

Sismos y peligro sísmico en México

5/SEPTIEMBRE/2024



SEGURIDAD

SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA

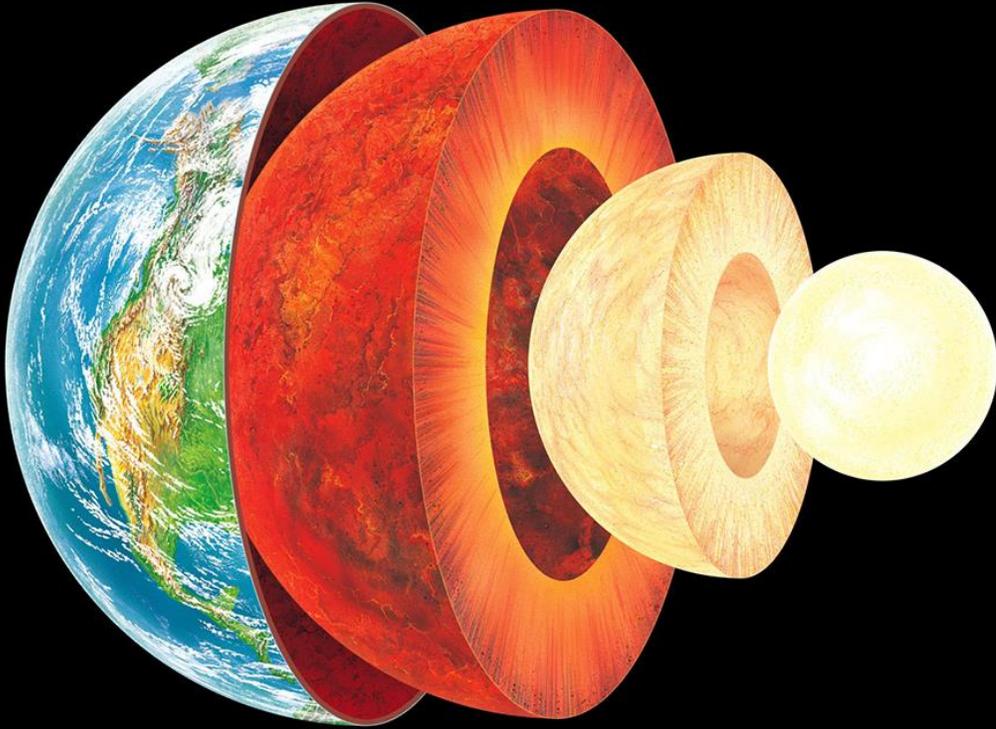


CENAPRED

CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN
DE DESASTRES

ESTRUCTURA INTERNA DE LA TIERRA

ESTÁTICO VS DINÁMICO



Composición química



MODELO ESTÁTICO
(basado en la composición química de las capas)

Corteza oceánica (6-12 km)
Corteza continental (25-70 km)

Manto superior
Zona transicional
Manto inferior

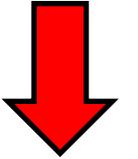
Discontinuidad de Mohorovicic
75-100 km
350 km
670 km

Discontinuidad de Wiechert-Gutenberg
2.900 km
2.900 km

Discontinuidad de Lehman
4.980 km
5.120 km
5.120 km

Zona de transición
Núcleo externo
Núcleo interno
6.378 km

Comportamiento mecánico



MODELO DINÁMICO
(basado en el comportamiento mecánico de los materiales)

Litosfera

Astenosfera

Mesosfera

Nivel D''
Núcleo externo

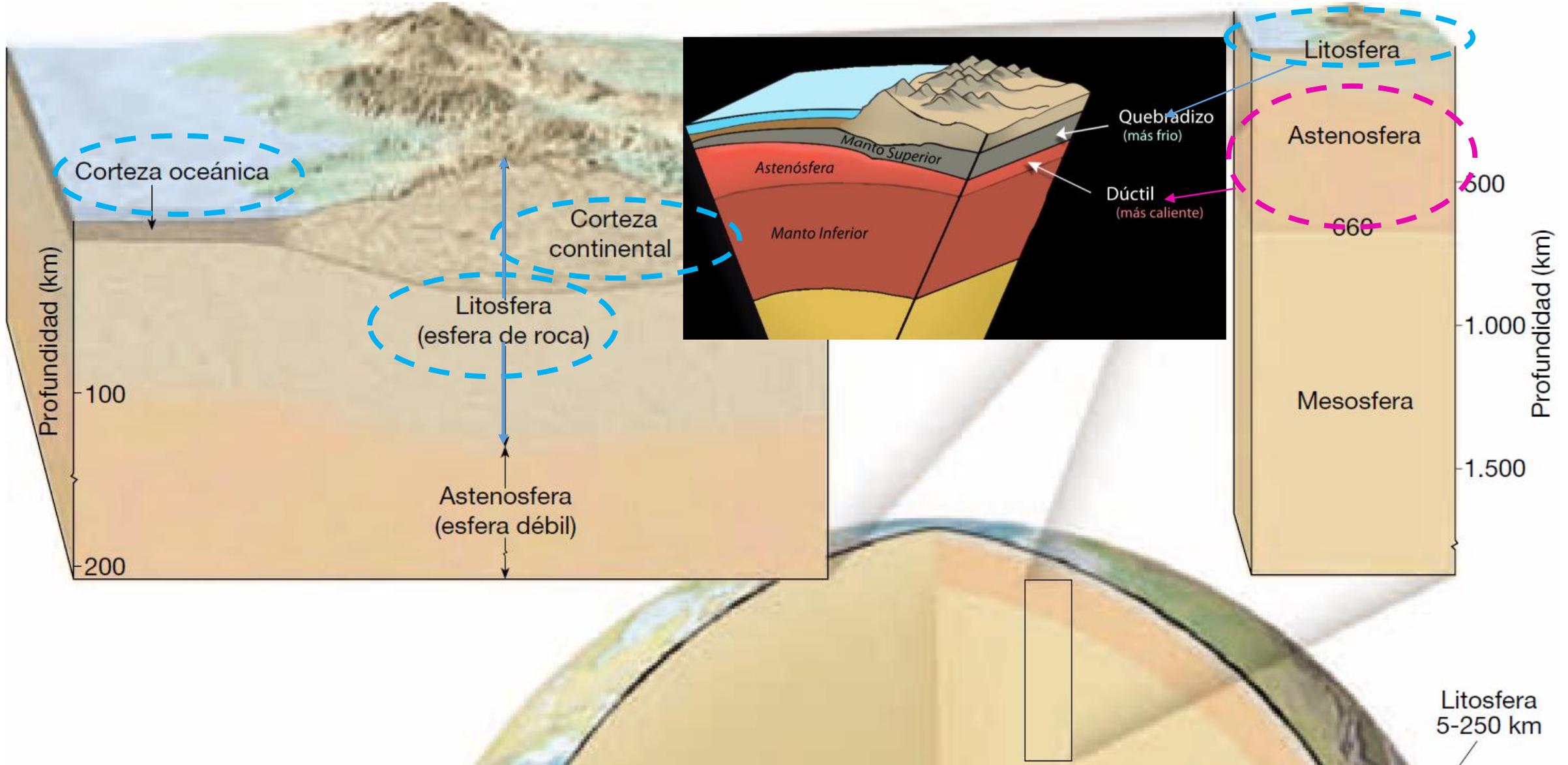
Endosfera
Zona de transición
Núcleo interno

6.378 km

- ❖ Corteza (5-65 km)
- ❖ Manto
- ❖ Núcleo externo
- ❖ Núcleo interno

ESTRUCTURA INTERNA DE LA TIERRA

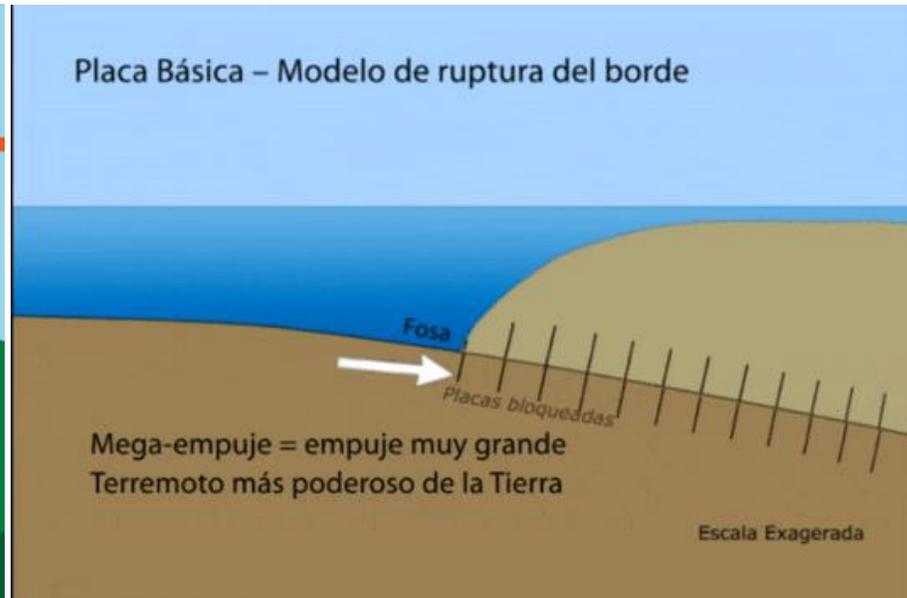
ESTÁTICO VS DINÁMICO



¿SISMO, TERREMOTO O TENBLOR?

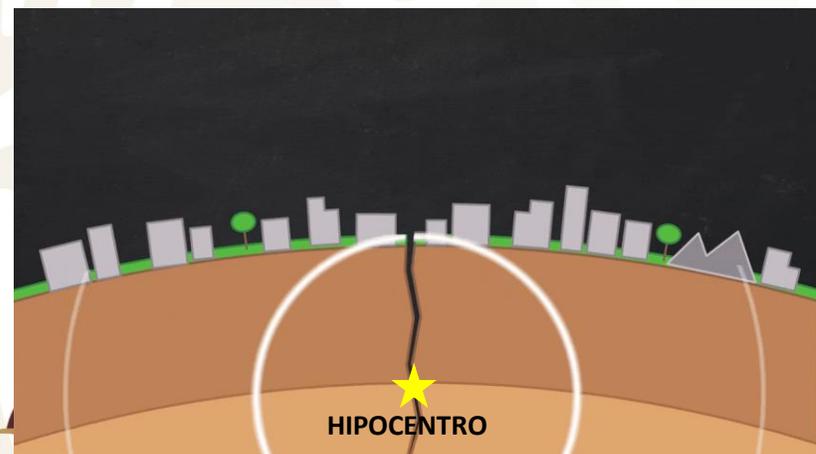
FENÓMENO GEOLÓGICO

Ruptura repentina (pocos segundos, en casos extraordinarios minutos) de las **rocas** en la capa externa de la Tierra (Litosfera).

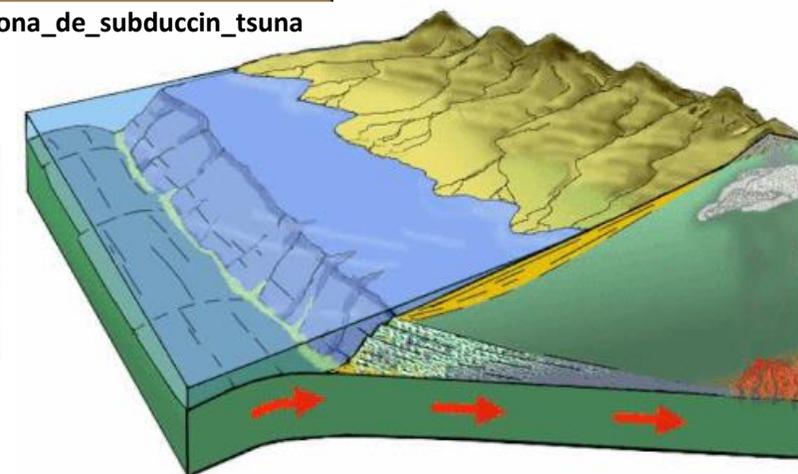
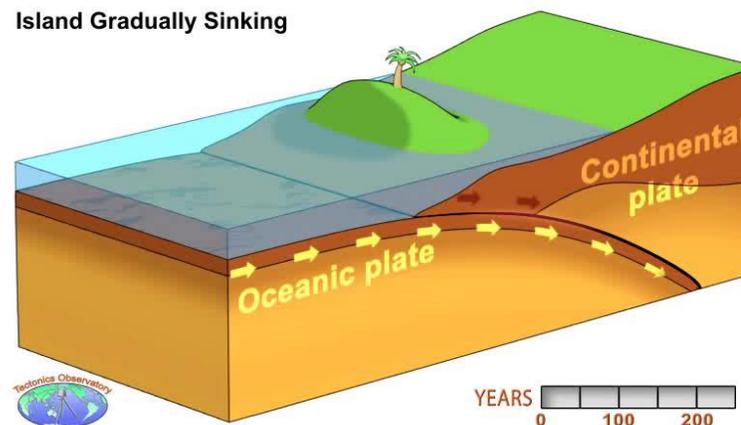


<https://www.youtube.com/watch?v=hMx2GBRQ0MQ>

https://www.iris.edu/hq/inclass/animation/zona_de_subduccion_tsunamis_generados_por_megaterremotos



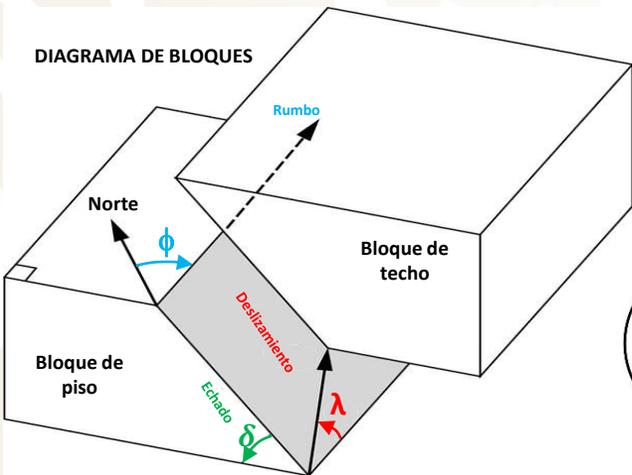
Island Gradually Sinking



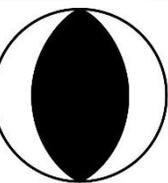
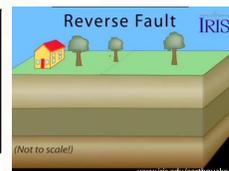
¿SISMO, TERREMOTO O TEMBLOR?

FENÓMENO GEOLÓGICO

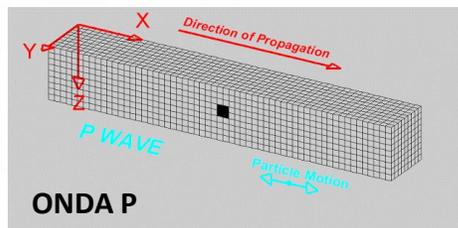
La liberación súbita de energía se propaga en forma de ondas sísmicas que provocan el movimiento en la superficie del terreno.



