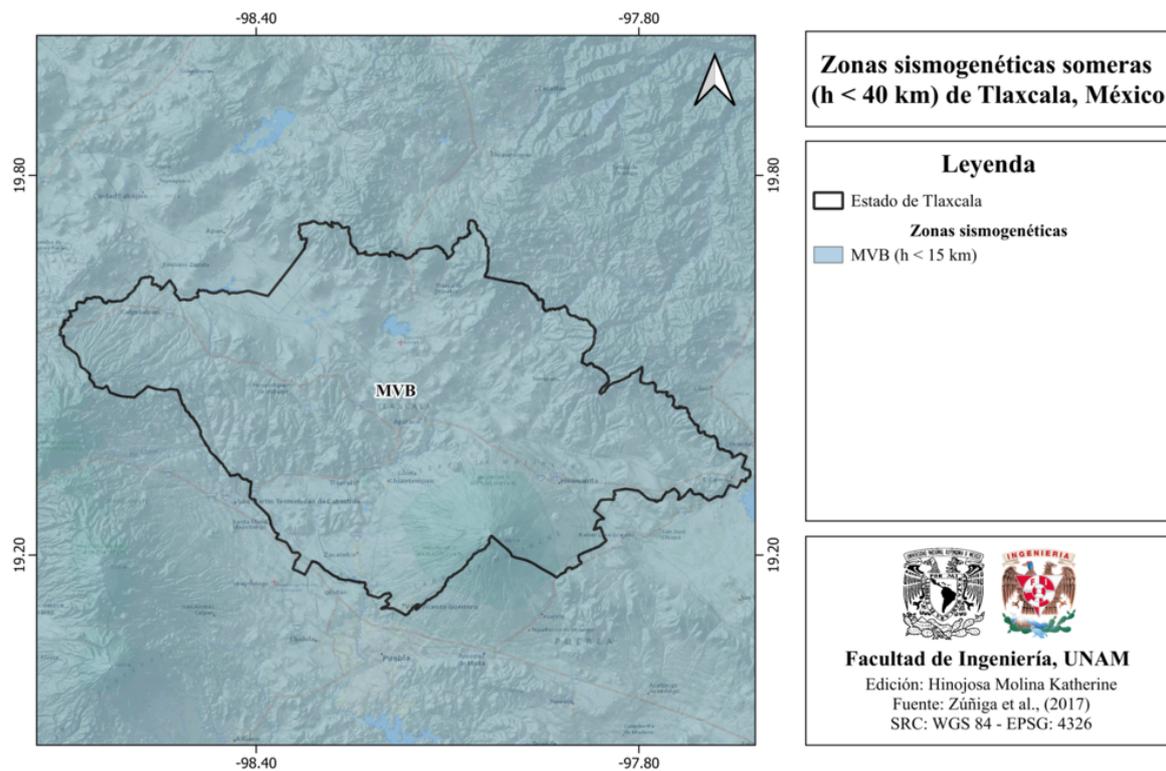


Figura 33.4: Zonas sísmogenéticas someras (h < 40 km) de Tlaxcala, México [Zúñiga et al., 2017].

### 33.2.2 Zonas sísmogenéticas de acuerdo con la Comisión Federal de Electricidad (2015)

De acuerdo con la Comisión Federal de Electricidad (2015), Tlaxcala se encuentra sobre las siguientes zonas generadoras de sismos:

#### Zonas generadoras de sismos superficiales

- **33:** Eje Volcánico

Estas zonas sísmogenéticas se muestran en la figura 33.5.

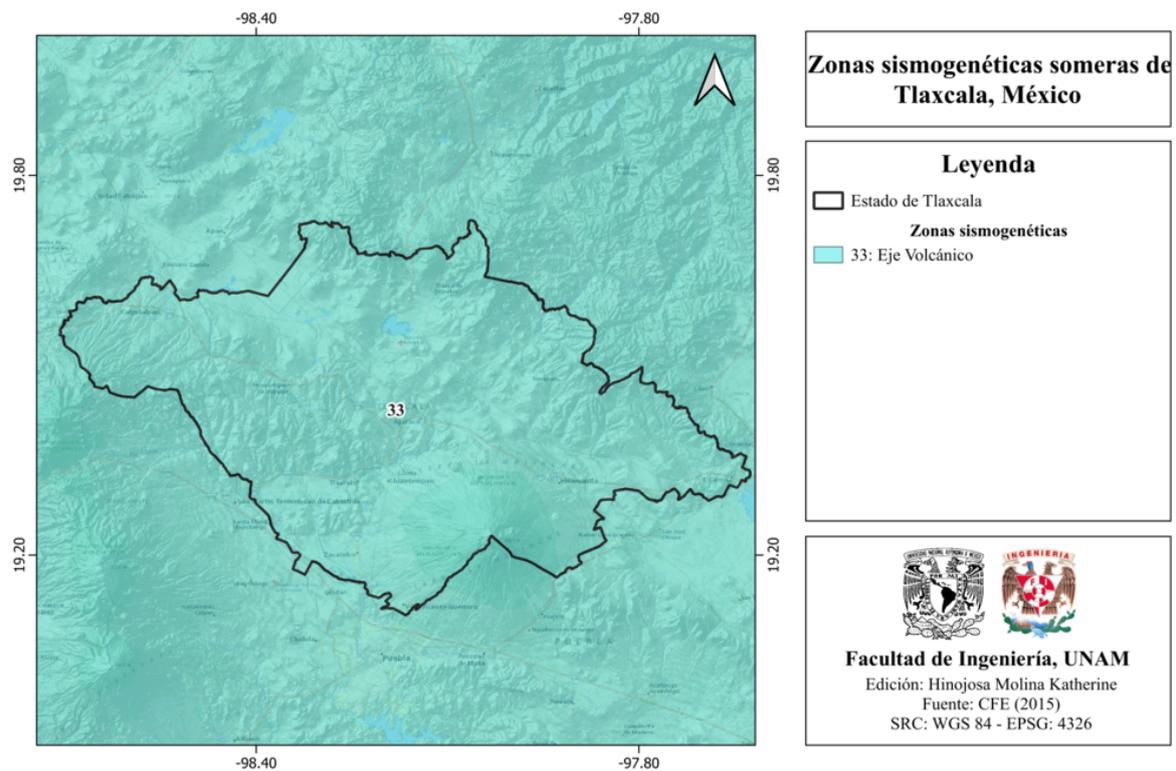


Figura 33.5: Zonas Generadoras de sismos Superficiales de Tlaxcala, México [CFE, 2015].

### 33.3 Sismicidad reportada por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) en el período 1900-2022

El Servicio Sismológico Nacional (SSN) ha reportado 124 sismos en el estado de Tlaxcala durante el período del 1 de enero de 1900 al 31 de diciembre de 2022, con magnitudes desde 2.6 hasta 3.7.

### 33.4 Sismos históricos

Si bien no han ocurrido sismos históricos con epicentro en Tlaxcala, se han llegado a percibir sismos de magnitudes considerables como los sismos del 9 de febrero de 1928, 15 de junio de 1999 y el sismo del 19 de septiembre de 2017.

## 33.5 Peligro por tsunami

El estado no está expuesto a este fenómeno, ya que se encuentra a 250 km a la costa del Golfo de México.

## 33.6 Información general de peligro sísmico

### 33.6.1 Global de intensidades

El mapa del global de intensidades para el estado de Tlaxcala se muestra en la figura 33.6.

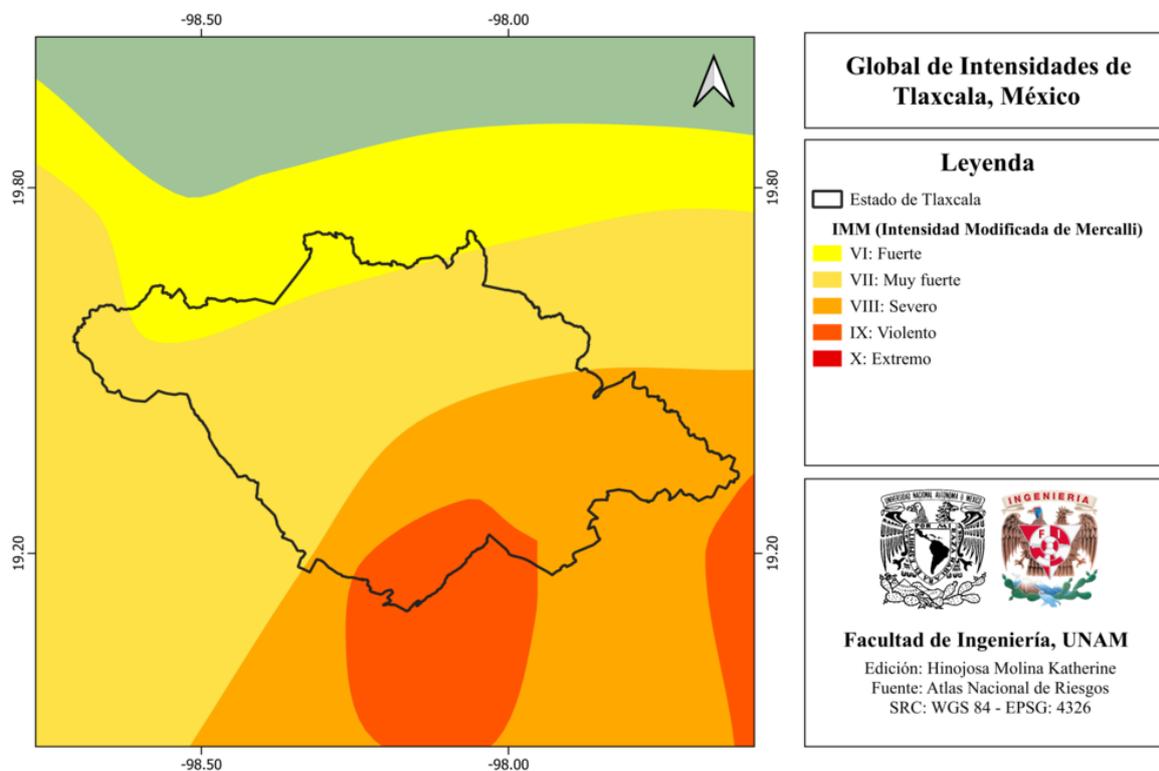


Figura 33.6: Global de intensidades del estado de Tlaxcala [ANR-Cenapred, 2016].

### 33.6.2 Regionalización sísmica de acuerdo con la CFE (2015)

De acuerdo con la regionalización sísmica de la [CFE, 2015], el estado de Tlaxcala forma parte de las zonas B y C que corresponden a sismicidad media y sismicidad alta (ver figura 33.7).

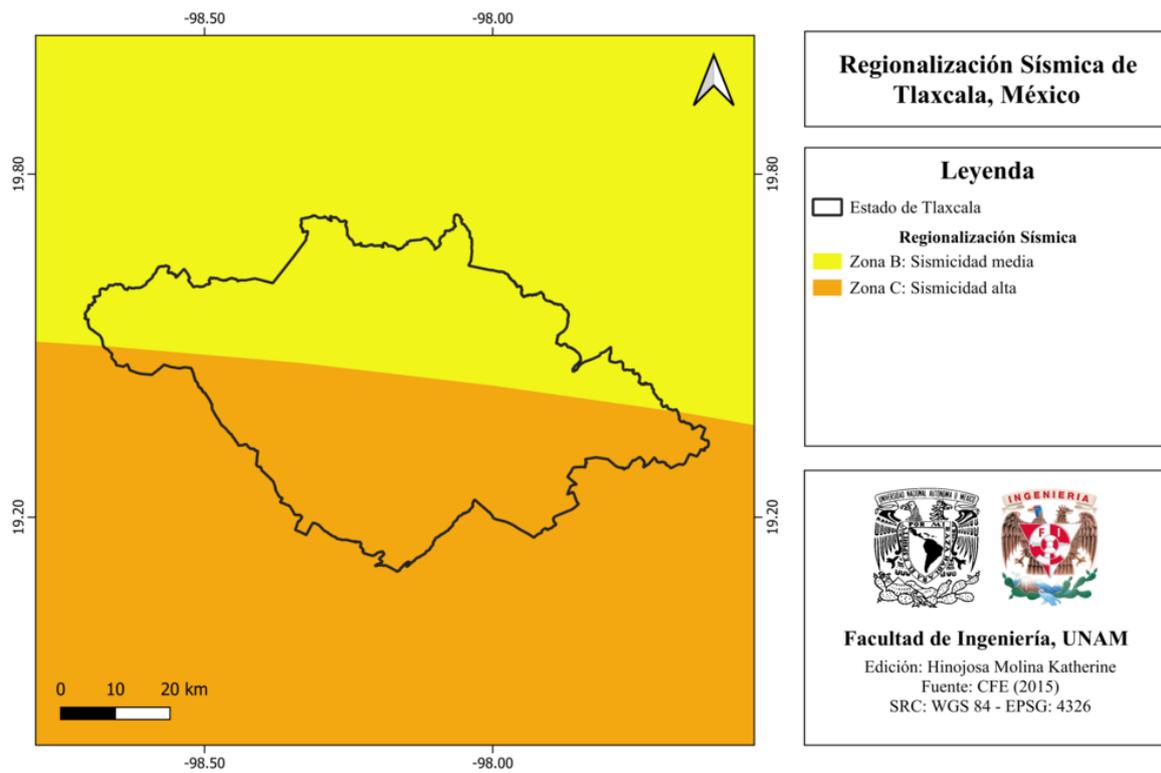


Figura 33.7: Regionalización sísmica del estado de Tlaxcala [CFE, 2015].

### 33.6.3 Parámetro Vs30 (USGS)

El mapa de velocidad de onda de corte de Tlaxcala se muestra en la figura 33.8.

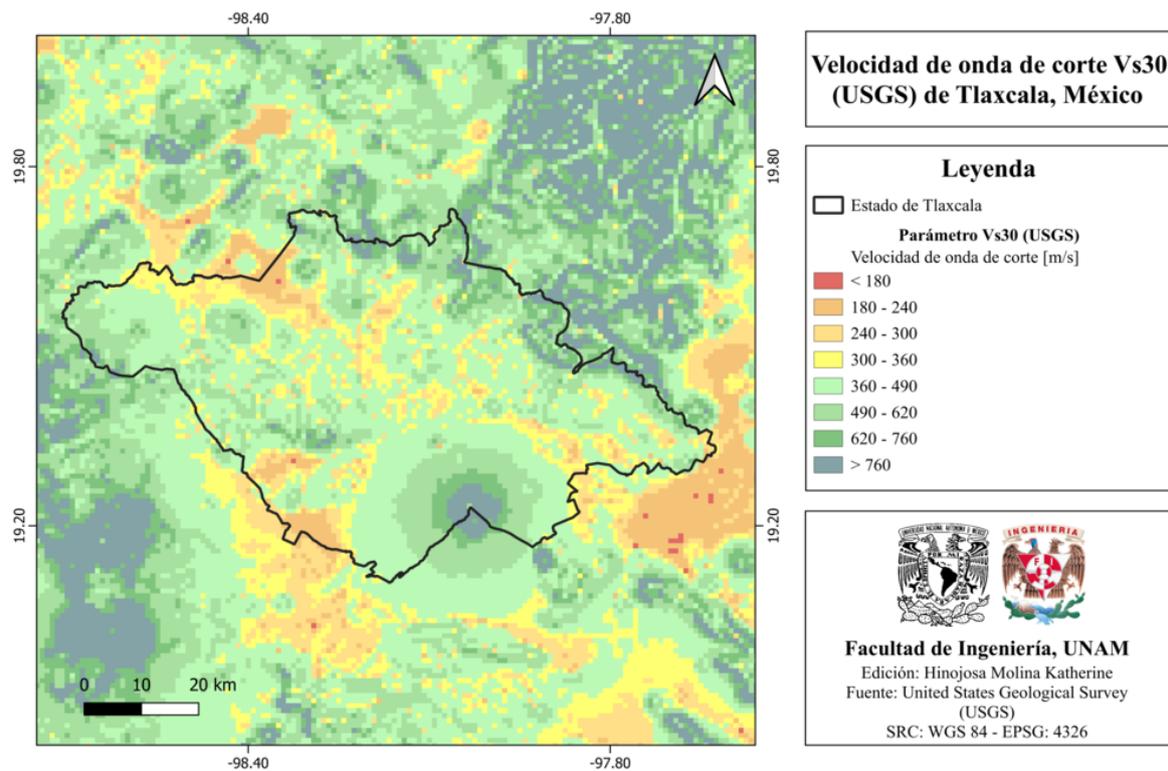


Figura 33.8: Velocidad de onda de corte Vs30 (USGS) del estado de Tlaxcala [Heath et al., 2020].

### 33.6.4 Municipios con posibles efectos de sitio

En el mapa de la figura 33.9 se muestran los municipios del estado de Tlaxcala con posibles efectos de sitio.

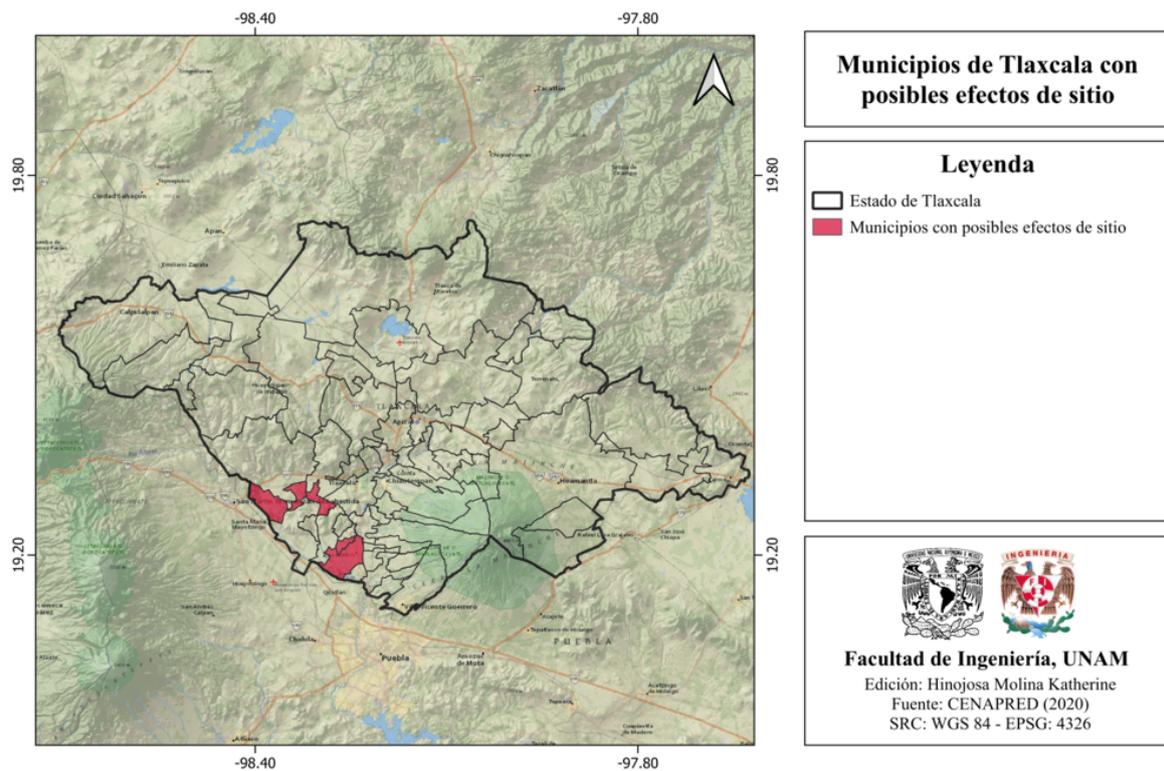


Figura 33.9: Municipios del estado de Tlaxcala con posibles efectos de sitio [Cenapred, 2020].

### 33.6.5 Municipios con reglamento de construcción de obras civiles

El estado de Tlaxcala cuenta con un reglamento estatal: Ley de la construcción del estado de Tlaxcala (2017).

## 33.7 Secuencias sísmicas (enjambres) reportadas por el Servicio Sismológico Nacional (SSN)

No se cuenta con información.

### 33.8 Estaciones de registro sísmico en el estado

El Instituto de Ingeniería, UNAM, tiene una estación: San Juan Totolac (TOTO) (ver figura 33.10).

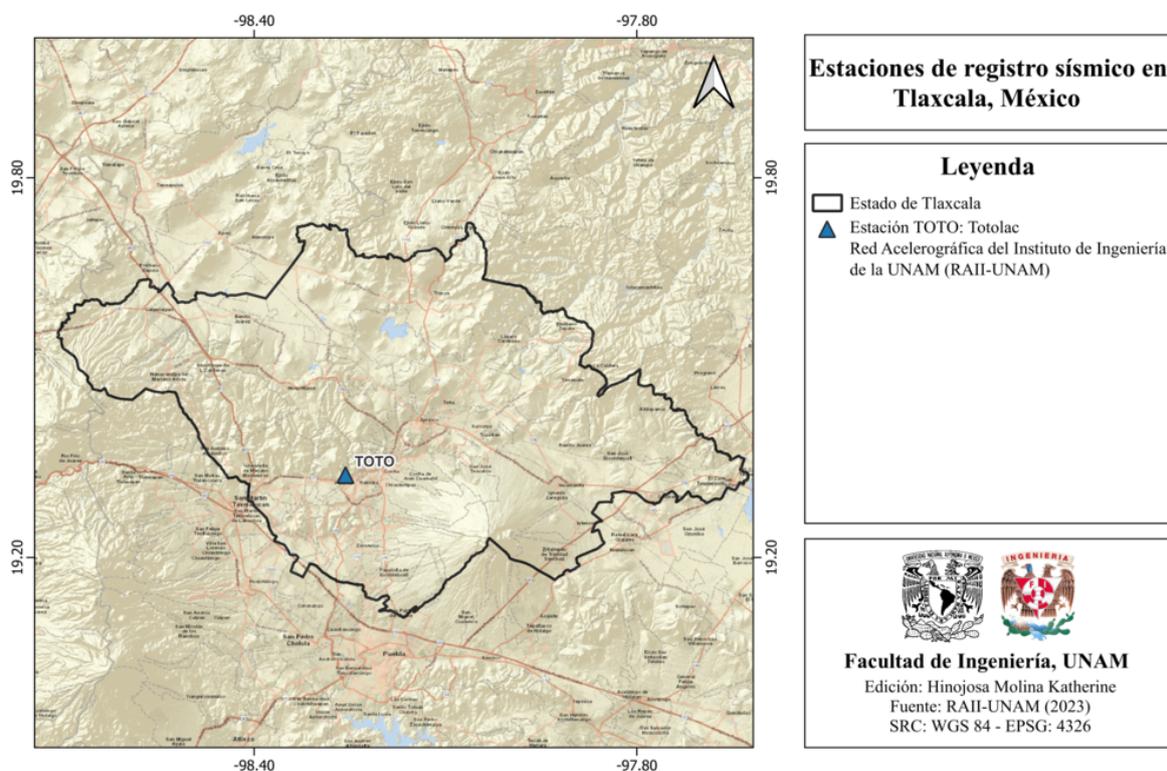


Figura 33.10: Estaciones de registro sísmico en Tlaxcala, México [II, 2023].

### 33.9 Instituciones educativas que han realizado estudios en alguna zona del estado o en sus cercanías

Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

### 33.10 Estudios de sismicidad o de peligro sísmico en alguna zona del estado

- Lermo-Samaniego, J. y Bernal-Esquia, I., 2006, “Zonificación sísmica del estado de Tlaxcala, México”, Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, Vol. 58, No. 2 , pp

215-221.

- Valle-Orozco, R. D., 2013, “Escenario sísmico para la zona urbana de Zacatelco, Tlaxcala, México”, Tesis de Licenciatura, Facultad de Ingeniería, UNAM.
- Cruz-Atienza, V. M., Singh, S. K. y Ordaz, M., 2017. “¿Qué ocurrió el 19 de septiembre de 2017 en México?”, UNAM.
- Valerie J. Sahakian, Diego Melgar, Luis Quintanar, Leonardo Ramírez-Guzmán, Xyoli Pérez-Campos, and Annemarie Baltay, 2018, “Ground Motions from the 7 and 19 septiembre 2017 Tehuantepec and Puebla-Morelos, Mexico, Earthquakes”, *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vo. 108, No. 6, pp. 3300-3312.
- Mirwald, A., V. M. Cruz-Atienza, J. Díaz-Mojica, A. Iglesias, S. K. Singh, C. Villafuerte y J. Tago, 2019, “The September 19, 2017 (Mw7.1), intermediate-depth Mexican earthquake: a slow and energetically inefficient deadly shock”, *Geophysical Research Letters*, Vol. 46.

