



SEISMIC HAZARDS IN MEXICO

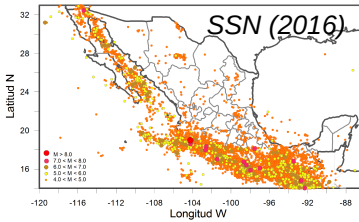
PELIGRO SÍSMICO EN MÉXICO

Xyoli Pérez Campos
Servicio Sismológico Nacional
Instituto de Geofísica, UNAM
Unión Geofísica Mexicana



Unión Geofísica Mexicana, A.C.

Riesgo sísmico



megaconstrucciones.net



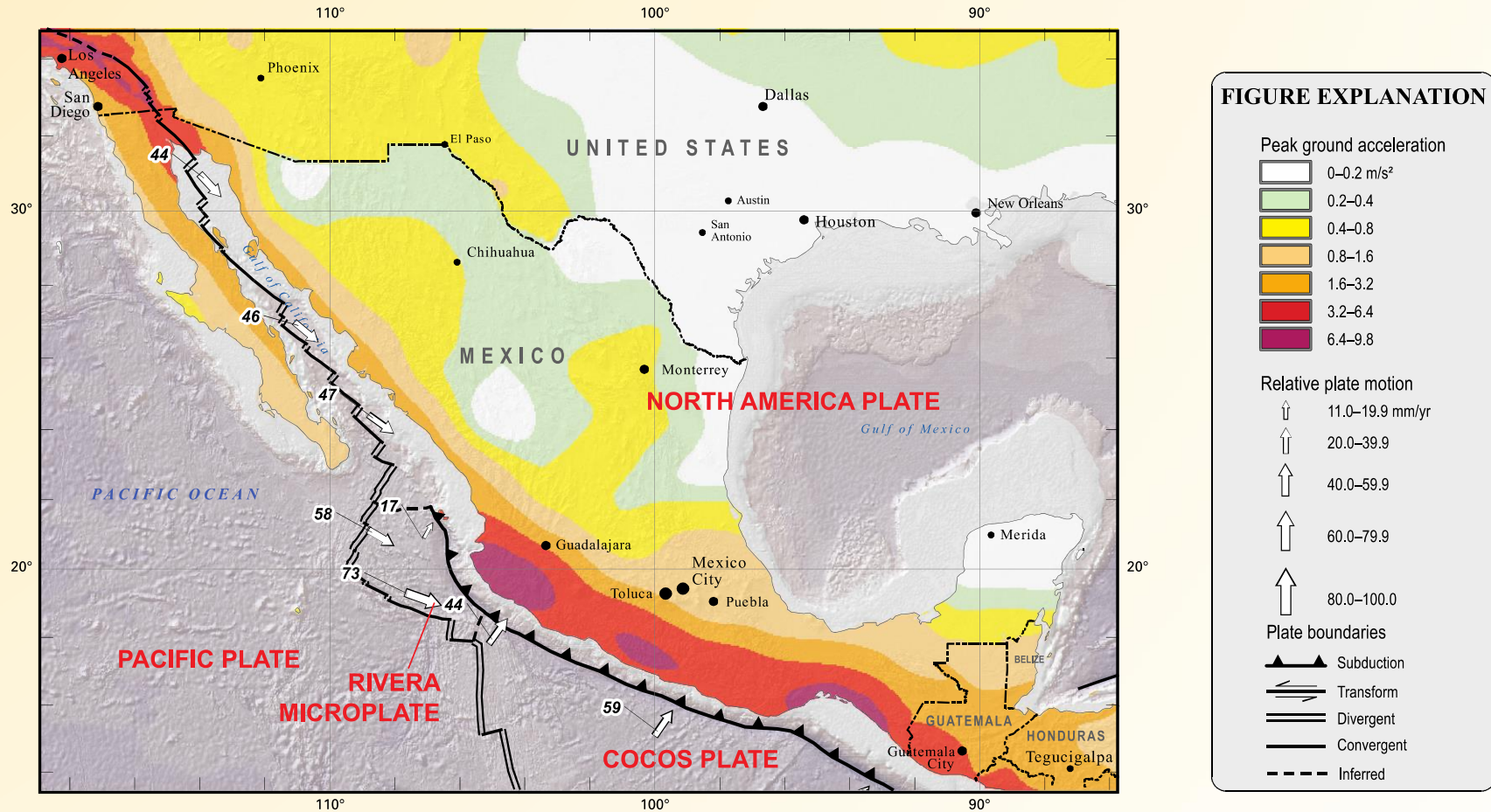
Peligro sísmico

Probabilidad de que en cierta región en un intervalo de tiempo

- Ocurra un sismo
- Produzca ciertos niveles de aceleración del suelo.

Seismic Hazard and Relative Plate Motion

USGS (2011)