Modificado de Shearer, 2009

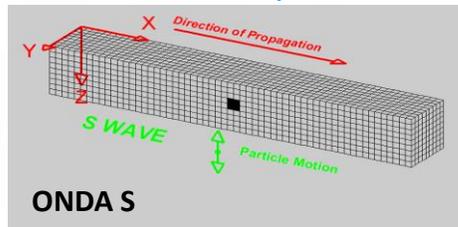


MECANISMO FOCAL

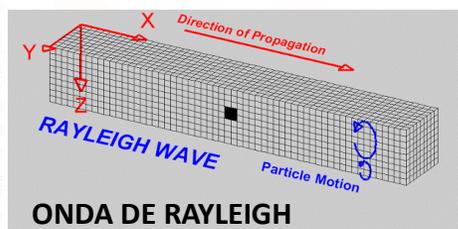


ONDA P

Ondas de cuerpo

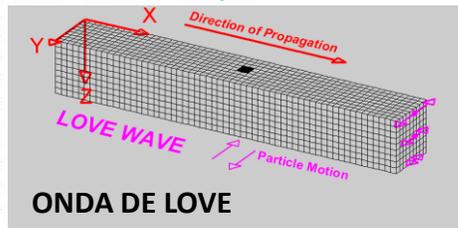


ONDA S



ONDA DE RAYLEIGH

Ondas superficiales



ONDA DE LOVE

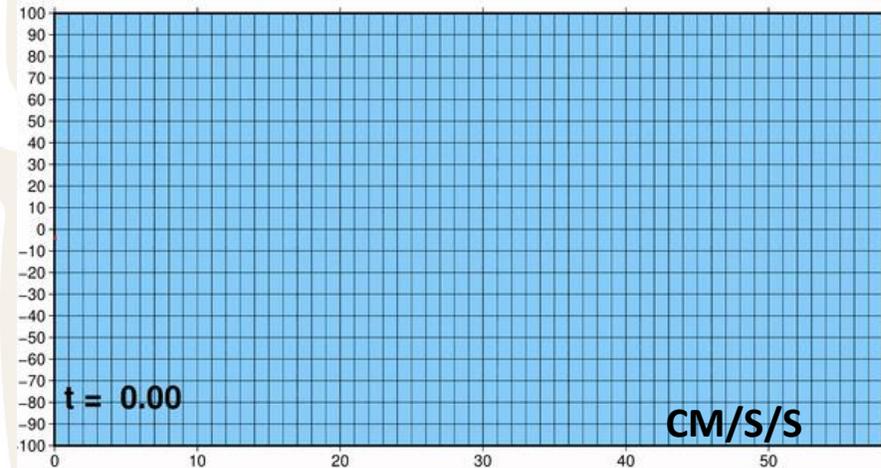


CDMX, 2017

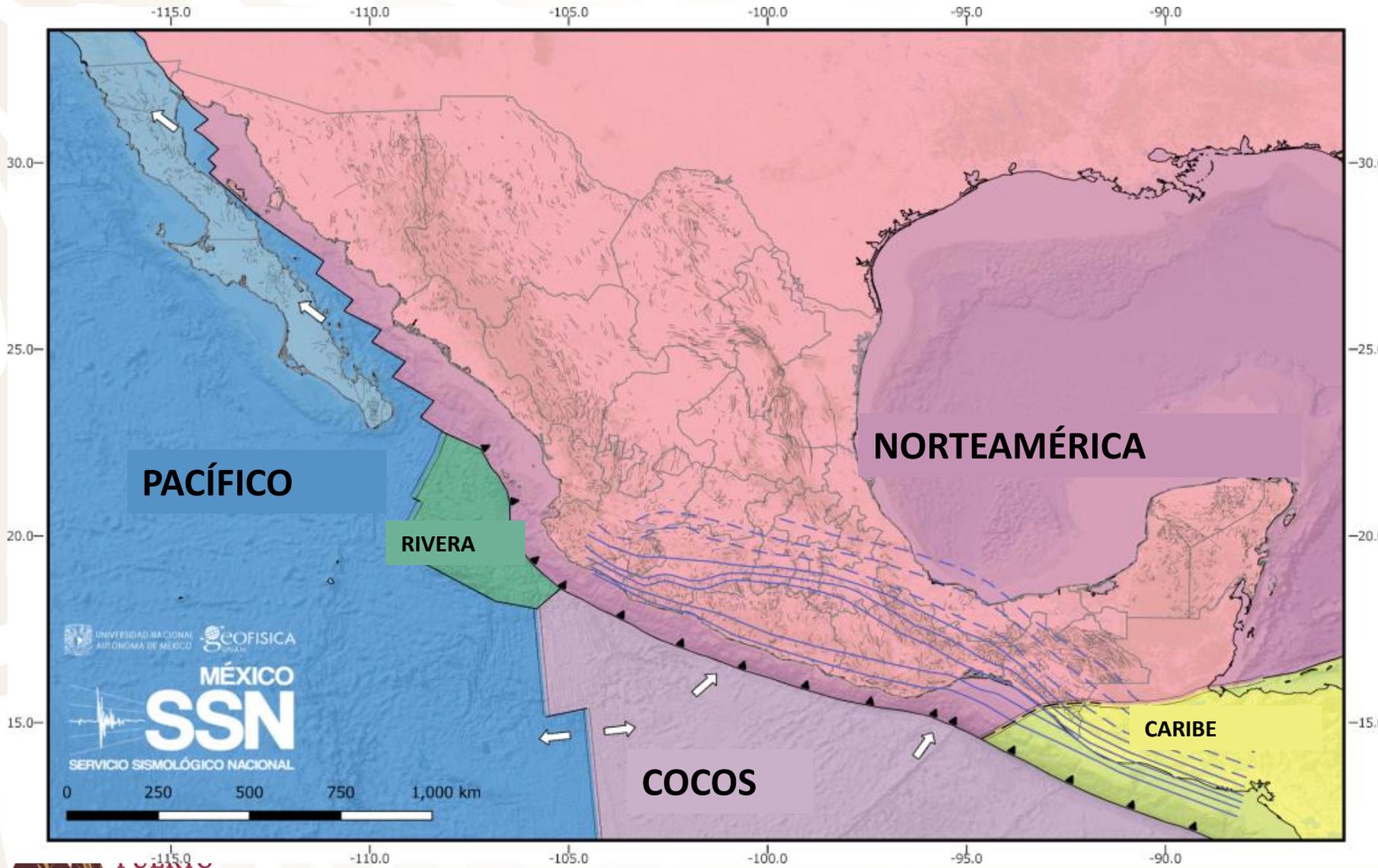


CDMX, 1985

ACELEROGRAMA CDMX 2017



clideo.com

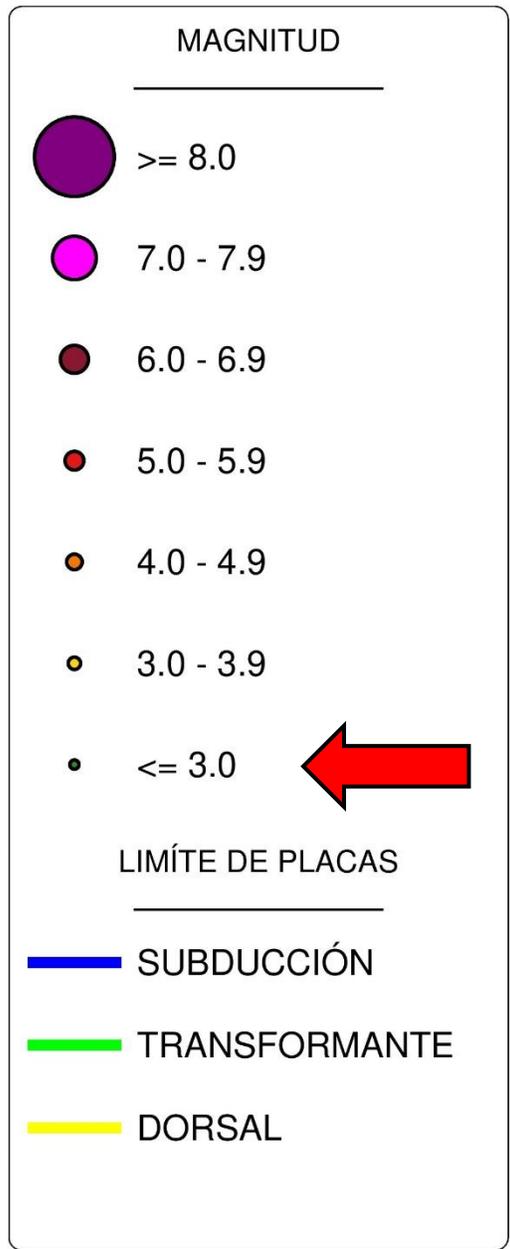
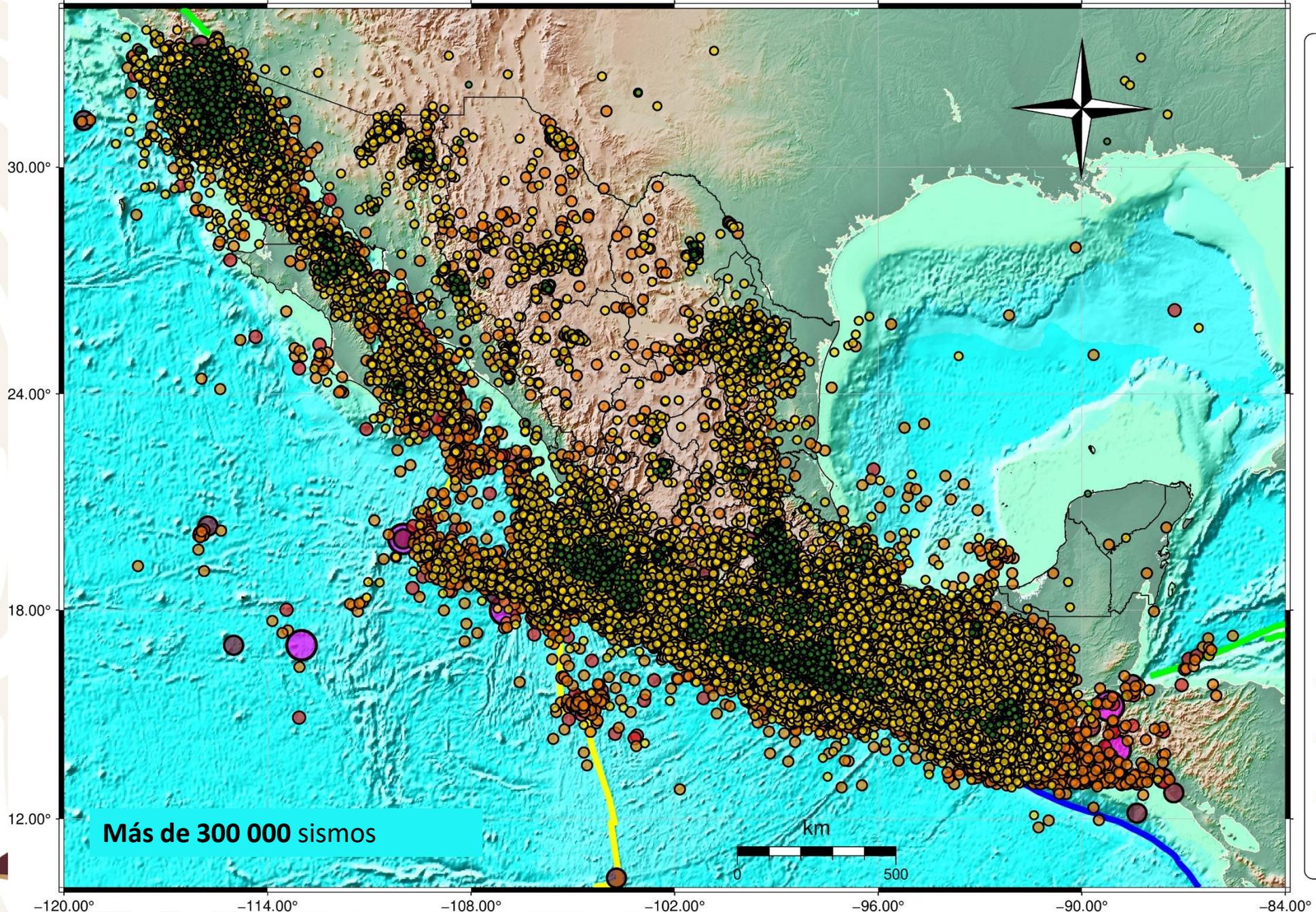


Cinco placas tectónicas:

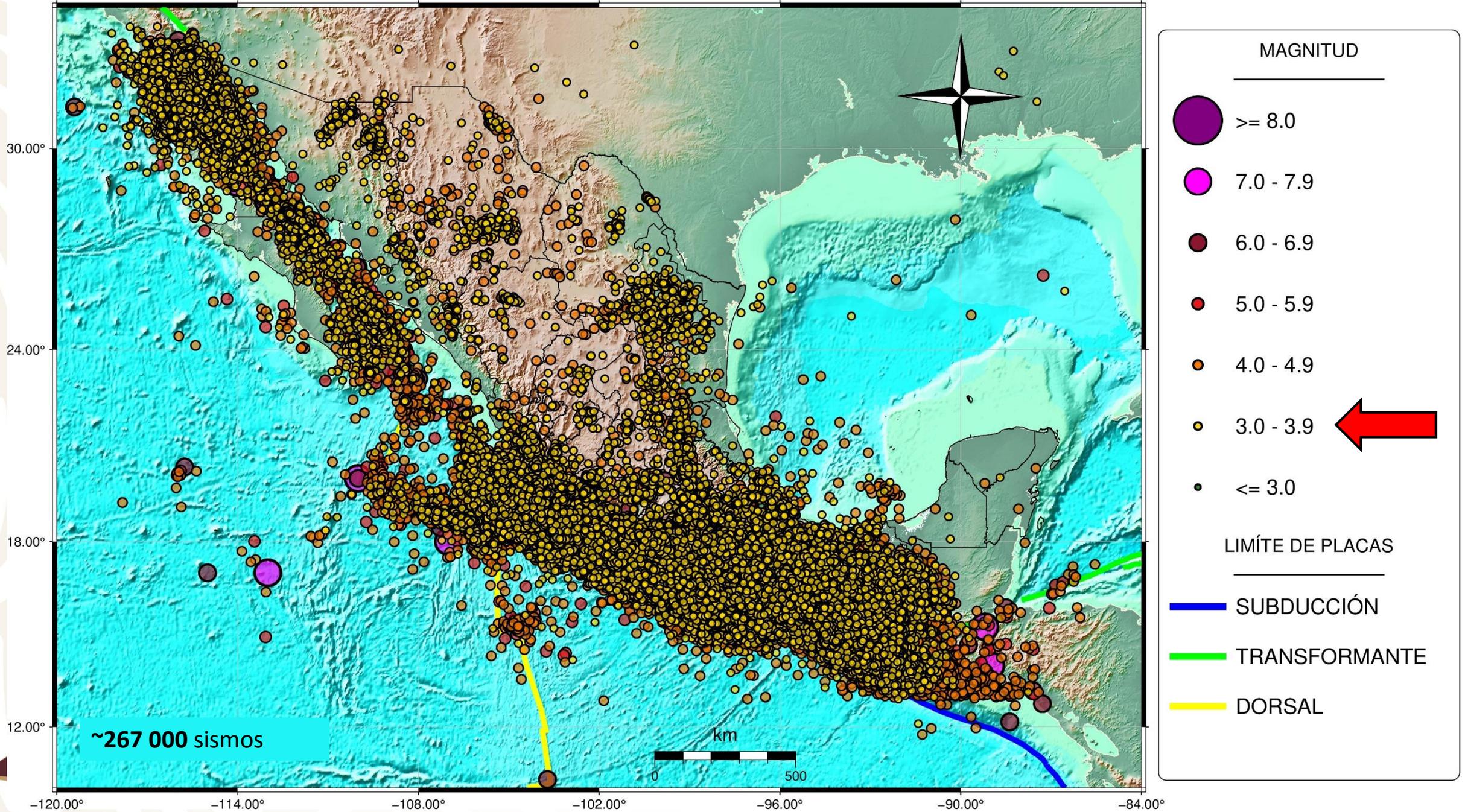
- **Norteamérica**
- **Cocos**
- **Rivera**
- **Caribe**
- **Pacífico**



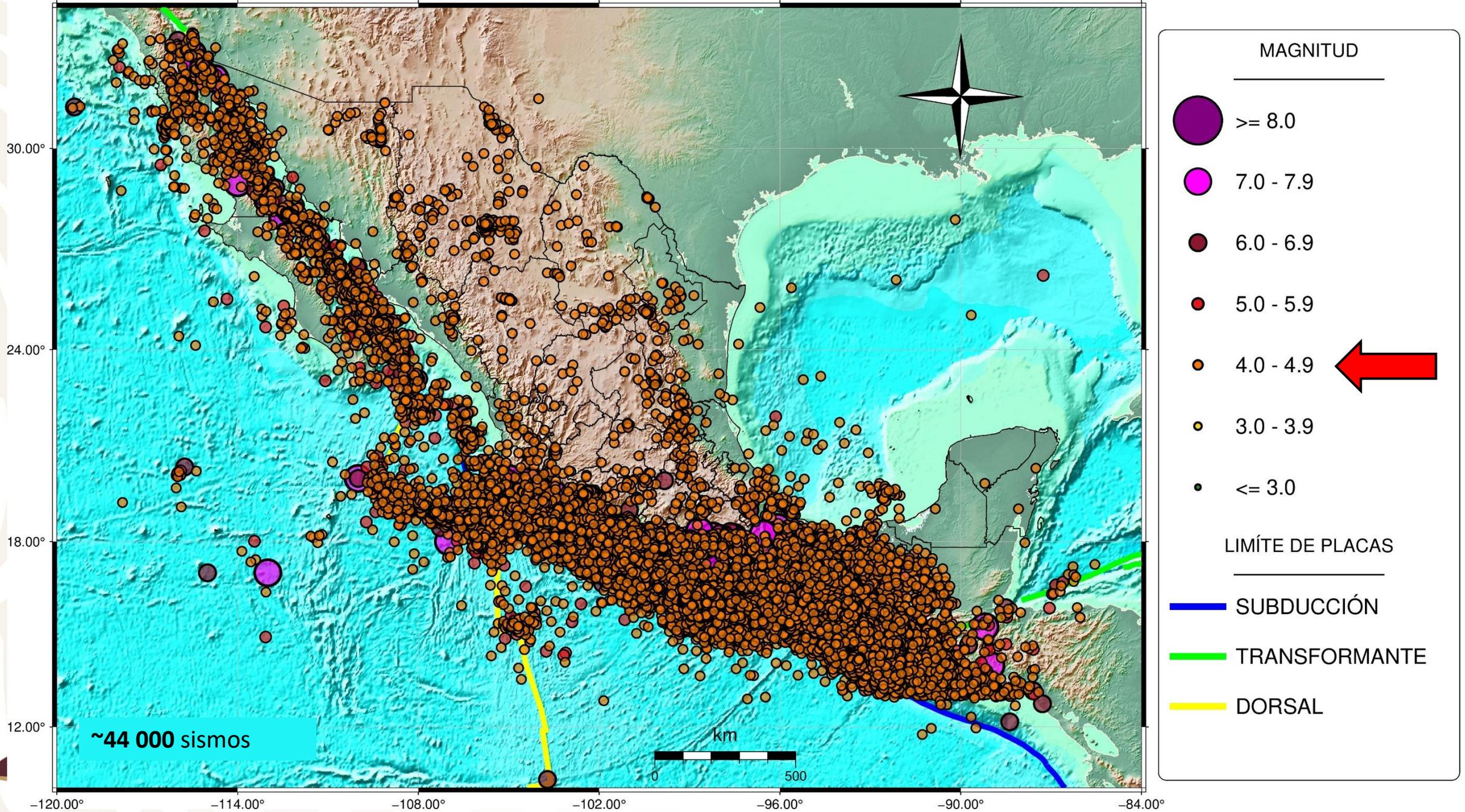
Sismicidad en México reportada por el SSN (1900-2023). Magnitud mayor que 0.1



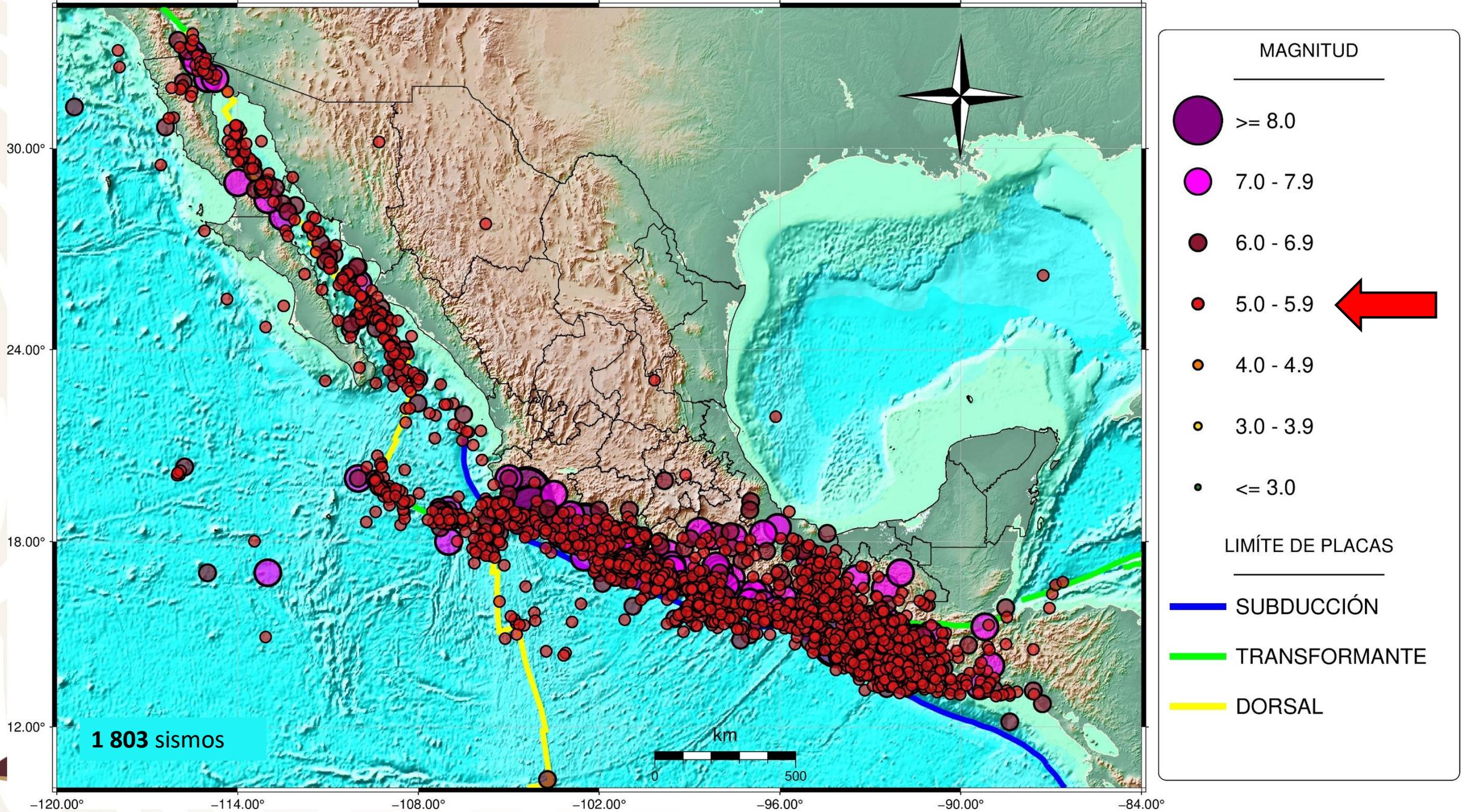
Sismicidad en México reportada por el SSN (1900-2023). Magnitud mayor que 3.0