# Capítulo 34

## Veracruz

### 34.1 Localización y provincias fisiográficas

#### 34.1.1 Localización

El estado de Veracruz se localiza en la costa del atlántico, en el Golfo de México. Al norte colinda con el estado de Tamaulipas, al sur con los estados de Oaxaca y Chiapas, al poniente con San Luis Potosí, Hidalgo y Puebla y al sureste con Tabasco.

#### 34.1.2 Provincias fisiográficas

Veracruz es parte de las siguientes provincias fisiográficas [INEGI, 2001] (ver figura 34.1):

- Eje Neovolcánico
- Llanura Costera del Golfo Norte
- Llanura Costera del Golfo Sur
- Sierra Madre Oriental
- Sierras de Chiapas y Guatemala

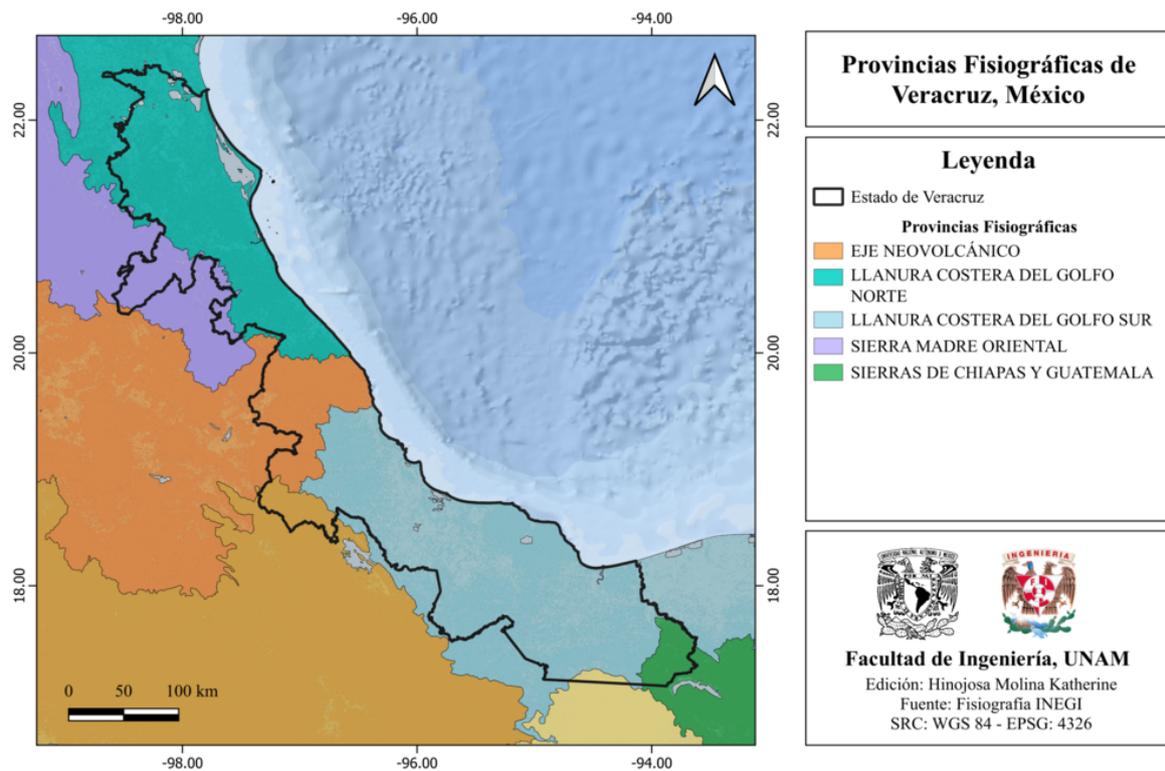


Figura 34.1: Provincias fisiográficas del estado de Veracruz, México [INEGI, 2001].

### 34.1.3 Subprovincias fisiográficas

Al mismo tiempo, Veracruz forma parte de las siguiente subprovincias fisiográficas [INEGI, 2001], (ver figura 34.2):

- Lagos y Volcanes de Anáhuac
- Llanura Costera Tamaulipeca
- Llanura Costera Veracruzana
- Llanura y Lomeríos
- Llanuras y Pantanos Tabasqueños
- Sierra de los Tuxtlas
- Sierras del Norte de Chiapas
- Sierras del Sur de Chiapas

- Sierras Orientales

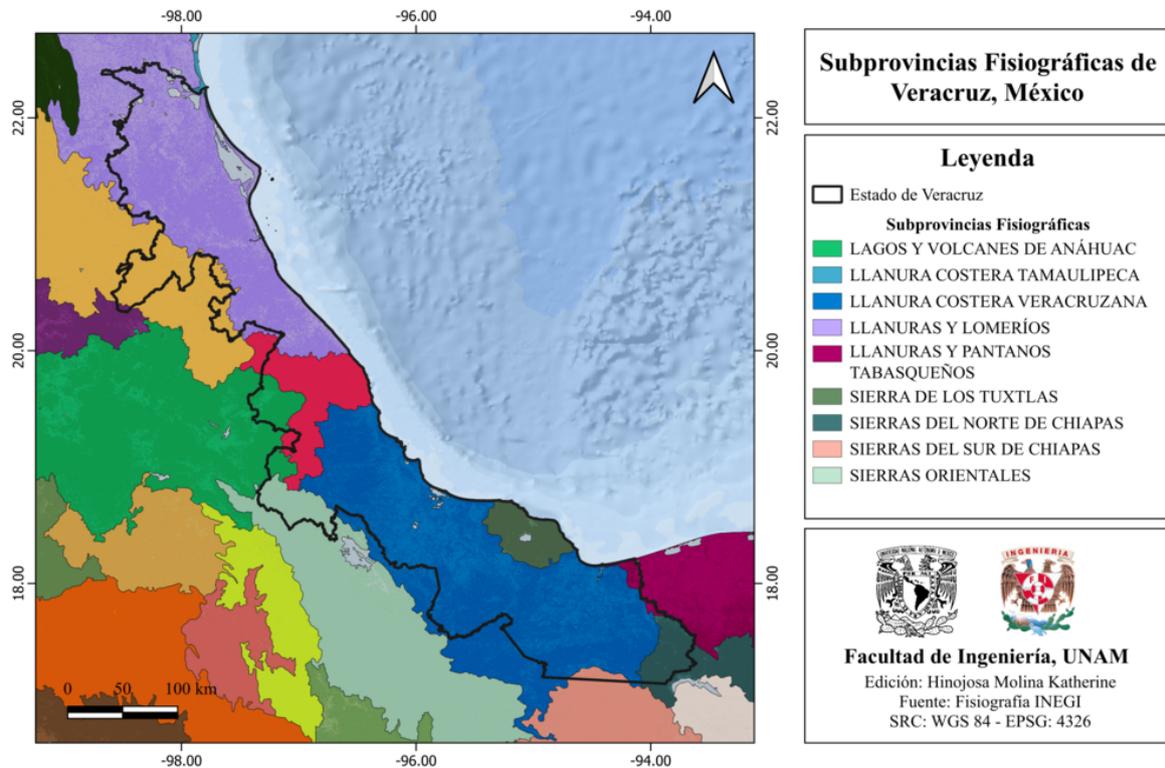


Figura 34.2: Subprovincias fisiográficas del estado de Veracruz, México [INEGI, 2001].

### 34.1.4 Rasgos geológicos estructurales

La geología de Veracruz presenta diversos rasgos estructurales, entre los que se encuentran anticlinales, tanto de tipo buzante como recumbente; fallas de tipo normal, de rumbo e inversas; así como sinclinales y fracturas [INEGI, 2001]. En la figura 34.3 se muestran los rasgos estructurales de Veracruz.

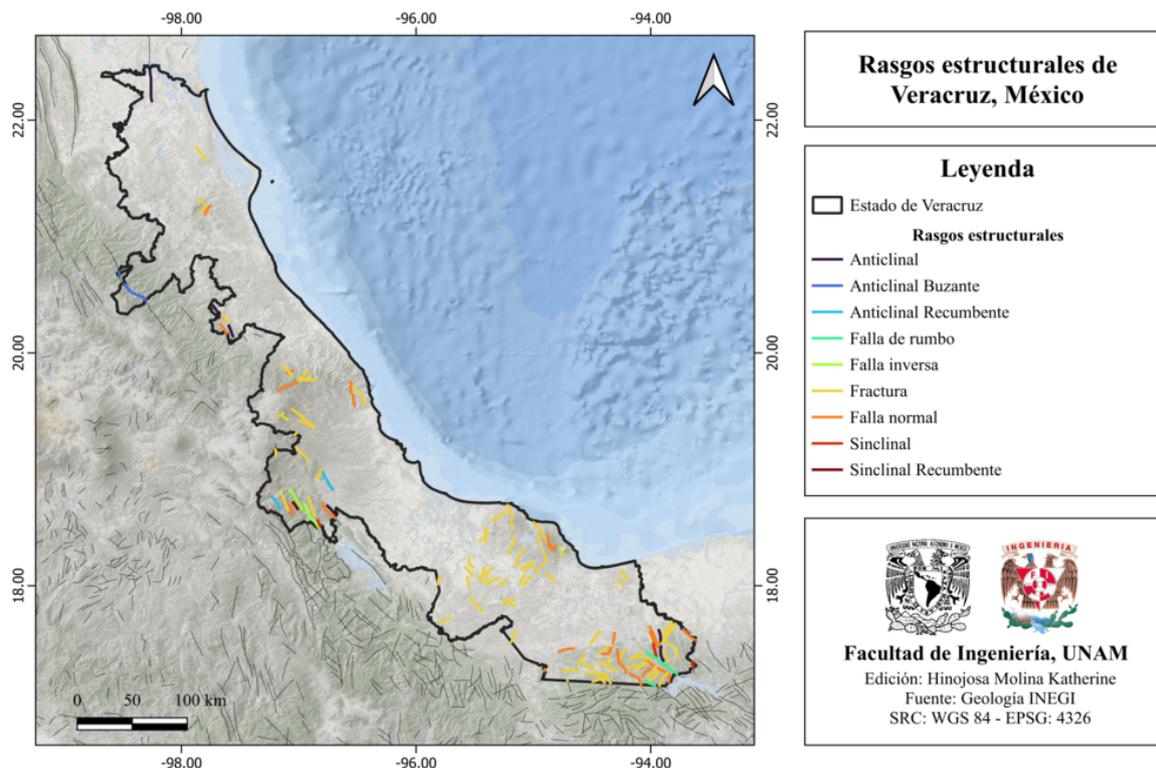


Figura 34.3: Rasgos estructurales de Veracruz, México [INEGI, 2002].

## 34.2 Zonas sismogénéticas (sismotectónicas)

### 34.2.1 Zonas sismogénéticas de acuerdo con Zúñiga et al., (2017)

Veracruz se encuentra dentro de las siguientes zonas sismogénéticas [Zúñiga et al., 2017]:

#### Zonas sismogénéticas someras ( $h < 40$ km)

- **BB:** Zona de eventos intraplaca (corticales) en la placa de Norteamérica. Provincia de esfuerzos de la cuenca de Burgos ( $h < 20$  km).
- **GMX:** Zona de eventos intraplaca (corticales) en la placa de Norteamérica. Provincia del Golfo de México ( $h < 20$  km).
- **NAM:** Intraplaca o corticales en la placa Norteamericana al sureste de México. No relacionados con el régimen volcánico de la Faja Volcánica Transmexicana ( $h < 20$  km).

- **MVB:** Zona de eventos intraplaca de la parte somera ( $h < 15$  km) de la placa Norteamericana, asociado a esfuerzos tensionales en el centro de México. Estos esfuerzos están relacionados con la ubicación de la Faja Volcánica Transmexicana ( $h < 20$  km).

Estas zonas sismogénicas se observan en el mapa de la figura 34.4.

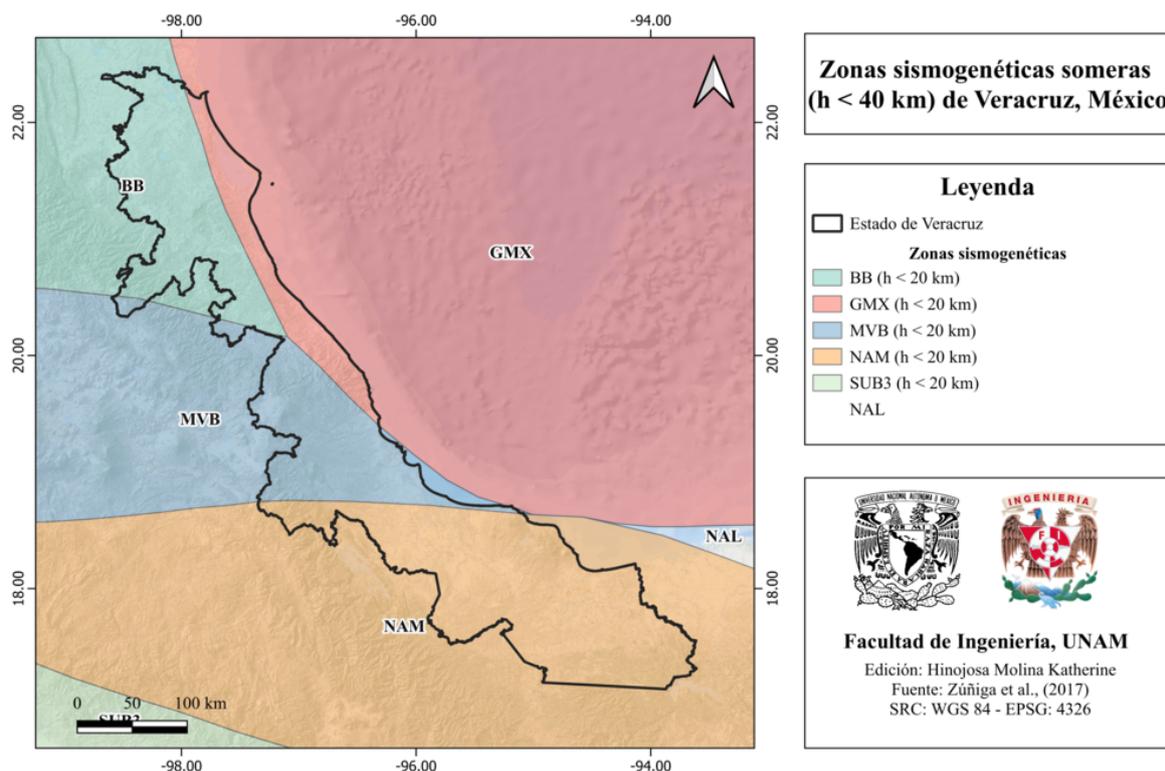


Figura 34.4: Zonas sismogénicas someras ( $h < 40$  km) de Veracruz, México [Zúñiga et al., 2017].

### Zonas sismogénicas de profundidad intermedia ( $h > 40$ km)

- **IN2:** Zona de eventos intraplaca de profundidad intermedia ( $40 \text{ km} \leq h < 255$ , km). Zona de transición de la placas de Cocos y corresponde a la extensión a profundidad de la región SUB3.
- **IN3:** Zona de eventos intraplaca o corticales en la Placa de Cocos, de profundidad intermedia ( $40 \text{ km} \leq h < 460$  km). Extensión en profundidad de la zona SUB4.

Estas zonas sismogénicas se visualizan en el mapa de la figura 34.5.

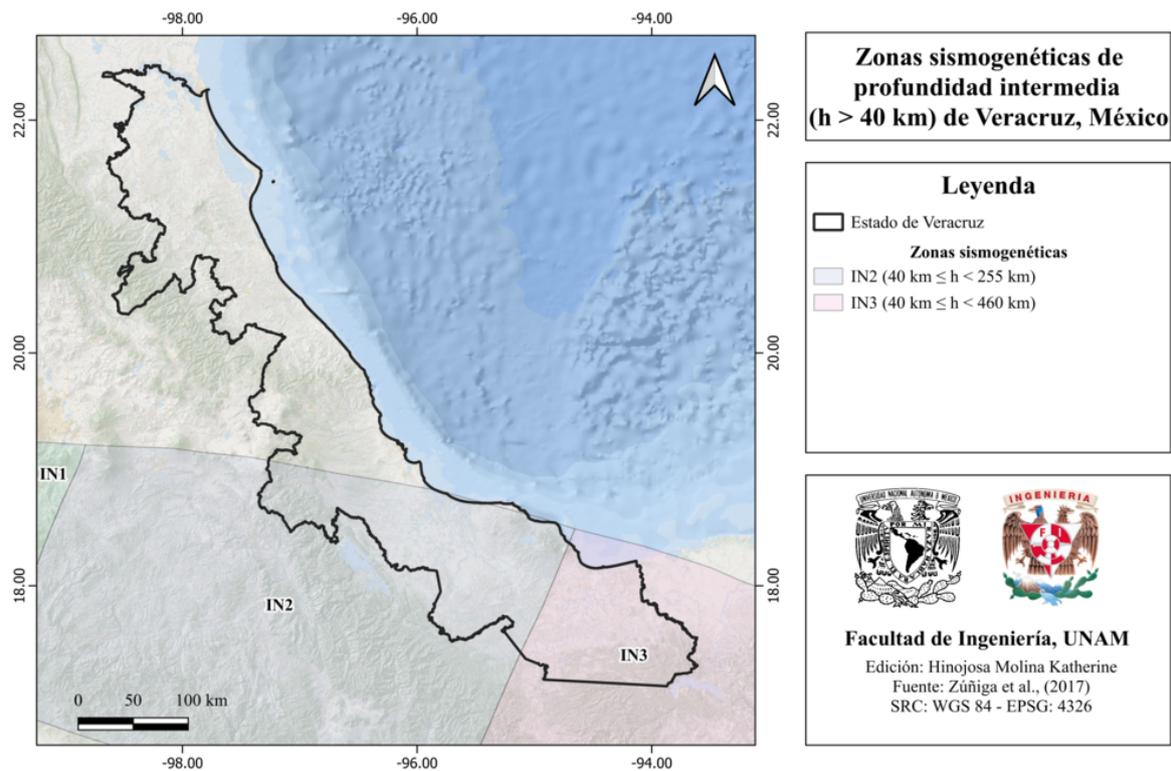


Figura 34.5: Zonas sismogénicas de profundidad intermedia ( $h > 40$  km) de Veracruz, México [Zúñiga et al., 2017].

### 34.2.2 Zonas sismogénicas de acuerdo con la Comisión Federal de Electricidad (2015)

El estado de Veracruz forma parte de las siguientes zonas sismogénicas [CFE, 2015]:

#### Zonas generadoras de sismos superficiales

- **30:** Golfo
- **31:** Petrolera
- **32:** Intraplaca
- **33:** Eje Volcánico
- **34:** Sismicidad difusa 1

Dichas zonas sismogénicas se muestran en el mapa de la figura 34.6.

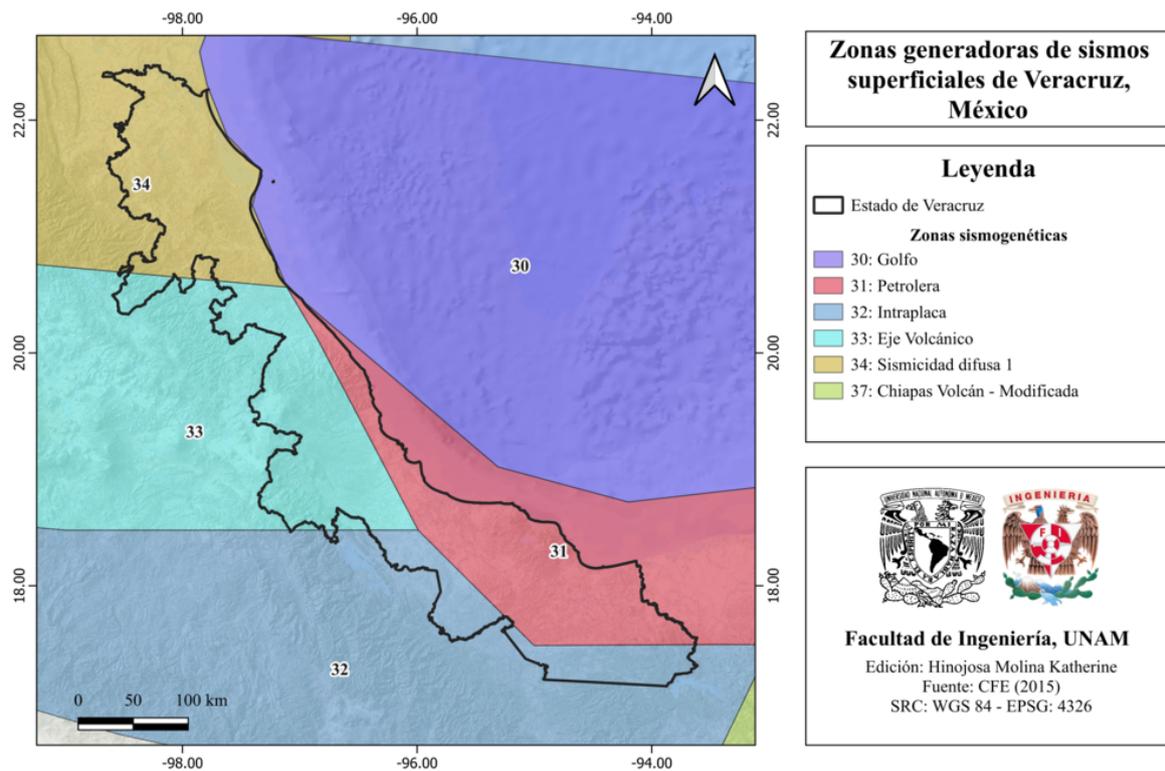


Figura 34.6: Zonas generadoras de sismos superficiales de Veracruz, México [CFE, 2015].

### Zonas generadoras de sismos de profundidad intermedia

- **32:** Intraplaca
- **39:** G1- Corteza – Modificada

Estas zonas sismogénicas se observan en el mapa de la figura 34.7.

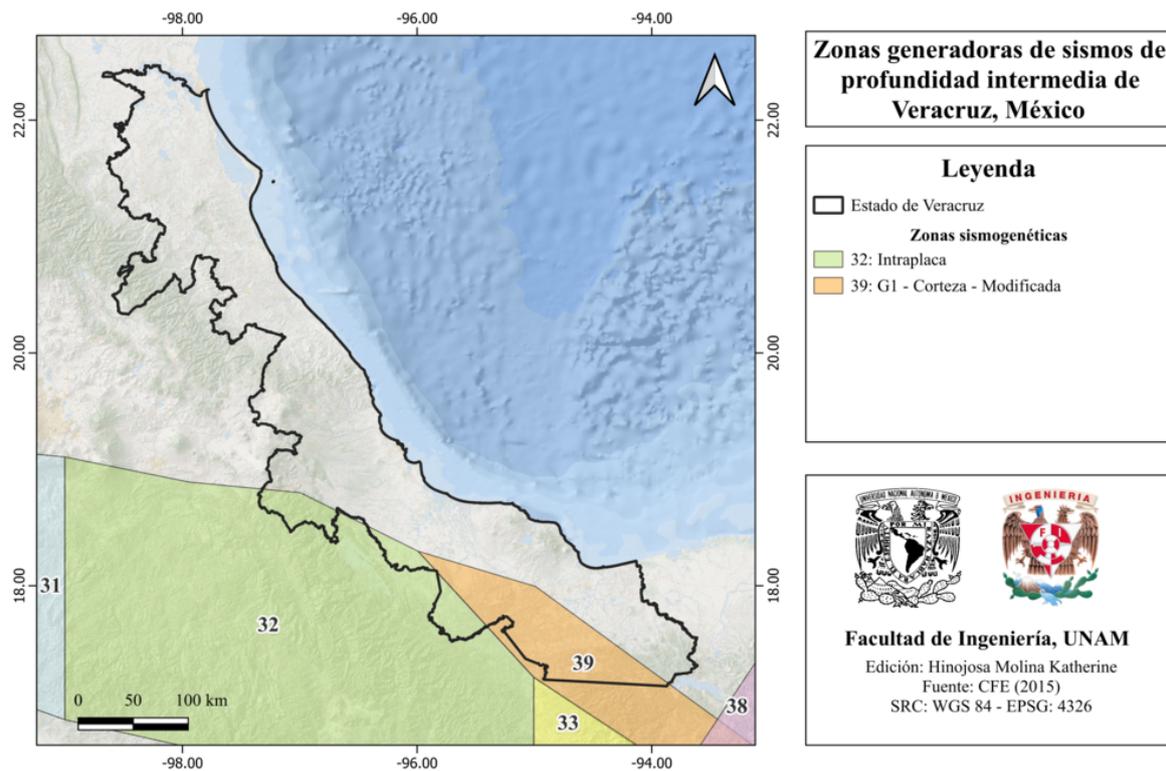


Figura 34.7: Zonas generadoras de sismos de profundidad intermedia de Veracruz, México [CFE, 2015].