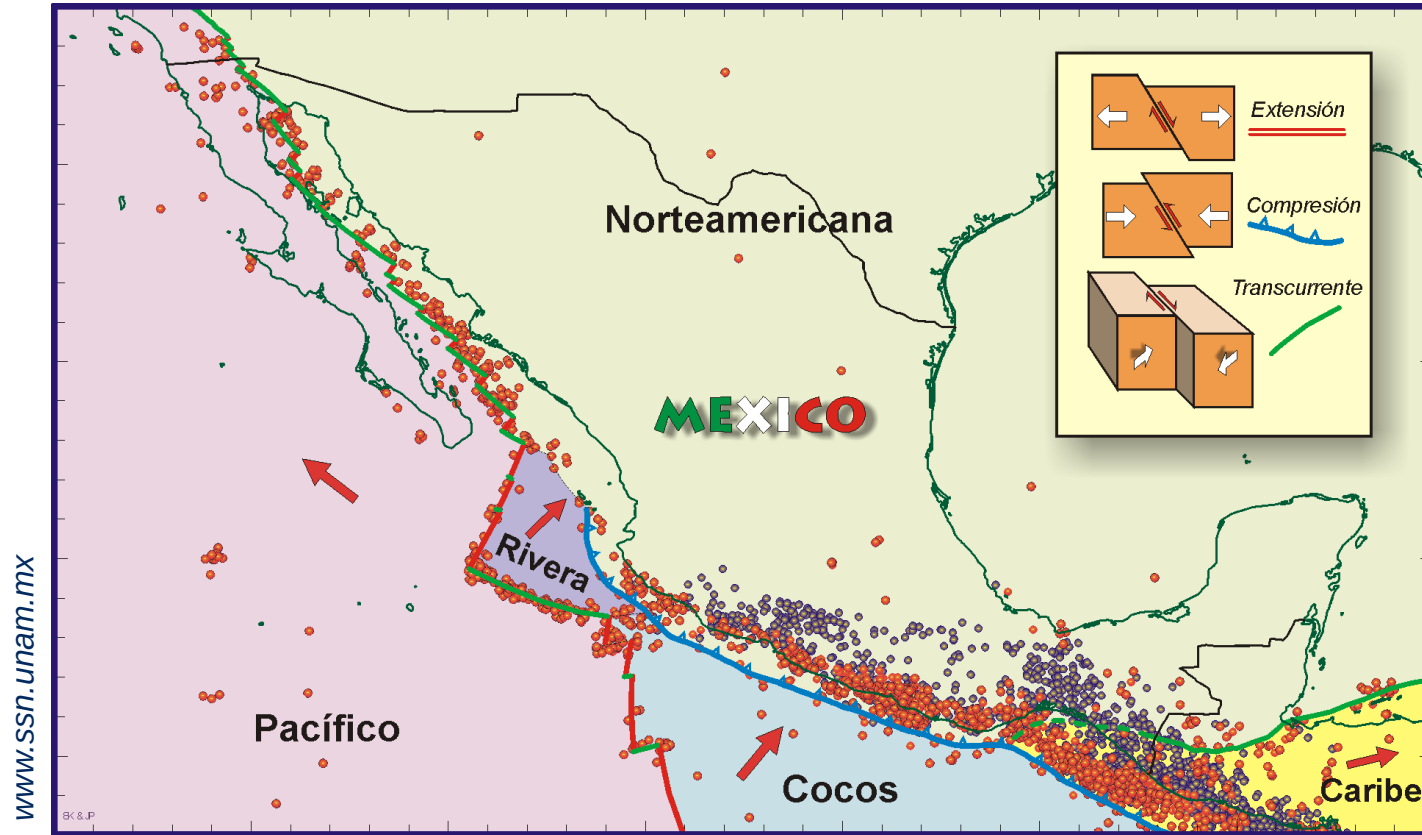
Peligro sísmico

Evaluación:

- Conocer todas las fuentes posibles
- Conocer la trayectoria por la que viajan las ondas, incluyendo la estructura más somera
- Determinar los posibles niveles de aceleración

Placas tectónicas y sismicidad

Entre 1900 y 2016 se han generado 192 sismos con $M > 6.5$.