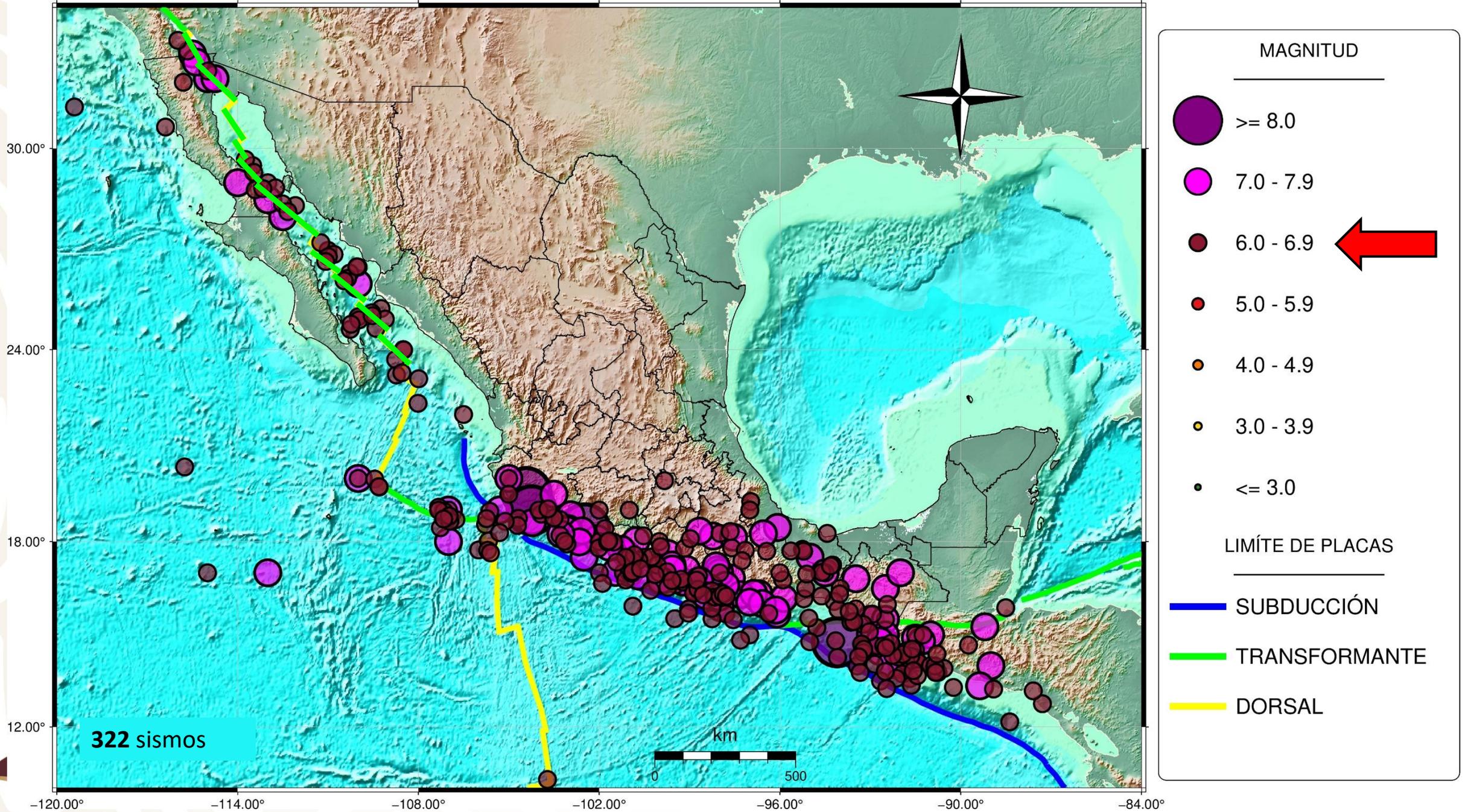
Sismicidad en México reportada por el SSN (1900-2023). Magnitud mayor que 4.0



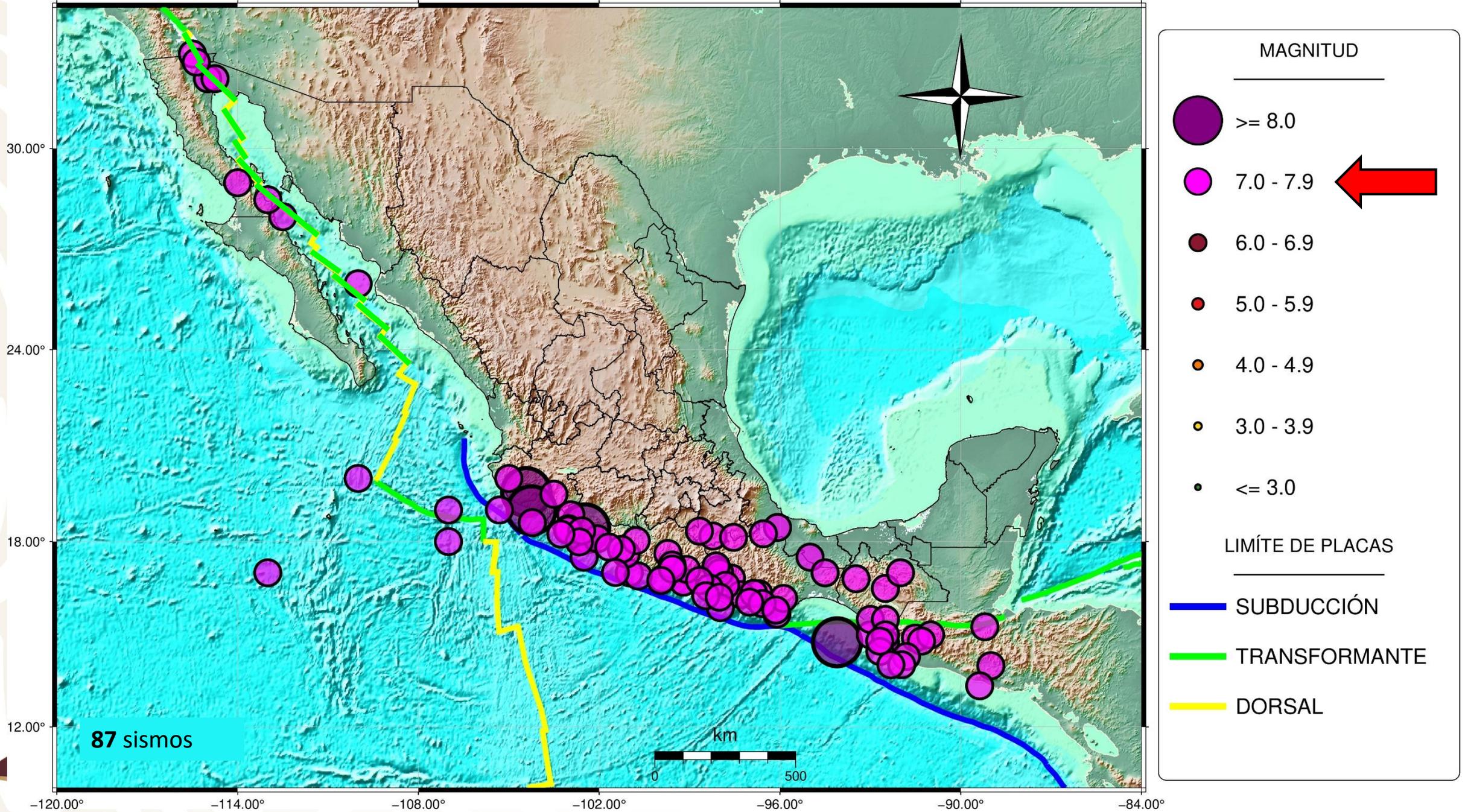
Sismicidad en México reportada por el SSN (1900-2023). Magnitud mayor que 5.0



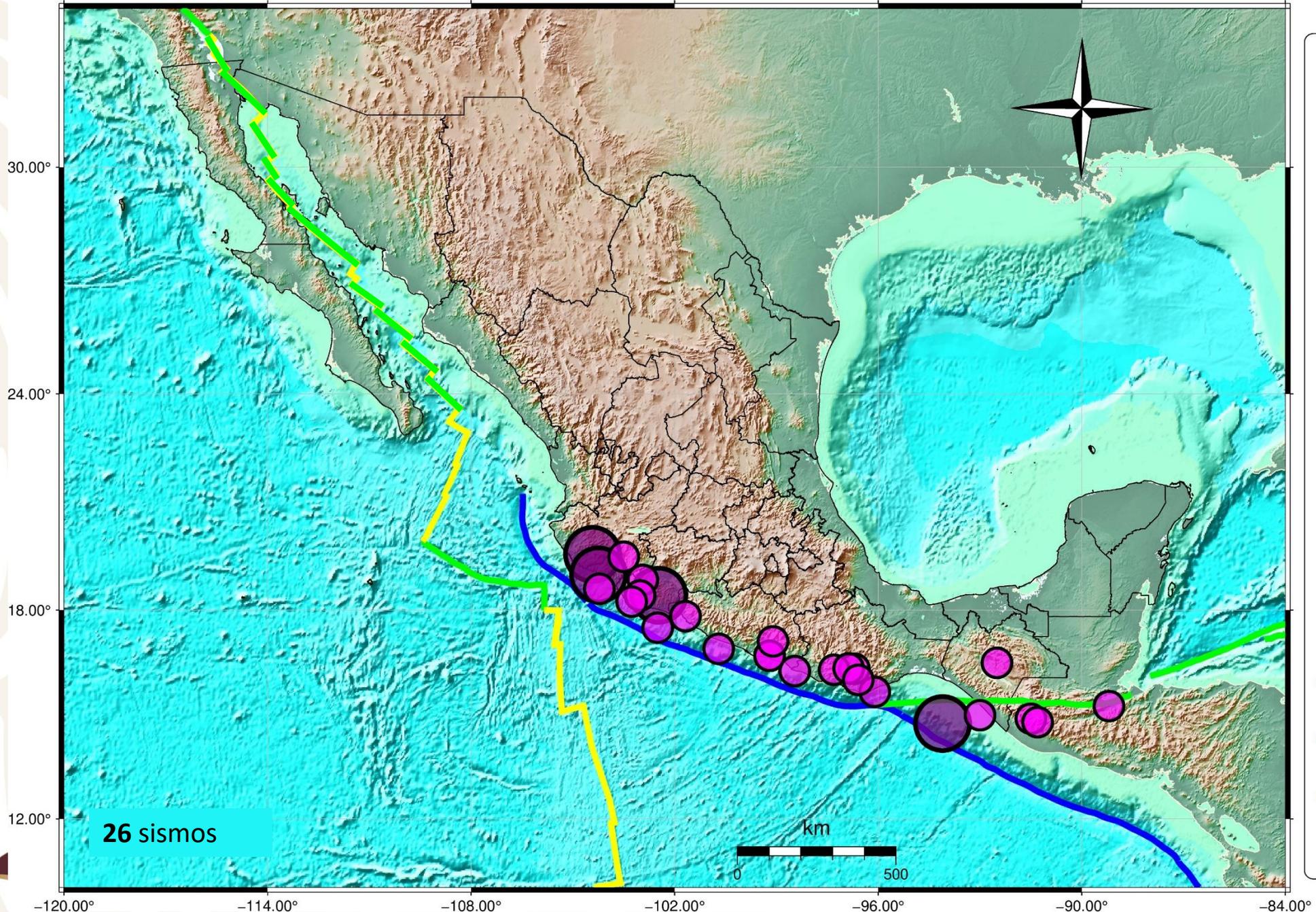
Sismicidad en México reportada por el SSN (1900-2023). Magnitud mayor que 6.0



Sismicidad en México reportada por el SSN (1900-2023). Magnitud mayor que 7.0



Sismicidad en México reportada por el SSN (1900-2023). Magnitud mayor que 7.5



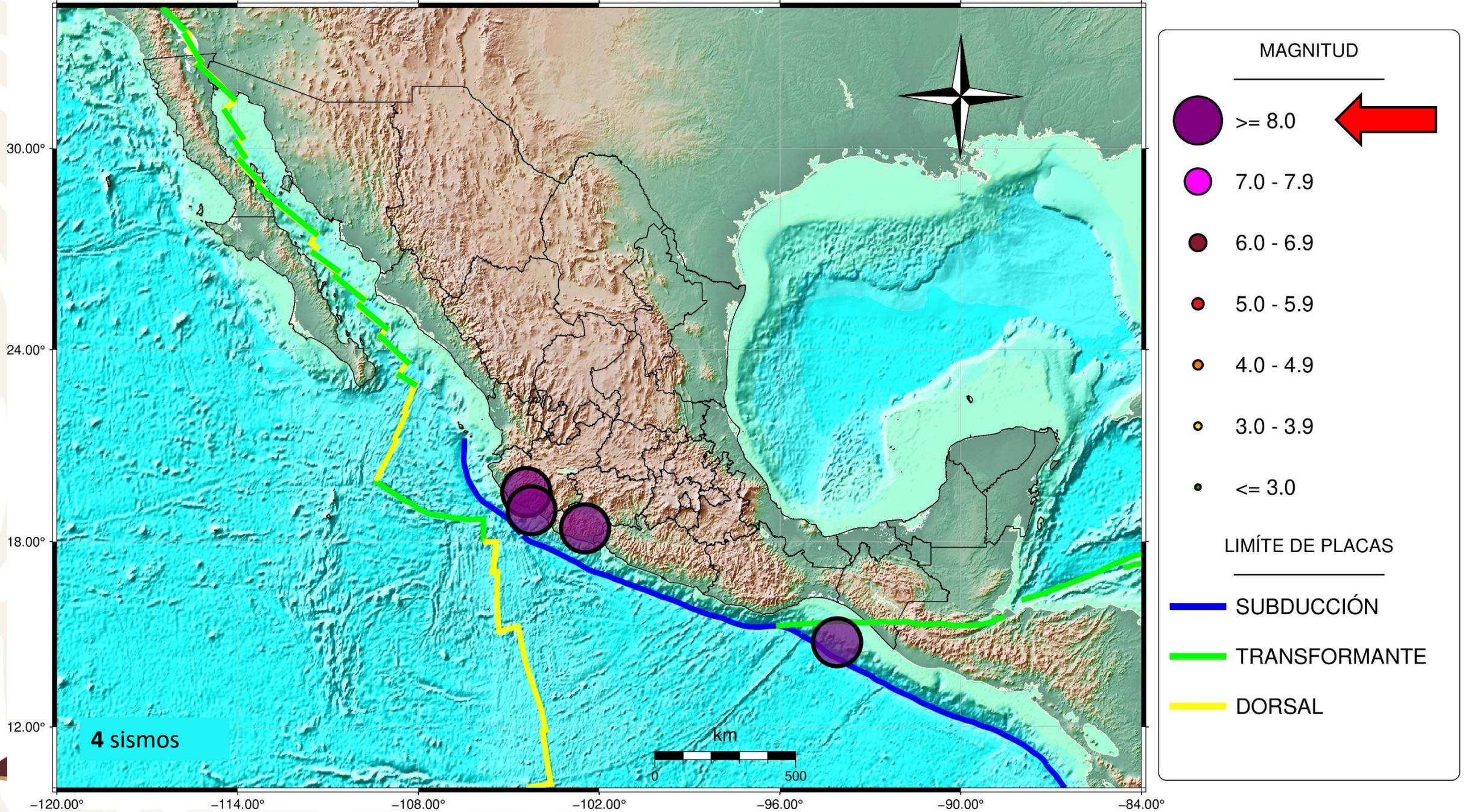
MAGNITUD

- ≥ 8.0
- 7.0 - 7.9 ←
- 6.0 - 6.9
- 5.0 - 5.9
- 4.0 - 4.9
- 3.0 - 3.9
- ≤ 3.0

LÍMITE DE PLACAS

- SUBDUCCIÓN
- TRANSFORMANTE
- DORSAL

Sismicidad en México reportada por el SSN (1900-2023). Magnitud mayor que 8.0



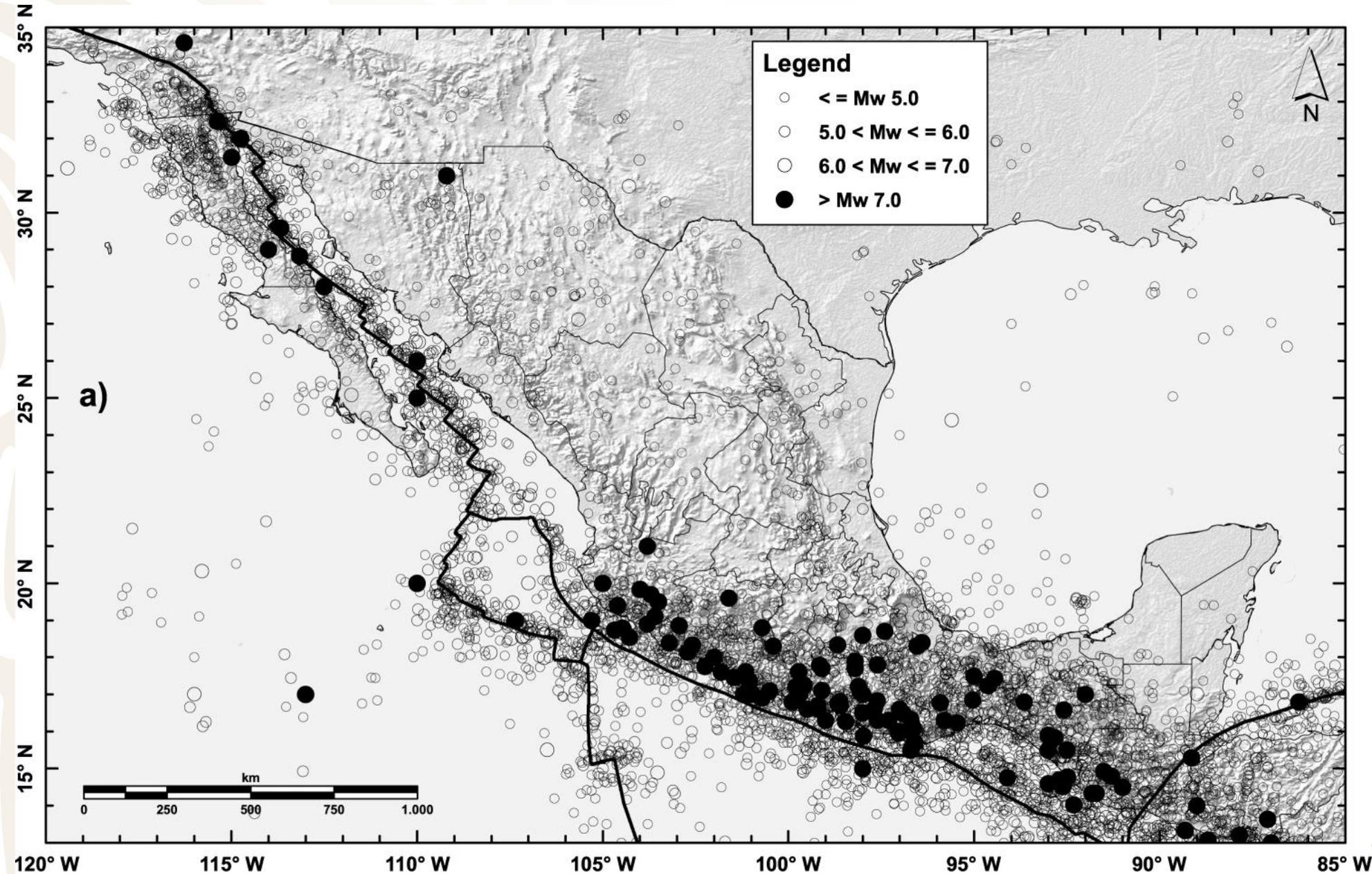
Catálogo unificado 1787-2018



SEGURIDAD
SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CENAPRED
CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN
DE DESASTRES