### 34.3 Sismicidad reportada por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) en el período 1900-2022

El Servicio Sismológico Nacional (SSN) ha reportado 6 242 sismos en el período del 1 de enero de 1900 al 31 de diciembre de 2022 en Veracruz, con magnitudes desde 1.9 hasta 7.3. Los sismos de magnitud mayor o igual a 6.0 en el estado y sus cercanías se muestran en el mapa de la figura 34.8.

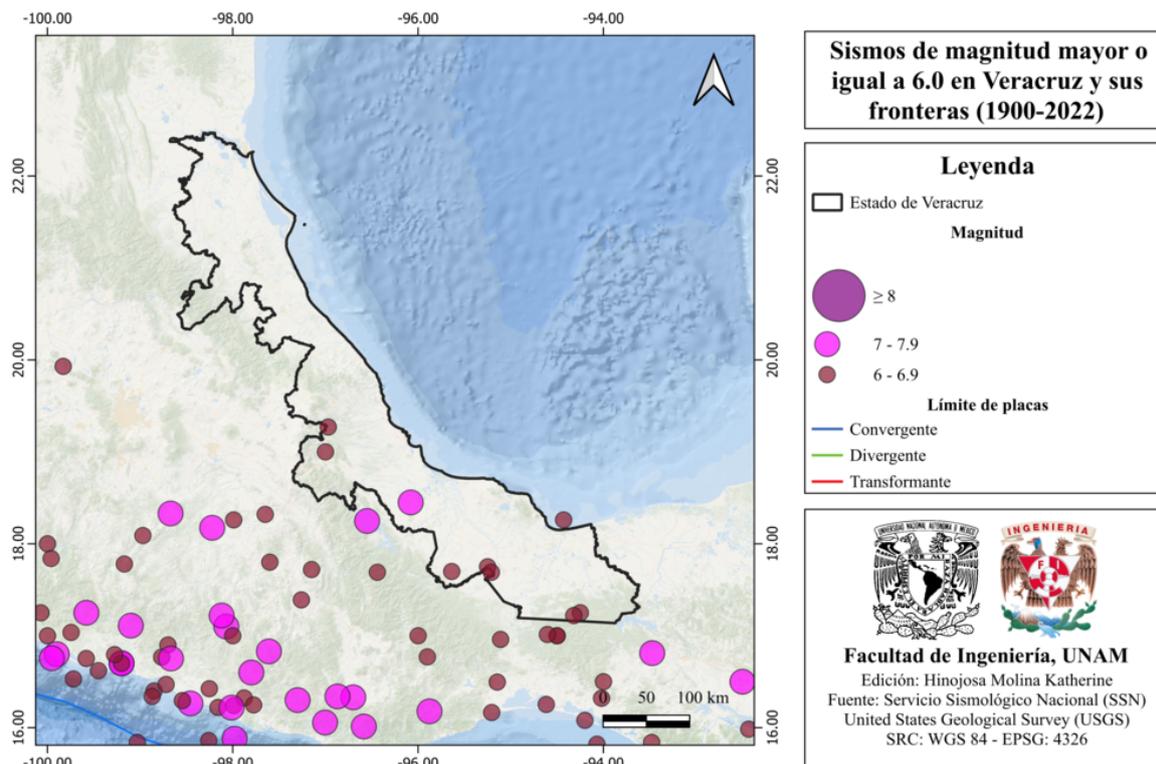


Figura 34.8: Sismos de magnitud mayor o igual a 6.0 en Veracruz, México [SSN, 2023].

## 34.4 Sismos históricos

- **3 de enero de 1920, Xalapa M 6.4**

El día 3 de enero de 1920 ocurrió un sismo con magnitud aproximada de 6.4, ubicado en los alrededores de Xalapa, Veracruz. Ocurrió a las 22:25 (hora local) y tuvo una profundidad de 10 km. Este evento fue fuertemente percibido en la Ciudad de México y ocasionó grandes daños en la ciudad de Xalapa, por lo que se caracteriza como uno de los sismos corticales intraplaca que más víctimas humanas ha causado en México [SSN, 2023].

Como consecuencia de este sismo, se provocó una avalancha de lodo que sepultó a varias poblaciones, así como deslizamientos y derrumbes en montañas, inundaciones de lodo, hundimientos locales y muchos daños materiales en la zona. Se calcula un saldo total de 650 personas fallecidas debido al sismo y sus consecuencias [SSN, 2023].

En el mapa de la figura 34.9 se muestra el mapa de intensidades de este sismo.

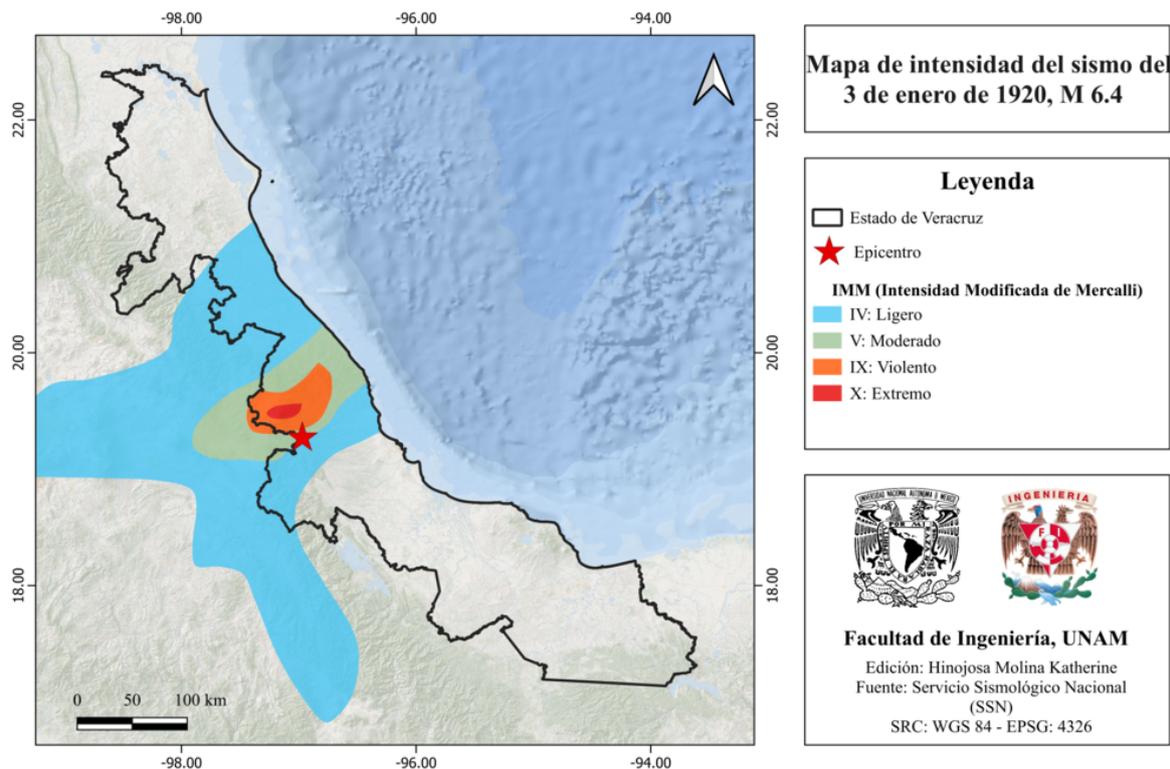


Figura 34.9: Mapa de intensidad del sismo del 3 de enero de 1920, M 6.4 [ANR-Cenapred, 2016].

- **25 de julio de 1937, M 7.3**

El sismo ocurrido el 25 de julio de 1937 a las 21:47 (hora local) se ubicó a 24 km al norte de Tres Valles, Veracruz, tuvo una profundidad de 85 km y magnitud de 7.3. Este sismo dejó un saldo de 34 fallecidos [Nava, 1987].

- **26 de agosto de 1959, M 6.4**

El Servicio Sismológico Nacional (SSN) reportó un sismo el 26 de agosto de 1959 a las 02:25 horas (hora local), el cual se localizó a 12 km al norte de Allende y tuvo una magnitud de 6.4, así como una profundidad de 21 km. Este sismo también es conocido como el sismo de Jáltipan, ya que provocó la destrucción total de dicha ciudad. En el mapa de la figura 34.10 se muestra la distribución de intensidades en la escala de Mercalli modificada de este evento.

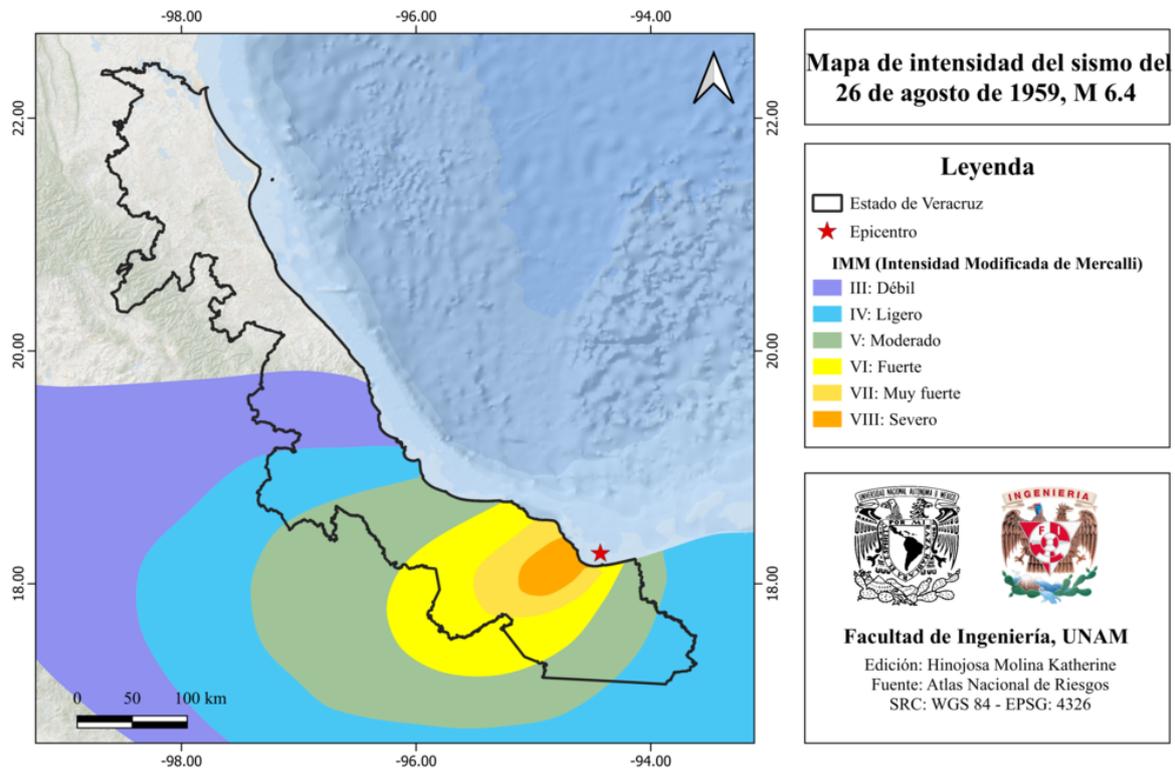


Figura 34.10: Mapa de intensidad del sismo del 26 de agosto de 1959, M 6.4 [ANR-Cenapred, 2016].

- **28 de agosto de 1973, M 7.3**

El sismo ocurrido del 28 de agosto de 1973 a las 03:45 (hora local), de magnitud 7.3, también conocido como el gran terremoto de Orizaba destruyó parte de Orizaba y terminó con la vida de 539 personas, aproximadamente. Este sismo también causó daño en Serdán, Puebla, Córdoba, Nogales y Veracruz [SSN, 2023].

- **7 de septiembre de 2017, Golfo de Tehuantepec, M 8.2**

El 7 de septiembre de 2017, a las 23:49 horas (hora local) se registró un sismo de magnitud 8.2, localizado en el golfo de Tehuantepec a 133 km al suroeste de Pijijiapan, Chiapas. Este evento alcanzó aceleraciones pico entre los 1 y 30  $\frac{cm}{s^2}$  en el estado de Veracruz. En la figura 34.11 se muestra el mapa de intensidad macrosísmica de este sismo.

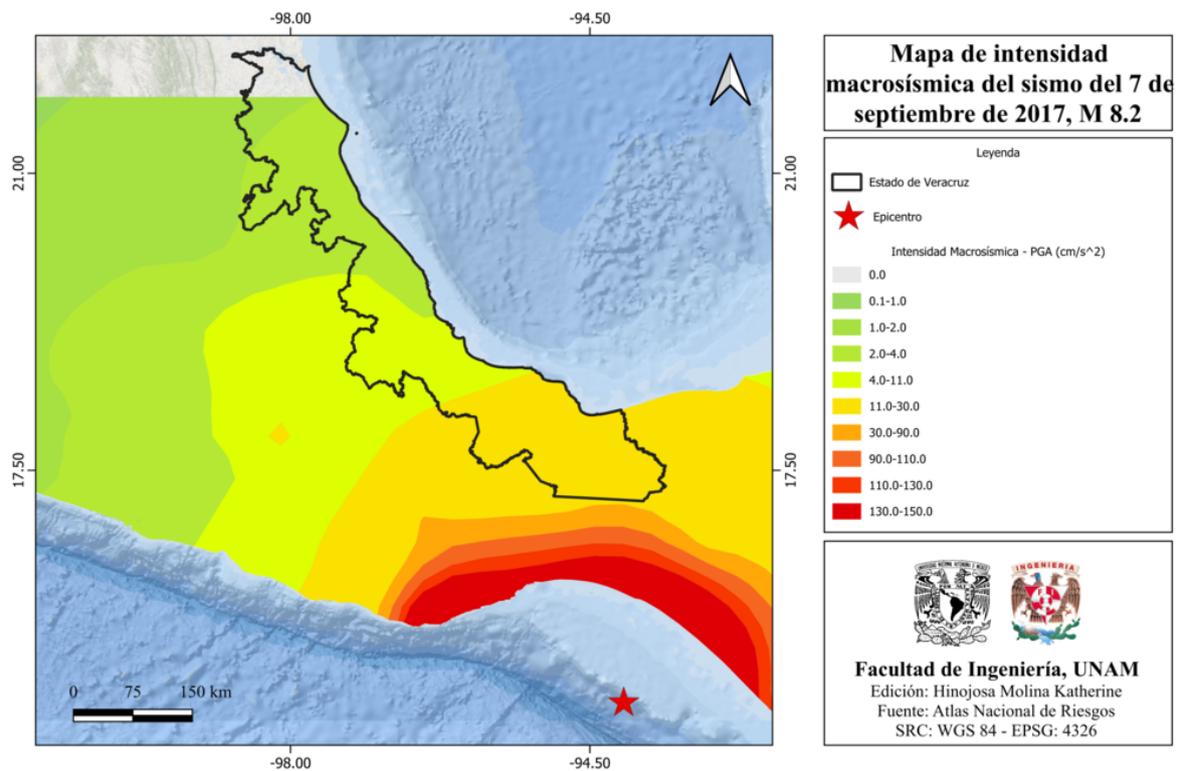


Figura 34.11: Mapa de intensidad macrosísmica del sismo del 7 de septiembre de 2017, M 8.2 [ANR-Cenapred, 2016].

### 34.5 Peligro por tsunamis

La costa del estado de Veracruz forma parte de la zona con bajo potencial de recepción de tsunamis, tal como se muestra en el mapa de la figura 34.12.

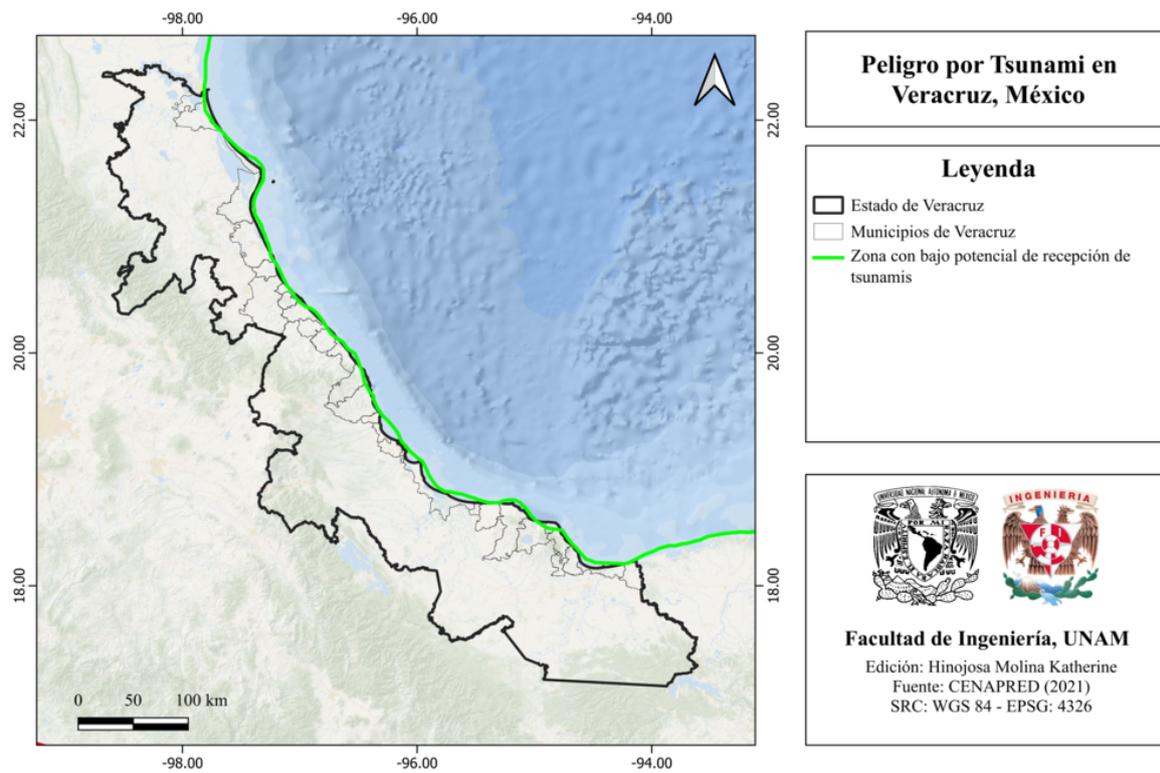


Figura 34.12: Peligro por tsunami en Veracruz, México [Cenapred, 2021].

## 34.6 Información general de peligro sísmico

### 34.6.1 Global de intensidades

El mapa del global de intensidades correspondiente a Veracruz se muestra en la figura 34.13.

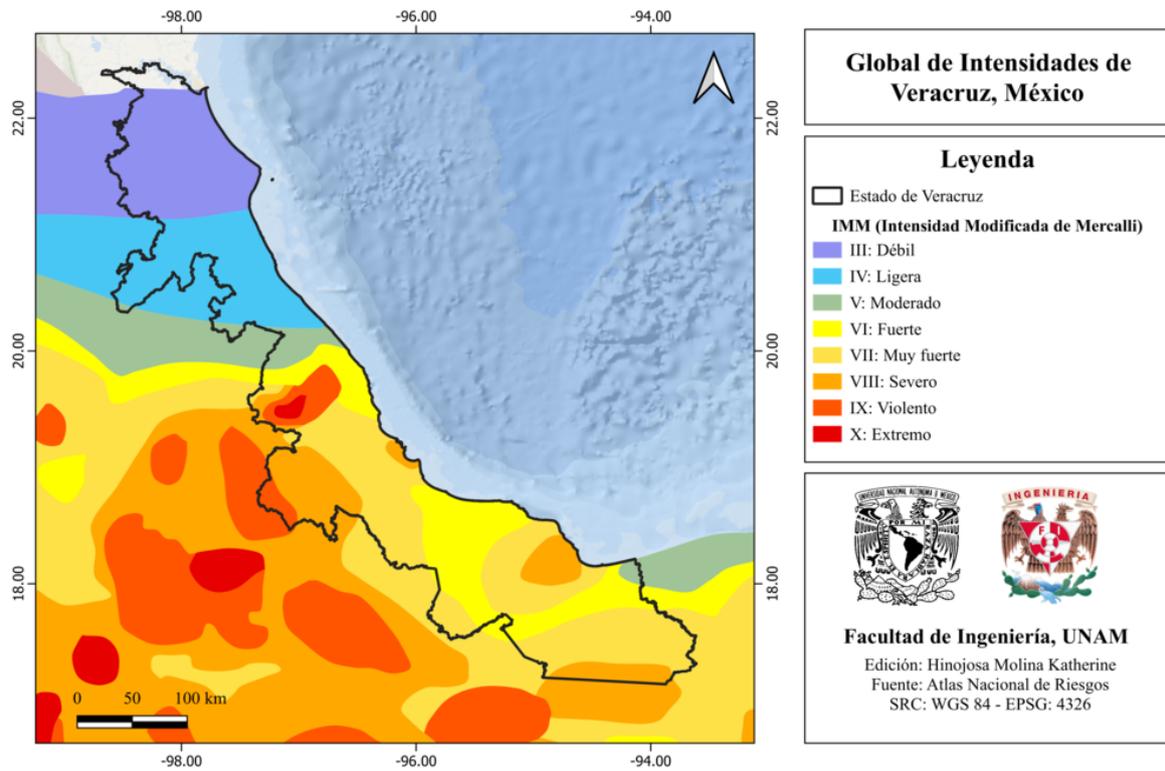


Figura 34.13: Global de intensidades de Veracruz, México [Cenapred, 2006].

### 34.6.2 Regionalización sísmica de acuerdo con la CFE (2015)

Veracruz es parte de las zonas A, B y C que corresponden a sismicidad baja, sismicidad media y sismicidad alta, respectivamente [CFE, 2015]. El mapa de la regionalización sísmica de Veracruz [CFE, 2015], se muestra en la figura 34.14.