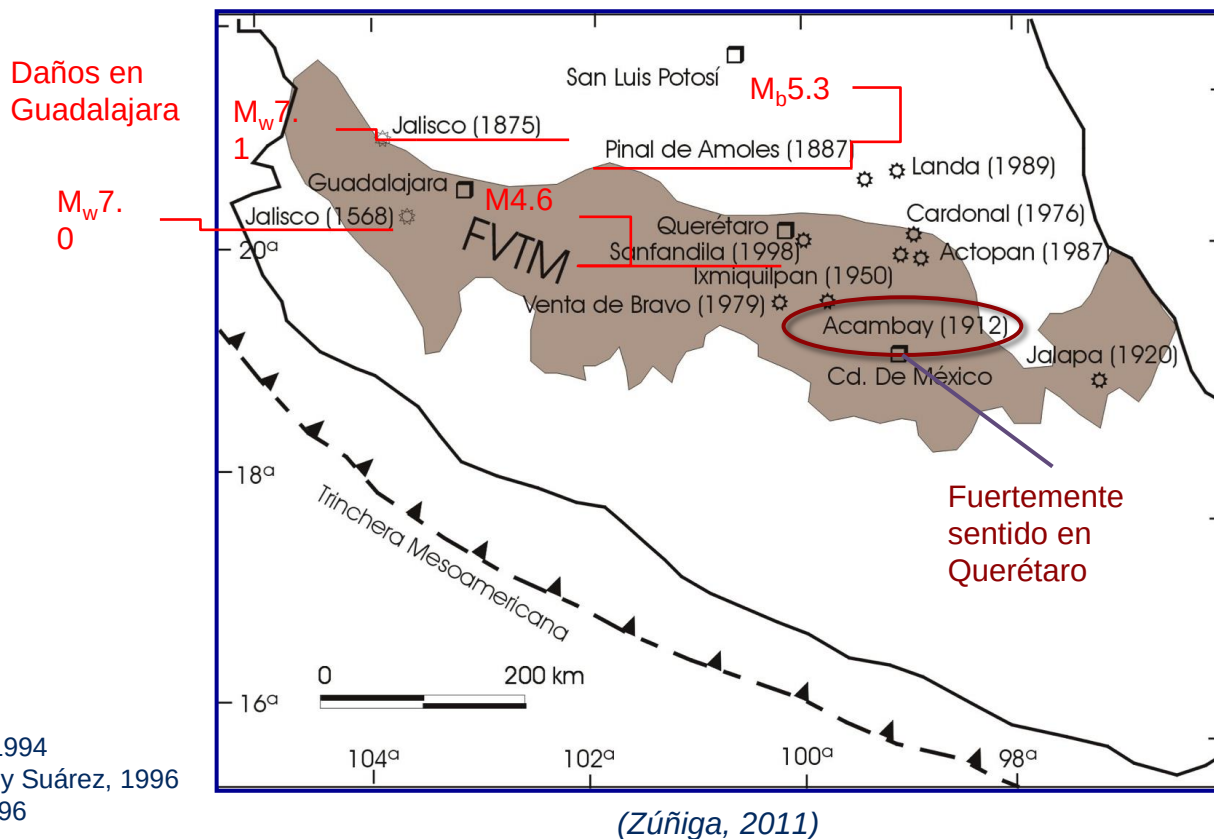
PRE-INSTRUMENTAL SEISMICITY 1500–1899

Events causing deaths

USGS (2011)



Otros sismos históricos



Referencias:

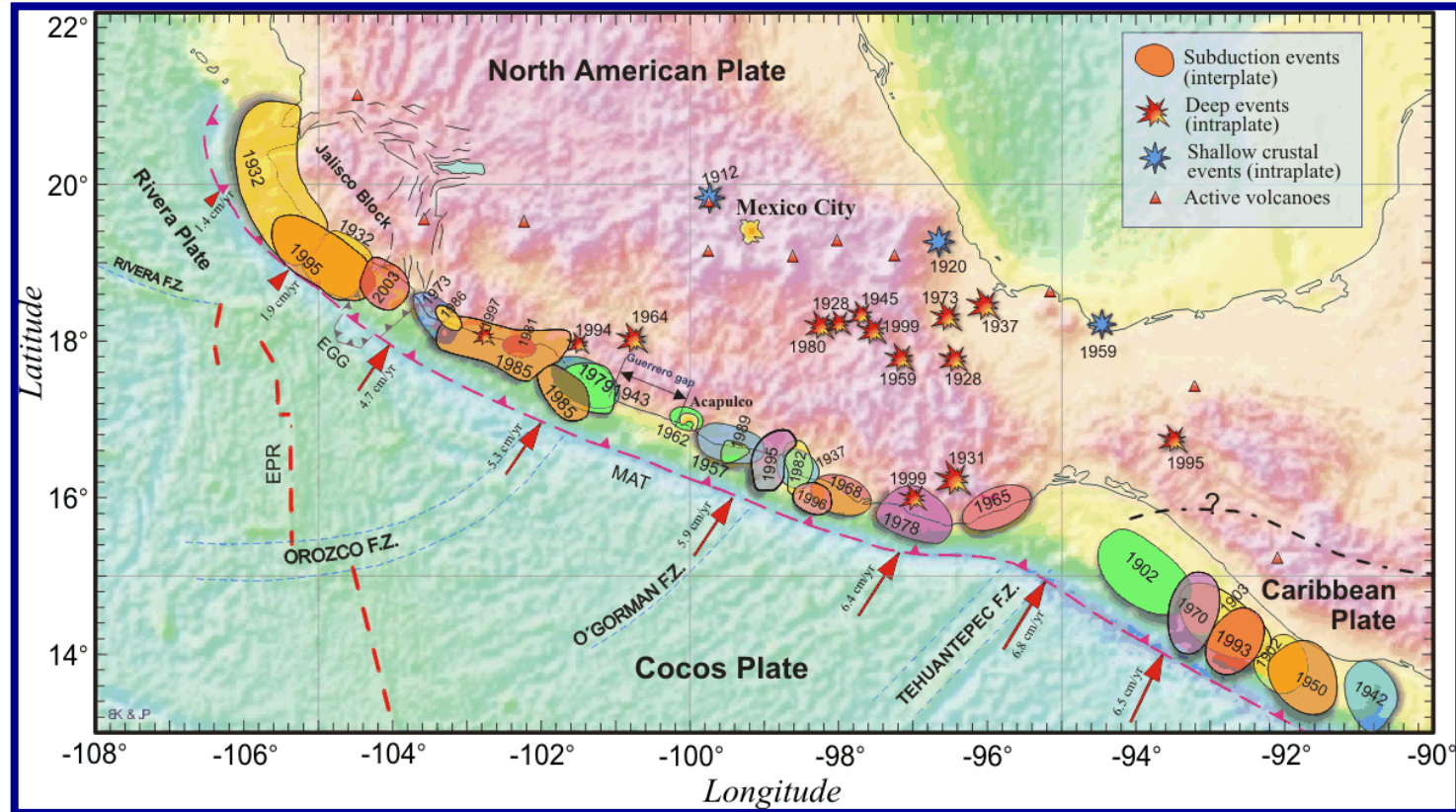
Suárez et al., 1994

García Acosta y Suárez, 1996

Suter et al., 1996

Sismos más importantes del siglo XX

(Kostoglodov & Pacheco, 1999)



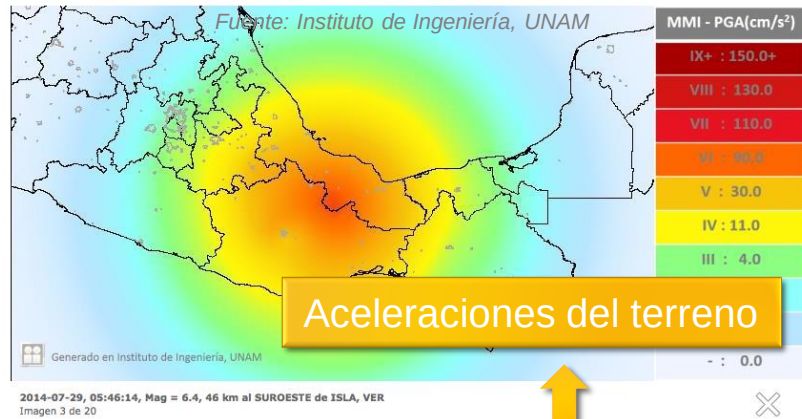
INTENSIDAD

Es una medida de los efectos causados por un sismo en un lugar determinado de la superficie terrestre. En ese lugar, un sismo pequeño pero muy cercano puede causar alarma y grandes daños, en cuyo caso decimos que su intensidad es grande; en cambio un sismo muy grande pero muy lejano puede apenas ser sentido ahí y su intensidad, *en ese lugar*, será pequeña.