An updated and unified earthquake catalog from **1787 to 2018** for seismic hazard assessment studies in Mexico

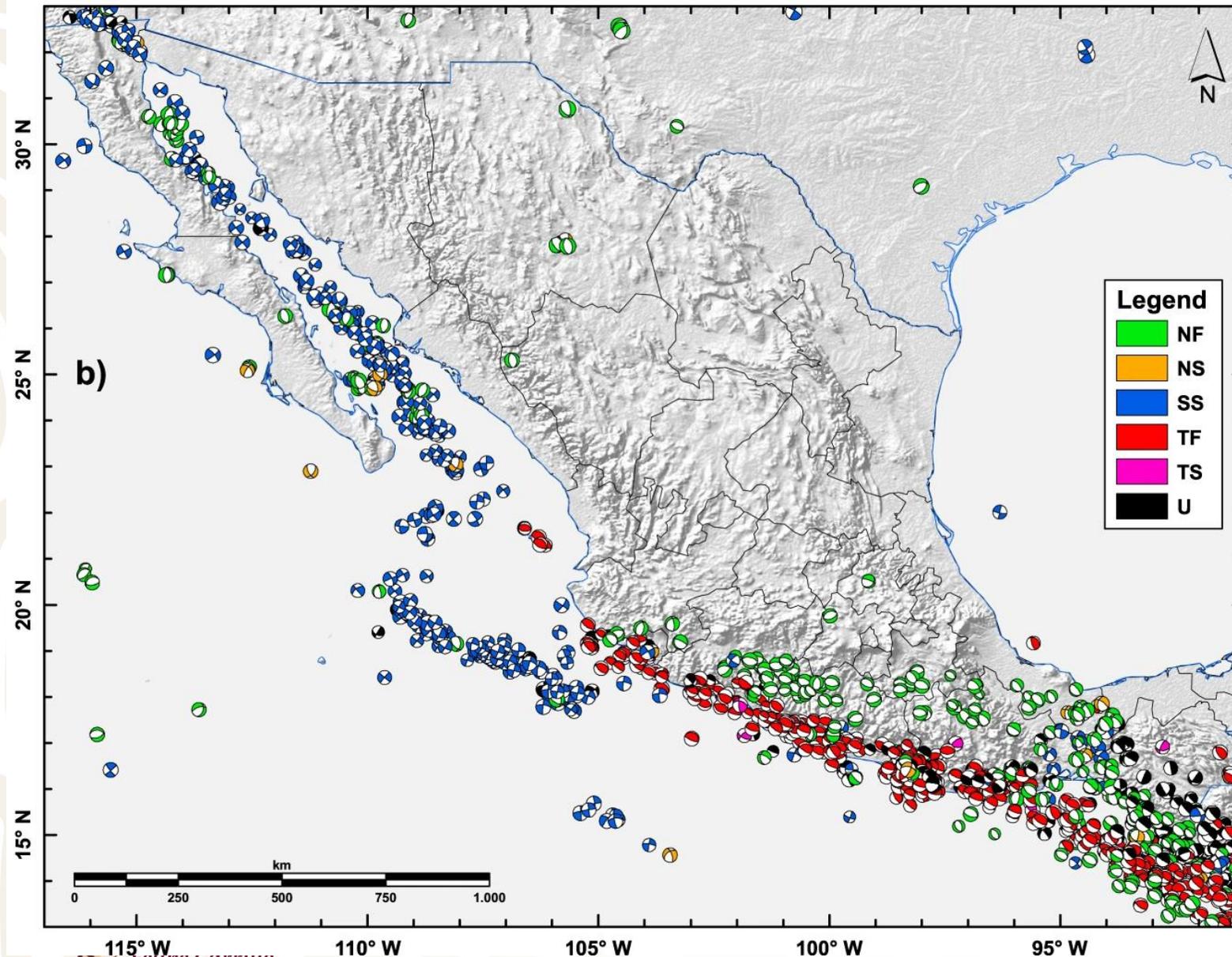
Sawires et al., 2019

230 años



A catalog of focal mechanism solutions (1963–2015)
for Mexico

Sawires et al., 2019



Falla normal pura (**NF**)



Falla normal con componente lateral (**NS**)



Falla de rumbo pura (**SS**)



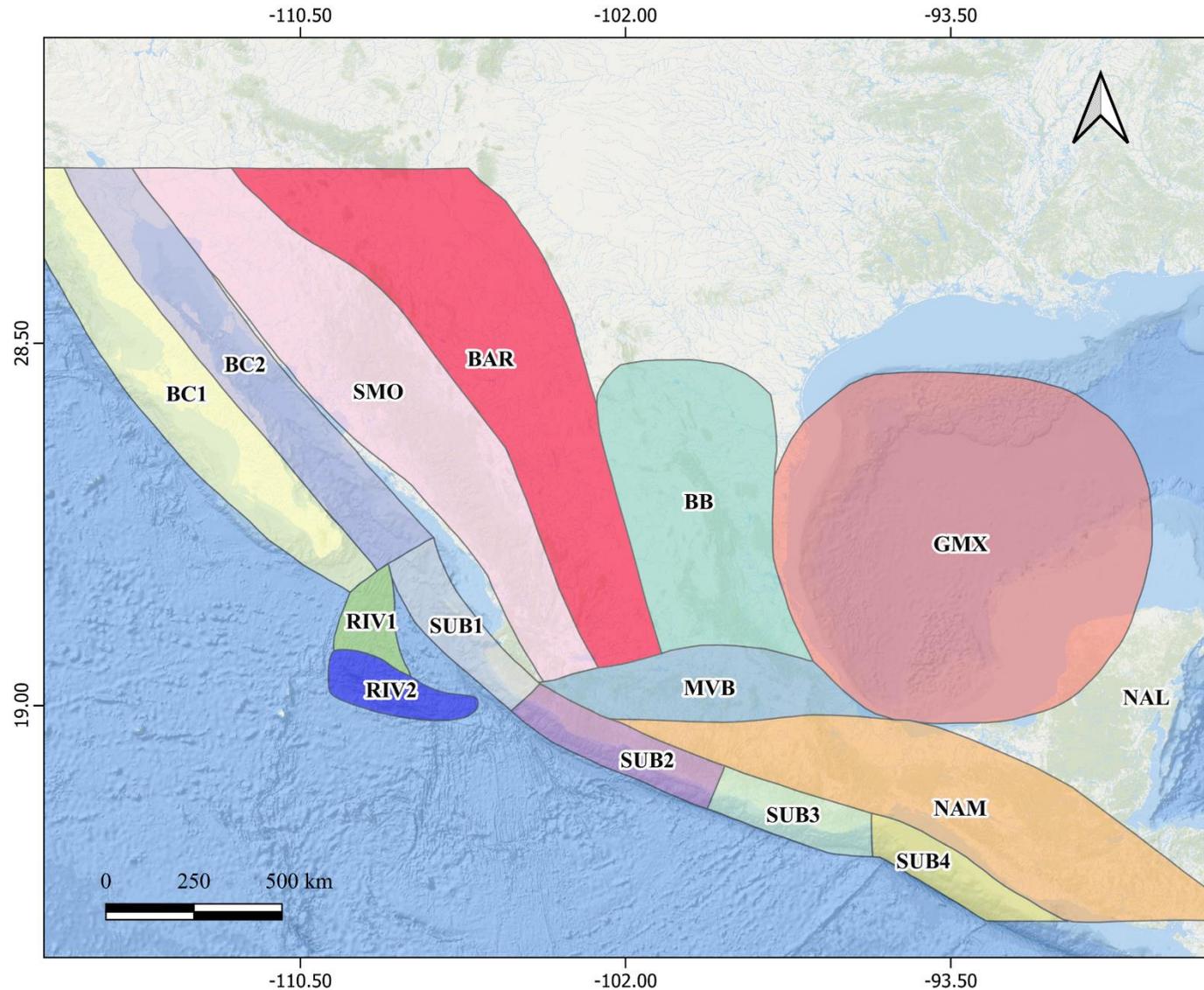
Falla inversa pura (**TF**)



Falla inversa con componente lateral (**TS**)



No definido (**U**)



Zonas sismogénicas someras de México

Leyenda

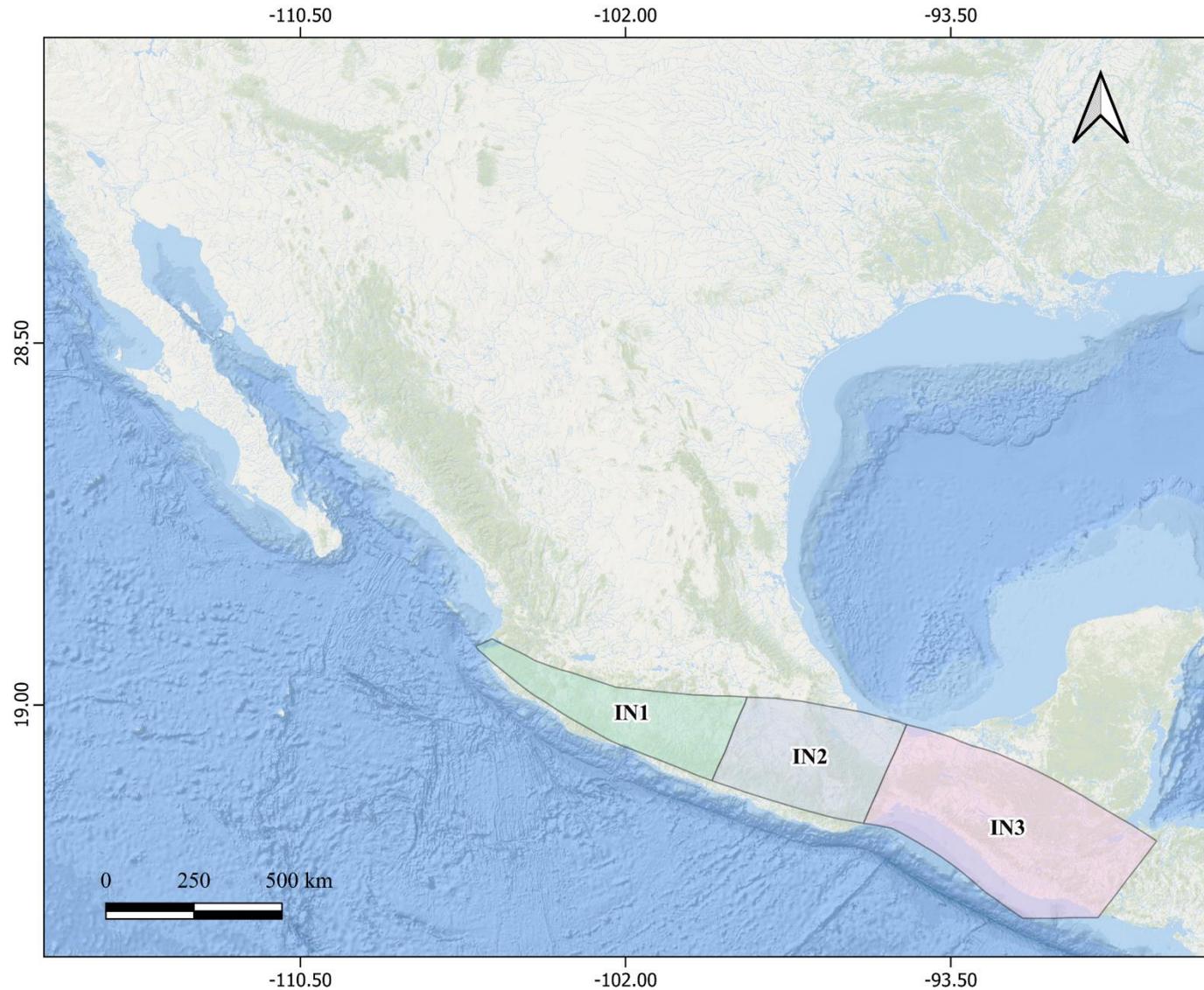
Zonas sismogénicas

- BAR (h < 20 km)
- BB (h < 20 km)
- BC1 (h < 20 km)
- BC2 (h < 15 km)
- GMX (h < 20 km)
- MVB (h < 20 km)
- NAM (h < 20 km)
- RIV1 (h < 20 km)
- RIV2 (h < 20 km)
- SMO (h < 20 km)
- SUB1 (h < 40 km)
- SUB2 (h < 40 km)
- SUB3 (h < 40 km)
- SUB4 (h < 40 km)



Facultad de Ingeniería, UNAM

Edición: Hinojosa Molina Katherine
 Fuente: Zúñiga et al., (2017)
 SRC: WGS 84 - EPSG: 4326



Zonas sismogénicas de profundidad intermedia en México

Leyenda

Zonas sismogénicas

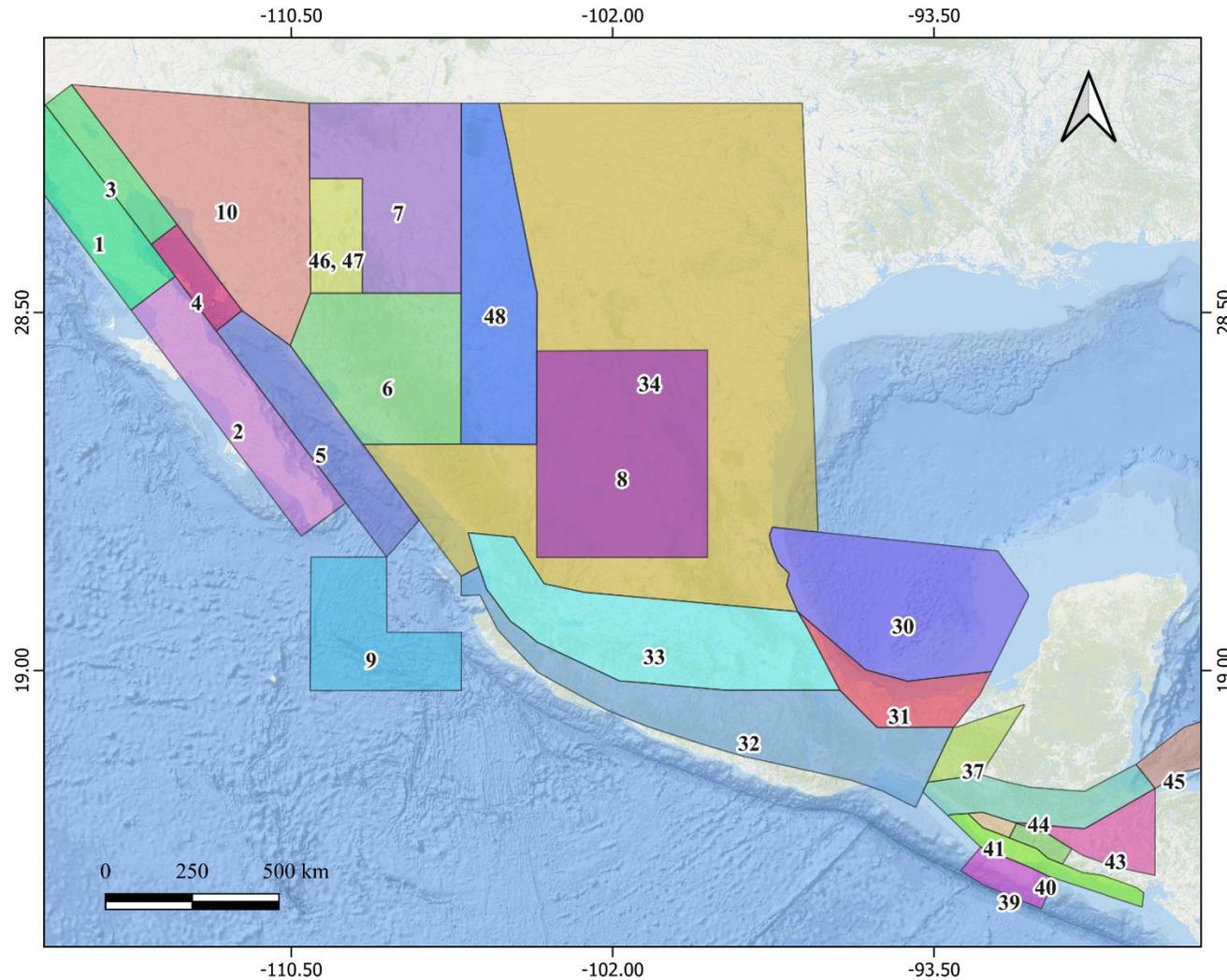
- IN1: $40 \text{ km} \leq h < 180 \text{ km}$
- IN2: $40 \text{ km} \leq h < 255 \text{ km}$
- IN3: $40 \text{ km} \leq h < 460 \text{ km}$



Facultad de Ingeniería, UNAM

Edición: Hinojosa Molina Katherine
Fuente: Zúñiga et al., (2017)
SRC: WGS 84 - EPSG: 4326

Zonas generadoras de sismos superficiales



Leyenda

Zonas sismogénicas

- 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
- 46,47: Bavispe - Bavispe GR
- 48: Chihuahua Oriental