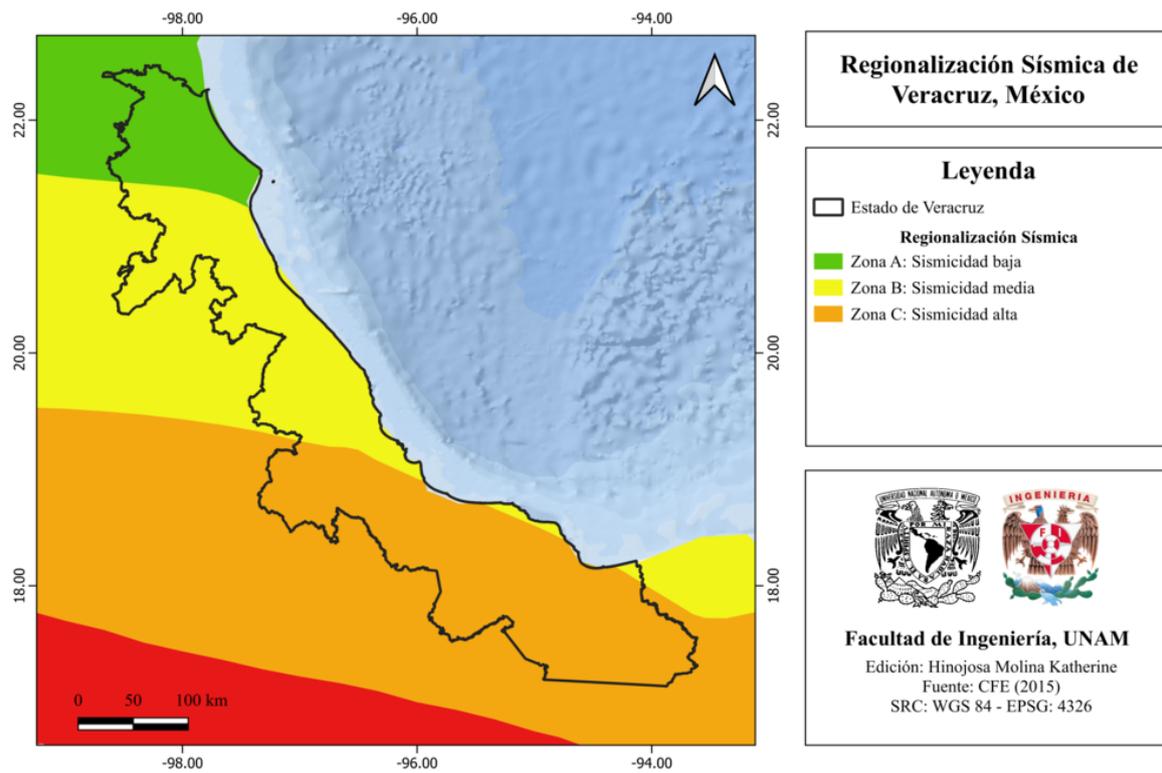


Figura 34.14: Regionalización sísmica de Veracruz, México [CFE, 2015].

### 34.6.3 Parámetro Vs30 (USGS)

El mapa de velocidad de onda de corte [Heath et al., 2020] de Veracruz, se muestra en la figura 34.15.

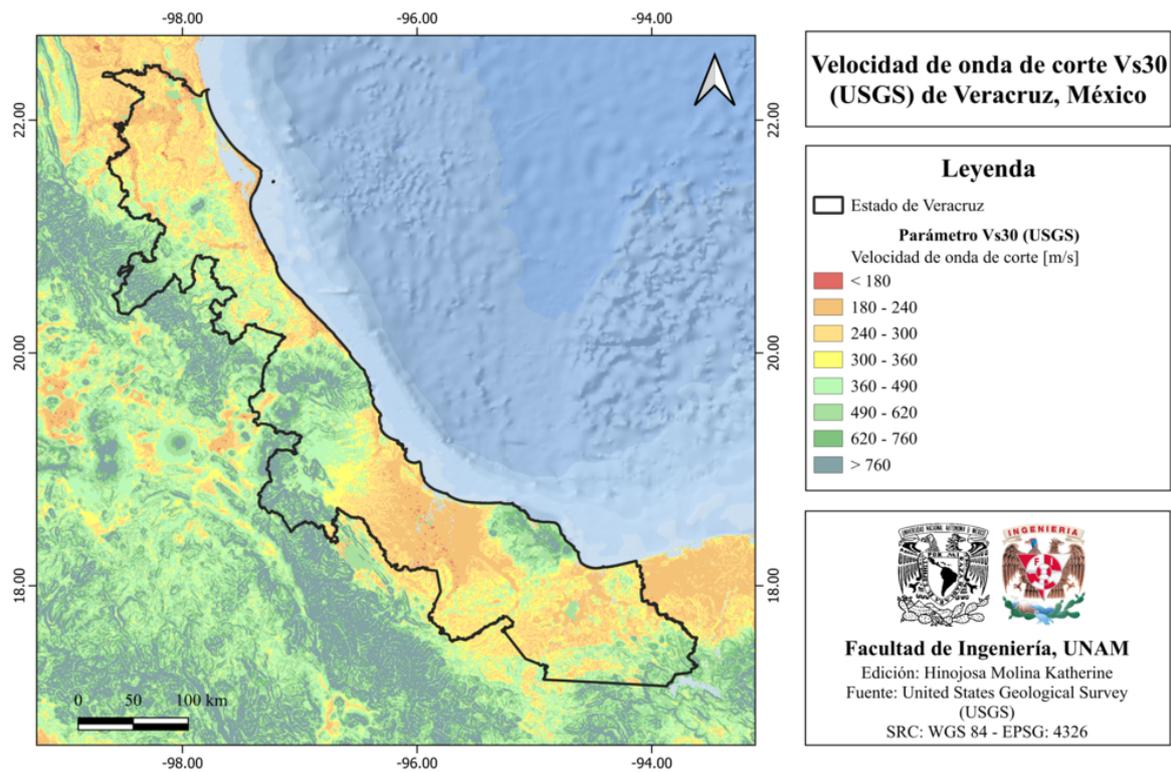


Figura 34.15: Velocidad de onda de corte Vs30 (USGS) de Veracruz, México [Heath et al., 2020].

#### 34.6.4 Municipios con posibles efectos de sitio

El mapa de la figura 34.16 muestra los municipios de Veracruz con posibles efectos de sitio.

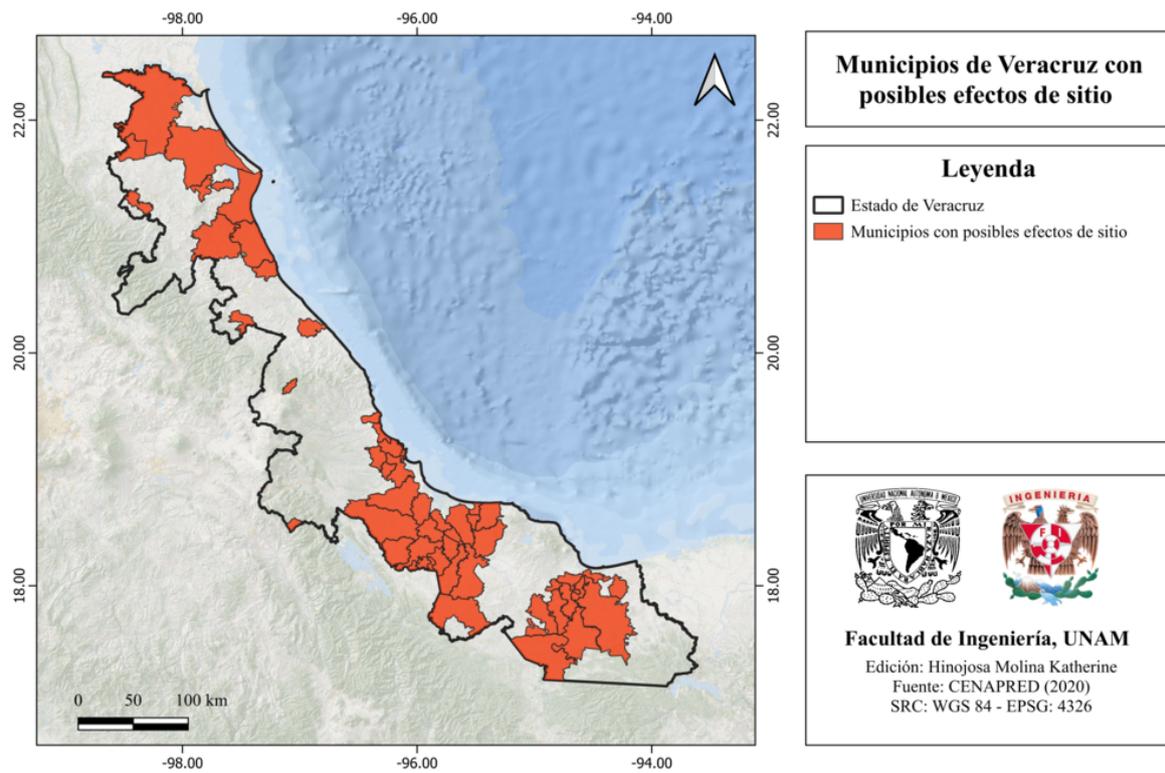


Figura 34.16: Municipios de Veracruz con posibles efectos de sitio [Cenapred, 2020].

### 34.6.5 Municipios con peligro de deslizamiento por sismo

El mapa de la figura 34.17 muestra los municipios de Veracruz con peligro de deslizamiento por sismo.

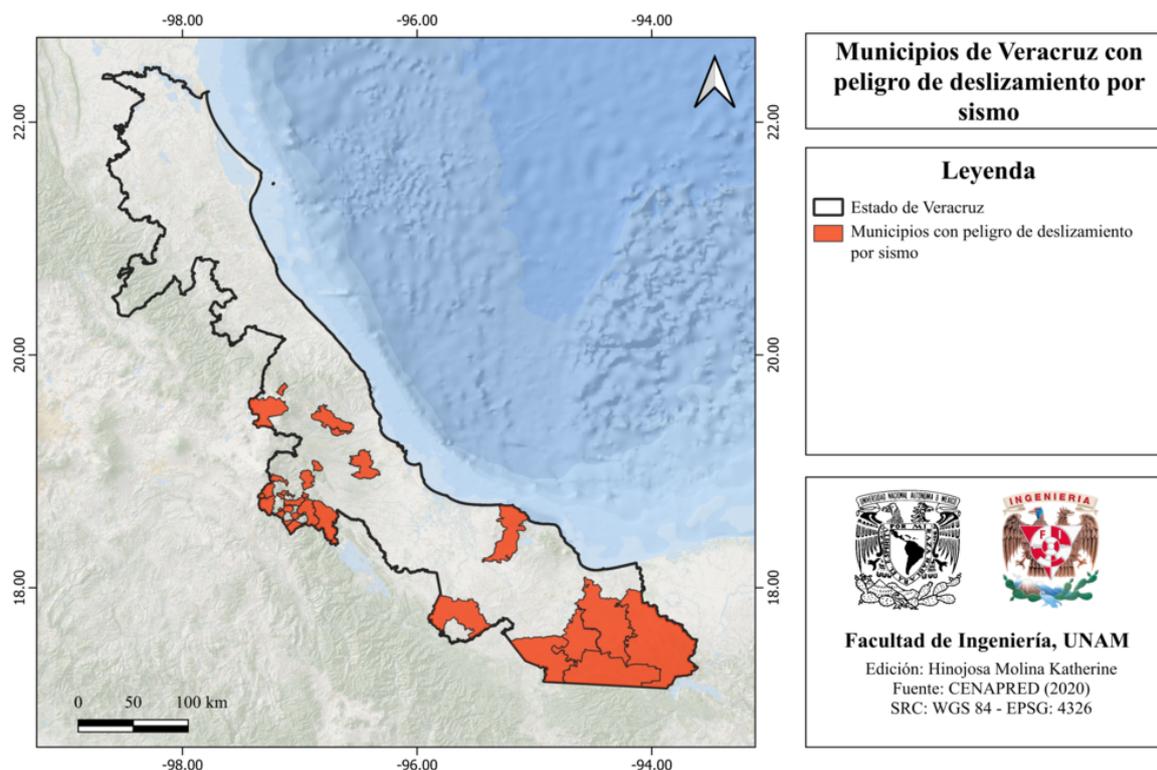


Figura 34.17: Municipios de Veracruz con peligro de deslizamiento por sismo [Cenapred, 2020].

### 34.6.6 Municipios con reglamento de construcción de obras civiles

El estado de Veracruz cuenta con seis reglamentos de obras civiles:

1. Reglamento de Construcciones para el estado de Veracruz (1979).
2. Reglamento de Construcciones, Imagen Urbana y Medio Ambiente para el Municipio de Alto Lucero de Gutiérrez Barrios, Veracruz (2007).
3. Reglamento de Construcciones para el Municipio de Coatzacoalcos, Veracruz.
4. Reglamento Municipal de la Ley de Desarrollo Urbano, Regional y Vivienda para el estado de Veracruz (2009).
5. Reglamento para construcciones públicas y privadas del municipio libre de Veracruz (2015).
6. Reglamento de Desarrollo Urbano de Xalapa, Veracruz (2004).

## 34.7 Secuencias sísmicas (enjambres) reportadas por el Servicio Sismológico Nacional (SSN)

- **Secuencia sísmica del 15 de febrero de 2017**

El día 15 de febrero de 2017, el Servicio Sismológico Nacional (SSN) reportó una secuencia sísmica con nueve sismos de magnitudes entre 3.6 y 4.8, localizados en los alrededores de la ciudad de Veracruz. El sismo de mayor magnitud 4.8, ocurrió a las 03:56 (hora local) a una profundidad de 16 km y fue percibido en Veracruz [SSN, 2023]. En el mapa de la figura 34.18 se muestra la distribución de eventos de este enjambre sísmico.

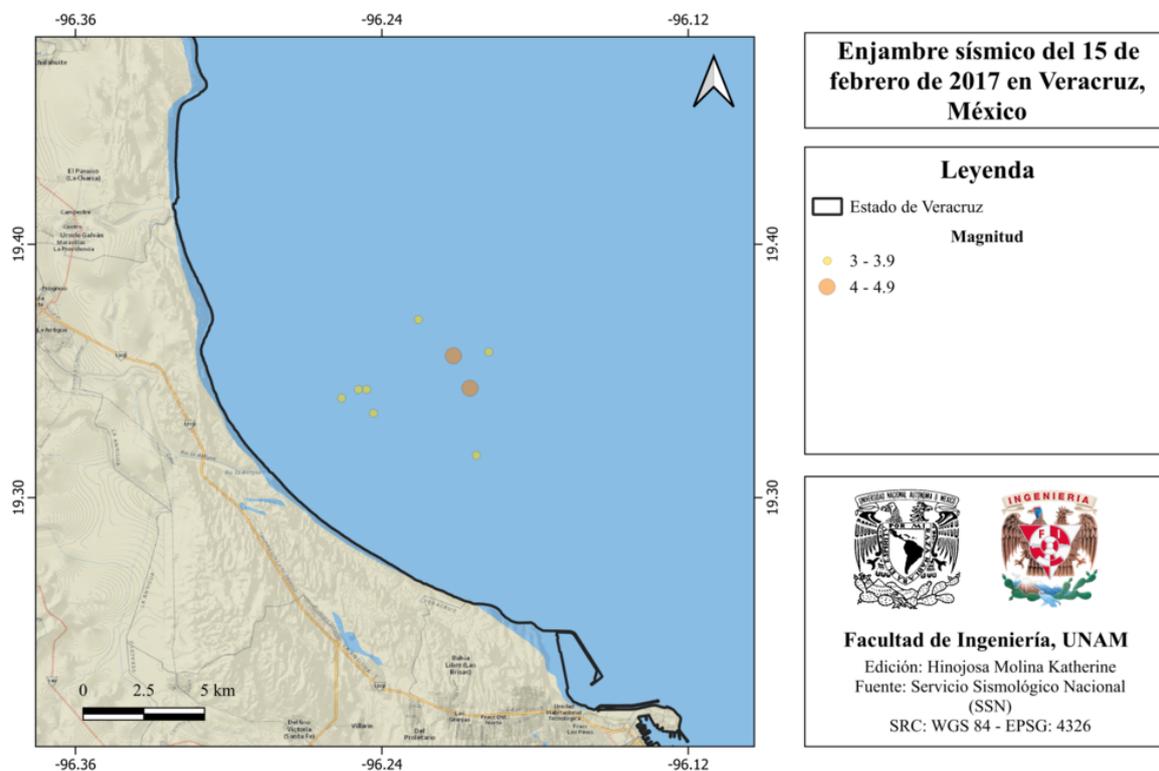


Figura 34.18: Secuencia sísmica del 15 de febrero de 2017 [SSN, 2023].

## 34.8 Estaciones de registro sísmico en el estado

Veracruz cuenta con once estaciones de la Red sísmica de Veracruz, dos estaciones de la Red de Banda Ancha del Servicio Sismológico Nacional (SSN) y cuatro estaciones de la Red Acelerográfica del Instituto de Ingeniería de la UNAM. En el mapa de la figura 34.19

se muestra la distribución de estaciones sísmicas en la entidad.

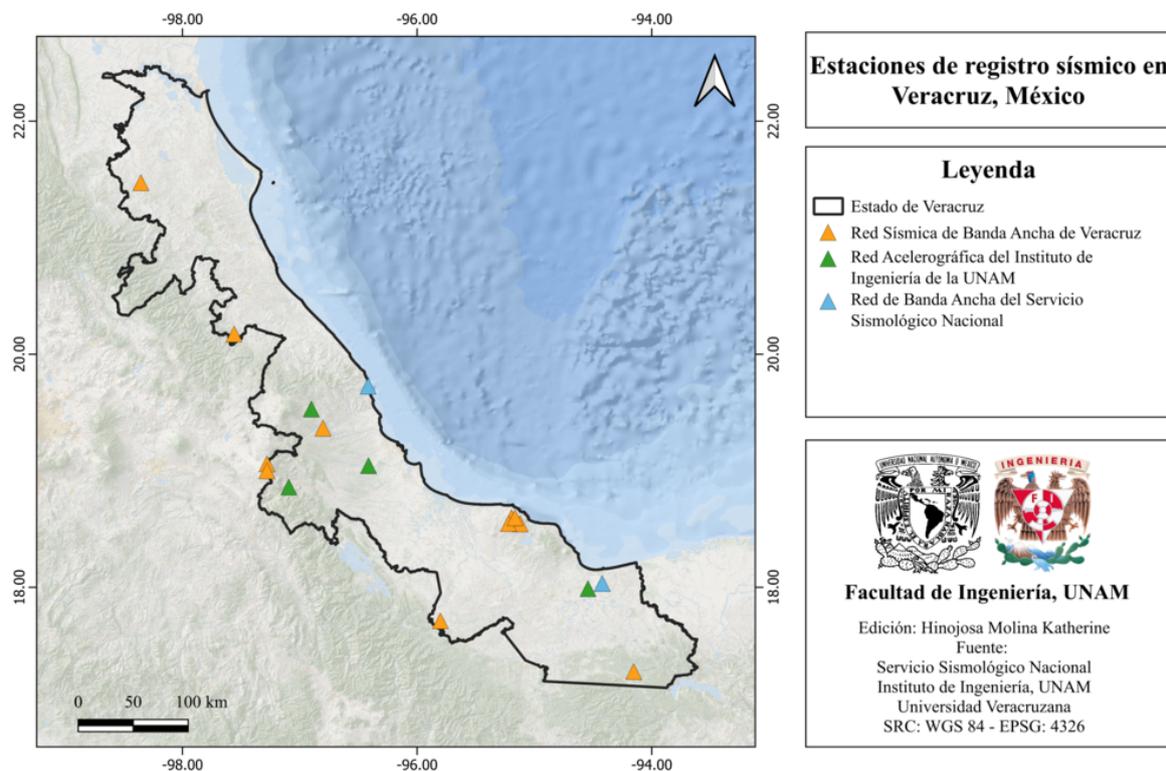


Figura 34.19: Estaciones de registro sísmico de Veracruz, México [SSN, 2023], [II, 2023], [UV, 2023].

### 34.9 Instituciones educativas que han realizado estudios en alguna zona del estado o en sus cercanías

Las siguientes instituciones han realizados estudios de sismicidad en Veracruz:

- Universidad Nacional Autónoma de México
- Universidad Veracruzana

### 34.10 Estudios de sismicidad o de peligro sísmico en alguna zona del estado

- Córdoba-Montiel, F., Pérez-Campos, X., Katrin Sieron, Juárez Cerrillo, S. F. y Grupo de trabajo del Servicio Sismológico Nacional (SSN), 2020, “Análisis e in-

interpretación de la sismicidad local en Veracruz para la generación de boletines del OSV”, Observatorio sismológico y Vulcanológico, Centro de Ciencias de la Tierra, Universidad Veracruzana, Vol. 10, pp. 123-138.

- Flores T., H. Camacho, 1922, “Terremoto Mexicano del 3 de enero de 1920”, Boletín 38, Instituto Geológico Mexicano.
- Franco, S.I., Canet, C., Iglesias, A., y Valdés-González C., 2013, “Seismic activity in the Gulf of Mexico. A preliminary analysis”, Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, Vol. 65, 447-455.
- Lermo Samaniego, J. F., Cruz, J., Hernández, J., Vargas, A., Torres, G., y Almanza, J. (1995). Microzonificación sísmica en zonas urbanas del estado de Veracruz.
- MI, R. L. S., Linera, M. F. W., y Trujillo, M. G. R. Regiones sismogénicas de mayor peligro sísmico para el estado de Veracruz. VOLUMEN III, 78.
- Sing S. K., Pacheco J. F., Pérez-Campos X., Ordaz, M., y Reynoso, E. 2015, “The 6 September 1997 (Mw4.5) Coatzacoalcos-Minatitlan, Veracruz, Mexico earthquake: implications for tectonics and seismic hazard of the region”, Geofísica Internacional, 54-3, pp. 289-298.
- Suárez, G. y López, A., 2015, “Seismicity in the southwestern Gulf of Mexico: evidence of active back arc deformation”, Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, Vol. 32, No. 1.
- Suter, M., Carrillo-Martínez, M., Quintero-Legorreta, O., 1996, “Macroseismic study of shallow earthquake in the central and eastern parts of the trans-Mexican volcanic belt, Mexico”, Bull Seism. Soc. Am. 86: 1952-1963.

# Capítulo 35

## Yucatán

### 35.1 Localización y provincias fisiográficas

#### 35.1.1 Localización

El estado de Yucatán se localiza en la península de Yucatán, en la región sureste del país. Limita al norte con el Golfo de México, al este con Quintana Roo y al oeste con Campeche.

#### 35.1.2 Provincias fisiográficas

El estado de Yucatán forma parte de la siguiente provincia fisiográfica, de acuerdo con información de la fisiografía del INEGI (ver figura 35.1):

- Península de Yucatán

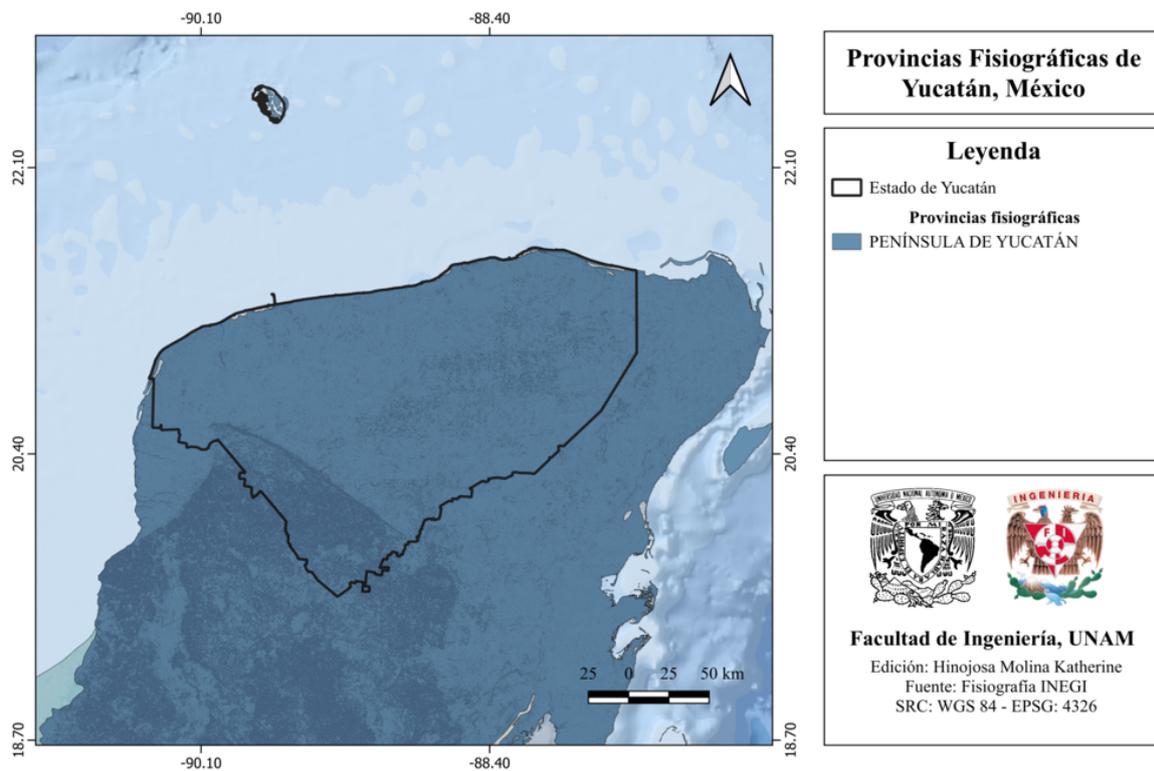


Figura 35.1: Provincias fisiográficas de Yucatán, México [INEGI, 2001].