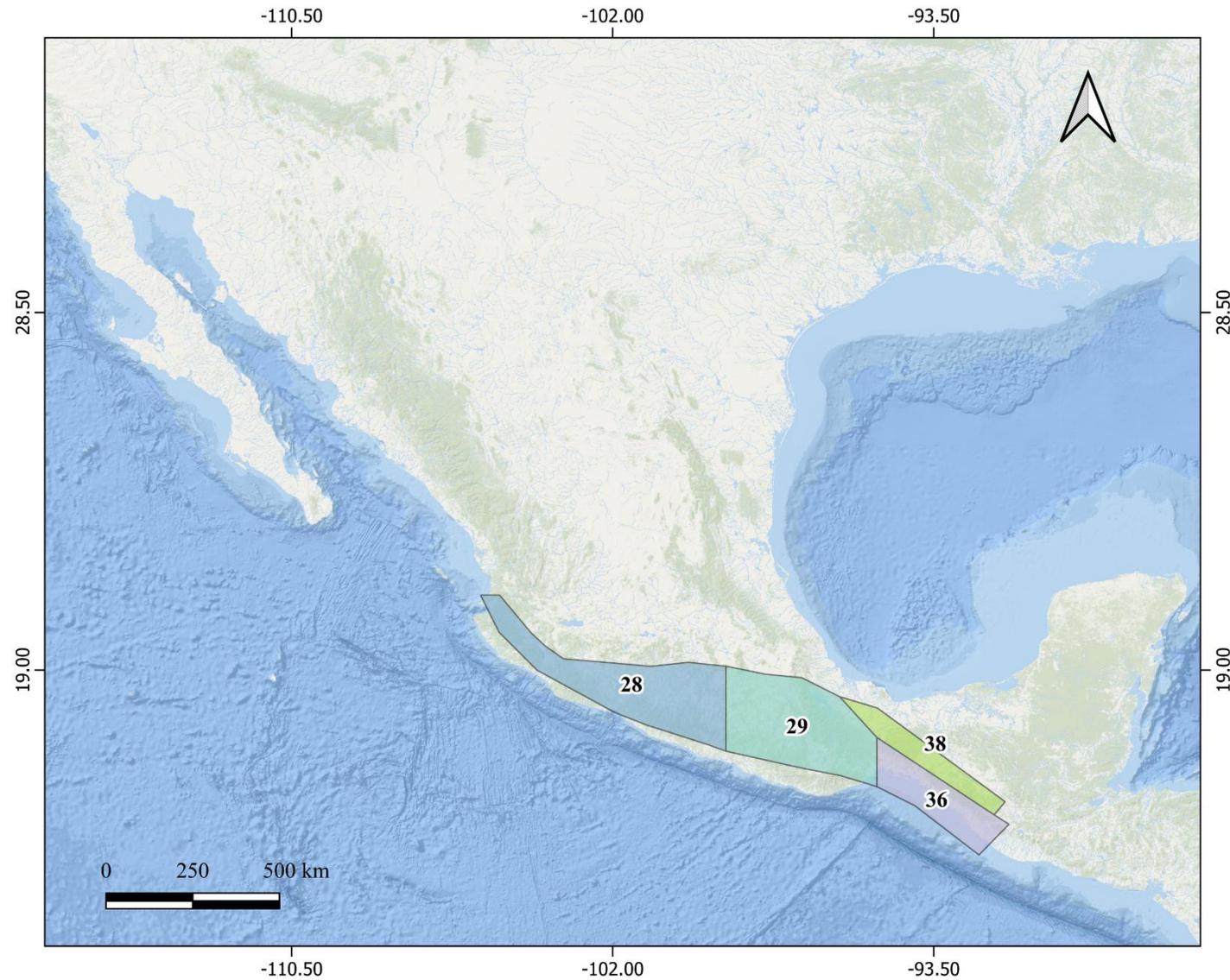


Facultad de Ingeniería, UNAM

Edición: Hinojosa Molina Katherine

Fuente: CFE (2015)

SRC: WGS 84 - EPSG: 4326



Zonas generadoras de sismos de profundidad intermedia

Leyenda

Zonas sismogénicas

- 29: Profundidad Intermedia Centro Nueva
- 36: Profundidad Intermedia Este Nueva - Modificada
- 28: Profundidad Intermedia Oeste Nueva
- 38: Profundos de Chiapas - Modificada

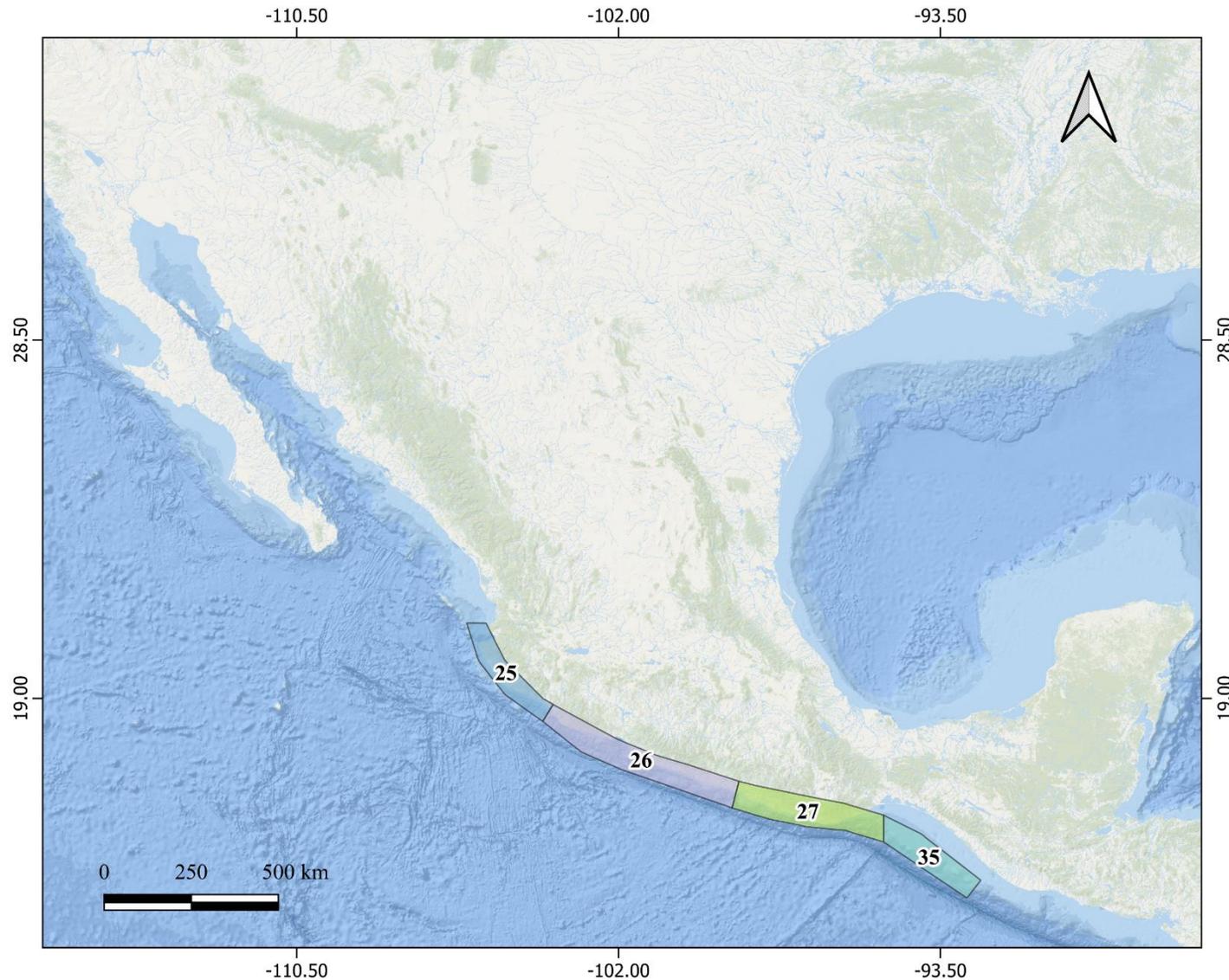


Facultad de Ingeniería, UNAM

Edición: Hinojosa Molina Katherine

Fuente: CFE (2015)

SRC: WGS 84 - EPSG: 4326



Zonas fuente de ocurrencia de grandes temblores de subducción en México ($M < 7$)

Leyenda

Zonas sismogénicas

- 25: Jalisco Nuevo
- 26: Guerrero - Michoacán Nuevo
- 27: Oaxaca nuevo
- 35: Chiapas Nuevo - Modificada

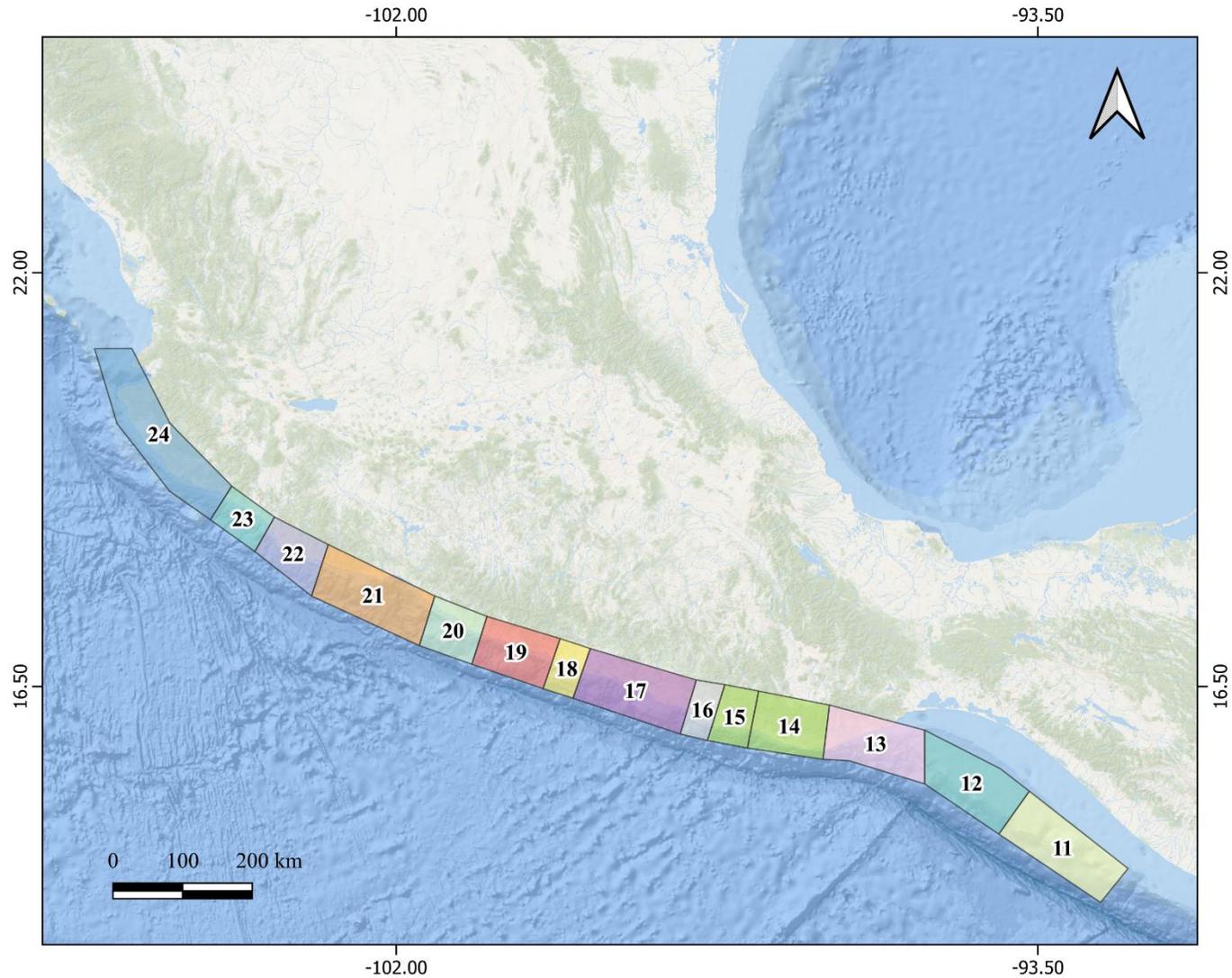


Facultad de Ingeniería, UNAM

Edición: Hinojosa Molina Katherine

Fuente: CFE (2015)

SRC: WGS 84 - EPSG: 4326



**Zonas fuente de ocurrencia
 de grandes temblores de
 subducción en México
 (M > 7)**

Leyenda

Zonas sismogénicas

- 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

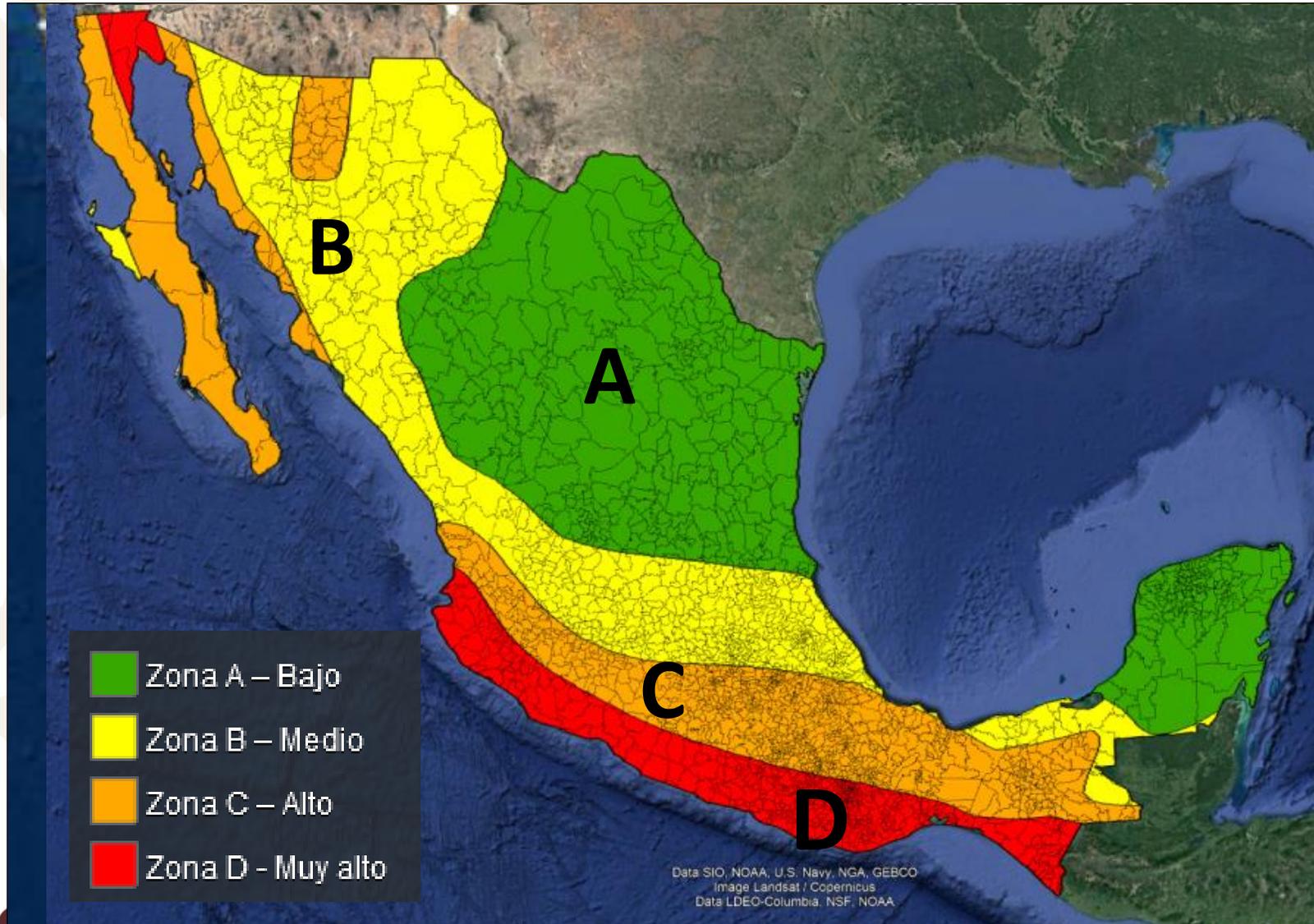


Facultad de Ingeniería, UNAM

Edición: Hinojosa Molina Katherine

Fuente: CFE (2015)

SRC: WGS 84 - EPSG: 4326

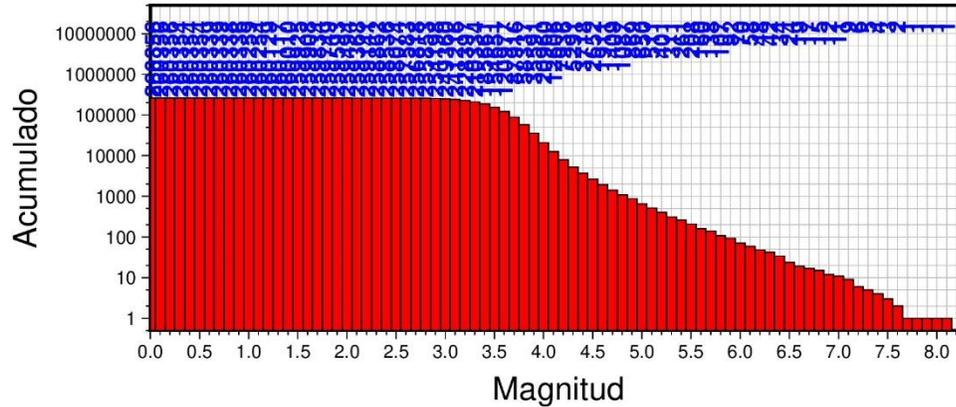
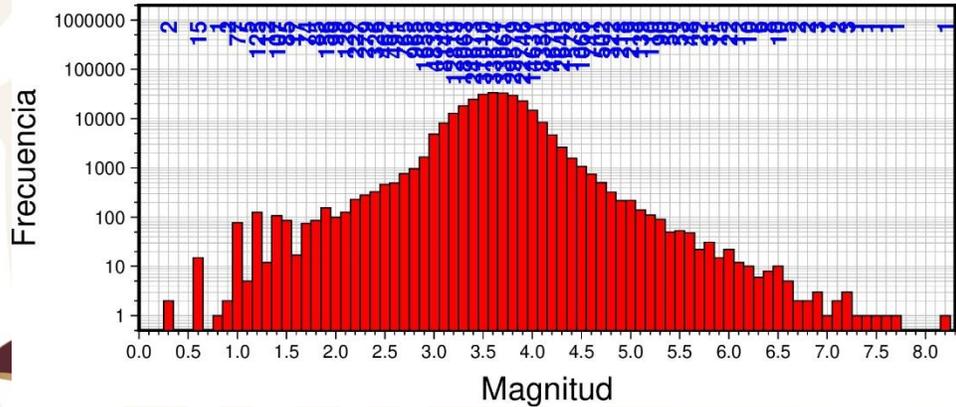
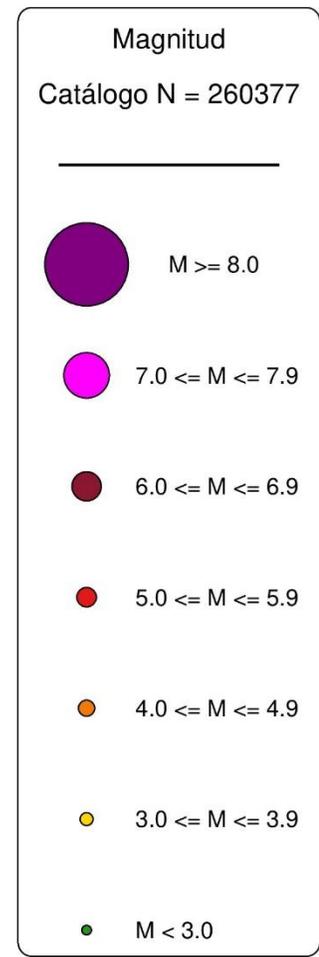
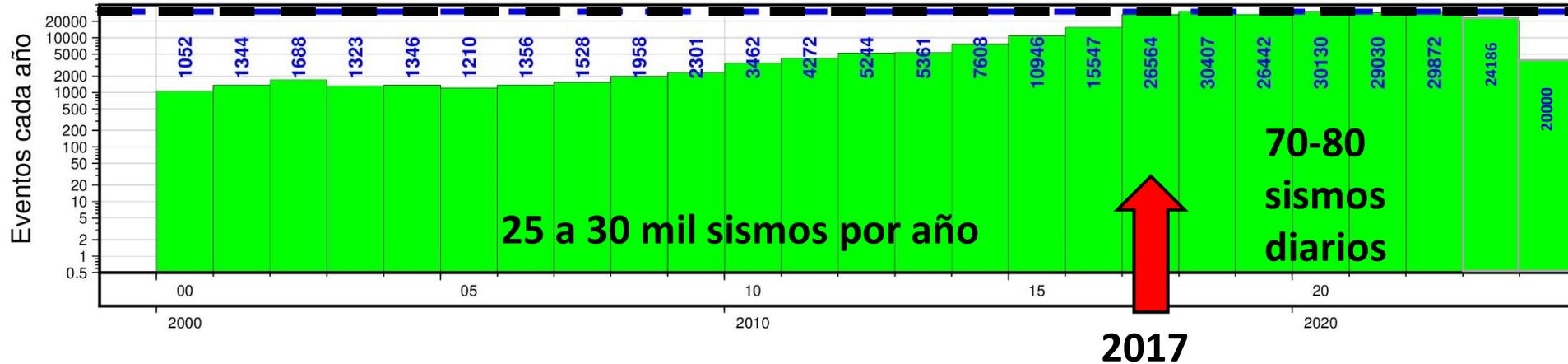
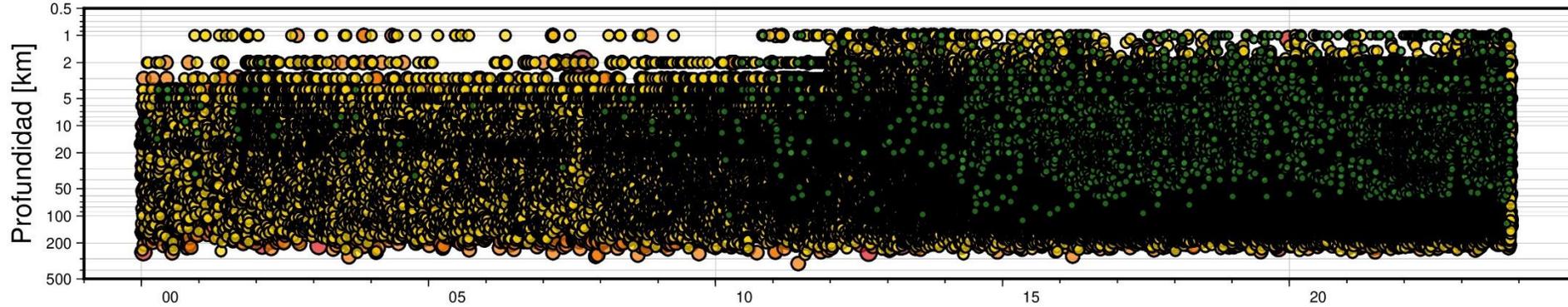


Regionalización sísmica

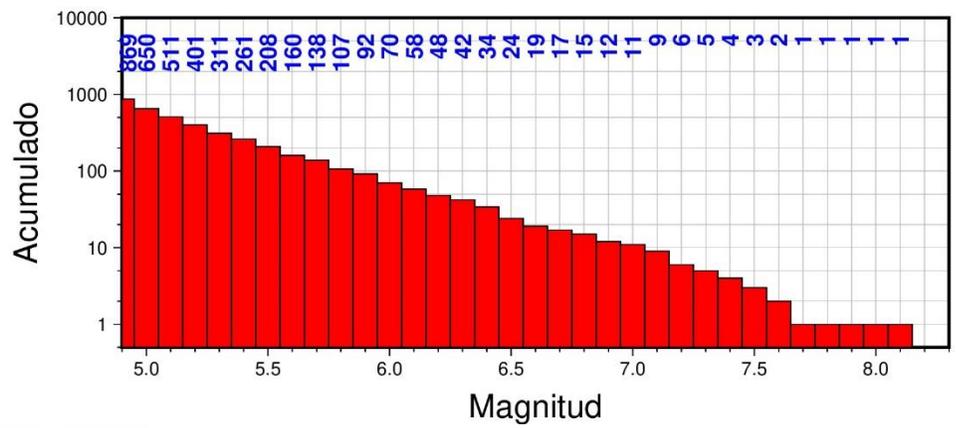
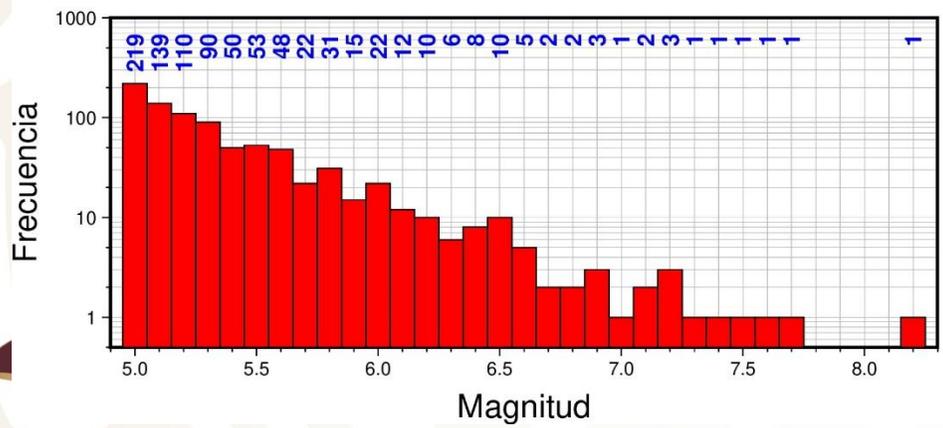
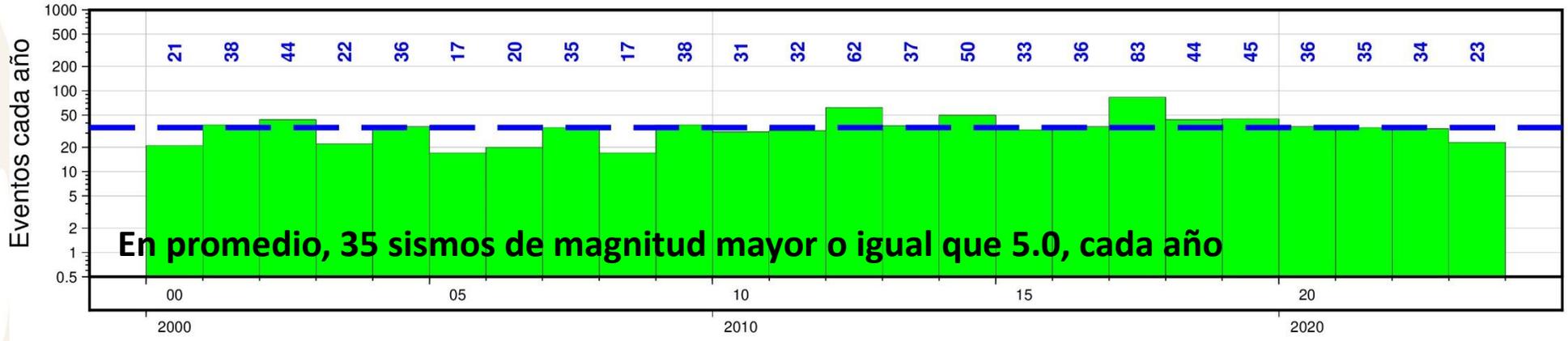
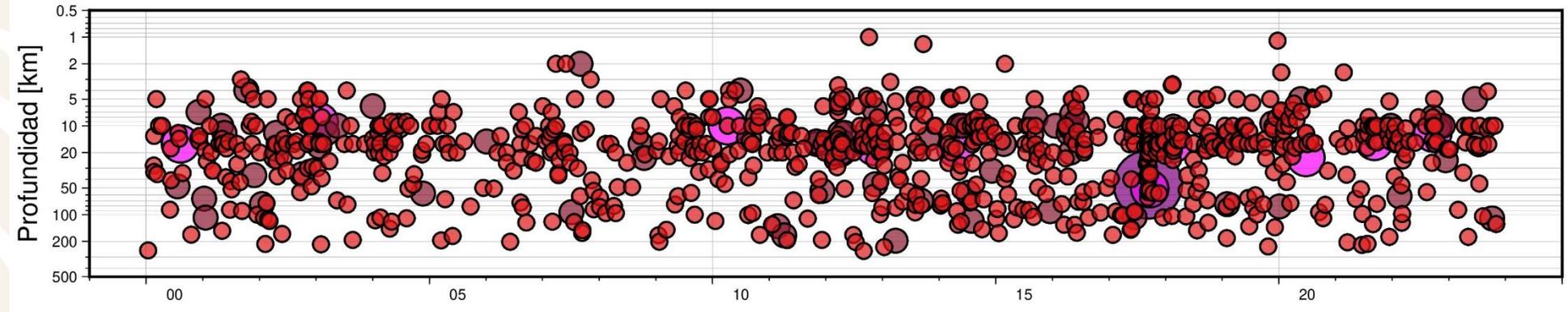
Con fines de referencia, se consideran **cuatro zonas: A, B, C y D**, cuyo nivel de intensidad de peligro sísmico es de **menor a mayor**. Función de la sismicidad propia de cada región.

Manual de Obras Civiles de la CFE, 2015.

Sismicidad en México reportada por el SSN (2000-2023). Magnitud mayor que 0.1



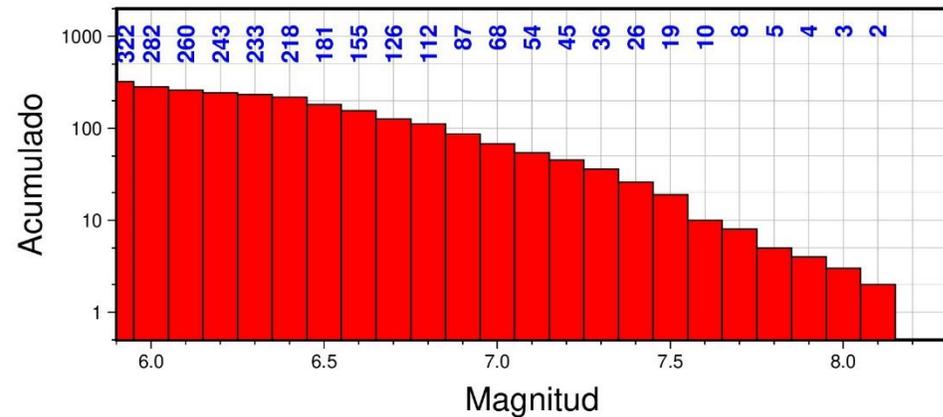
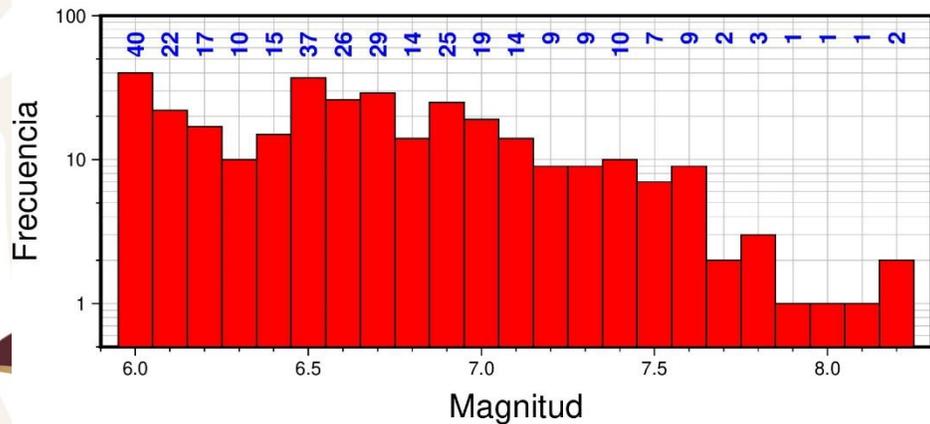
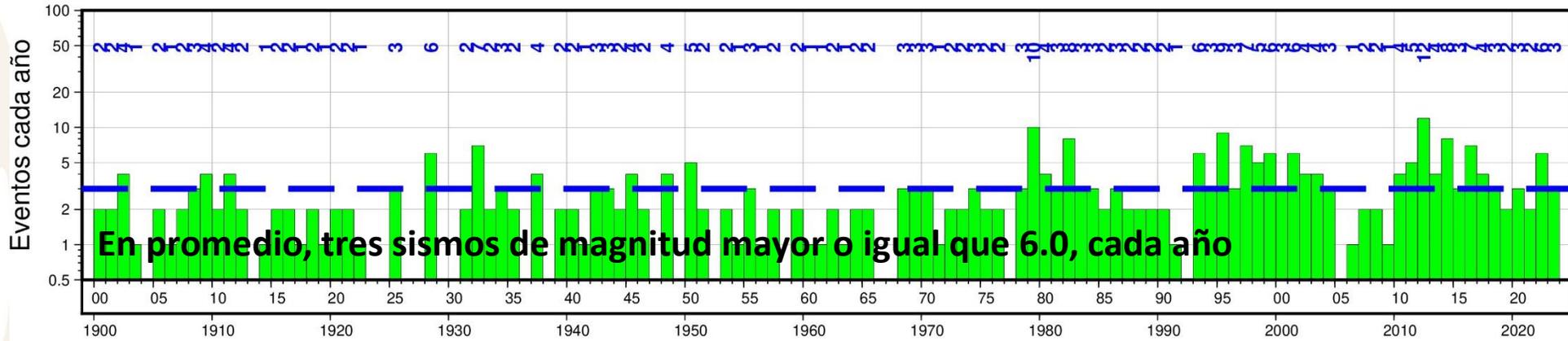
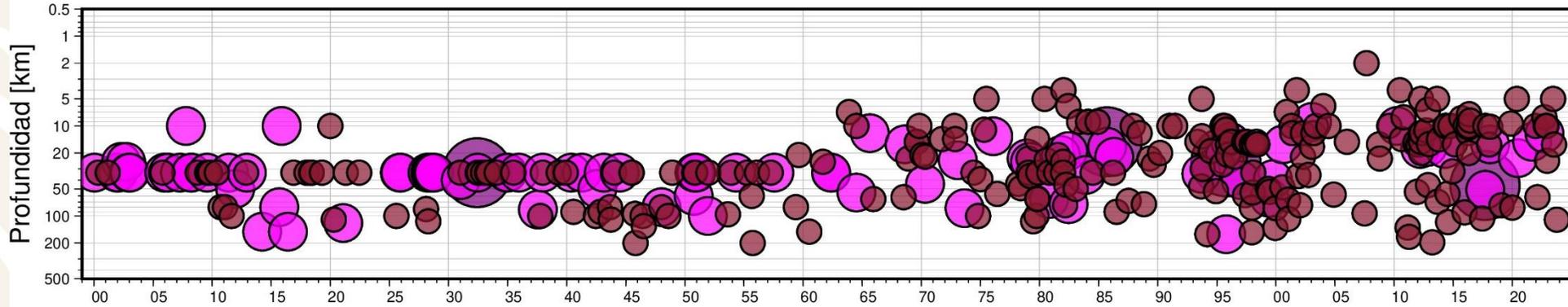
Sismicidad en México reportada por el SSN (2000-2023). Magnitud mayor que 5.0



Magnitud
Catálogo N = 869

- M >= 8.0
- 7.0 <= M <= 7.9
- 6.0 <= M <= 6.9
- 5.0 <= M <= 5.9
- 4.0 <= M <= 4.9
- 3.0 <= M <= 3.9
- M < 3.0

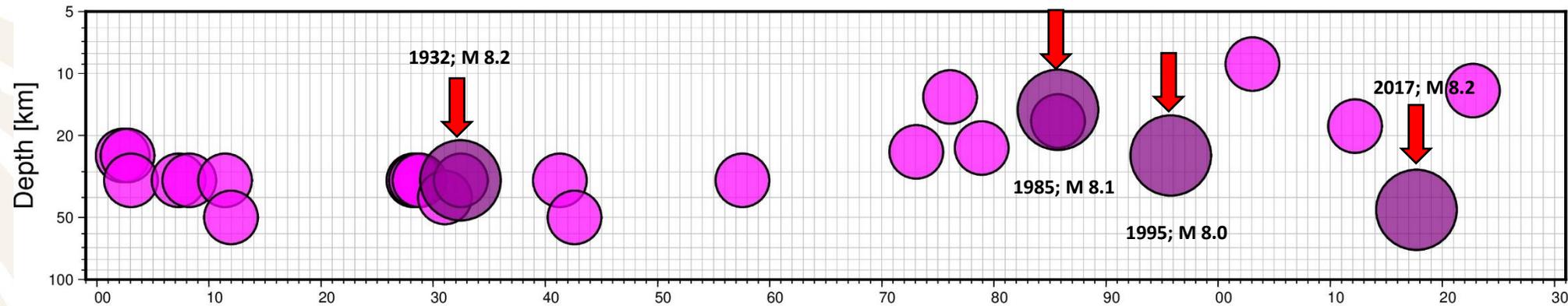
Sismicidad en México reportada por el SSN (1900-2023). Magnitud mayor que 6.0