### 35.1.3 Subprovincias fisiográficas

Al mismo tiempo, Yucatán forma parte de las siguientes subprovincias fisiográficas (ver figura 35.2):

- Carso y Lomeríos de Yucatán
- Carso Yucateco
- Costa Baja de Yucatán

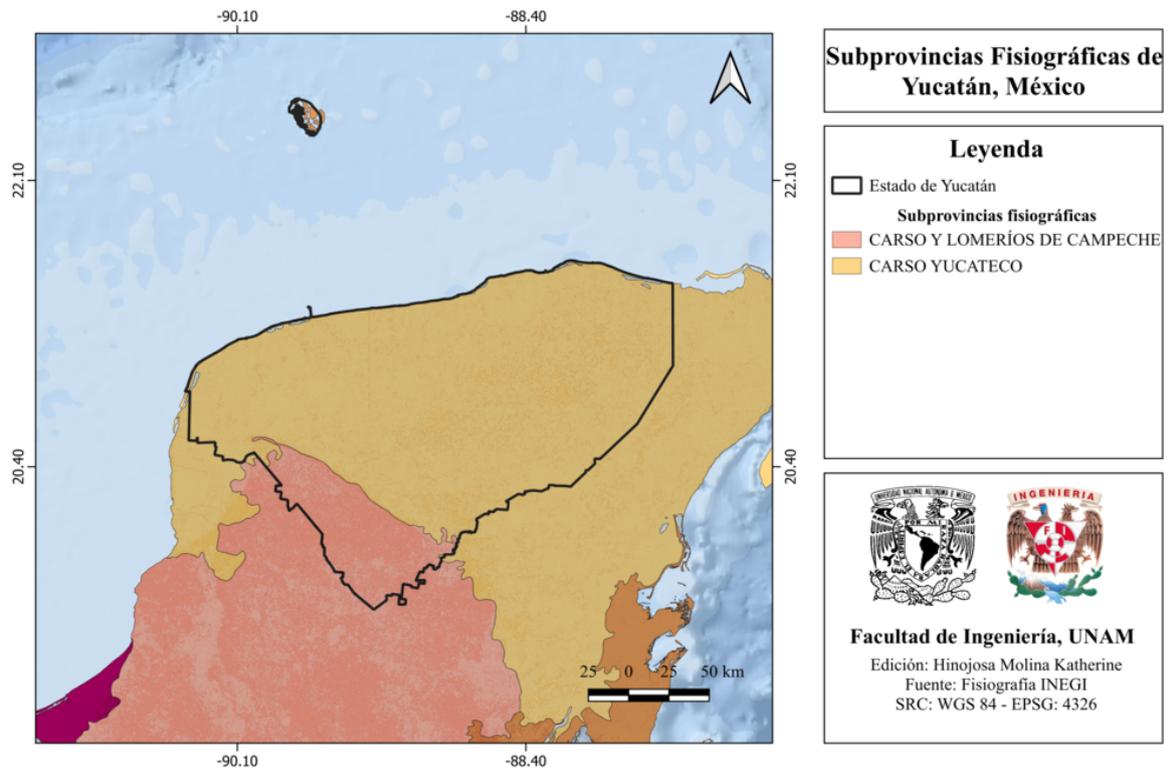


Figura 35.2: Subprovincias fisiográficas de Yucatán, México [INEGI, 2001].

### 35.1.4 Rasgos geológicos estructurales

En Yucatán existen distintos rasgos estructurales como fallas normales, así como numerosas fracturas a lo largo del estado, tal como se muestra en la figura 35.3.

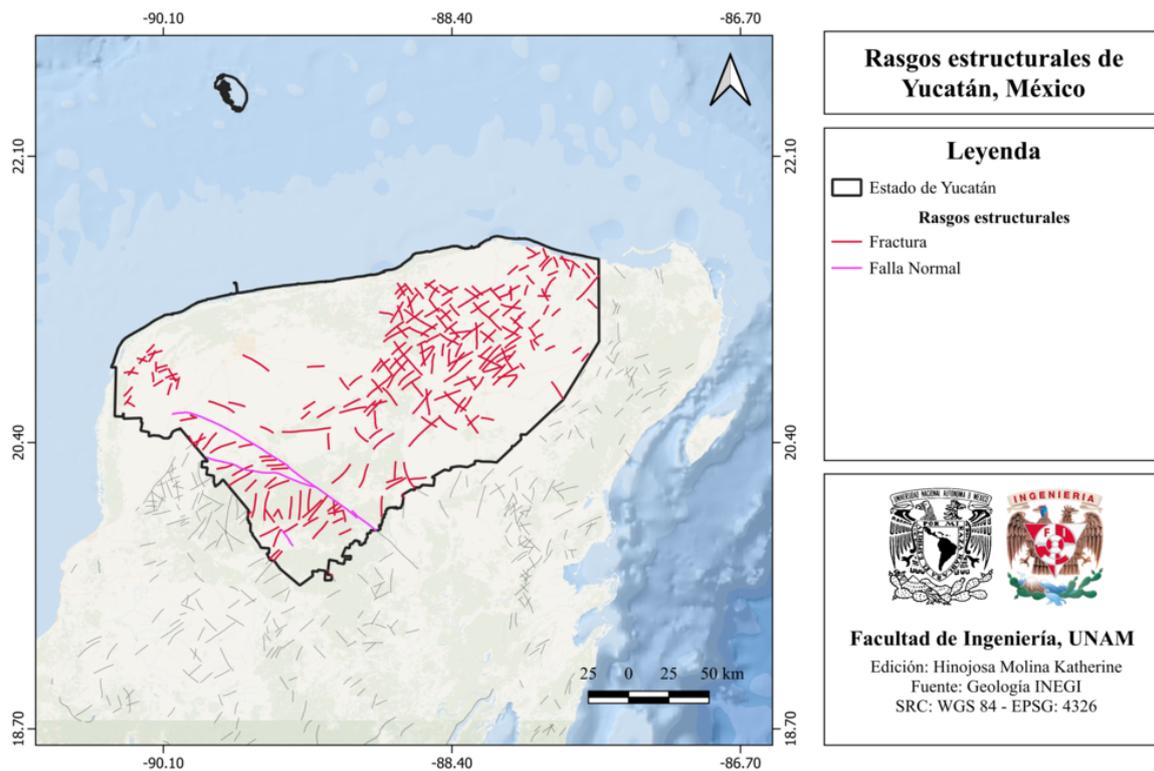


Figura 35.3: Rasgos estructurales de Yucatán, México [INEGI, 2002].

## 35.2 Zonas sismogénéticas (sismotectónicas)

### 35.2.1 Zonas sismogénéticas de acuerdo con Zúñiga et al., (2017)

Yucatán se encuentra dentro de las siguientes zonas sismogénéticas [Zúñiga et al., 2017]:

#### Zonas sismogénéticas someras ( $h < 40$ km)

- **GMX:** Zona de eventos intraplaca (corticales) en la placa de Norteamérica. Provincia del Golfo de México ( $h < 20$  km).
- **NAL:** Zona de muy baja actividad sísmica. Los sismos ocurren dentro de la placa Norteamericana (cortical) con profundidad somera ( $h < 20$  km). Ubicada en la región más oriental de México, abarca principalmente la península de Yucatán.

Estas zonas sismogénéticas se observan en el mapa de la figura 35.4.

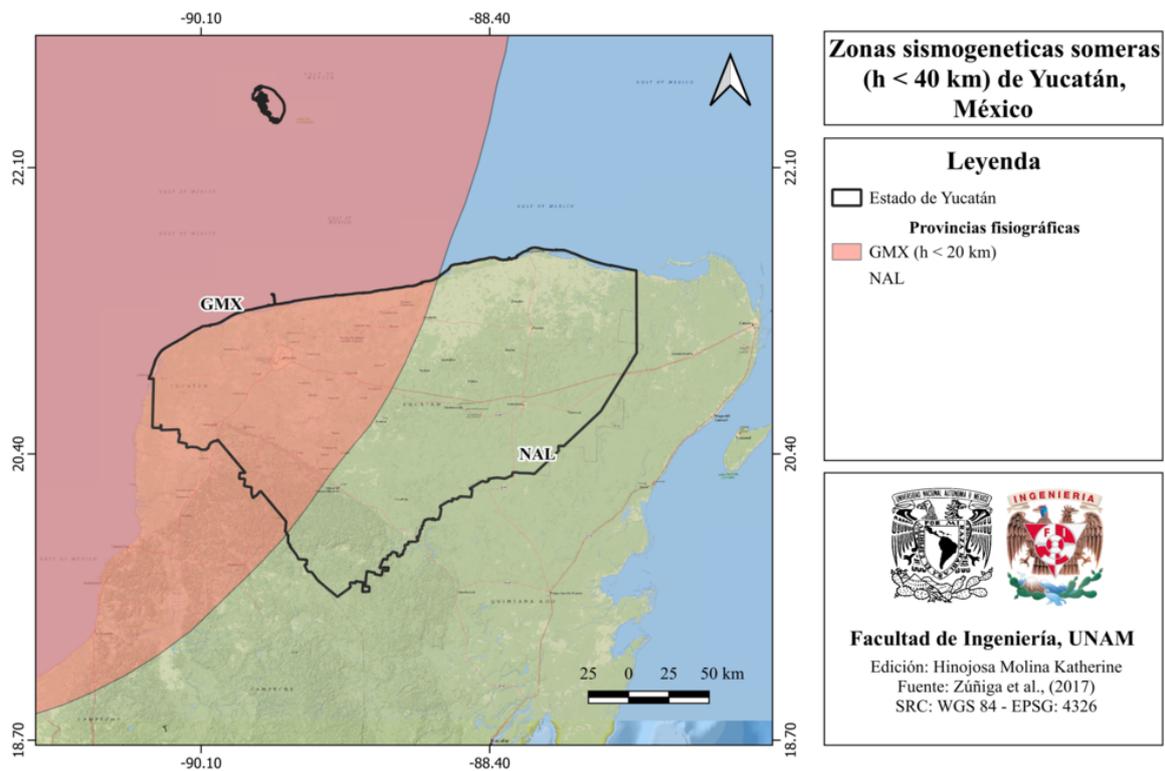


Figura 35.4: Zonas sismogénicas someras ( $h < 40$  km) de Yucatán, México [Zúñiga et al., 2017].

### 35.3 Sismicidad reportada por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) en el período 1900-2022

El Servicio Sismológico Nacional (SSN) ha reportado 6 sismos en el estado de Yucatán, en el período del 1 de enero de 1900 al 31 de diciembre de 2022 con magnitudes desde 2.9 hasta 4.6.

### 35.4 Sismos históricos

La sismicidad es muy baja, se caracteriza por ser una región en la cual no se tienen registros históricos de eventos importantes. El sismo del 7 de septiembre de 2017 fue percibido en Mérida con aceleraciones de entre 0.1 a  $11 \frac{cm}{s^2}$ , como se muestra en el mapa de la figura 35.5.

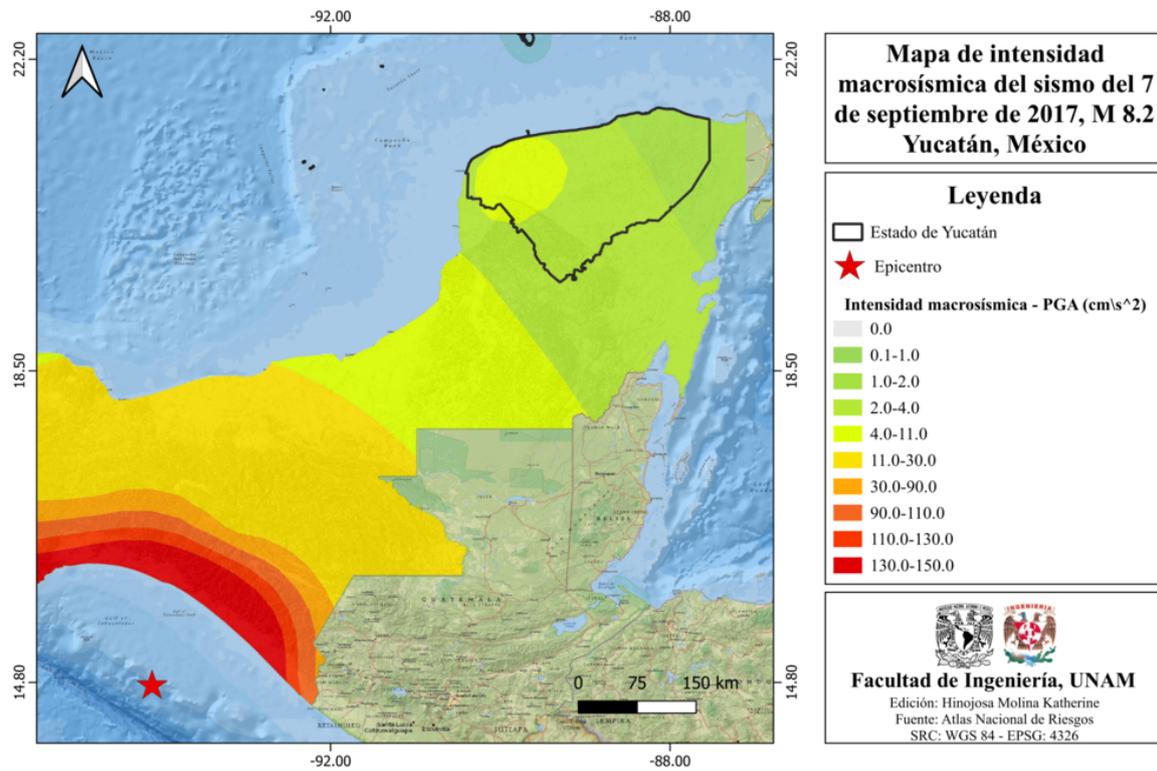


Figura 35.5: Mapa de intensidad macrosísmica del sismo del 7 de septiembre de 2017, M 8.2 [ANR-Cenapred, 2016]

### 35.5 Peligro por tsunami

La costa del estado de Yucatán se encuentra en la zona con bajo potencial de recepción de tsunamis [Cenapred, 2021], tal como se muestra en la figura 35.6.

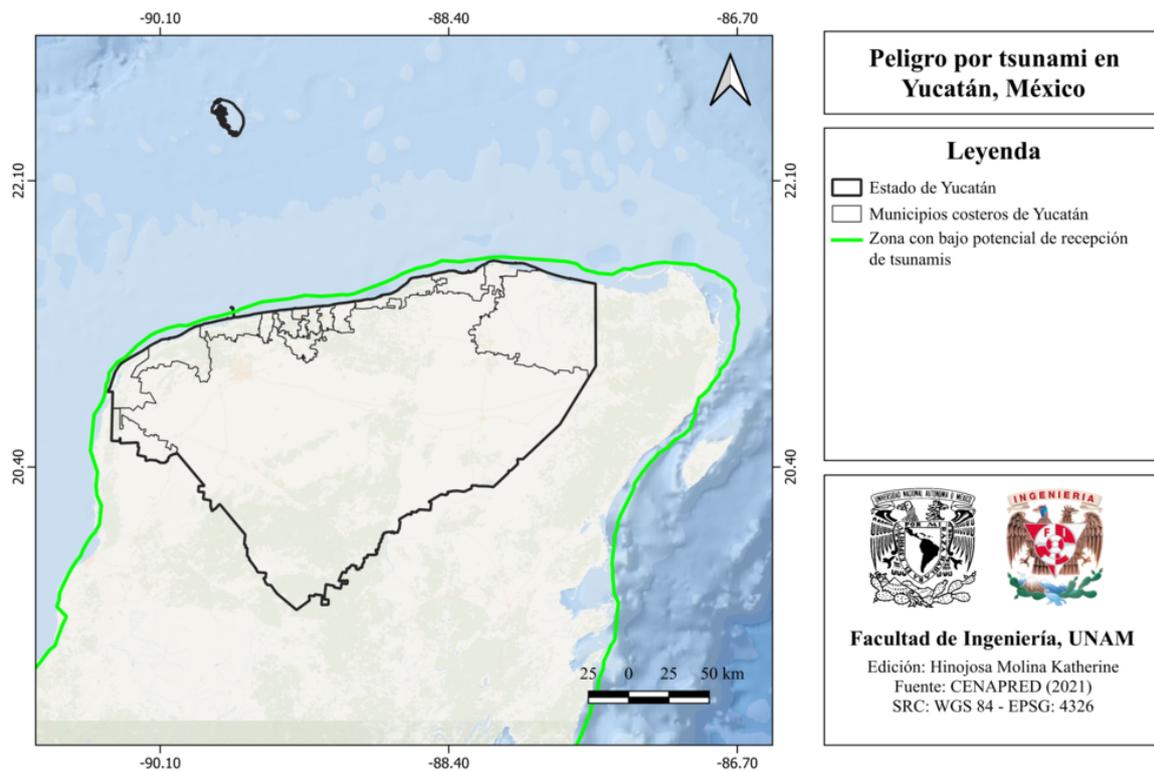


Figura 35.6: Peligro por tsunami en Yucatán, México [Cenapred, 2021].

## 35.6 Información general de peligro sísmico

### 35.6.1 Global de intensidades

No se cuenta con información.

### 35.6.2 Regionalización sísmica de acuerdo con la CFE (2015)

Yucatán se encuentra en la zona A correspondiente a sismicidad baja, tal como se muestra en la figura 35.7).

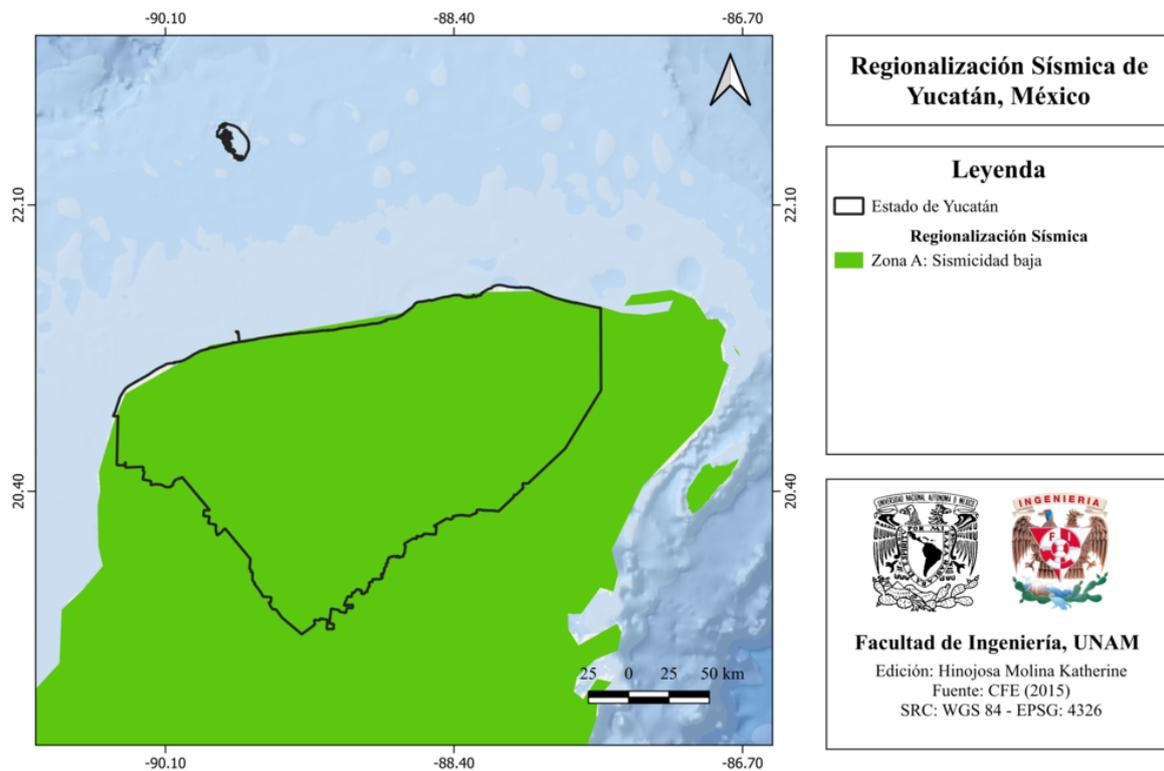


Figura 35.7: Regionalización sísmica de Yucatán, México [CFE, 2015].

### 35.6.3 Parámetro Vs30 (USGS)

El mapa de velocidad de onda de corte, de acuerdo con el parámetro Vs30 [?], se muestra en la figura 35.8.

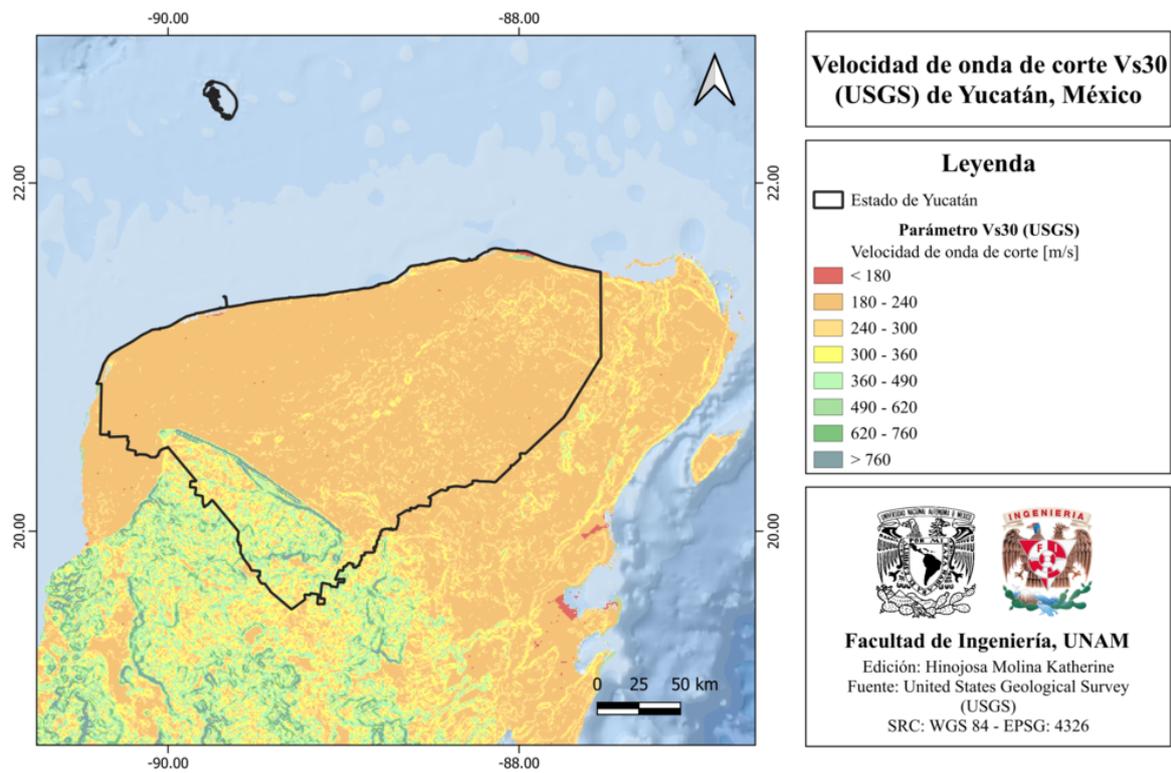


Figura 35.8: Velocidad de onda de corte Vs30 (USGS) de Yucatán, México [Heath et al., 2020].

### 35.6.4 Municipios con posibles efectos de sitio

En el mapa de la figura 35.9 se muestran los municipios de Yucatán con posibles efectos de sitio.