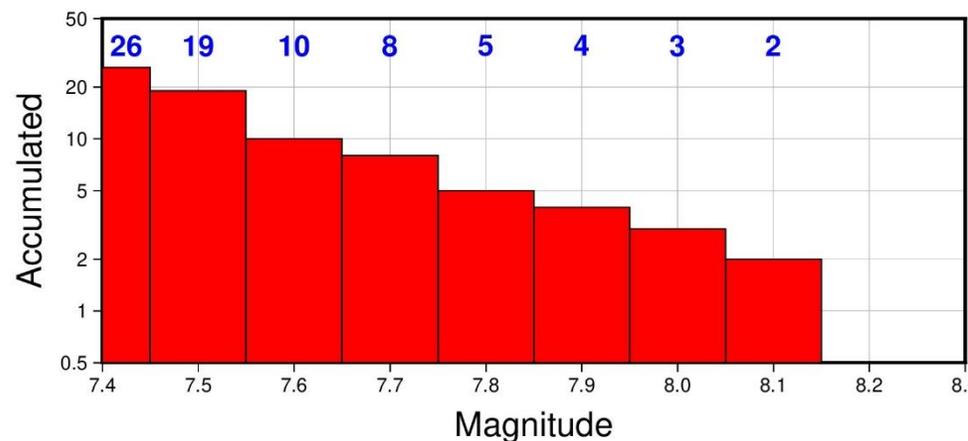
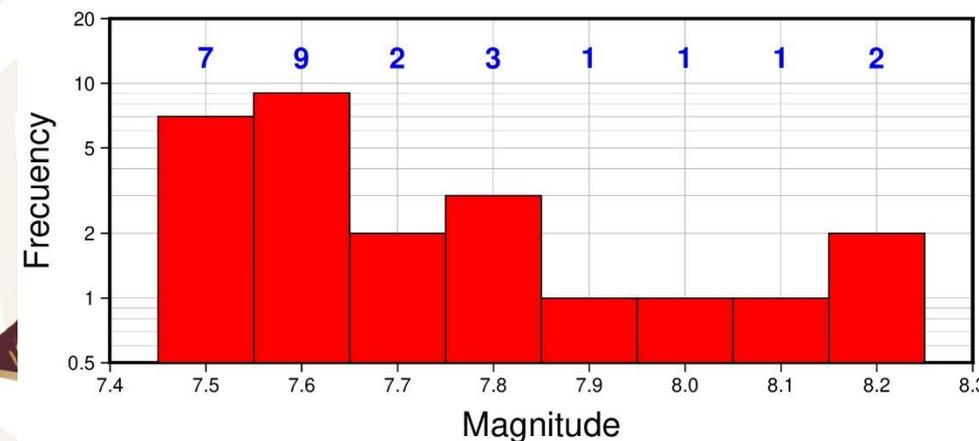
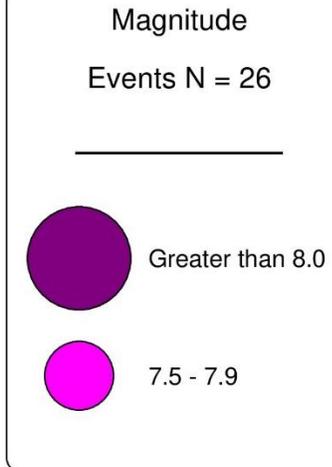
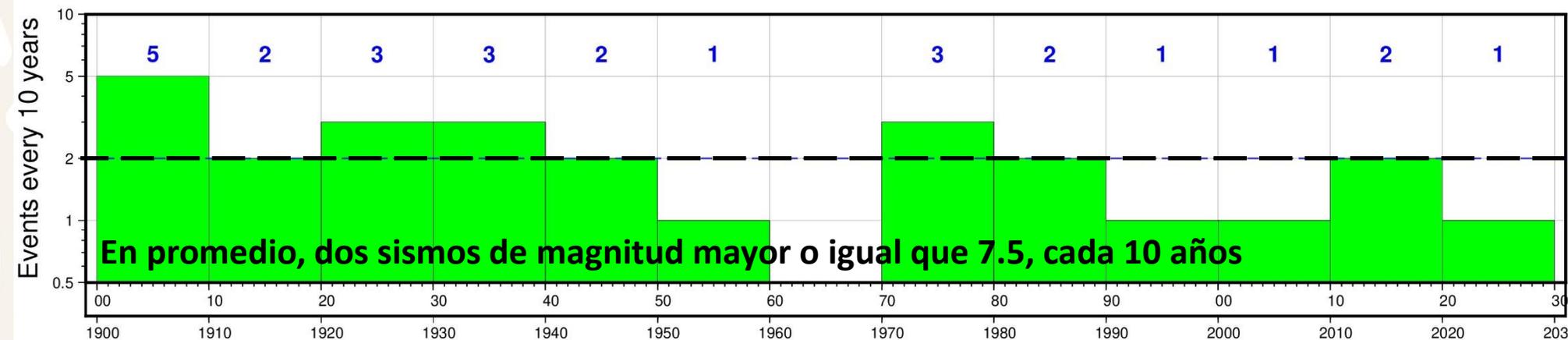
Magnitud
Catálogo N = 322

- $M \geq 8.0$
- $7.0 \leq M \leq 7.9$
- $6.0 \leq M \leq 6.9$
- $5.0 \leq M \leq 5.9$
- $4.0 \leq M \leq 4.9$
- $3.0 \leq M \leq 3.9$
- $M < 3.0$

Sismicity in Mexico reported by SSN (1900-2023). Magnitude greater than M7.5



1787; M8.6

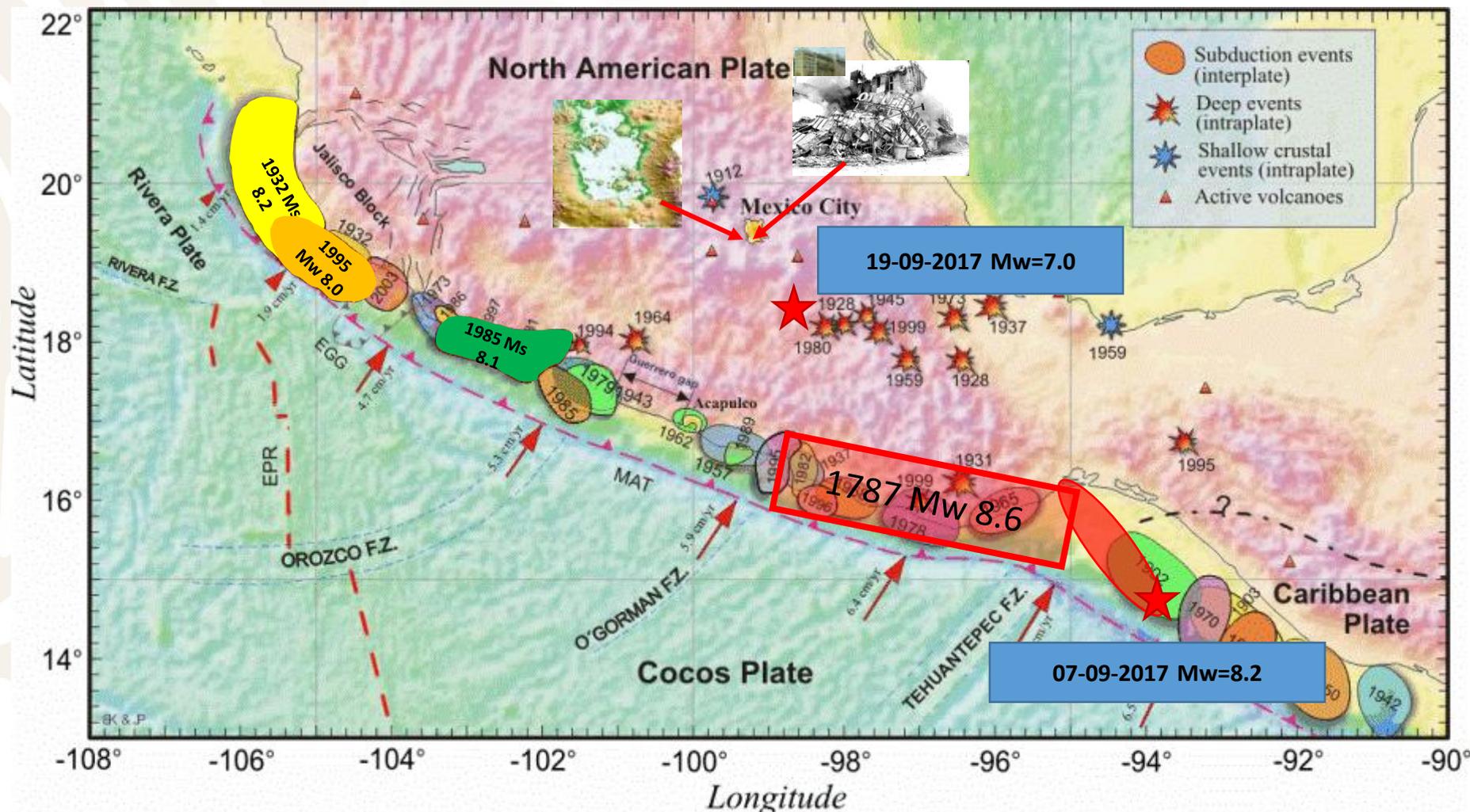


123 años de instrumentación sísmica
26 sismos – M 7.5 - 8.2
 En promedio **dos sismos** cada 10 años

Sismos grandes (1787-2024)



En los últimos 250 años han documentado al menos cinco sismos grandes (8.0 -8.6)



1787, Costas de Guerrero-Oaxaca (M 8.6)

1932, Costas de Colima-Jalisco (M 8.2)

1985, Costas de Michoacán (M 8.1)

1995, Costas de Colima (M 8.0)

2017, Golfo de Tehuantepec (M 8.2)

2017, Puebla-Morelos (M 7.1)

PELIGRO SÍSMICO

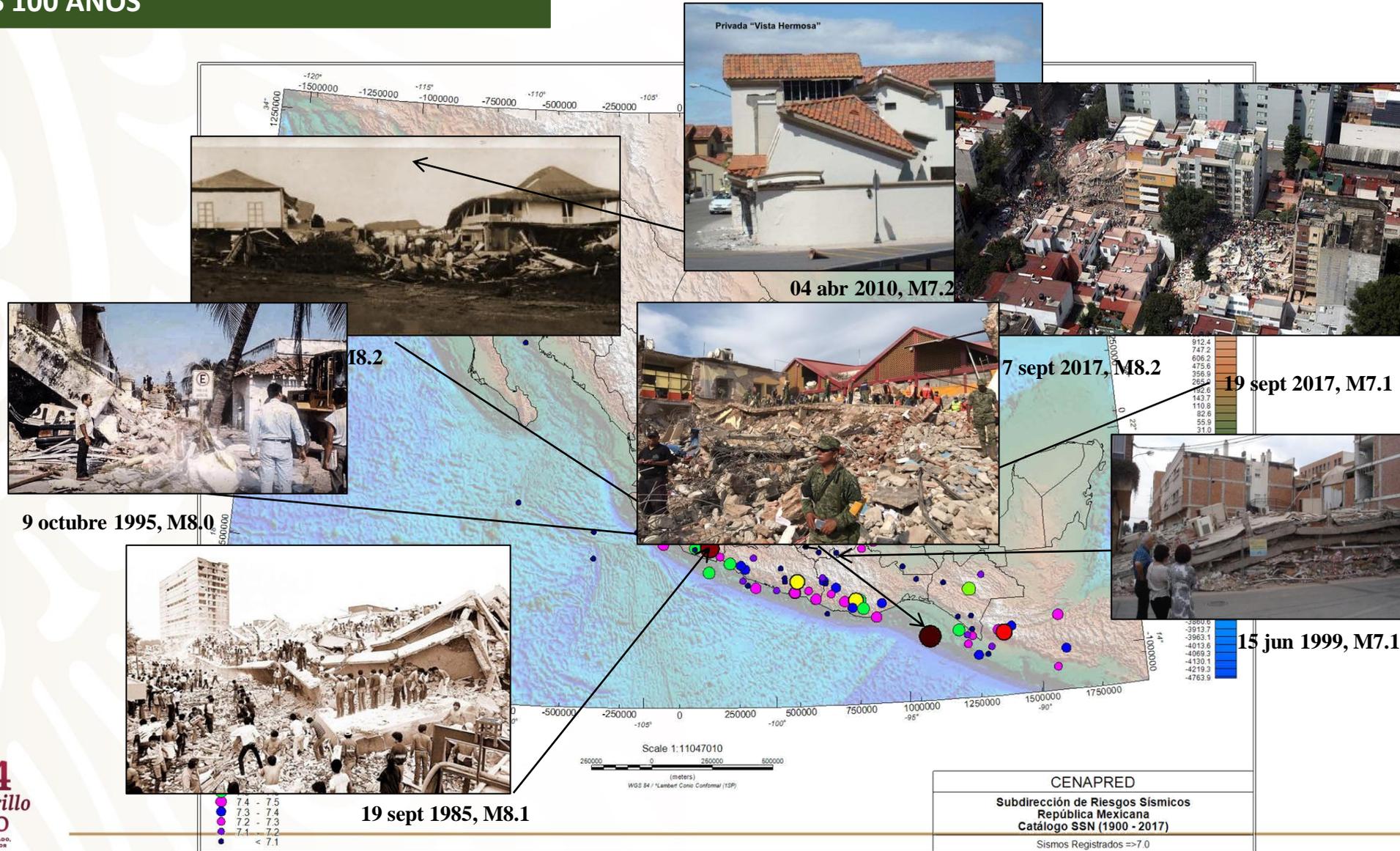
ALGUNOS SISMOS DE MAGNITUD MAYOR QUE 7.0 EN LOS ULTIMOS 100 AÑOS



SEGURIDAD
SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CENAPRED
CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN
DE DESASTRES



CENAPRED
Subdirección de Riesgos Sísmicos
República Mexicana
Catálogo SSN (1900 - 2017)
Sismos Registrados >= 7.0

DIFERENCIA ENTRE PELIGRO Y RIESGO

PELIGROS SÍSMICOS

- ❑ Los **peligros** son cualquier cosa que puedan **causar daños**.
- ❑ El **riesgo** es la **posibilidad** (probabilidad) de que un **peligro cause daños** (lesiones).
- ❑ El **peligro sísmico** esta relacionado con la **probabilidad** del **movimiento del terreno** debido a sismos y otros efectos, incluidos la **ruptura del terreno**, **deslizamientos del terreno**, **tsunamis** y **licuación de suelos**.



https://www.iris.edu/hq/inclass/animation/take_2_hazard_vs_risk



SEGURIDAD
SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CENAPRED
CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN
DE DESASTRES



- ❑ El **riesgo sísmico** es la **probabilidad** de que la **población** sufra **lesiones y muertes**, además de **pérdidas económicas** debidas al **peligro**.
- ❑ El **riesgo** y la **percepción del riesgo** no siempre están alineadas.

PELIGRO ≠ RIESGO

Sismos y peligros geológicos asociados



Taiwán,
1999



RUPTURA DEL TERRENO

Colima,
2003



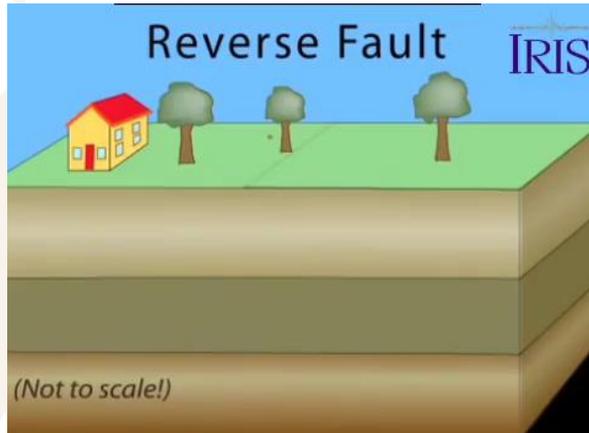
LICUACIÓN DE SUELOS

Peligro

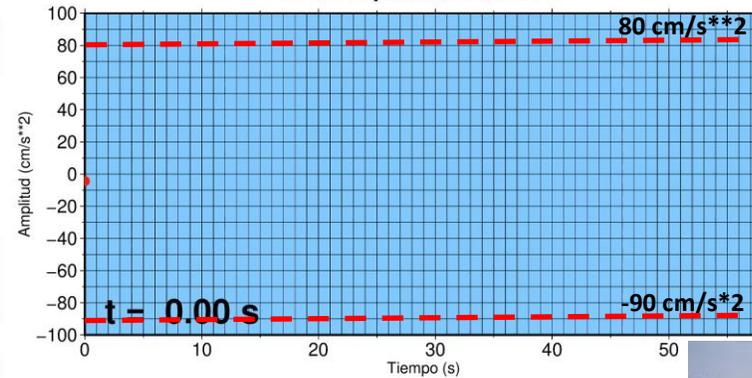
Probabilidad de ocurrencia de un **fenómeno potencialmente dañino** de **cierta intensidad**, durante un **cierto periodo de tiempo** y en un **sitio dado**.

Peligro sísmico

Probabilidad de ocurrencia de **movimientos del terreno** de distintas intensidades (**aceleración**, **velocidad**, **desplazamiento**) **durante lapsos dados**.



Registro de aceleración
19 de septiembre de 2017



Oaxaca, 2017

MOVIMIENTO DEL TERRENO



Cerro del Chiquihuite 2022

DESLIZAMIENTO DE LADERAS



Colima, 1995

TSUNAMIS

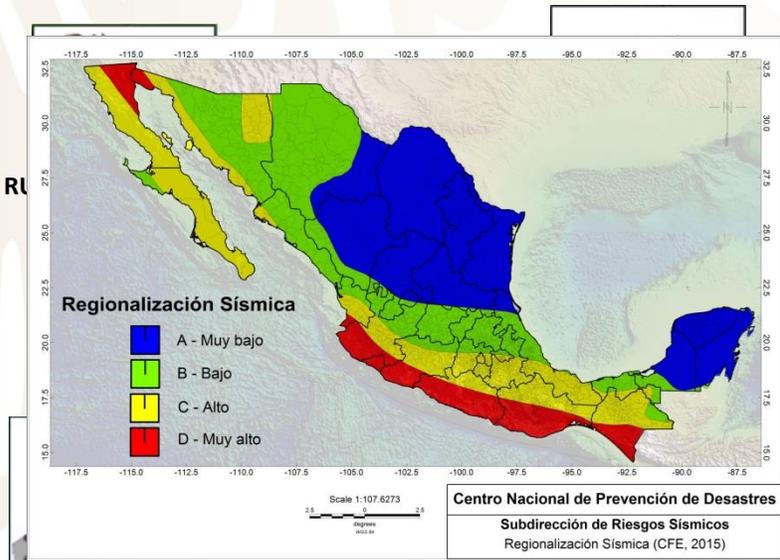


RIESGO SÍSMICO

TRES COMPONENTES

Peligro (Amenaza)

Probabilidad o posibilidad de **eventos futuros** potencialmente destructivos (sismo y sus efectos: ruptura del terreno, licuación de suelos, movimiento de ladera, tsunamis).



DESPLAZAMIENTOS DEL TERRENO

TSUNAMIS

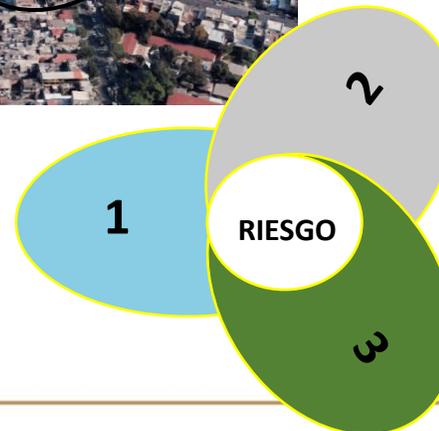
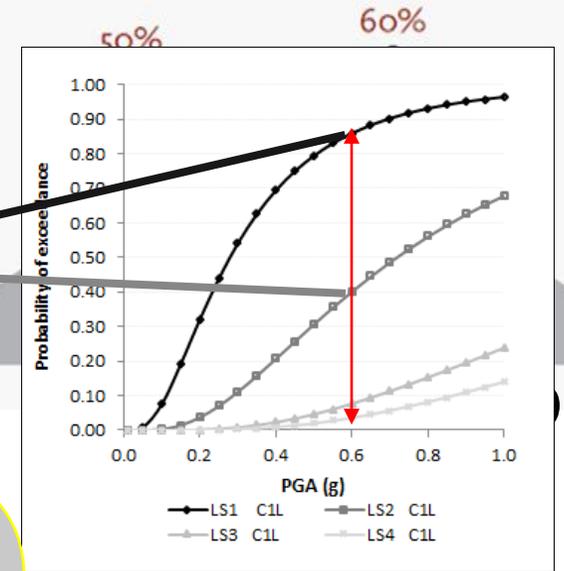
Exposición

La **ubicación**, los **atributos** y los **valores** de los **activos** que son importantes para las **comunidades**.