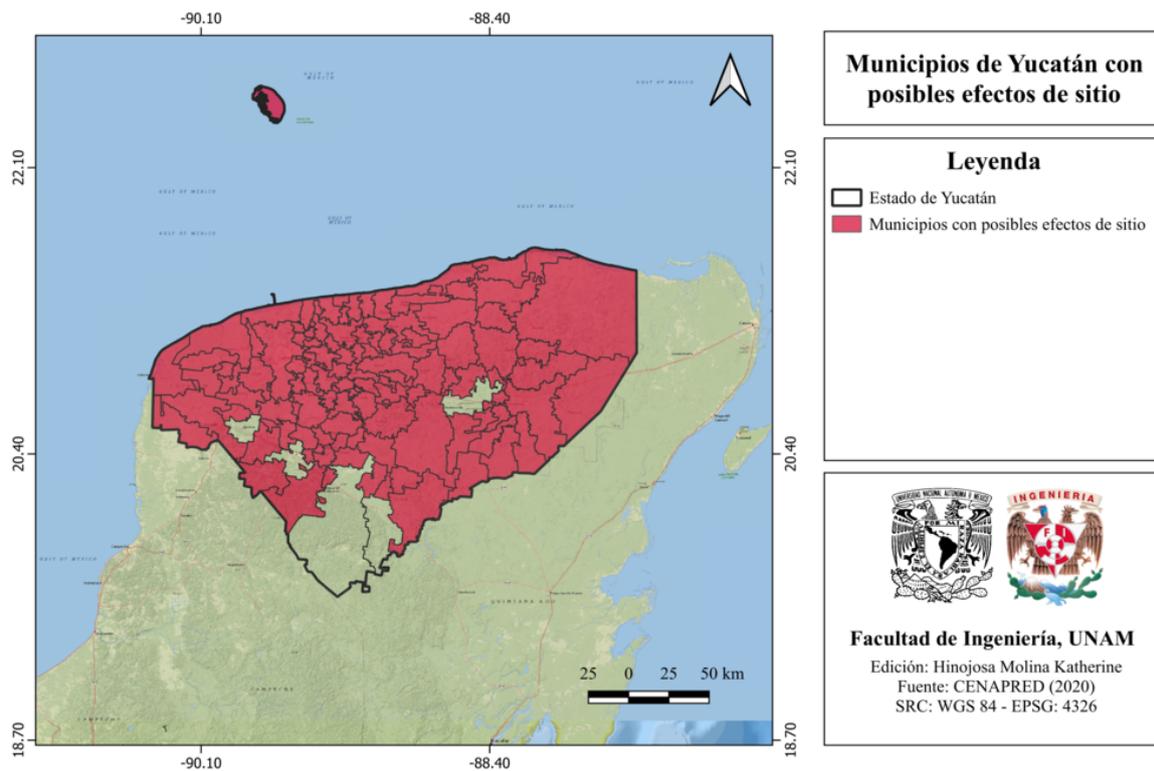


Figura 35.9: Municipios de Yucatán con posibles efectos de sitio [Cenapred, 2020].

### 35.6.5 Municipios con peligro de deslizamiento por sismo

No se cuenta con información.

### 35.6.6 Municipios con reglamento de construcción de obras civiles

El estado de Yucatán cuenta con cinco reglamentos de obras civiles, los cuales se enlistan a continuación:

- Reglamento de Construcción del municipio de Mérida (2004).
- Reglamento de Construcción del municipio de Tizmin (2001).
- Reglamento de Construcción del municipio de Uman (2002).
- Reglamento de Construcción del municipio de Valladolid.

## 35.7 Secuencias sísmicas (enjambres) reportadas por el Servicio Sismológico Nacional (SSN)

No se cuenta con información.

## 35.8 Estaciones de registro sísmico en el estado

El Servicio Sismológico Nacional (SSN) tiene una estación sísmica: Mérida (MYIG), ver figura 35.10.

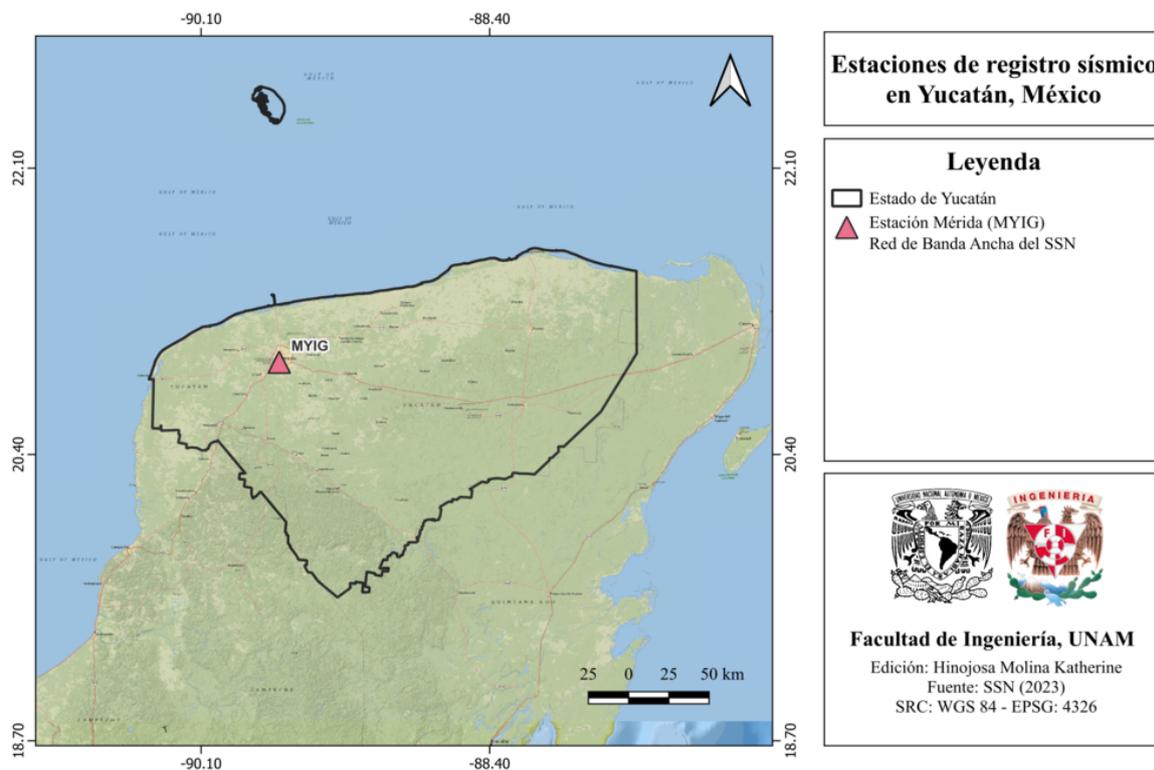


Figura 35.10: Estación de registro sísmico de Yucatán, México [CFE, 2015].

## 35.9 Instituciones educativas que han realizado estudios en alguna zona del estado o en sus cercanías

- Escuela Nacional de Estudios Superiores (ENES) campus Mérida.
- Facultad de Ingeniería y Tecnología de la Universidad Autónoma del Carmen.

## 35.10 Estudios de sismicidad o de peligro sísmico en alguna zona del estado

- Franco, S. Canet, C., Iglesias, A., Valdés-González, C., 2013 “Seismic activity in the Gulf of Mexico. A preliminary analysis”, Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, Vol. 65, No. 3, pp. 447-455.
- Mann, P., 1999, “Chapter 1. Caribbean Sedimentary Basins: Classification and Tectonic Setting from Jurassic to Present”, Sedimentary Basins of the World, Vol. 4, pp 3-31.

# Capítulo 36

## Zacatecas

### 36.1 Localización y provincias fisiográficas

#### 36.1.1 Localización

El estado de Zacatecas se ubica en la región centro-norte del país, limitando al norte con Coahuila, al noreste con Nuevo León, al este con San Luis Potosí, al sur con Guanajuato, Jalisco y Aguascalientes, al suroeste con Nayarit y al oeste con Durango.

#### 36.1.2 Provincias fisiográficas

De acuerdo con la Fisiografía del INEGI, Zacatecas es parte de cuatro provincias fisiográficas (ver figura 36.1):

- Eje Neovolcánico
- Mesa del Centro
- Sierra Madre Occidental
- Sierra Madre Oriental

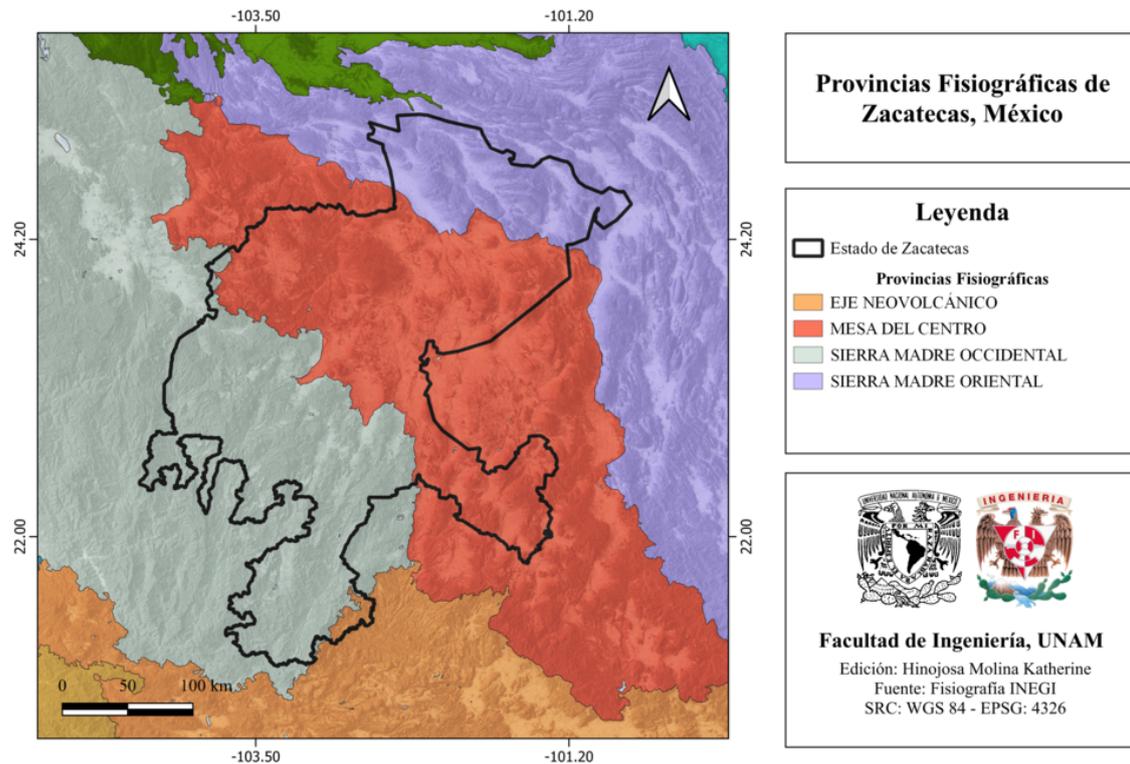


Figura 36.1: Provincias fisiográficas del estado de Zacatecas, México [INEGI, 2001].

### 36.1.3 Subprovincias fisiográficas

A su vez, forma parte de 11 subprovincias fisiográficas (ver figura 36.2):

- Altos de Jalisco
- Gran Meseta y Cañadas Duranguenses
- Llanuras de Ojuelos – Aguascalientes
- Llanuras y Sierras Potosino – Zacatecanas
- Mesetas y Cañadas del Sur
- Sierras Transversales
- Sierras y Llanuras de Durango
- Sierras y Llanuras del Norte
- Sierras y Llanuras Occidentales

- Sierras y Lomeríos de Aldama y Río Grande
- Sierras y Valles Zacatecanos

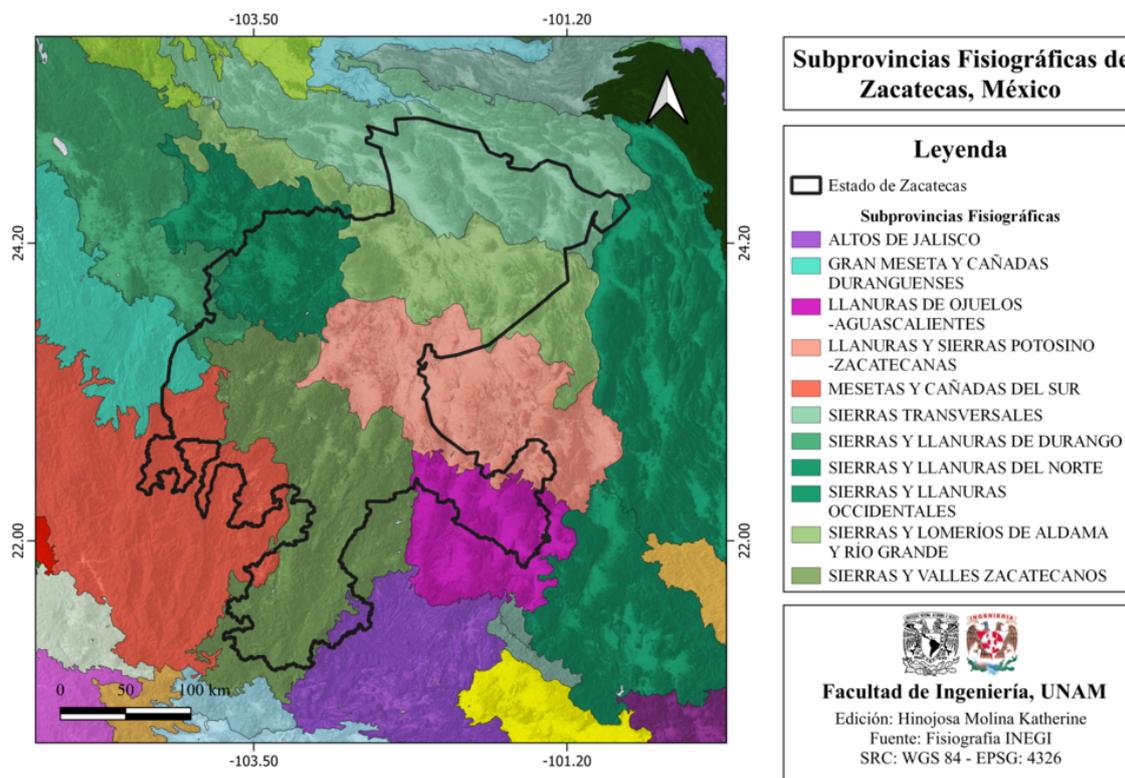


Figura 36.2: Subprovincias fisiográficas del estado de Zacatecas, México [INEGI, 2001].

### 36.1.4 Rasgos geológicos estructurales

#### Fallas y fracturas

El estado de Zactecas presenta varios lineamientos de fallas y fracturas, principalmente dentro de la Ciudad de Zacatecas. La gran mayoría de estas estructuras se hallan a los alrededores de la mancha urbana, debido al origen del cerro de la Bufa. [RMGIR, 2006]

Aproximadamente el 20 % del territorio de la Ciudad de Zacatecas se encuentra a una distancia menor a 100 metros de alguna estructura geológica como fallas o fracturas. [RMGIR, 2006]

En el mapa de la figura 36.3 se muestra la distribución espacial de fallas y fracturas del estado de Zacatecas.

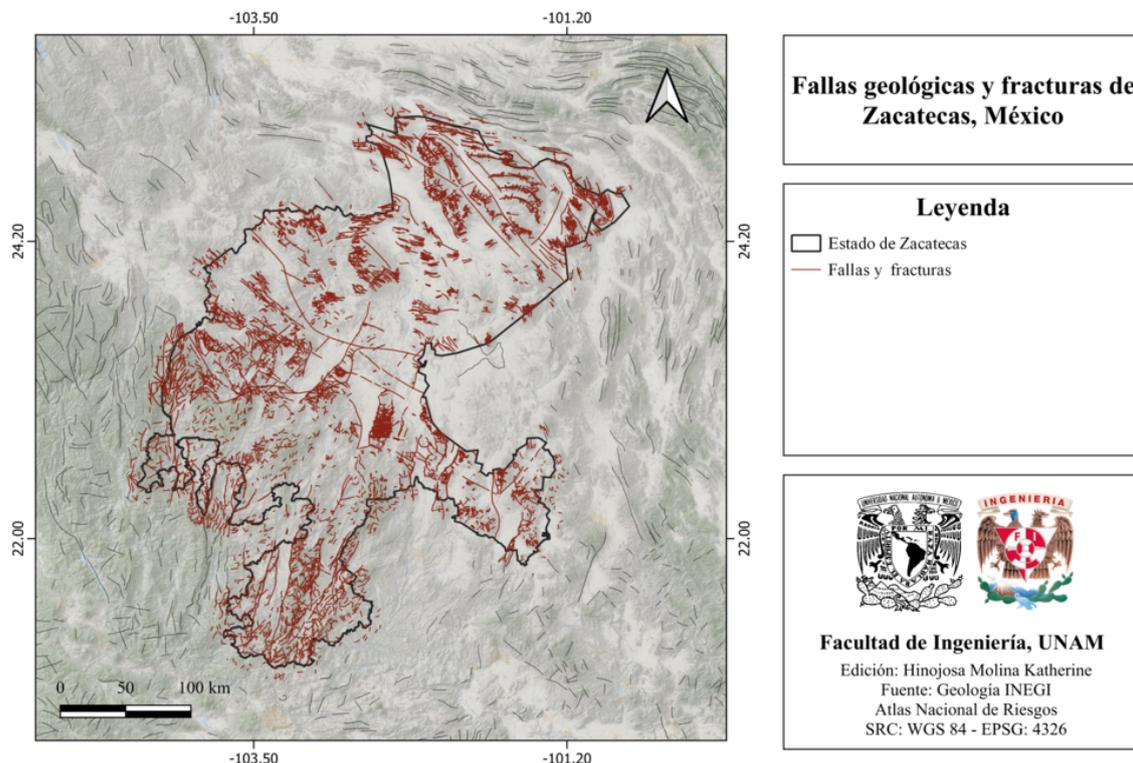


Figura 36.3: Fallas Geológicas y fracturas de Zacatecas, México [ANR-Cenapred, 2016].

En el norte de la ciudad de Zacatecas cruzan cuatro fallas principales: La Cantera, Mala Noche, Veta Grande y Pánuco. Éstas tienen una orientación general de  $N50^{\circ}W - 60^{\circ}W$  con inclinaciones de sus planos al SW y NE [Tristán-González et al., 2012].

## 36.2 Zonas sismogénicas (sismotectónicas)

### 36.2.1 Zonas sismogénicas de acuerdo con Zúñiga et al., (2017)

El estado de Zacatecas se encuentra dentro de las siguientes zonas sismogénicas [Zúñiga et al., 2017].

#### Zonas sismogénicas someras ( $h < 40$ km)

- **BAR:** Zona de eventos dentro de la placa Norteamericana de poca profundidad ( $h < 20$  km), baja magnitud y escasa frecuencia. Posible extensión sur de las provincias de la Cuenca y cadena Río Grande.

- **BB:** Zona de eventos intra-placa en la placa de Norteamérica ( $h < 20$  km). Provincia de Estrés de la Cuenca de Burgos.
- **SMO:** Zona de eventos intra-placa (corticales en la placa de Norteamérica). Provincia tectónica de la Sierra Madre. ( $h < 20$  km).

Estas zonas sismogénicas se muestran en la figura 36.4.

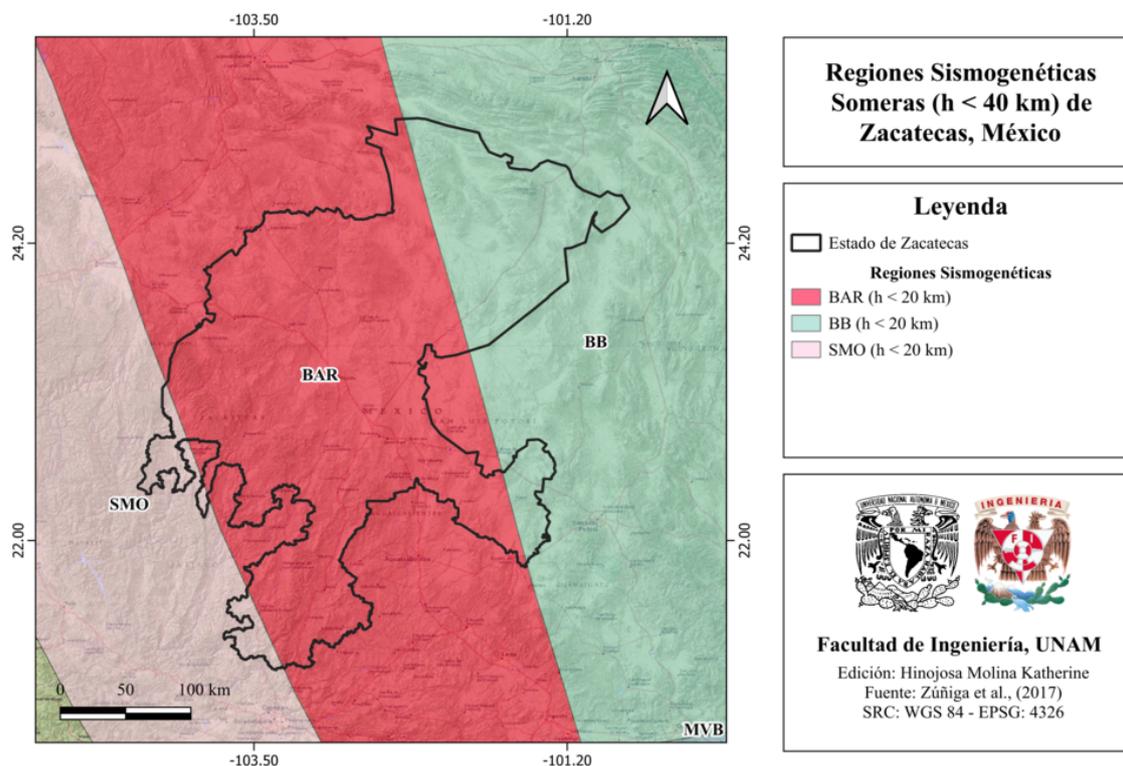


Figura 36.4: Zonas sismogénicas someras ( $h < 40$  km) del estado de Zacatecas, México [Zúñiga et al., 2017].

### 36.2.2 Zonas sismogénicas de acuerdo con la Comisión Federal de Electricidad (2015)

Zacatecas posee las siguientes regiones sismogénicas [CFE, 2015].

#### Zonas generadoras de sismos superficiales

- Cuenca de Burgos
- Eje Volcánico

- Sismicidad difusa 1
- Chihuahua Oriental

Estas zonas sismogénicas se muestran en la figura 36.5.

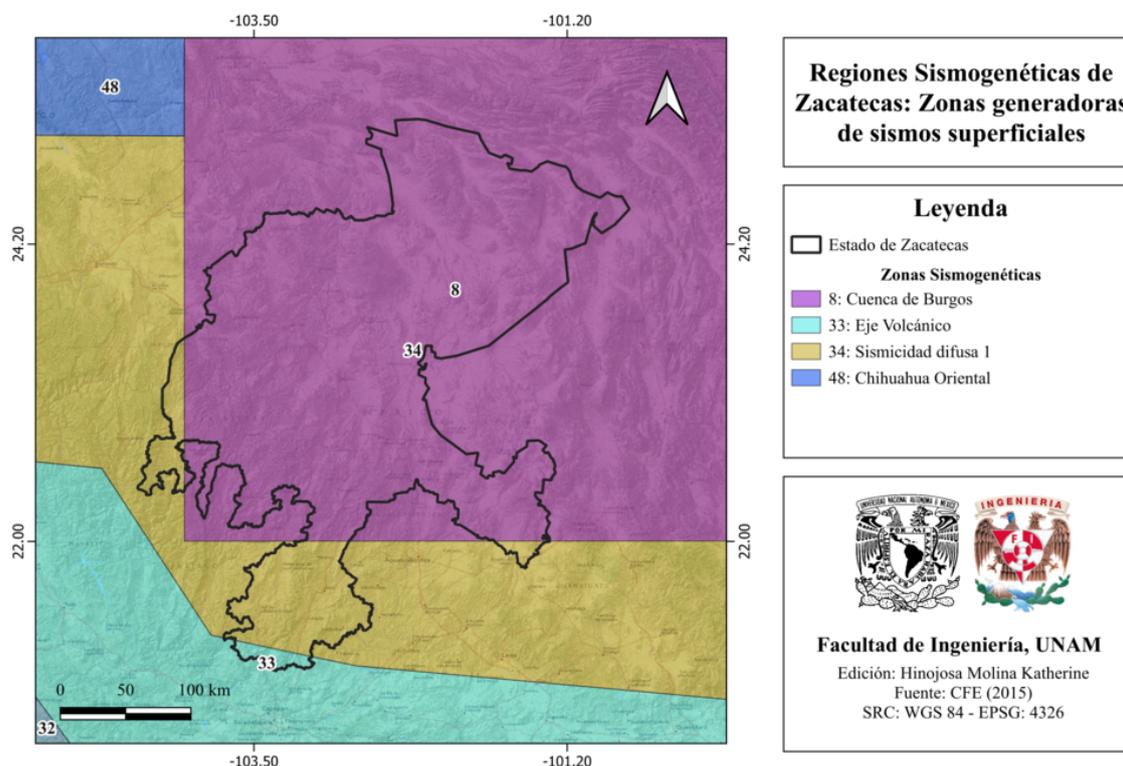


Figura 36.5: Zonas generadoras de sismos superficiales del estado de Zacatecas, México [CFE, 2015].

### 36.3 Sismicidad reportada por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) en el período 1900-2022

El Servicio Sismológico Nacional (SSN) ha reportado 432 sismos en Zacatecas, durante el período de 1900-2022 (UTC), con magnitudes desde 0.6 hasta 4.6

### 36.4 Sismos históricos

- **28 de abril de 1841, M 6.2** El 28 de abril de 1841 ocurrió un sismo de magnitud 6.2, ubicado aproximadamente a 40 km al suroeste de Punta Santa Elena,

en los límites de Coahuila y Zacatecas [Sosa-Ramírez et al., 2021]. El movimiento causado por el evento sísmico fue percibido hasta 350 km de distancia, abarcando el territorio de la República del Río Grande que incluye a los estados de Nuevo León, Tamaulipas, Coahuila y la parte sur de Texas [SSN, 2023]. En cuestión de daños, este sismo causó colapsos de casas y dejó un saldo total de seis personas fallecidas en Punta Santa Elena, Coahuila; así como daños estructurales en las haciendas Los Muertos y La Vaquera, ubicadas al suroeste de Saltillo [Ramos-Zúñiga et al., 2012].

## 36.5 Peligro por tsunami

El estado de Zacatecas no se encuentra expuesto a este fenómeno, ya que se encuentra a 305 km de la costa del Océano Pacífico.

## 36.6 Información general de peligro sísmico

### 36.6.1 Global de intensidades

El mapa global de intensidades del estado de Zacatecas [ANR-Cenapred, 2016], se muestra en la figura 36.6.

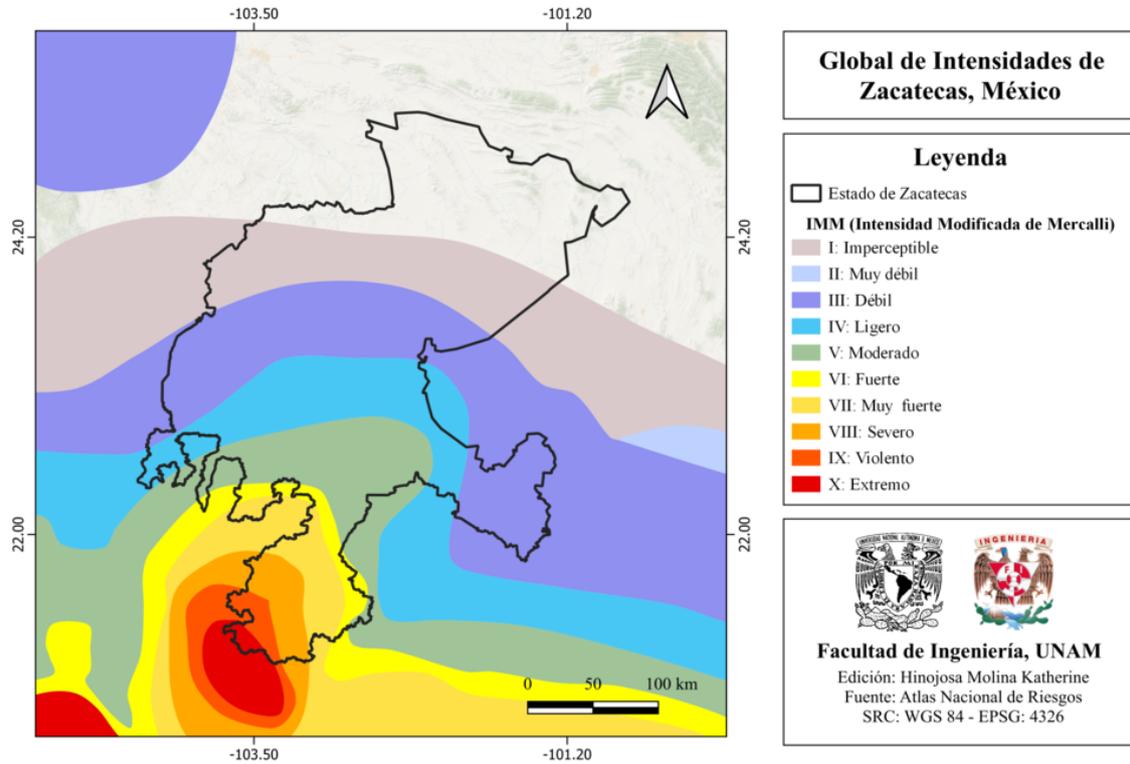


Figura 36.6: Global de intensidades de Zacatecas, México [ANR-Cenapred, 2016].

### 36.6.2 Regionalización sísmica de acuerdo con la CFE (2015)

El estado de Zacatecas se encuentra dentro de las zonas A y B, correspondientes a sismicidad baja y media [CFE, 2015], tal como se muestra en la figura 36.7

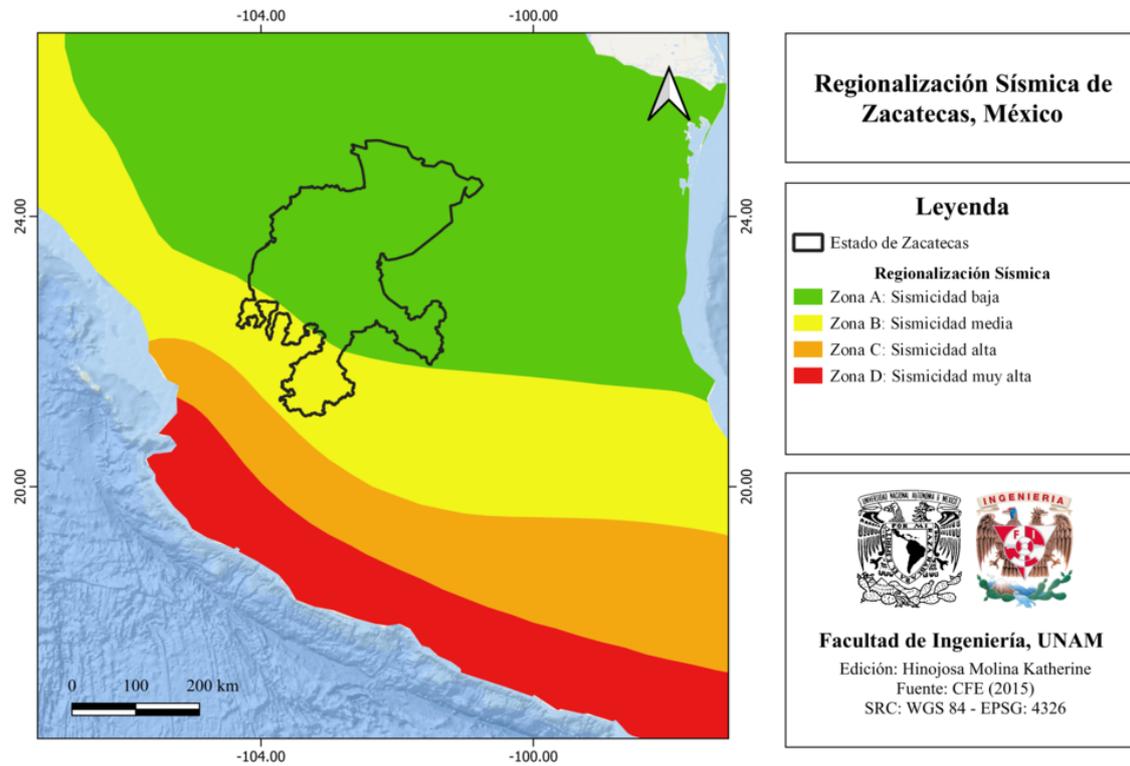


Figura 36.7: Regionalización sísmica de Zacatecas, México [CFE, 2015].

### 36.6.3 Parámetro Vs30 (USGS)

De acuerdo con la clasificación del parámetro Vs30 (USGS), Zacatecas tiene la distribución de velocidad de onda de corte mostrada en el mapa de la figura 36.8.

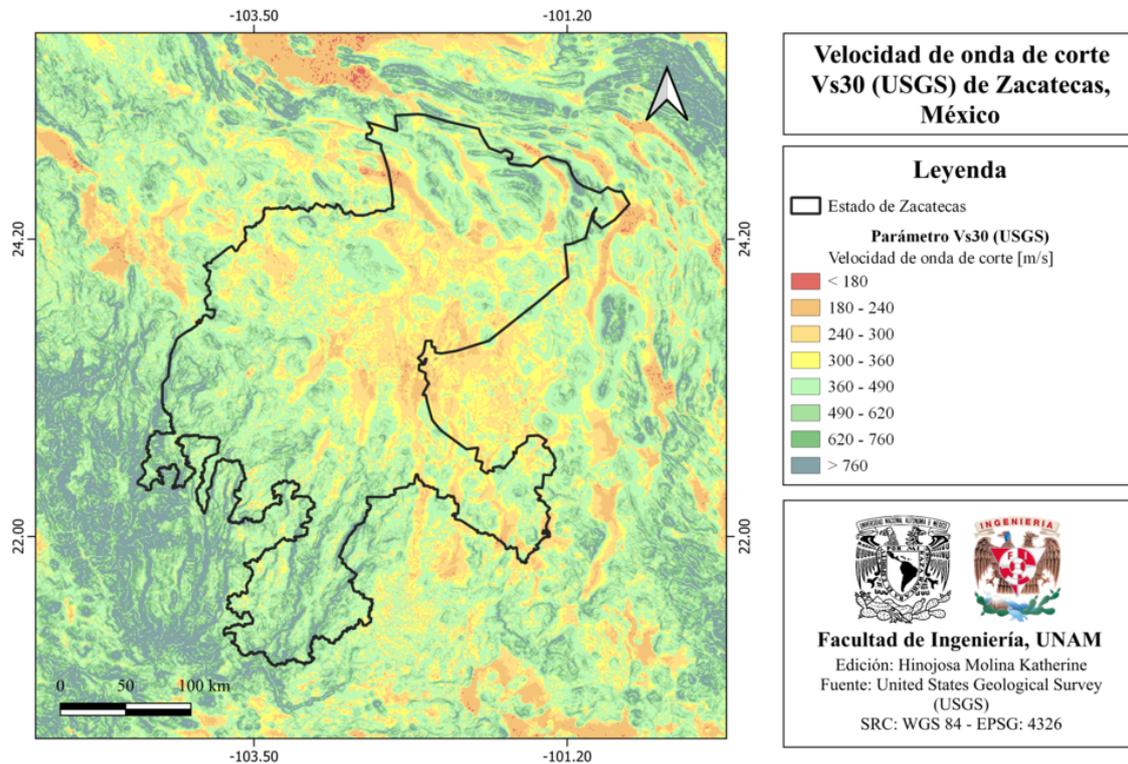


Figura 36.8: Velocidad de onda de corte Vs30 (USGS) de Zacatecas, México [Heath et al., 2020].

### 36.6.4 Municipios con posibles efectos de sitio

El mapa de la figura 36.9 muestra los municipios de Zacatecas con posibles efectos de sitio [Cenapred, 2020].

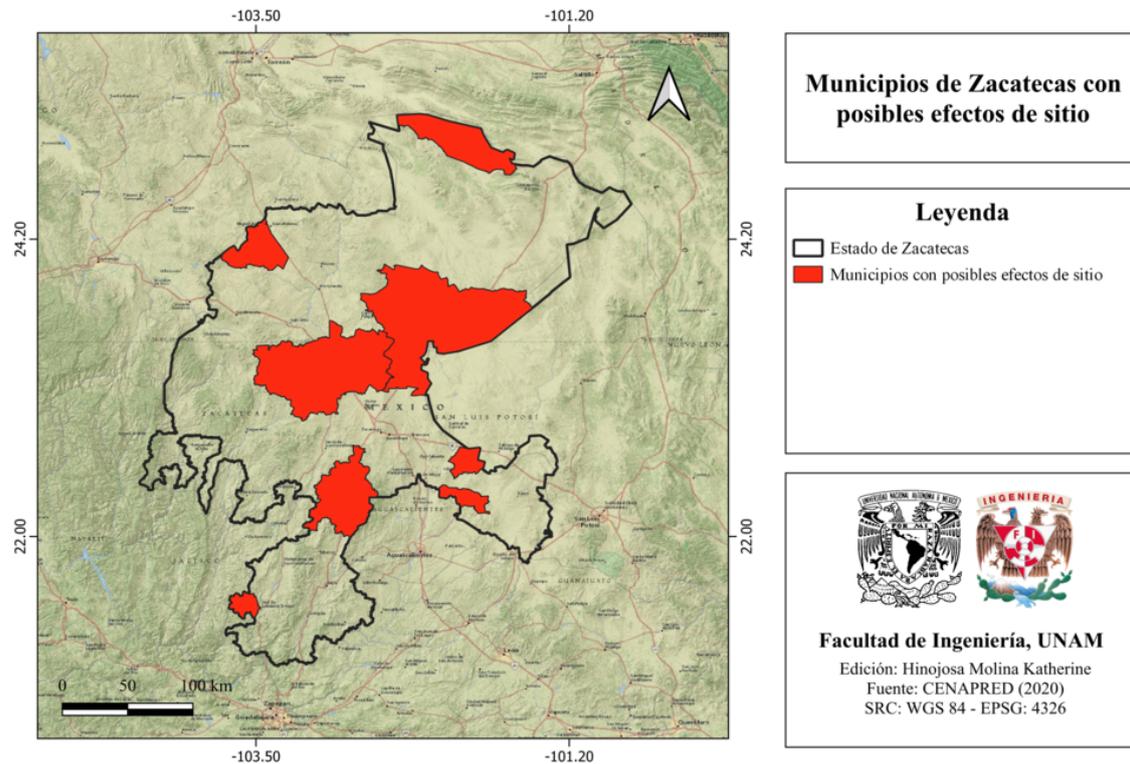


Figura 36.9: Municipios de Zacatecas con posibles efectos de sitio [Cenapred, 2020].

### 36.6.5 Municipios con peligro de deslizamiento por sismo

El mapa de la figura 36.10 muestra los municipios de Zacatecas con peligro de deslizamiento por sismo [Cenapred, 2020].

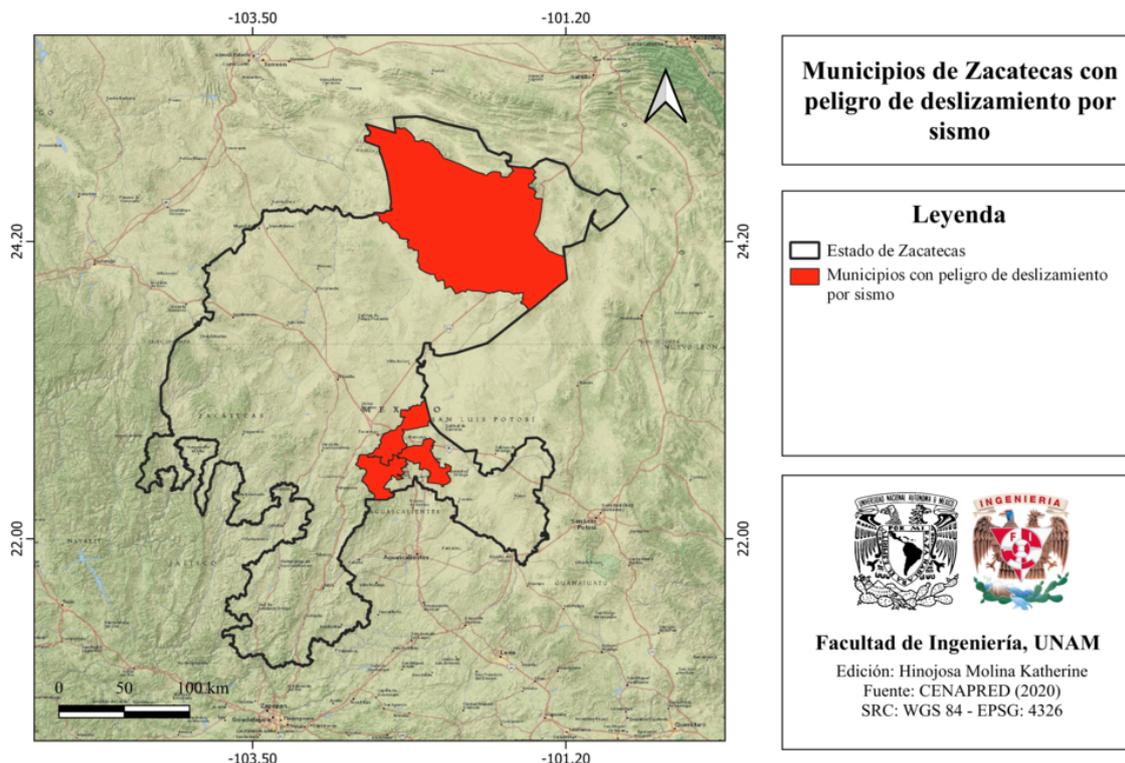


Figura 36.10: Municipios de Zacatecas con peligro de deslizamiento por sismo [Cenapred, 2020].

### 36.6.6 Municipios con reglamento de construcción de obras civiles

El estado de Zacatecas cuenta con un reglamento estatal de obras civiles:

- Ley de la construcción del estado de Zacatecas (2017).

## 36.7 Secuencias sísmicas (enjambres) reportadas por el Servicio Sismológico Nacional (SSN)

Desde junio de 2020 y hasta el 31 de diciembre de 2022 el SSN ha registrado 389 sismos en el municipio de Zacatecas y sus alrededores, con magnitudes entre 0.6 y hasta 3.5. El mapa de estos eventos se muestra en la figura 36.11.

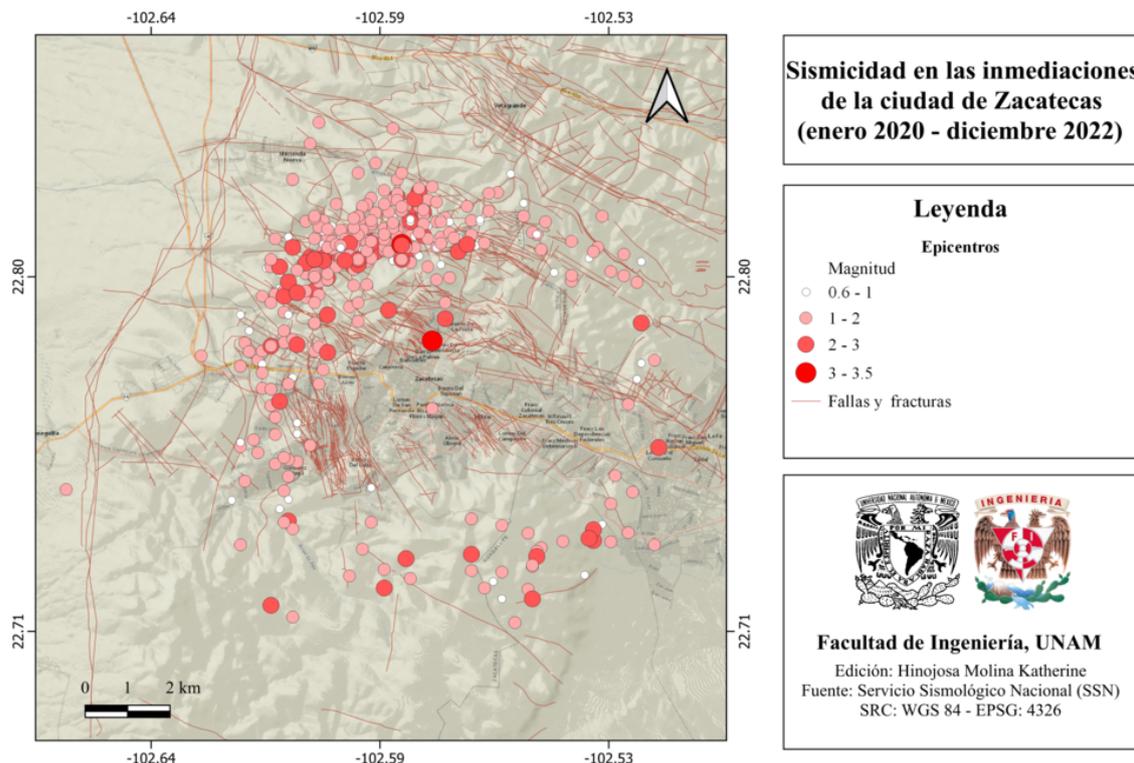


Figura 36.11: Sismicidad en las inmediaciones de la ciudad de Zacatecas (enero 2020 – diciembre (2022) [SSN, 2023].

### 36.8 Estaciones de registro sísmico en el estado

Zacatecas cuenta con una estación de registro sísmico ubicada en el municipio de Zacatecas: Zacatecas (ZAIG). Esta estación pertenece a la red de banda ancha del Servicio Sismológico Nacional (SSN). En el mapa de la figura 36.12 se muestra la ubicación geográfica de dicha estación.

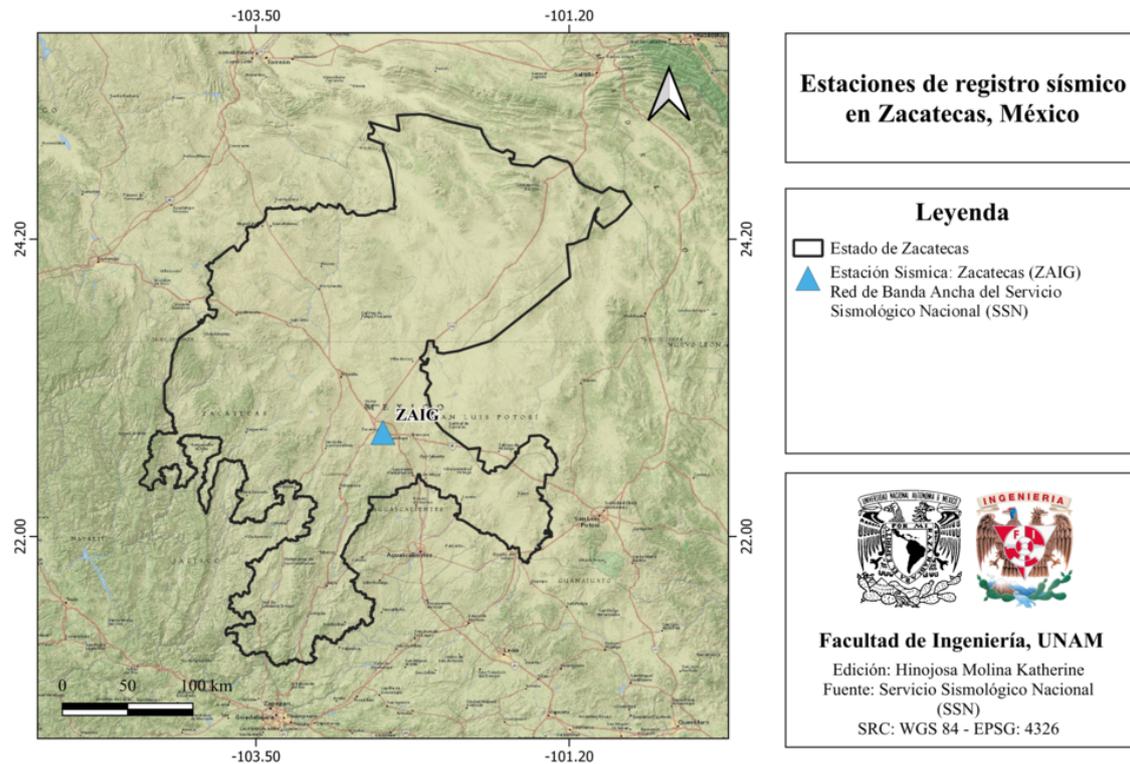


Figura 36.12: Estaciones de registro sísmico en Zacatecas, México [SSN, 2023].