Vulnerabilidad

La **probabilidad** de que los **activos** se **dañen** o destruyan cuando se exponen a un evento de **peligro**.



El riesgo sísmico es la **probabilidad de daños o pérdidas** por posibles terremotos futuros. Es el resultado de tener una **superposición espacial y temporal** de estos tres elementos.



SEGURIDAD
SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



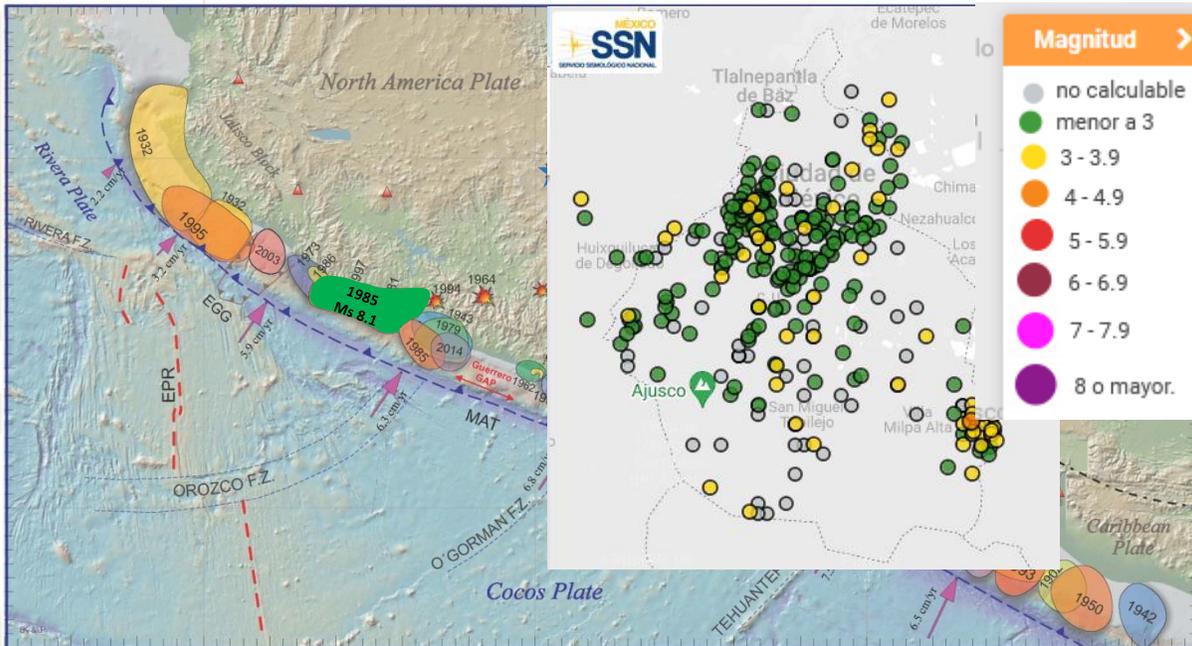
CENAPRED
CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN
DE DESASTRES

PELIGRO SÍSMICO EN EL VALLE DE MÉXICO

CUATRO TIPO DE FUENTES SÍSMICAS

En el Valle de México existe la probabilidad de que se presenten sismos potencialmente destructivos, provenientes de **cuatro tipos de fuentes sísmicas**:

- 1) **Subducción (costeros)** (Michoacán, M8.1, 1985)
- 2) **Intraplaca profundos** (Puebla-Morelos, M7.1, 2017)
- 3) **Intraplaca someros (corticales)** (Acambay, M6.9, 1912) y
- 4) **Locales** (Enjambre sísmico, Miguel Hidalgo – Álvaro Obregón, 2019).



AMENAZA SÍSMICA EN LA CDMX

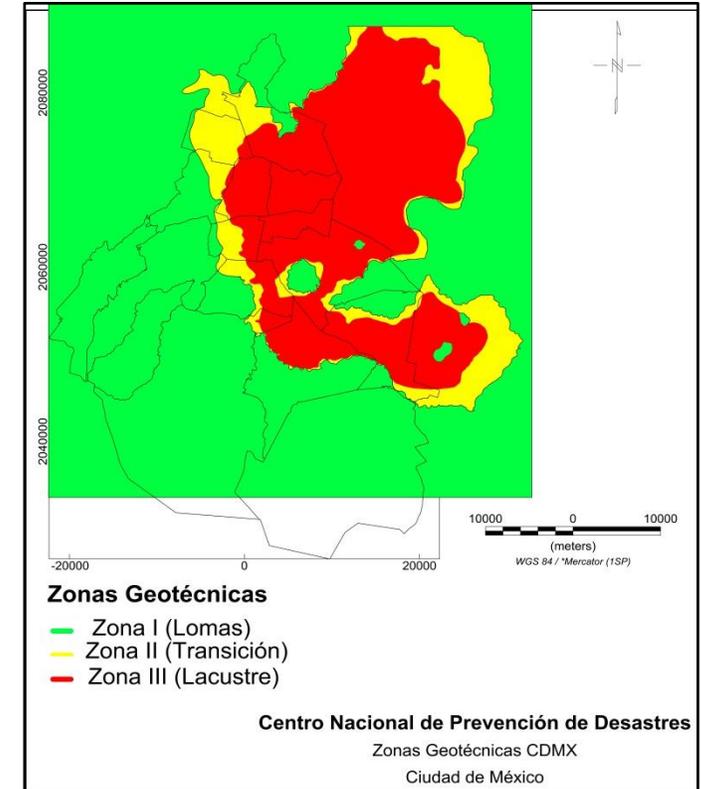
La Ciudad de México se divide en **tres zonas geotécnicas** para fines de diseño de las estructuras:

1. **Zona I o de Lomas.**
Terreno firme (roca).

2. **Zona II o de Transición.**
Terreno intermedio (estratos arenosos, arcilla lacustre).

3. **Zona III o Lacustre.**
Terreno blando (arcilla altamente compresible).

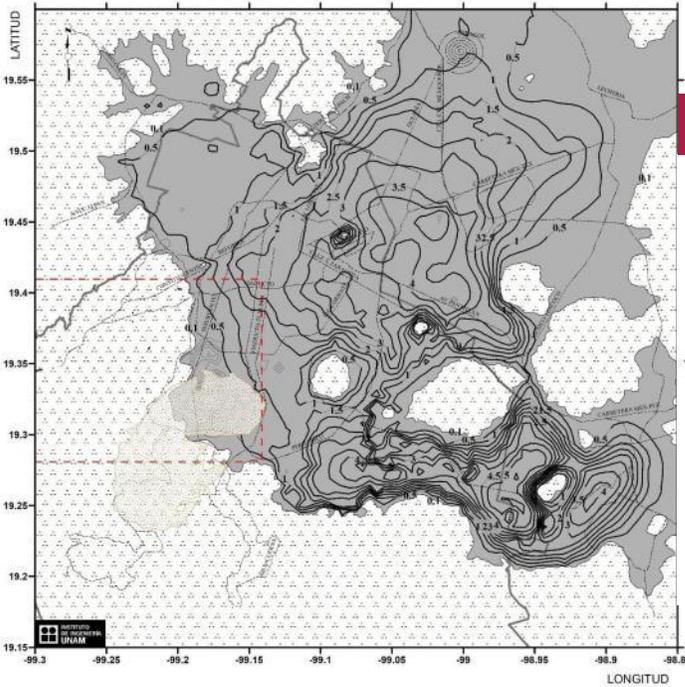
La más proclive a daños por **amplificación del movimiento sísmico.**



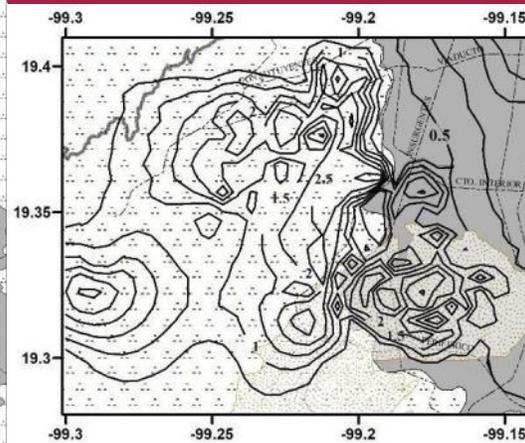
ISOPERIODOS, ISOESPESORES Y AMPLIFICACIÓN RELATIVA

- Actualización de la **zonificación sísmica y geotécnica de la Ciudad de México y áreas aledañas**. Instituto para la Seguridad de las Construcciones en la Ciudad de México. Convenio **ISCDF/CEC-04/2019-13**.
- Actualización de la **zonificación sísmica de la Ciudad de México y áreas aledañas - Parte Norte**. Instituto para la Seguridad de las Construcciones en la Ciudad de México. Convenio **ISCDF/CEC-04/2020-13**.

Mapa de isoperiodos

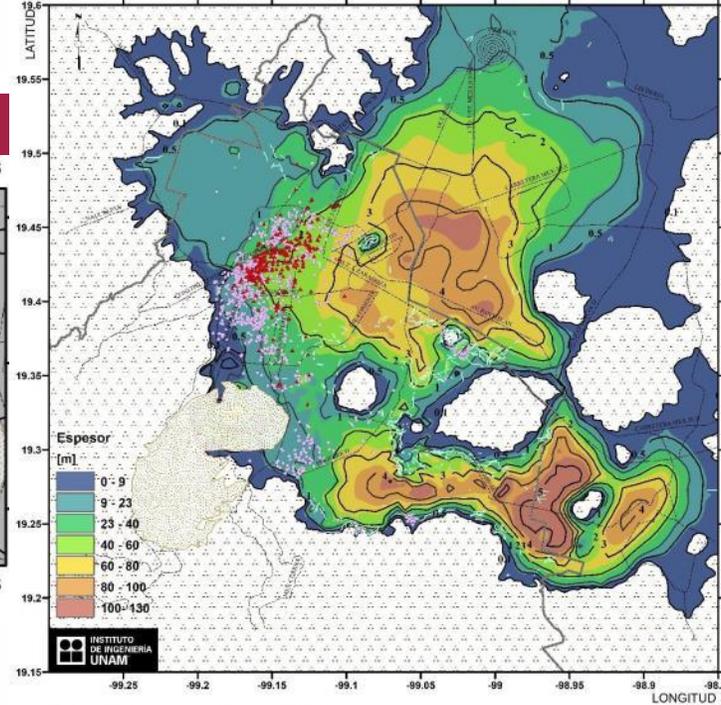


Isoperiodos

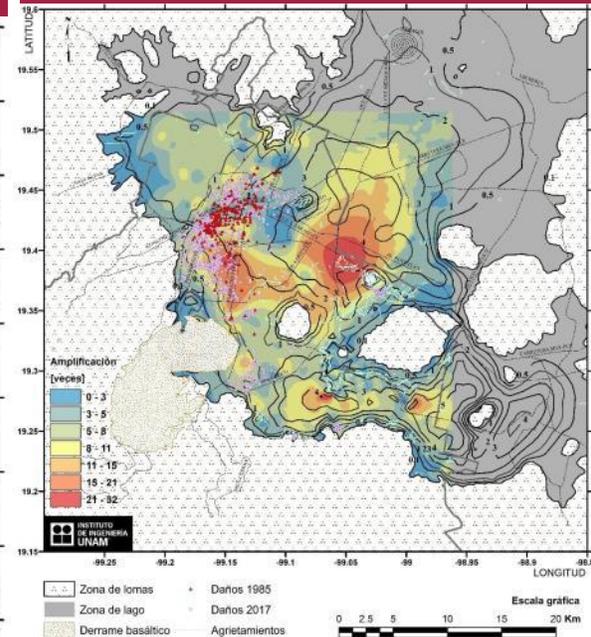


Zona entre las alcaldías Coyoacán y Álvaro Obregón.

Mapa de isoespesores

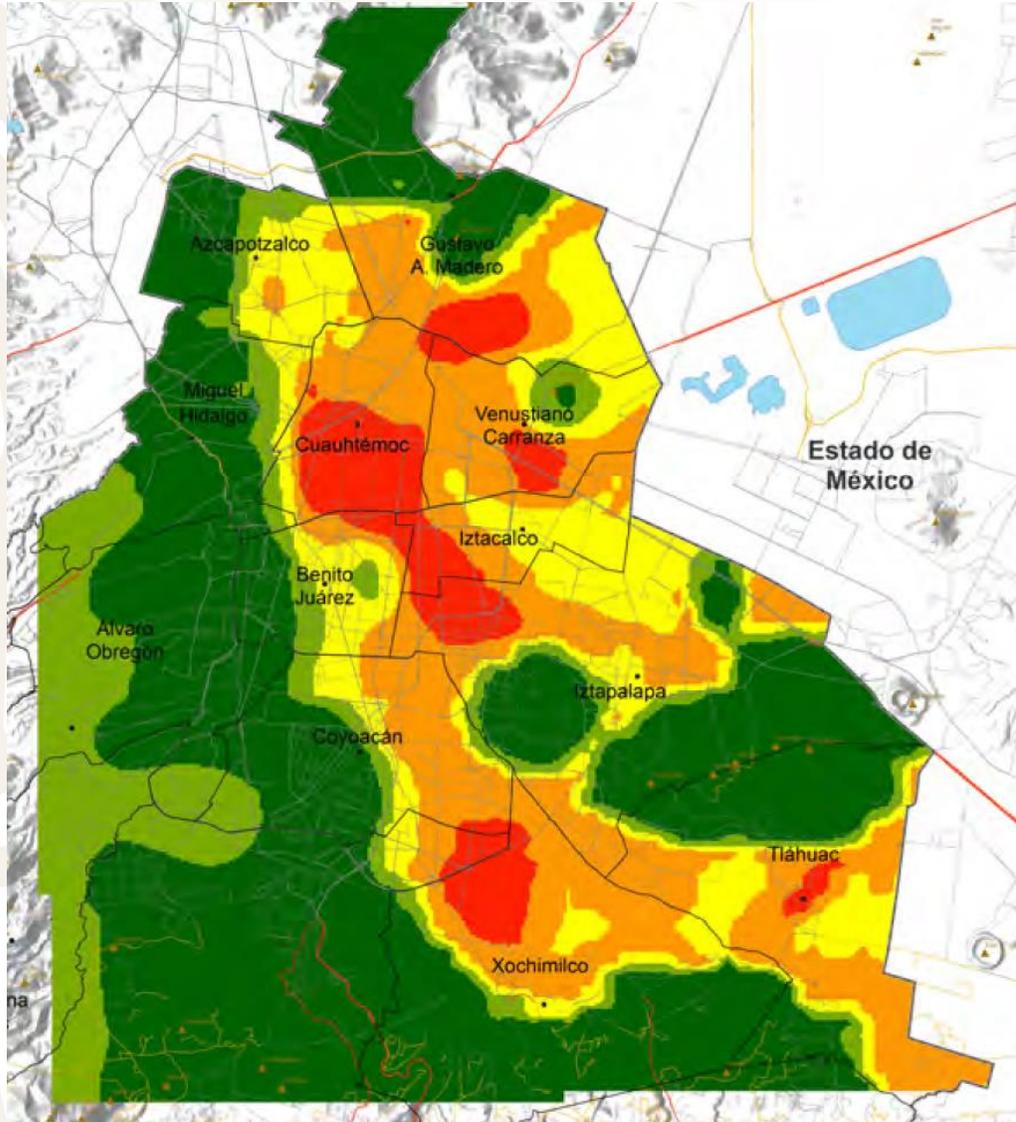


Amplificación relativa

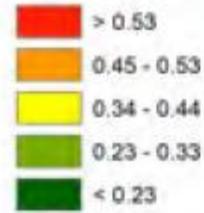


PELIGRO SÍSMICO EN EL VALLE DE MÉXICO

ACELERACIÓN PICO MÁXIMA DEL SUELO (PGA)



PELIGRO SÍSMICO POR ACELERACIÓN MÁXIMA DEL SUELO (g) PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 475 AÑOS

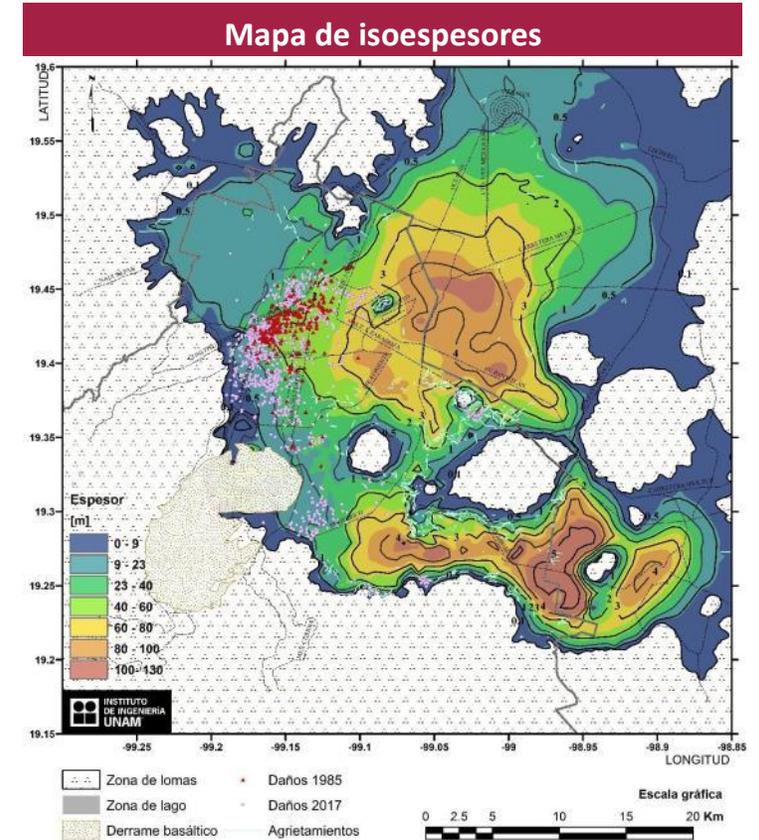


The Risk Atlas of Mexico City, Mexico: a tool for decision-making and disaster prevention.

<https://link.springer.com/article/10.1007/s11069-021-05059-z>

IMM	PGA (g)
IV	0.01-0.04
V	0.04-0.09
VI	0.09-0.18
VII	0.18-0.34
VIII	0.34-0.65
IX	0.65-1.24
X	>1.24

g: aceleración de la gravedad;
1 g = 9.8 m/s/s = 980 cm/s/s





¡GRACIAS!



SEGURIDAD

SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CENAPRED

CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN
DE DESASTRES