Para mayor información sobre las estaciones sísmicas en Zacatecas, consultar <https://geos.cicese.mx/index.php/geos/article/view/67>.

### 36.9 Instituciones educativas que han realizado estudios en alguna zona del estado o en sus cercanías

- Universidad Autónoma de Nuevo León
- Universidad Autónoma de San Luis Potosí
- Universidad Autónoma de Zacatecas
- Universidad Nacional Autónoma de México

### 36.10 Estudios de sismicidad o de peligro sísmico en alguna zona del estado

- Muro-Ortega, J. A., de Jesús Escalona-Alcázar, F., Bluhm-Gutiérrez, J., Pineda-Martínez, L. F., Rodríguez-González, B., Valle-Rodríguez, S., y Reveles-Flores, S. M. T. (2022). Geological risk assessment by a fracture measurement procedure in an urban area of Zacatecas, Mexico. *Natural Hazards*, 110(3), 1443-1467.
- Sosa-Ramírez, R. L., Paz-Martínez, E. G., y Montalvo-Arrieta, J. C. (2021). The MW 6.2 Punta Santa Elena (Coahuila-Zacatecas) earthquake of 28 April 1841, the largest documented pre-instrumental event and its implications on seismic hazard in Northeastern Mexico. *Journal of Seismology*, 25, 477-485.

## Parte II

### Discusión y conclusiones

# Capítulo 37

## Discusión

De acuerdo con los resultados gráficos obtenidos (mapas) es posible realizar inferencias a grandes rasgos sobre la sismicidad de cada estado de la República Mexicana. Si bien es cierto, que la sismicidad se concentra principalmente en los estados más cercanos a la zona de subducción de la Placa de Cocos con Norteamérica, existe sismicidad en zonas remotas donde usualmente no se considera.

La sismicidad es un fenómeno que abarca toda la extensión de nuestro país. Por ello, es necesario analizar y considerar los peligros y riesgos que ésta conlleva con la finalidad de garantizar la seguridad de la ciudadanía. A continuación se analizan los resultados de los estados de Tabasco, Baja California Sur, Oaxaca y Sinaloa.

### 37.1 Tabasco

A continuación, se analizan los resultados obtenidos para el estado de Tabasco.

- Forma parte de las zonas simogenéticas GMX, NAM y NAL en las cuales se tienen sismos intraplaca (en la placa de Norteamérica) de profundidades menores a los 40 km. Así como de la zona IN3 de profundidad intermedia.
- Forma parte de cuatro zonas generadoras de sismos superficiales y tiene cercanías con dos zonas generadoras de sismos de profundidad intermedia. [CFE, 2015].

La [CFE, 2015] igualmente clasifica a Tabasco en dos zonas sísmicas; la zonas A y B correspondientes a sismicidad media y alta, respectivamente.

Resultado de estas zonas generadoras de sismos, el Servicio Sismológico Nacional (SSN) ha reportado 616 sismos en el período 1900 al 2022 UTC. Aunque la sismicidad no es abundante, existe.

Tabasco se localiza muy cerca del estado de Chiapas, el cual tiene alta incidencia sísmica. Tan sólo en el sismo del 7 de septiembre de 2017 (ver figura 31.8) causó grandes daños a la entidad, tanto materiales como humanos.

Como se observa en el mapa de velocidades de onda de corte (ver figura 31.13), Tabasco es un estado con velocidades de onda de corte que oscilan entre los  $180 \frac{m}{s}$  a los  $300 \frac{m}{s}$ , dentro del tipo de perfil D correspondiente a suelo rígido, y algunos otros valores de velocidad de onda de corte menores a  $180 \frac{m}{s}$ , correspondiente al tipo de perfil de suelo E o bien, suelo blando.

Comparando el mapa de velocidades de onda de corte, con el mapa de municipios con posibles efectos de sitio en la figura 31.14, notamos que precisamente las áreas que poseen velocidades de onda de corte bajas corresponden a los municipios que presentan posibles efectos de sitio.

Por lo que, las bajas velocidades de onda S indican que en general, el estado de Tabasco es en gran extensión, suelo blando que podría presentar amplificaciones de onda sísmicas debido a este tipo de medio. Esto es interesante, ya que Tabasco cuenta únicamente con un reglamento municipal de obras civiles del año 1984 para el municipio de Centro.

El sismo del 7 de septiembre de 2017 M 8,1, afectó considerablemente al estado de Tabasco, causando pérdidas materiales y humanas. No es de sorprenderse, ya que para aquel evento sísmico se registraron aceleraciones de entre los 4 a  $30 \frac{cm}{s^2}$  (ver figura 31.8).

Como se observa, las mayores aceleraciones se presentaron justamente donde las velocidades de onda de corte son mayores, y a su vez, en donde se localizan los municipios con posibles efectos de sitio.

Es necesario implementar más reglamentos de construcción con la finalidad de salvaguardar la integridad de la población tabasqueña, que si bien, no presenta una incidencia sísmica muy alta, es un estado muy susceptible al riesgo sísmico dadas sus características geológicas.

## 37.2 Baja California Sur

El estado de Baja California Sur se encuentra dentro de las zonas B y C correspondientes a sismicidad media y alta, respectivamente [CFE, 2015]. Es una región compleja limitada por fallas geológicas de tipo transforme. El territorio se encuentra en la costa del Golfo de California, justo donde se ubica el límite entre la placa del Pacífico y la placa de Norteamérica.

Todas estas características geológicas hacen que Baja California Sur sea un estado con alta incidencia sísmica, teniendo un registro de 3 564 sismos en el período 1900 a 2000 [SSN, 2023] con magnitudes desde 1.4 hasta 7.6.

Baja California Sur se caracteriza por presentar sismicidad somera, tal como se muestra en las figuras 7.4 Y 7.5.

La entidad es parte de las zonas sismogénicas someras BC1 y BC2 de acuerdo con [Zúñiga et al., 2017] que corresponde a sismos intraplaca e interplaca en la placa de Norteamérica de profundidad menor a 20 y 15 km.

De acuerdo con [CFE, 2015] Baja California Sur es parte de las zonas 2, 4 y 5 correspondientes a zonas sismogénicas someras intraplaca en la placa de Norteamérica.

Debido a las características antes descritas, Baja California Sur es un estado con alta incidencia sísmica que ha presentado varios sismos de magnitudes mayor e igual a 6.0 [SSN, 2023], tal como se muestra en el mapa de la figura 7.6.

El mapa de la figura 7.10 nos muestra las velocidades de onda de corte de acuerdo con el parámetro  $V_{s30}$  del USGS. En general se tienen velocidades que oscilan entre los  $180 \frac{m}{s}$  a los  $300 \frac{m}{s}$  que de acuerdo con la tabla 3.8 de valores de velocidad de onda S del IBC. Estos valores corresponden a suelos rígidos. En otras zonas se tienen valores de velocidad de onda S menores a  $180 \frac{m}{s}$  que corresponden a suelos blandos, que consecuentemente podrían presentar posibles efectos de sitio.

El mapa del parámetro  $V_{s30}$  (ver figura 7.10) coincide con el mapa de municipios con posibles efectos de sitio (ver figura 7.11). Es decir, en las zonas donde se tienen velocidades de onda bajas, se tienen posibles efectos de sitio.

Se cuenta con un reglamento de construcción de obras civiles a nivel estatal y un reglamento de construcción municipal en Los Cabos. No obstante, es importante tomar mayores medidas en materia de protección civil a nivel municipal, especialmente para el municipio de Comondú el cual presenta efectos de sitio.

### 37.3 Oaxaca

El estado de Oaxaca es una de las entidades de nuestro país con mayor incidencia sísmica, de acuerdo con [CFE, 2015] se encuentra dentro de las zonas C y D que corresponden a sismicidad alta y muy alta, respectivamente.

Este estado es parte de diversas zonas sismogénicas. De acuerdo con [Heath et al., 2020] el territorio se encuentra dentro de zonas de eventos de subducción, zonas de eventos intraplaca someros, así como zonas de eventos intraplaca de profundidad intermedia. Por otra parte, [CFE, 2015] clasifica a Oaxaca dentro de zonas sismogénicas de sismos de subducción de magnitud mayor a 7, menor a 7, sismos profundidad somera y de profundidad intermedia.

Por tales motivos, se tienen registrados 106 881 sismos en el período del año 1900 al 2022 (UTC) [SSN, 2023]. Entre sus sismos más representativos se encuentra el sismo del 30 de septiembre de 1999 de M 7.4 que causó severas afectaciones dejando un saldo de 35 fallecidos y 215 heridos, así como el sismo del 7 de septiembre de 2017 que produjo 79 defunciones y aceleraciones mayores a  $50 \frac{cm}{s^2}$  (IINGEN, UNAM)

Es posible que los daños a causa de la sismicidad sean mayores en los municipios en los que hay zonas donde las velocidades de onda de corte son bajas (ver figura 24.21). Comparando el mapa antes mencionado con el mapa de municipios con posibles efectos de sitio (ver figura 24.22) podemos observar que dichos municipios corresponden precisamente a las zonas donde las velocidades de onda son más bajas.

Otro aspecto importante a considerar, son los municipios que poseen peligro de deslizamiento por sismo (ver figura 24.23) que abarcan poco más de la mitad del total de municipios del estado.

A pesar de la gran sismicidad que presenta este estado, y del peligro sísmico que esto implica únicamente se cuenta con un reglamento de construcción de obra civil a nivel estatal y un reglamento a nivel municipal, que además datan del año 1998.

Oaxaca es un estado sísmico importante, por tanto, se requieren medidas más rigurosas en materia de seguridad y protección civil.

## 37.4 Sinaloa

El estado de Sinaloa forma parte de zonas sismogénicas de eventos intraplaca con profundidades menores a 20 km [Zúñiga et al., 2017]. En el período del año 1900 al 2022 (UTC) se presentaron 1 171 sismos. Entre estos eventos destaca el sismo del 9 de diciembre de 1901 el cual tuvo una magnitud de 7.0 y se localizó a 83 km al oeste de Ahome, Sinaloa [SSN, 2023].

Como se observa en el mapa de velocidad de onda de corte (ver 24.21) y en el mapa 24.22 los municipios que poseen valores menores de velocidad de onda S corresponden entre sí.

Cabe destacar que Sinaloa es uno de los estados que mayor cobertura en reglamentos de construcción, ya que cuenta con 14 reglamentos de obras civiles.

# Capítulo 38

## Conclusiones

Las monografías sísmicas estatales nos brindan una visión general e integral de la sismicidad y algunas características del peligro sísmico de cada estado de la República Mexicana. Abarcando desde la caracterización fisiográfica, sismogenética y en materia de peligro sísmico y por tsunami. Nos permiten correlacionar los diferentes mapas obtenidos para realizar conclusiones sobre el comportamiento sísmico de cada entidad.

Esta tesis permite abarcar todos estos temas en general y despierta inquietudes en materia de protección civil. Ya que existen varias zonas que podrían presentar riesgos sísmicos y que no se les ha brindado la atención necesaria por la "suposición" de que son zonas "no sísmicas", cuando ciertamente nuestro país es potencialmente sísmico y si bien la incidencia sísmica en cada región es diferente, no se debe dejar de lado las características físicas y/o geológicas de cada sitio que aumenten su vulnerabilidad.

Es importante también, mirar hacia el pasado para darse cuenta de que los sismos han causado afectaciones hasta en las zonas más remotas y menos esperadas. Por ello, es necesario conocer toda la historia sísmica del sitio de interés ya que puede presentarse un sismo con características similares.

El simple hecho de que la mancha urbana haya crecido, hace necesario el conocer el peligro sísmico de los asentamientos humanos.

La sismicidad no se puede predecir, por tanto, es fundamental contar con una cultura de la prevención a nivel nacional. Sólo de este modo es cómo podemos estar preparados ante desastres generados por fenómenos naturales y es la forma más inteligente de salvaguardar nuestra integridad individual y como sociedad.

# Bibliografía

- [Aguilar Carboney et al., 2020] Aguilar Carboney, J. A., González Herrera, R., Guerrero Juárez, V., and Jara Díaz, M. (2020). Comportamiento de templos coloniales en el sismo del 7 de septiembre de 2017 en Chiapas. *Ingeniería sísmica*, (102):26–41.
- [Allier Montaña, 2018] Allier Montaña, E. (2018). Memorias imbricadas: terremotos en México, 1985 y 2017. *Revista mexicana de sociología*, 80(SPE):9–40.
- [Alonso-Manuel et al., 2020] Alonso-Manuel, F., Fitz-Díaz, E., and Gutiérrez-Navarro, R. (2020). Estimación de desplazamiento mínimo en fallas inversas de alto ángulo: caso de estudio en la falla de San Marcos, Coahuila. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 72(1).
- [ANR-Cenapred, 2016] ANR-Cenapred (2016). Atlas Nacional de Riesgos. <http://www.atlasmnacionalderiesgos.gob.mx/archivo/visor-capas.html>. Accedido el 12 de mayo de 2023.
- [Axen and Espejel, 1994] Axen, G. and Espejel, H. R. (1994). Cambio de dirección en el buzamiento de los sistemas de fallamiento basal de la parte norte del escarpe principal del Golfo de California. Resúmenes de la reunión 1994 de la Unión Geofísica Mexicana.
- [CAT-SEMAR, 2015] CAT-SEMAR (2015). Historia de los tsunamis locales ocurridos en México. Editor: Centro de Alerta de Tsunamis, Secretaría de Marina.
- [Cenapred, 2006] Cenapred (2006). Global de intensidades. Editor: Centro Nacional de Prevención de Desastres. Cenapred.
- [Cenapred, 2014] Cenapred (2014). Características e impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en la República Mexicana en el año 2010. Editor: Centro Nacional de Prevención de Desastres. Cenapred.

- [Cenapred, 2020] Cenapred (2020). Identificación de peligro sísmico a nivel municipal que permita contar con información básica para el desarrollo posterior de atlas municipales en todo el país. Editor: Centro Nacional de Prevención de Desastres. Cenapred.
- [Cenapred, 2021] Cenapred (2021). Análisis del peligro de inundación por tsunami en costas mexicanas. Editor: Centro Nacional de Prevención de Desastres. Cenapred.
- [CFE, 2015] CFE (2015). Manual de diseño de obras civiles - diseño por sismo CFE-IIE. Editor: Comisión Federal de Electricidad, CFE.
- [Chávez-García and Montalva, 2014] Chávez-García, F. J. and Montalva, G. A. (2014). Efectos de sitio para ingenieros geotécnicos, estudio del valle Parkway. *Obras y proyectos*, (16):6–30.
- [CICESE, 2023] CICESE (2023). Red Sismológica del Centro de Investigación Científica y de Educación Superior Ensenada (CICESE). Editor: Centro de Investigación Científica y de Educación Superior Ensenada (CICESE).
- [CIFGGEA, 2023] CIFGGEA (2023). Comité interinstitucional de fallas geológicas y grietas del estado de Aguascalientes. Extraído de <https://sites.google.com/view/cifggea/inicio>. Editor: Comité Interinstitucional de Fallas Geológicas y Grietas del estado de Aguascalientes (CIFGGEA).
- [Colorado Lango et al., 2003] Colorado Lango, J. A., Pacheco, M. A., Reyes, C., Bitrán, D., and García Arróliga, N. (2003). Impacto socioeconómico del sismo ocurrido el 21 de enero de 2003 en el estado de Colima, México.
- [Cruz-Castillo, 2002] Cruz-Castillo, M. (2002). Catálogo de las fallas regionales activas en el norte de Baja California, México. *GEOS, Unión geofísica mexicana*, 22:37–42.
- [Doser and Rodriguez, 1993] Doser, D. I. and Rodriguez, J. (1993). The seismicity of Chihuahua, Mexico, and the 1928 Parral earthquake. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 78(1-2):97–104.
- [EERI, 2010] EERI (2010). The El mayor Cucapah, Baja California Earthquake april 4, 2010. an EERI learning from earthquakes reconnaissance report. Editor: Earthquake Engineering Research Institute. EERI.

- [García et al., 2012] García, H. J., Bernal, A. G., Núñez, J. L. R., Tena, A., Colunga, E. P. P., and Islas, J. N. R. (2012). El sismo de Ometepec, Guerrero, del 20 de marzo de 2012.
- [García Arróliga et al., 2019] García Arróliga, N. M., Méndez-Estrada, K. M., Franco-Vargas, E., and Olmedo-Santiago, C. (2019). Impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en México en el año 2017. Technical report, Secretaría de Seguridad y Protección Ciudadana, México.
- [Gaytán Rodríguez et al., 2022] Gaytán Rodríguez, R., Hernández Barrios, H., Olmos Navarrete, B. A., Jara Guerrero, J. M., Jara Díaz, M., and Martínez Ruiz, G. (2022). Morfología urbana, daños en estructuras, sismicidad y red acelerométrica de la Ciudad de Morelia. *Ingeniería sísmica*, (SPE108):1–22.
- [Guzmán-Speziale and Meneses-Rocha, 2000] Guzmán-Speziale, M. and Meneses-Rocha, J. (2000). The North America–Caribbean plate boundary west of the Motagua–Polochic fault system: a fault jog in Southeastern Mexico. *Journal of South American Earth Sciences*, 13(4-5):459–468.
- [Heath et al., 2020] Heath, D. C., Wald, D. J., Worden, C. B., Thompson, E. M., and Smoczyk, G. M. (2020). A global hybrid VS30 map with a topographic slope–based default and regional map insets. *Earthquake Spectra*, 36(3):1570–1584.
- [Hernandez et al., 2001] Hernandez, B., Shapiro, N., Singh, S., Pacheco, J., Cotton, F., Campillo, M., Iglesias, A., Cruz, V., Gómez, J., and Alcántara, L. (2001). Rupture history of september 30, 1999 intraplate earthquake of Oaxaca, Mexico (Mw= 7.5) from inversion of strong-motion data. *Geophysical research letters*, 28(2):363–366.
- [ICC, 2006] ICC (2006). *International Building Code 2006*. International Code Council, Falls Church, VA.
- [II, 2023] II (2023). Base de datos de registros acelerográficos de la RAI-UNAM. Extraído de <http://aplicaciones.iingen.unam.mx/AcelerogramasRSM/>. Editor: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Ingeniería.
- [INEGI, 2001] INEGI (2001). Fisiografía. Editor: Instituto Nacional de Estadística y Geografía. INEGI.

- [INEGI, 2002] INEGI (2002). Geología. Editor: Instituto Nacional de Estadística y Geografía. INEGI.
- [Legg et al., 1991] Legg, M. R., Wong, V., and Suarez, F. (1991). Geologic structure and tectonics of the inner continental borderland of Northern Baja California: Chapter 9: Part iii. Regional geophysics and geology.
- [Mesoamérica, 2009] Mesoamérica, P. (2009). Atlas estatal de Puebla 2009.
- [Nava, 1987] Nava, A. (1987). *Terremotos*. Fondo de Cultura Económica.
- [Núñez-Cornú et al., 2008] Núñez-Cornú, F. J., Ortiz, M., and Sánchez, J. J. (2008). The great 1787 Mexican tsunami. *Natural Hazards*, 47:569–576.
- [Okal and Borrero, 2011] Okal, E. A. and Borrero, J. C. (2011). The ‘tsunami earthquake’ of 1932 June 22 in Manzanillo, Mexico: seismological study and tsunami simulations. *Geophysical Journal International*, 187(3):1443–1459.
- [Ortíz Soto et al., 2020] Ortíz Soto, D., Reinoso Angulo, E., and Villalobos Ruíz, J. (2020). Daños observados en negocios por el sismo del 23 de junio de 2020 en Oaxaca. *Acad Journals*, 2020:656–662.
- [Ramos-Zúñiga et al., 2012] Ramos-Zúñiga, L. G., Medina-Ferrusquía, H. C., and Montalvo-Arrieta, J. C. (2012). Patrones de sismicidad en la curvatura de Monterrey, noreste de México. *Revista mexicana de ciencias geológicas*, 29(3):572–589.
- [RMGIR, 2006] RMGIR (2006). Atlas Zacatecas.
- [Rodríguez-Pérez, 2007] Rodríguez-Pérez, Q. (2007). Estructura tridimensional de velocidades para el sureste de México, mediante el análisis de trazado de rayos sísmicos de sismos regionales.
- [SGM, 2013] SGM (2013). Atlas de peligro por fenómenos naturales del estado de Tabasco 2013.
- [Sosa-Ramírez et al., 2021] Sosa-Ramírez, R. L., Paz-Martínez, E. G., and Montalvo-Arrieta, J. C. (2021). The MW 6.2 Punta Santa Elena (Coahuila-Zacatecas) earthquake of 28 April 1841, the largest documented pre-instrumental event and its implications on seismic hazard in Northeastern Mexico. *Journal of Seismology*, 25:477–485.

- [SSN, 2023] SSN (2023). Catálogo de sismos. Extraído de <http://www2.ssn.unam.mx:8080/catalogo/>. Editor: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geofísica, Servicio Sismológico Nacional.
- [Stewart et al., 1981] Stewart, G. S., Chael, E. P., and McNally, K. C. (1981). The november 29, 1978, Oaxaca, Mexico, earthquake: A large simple event. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 86(B6):5053–5060.
- [Suárez et al., 2019] Suárez, G., Caballero-Jiménez, G. V., and Novelo-Casanova, D. A. (2019). Active crustal deformation in the Trans-Mexican volcanic belt as evidenced by historical earthquakes during the last 450 years. *Tectonics*, 38(10):3544–3562.
- [Suárez and Hough, 2008] Suárez, G. and Hough, S. E. (2008). Reevaluation of the macroseismic effects of the 1887 Sonora, Mexico earthquake and its magnitude estimation. *Geo-UNAM: boletín informativo del area de ciencias de la tierra*, pages 1–15.
- [Tarbuck et al., 2005] Tarbuck, E. J., Lutgens, F. K., Tasa, D., and Tasa, D. (2005). *Earth: an introduction to physical geology*. Pearson/Prentice Hall Upper Saddle River.
- [Tristán-González et al., 2012] Tristán-González, M., Torres Hernández, J. R., Labarthe Hernández, G., Aguillón-Robles, A., and Yza-Guzmán, R. (2012). Control estructural para el emplazamiento de vetas y domos félsicos en el distrito minero de Zacatecas, México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 64(3):353–367.
- [United States Geological Survey (USGS), 2023] United States Geological Survey (USGS) (2023). USGS VS30 data. <https://earthquake.usgs.gov/data/vs30/>. Accedido el 12 de mayo de 2023.
- [Universidad Politécnica de Madrid, 2008] Universidad Politécnica de Madrid (2008). Evaluación regional de la amenaza sísmica en Centroamérica. Technical report, UPM.
- [USGS, 2023] USGS (2023). Earthquake catalog. [USGS Earthquake Catalog].
- [UV, 2023] UV (2023). Red de banda ancha de la Universidad Veracruzana (UV). <https://www.uv.mx/cienciauv/blog/laredsismicade-veracruz/>.

- [Zúñiga et al., 2017] Zúñiga, F. R., Suárez, G., Figueroa-Soto, Á., and Mendoza, A. (2017). A first-order seismotectonic regionalization of Mexico for seismic hazard and risk estimation. *Journal of Seismology*, 21:1295–1322.