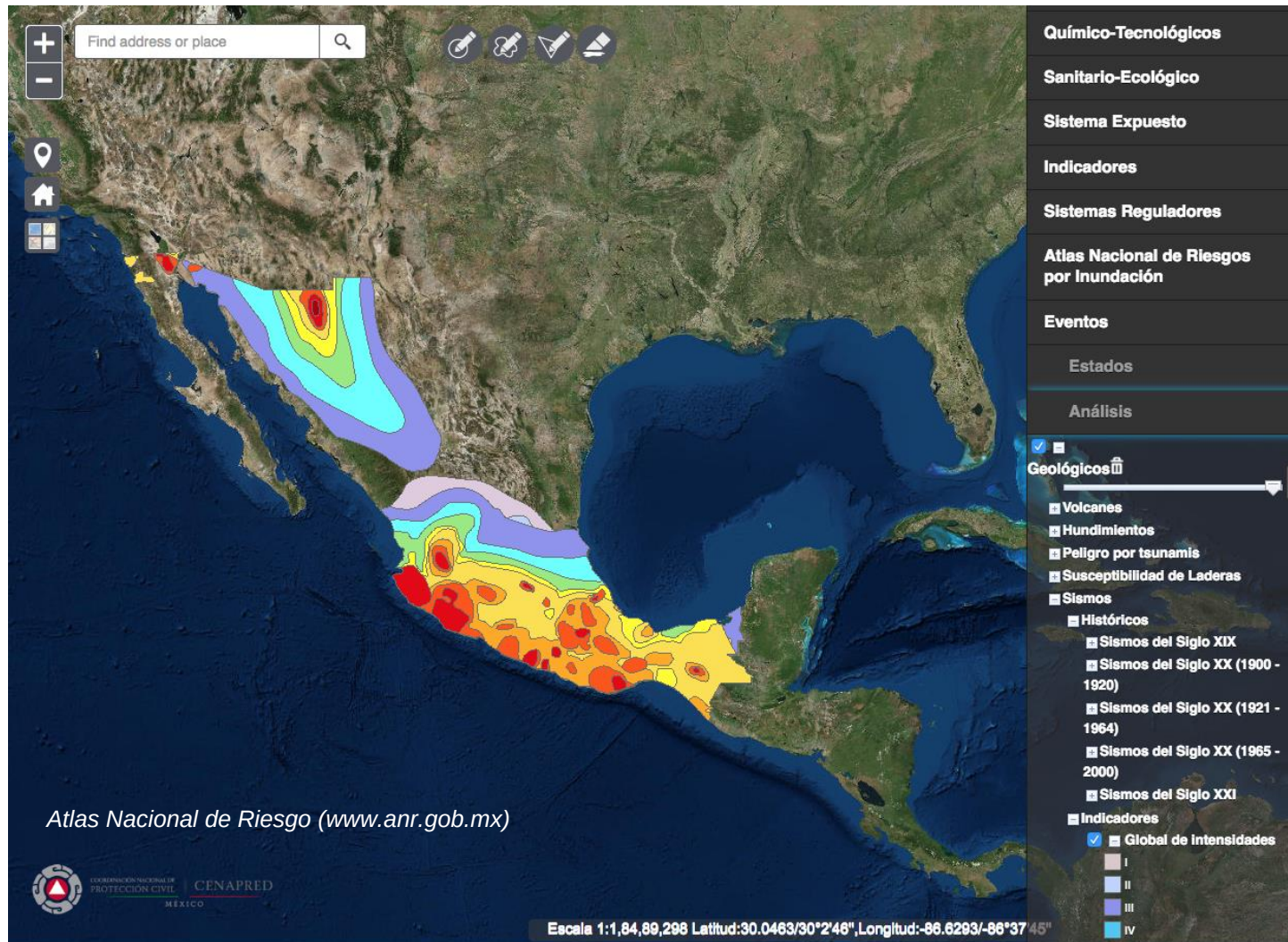
Escala modificada de Mercalli

Grado	Descripción 3 4
I. Muy débil	Imperceptible para la mayoría excepto en condiciones favorables. Aceleración menor a 0,5 Gal. ^{3 4}
II. Débil	Perceptible sólo por algunas personas en reposo, particularmente aquellas que se encuentran ubicadas en los pisos superiores de los edificios. Los objetos colgantes suelen oscilar. Aceleración entre 0,5 y 2,5 Gal. ^{3 4}
III. Leve	Perceptible por algunas personas dentro de los edificios, especialmente en pisos altos. Muchos no lo perciben como un terremoto. Los automóviles detenidos se mueven ligeramente. Sensación semejante al paso de un camión pequeño. Aceleración entre 2,5 y 6,0 Gal. ^{3 4}
IV. Moderado	Perceptible por la mayoría de personas dentro de los edificios, por pocas personas en el exterior durante el día. Durante la noche algunas personas pueden despertarse. Perturbación en cerámica, puertas y ventanas. Las paredes suelen hacer ruido. Los automóviles detenidos se mueven con más energía. Sensación semejante al paso de un camión grande. Aceleración entre 6,0 y 10 Gal. ^{3 4}
V. Poco Fuerte	Sacudida sentida casi por todo el país o zona y algunas piezas de vajilla o cristales de ventanas se rompen; pocos casos de agrietamiento de aplanados; caen objetos inestables. Se observan perturbaciones en los árboles, postes y otros objetos altos. Se detienen los relojes de péndulo. Aceleración entre 10 y 20 Gal. ^{3 4}
VI. Fuerte	Sacudida sentida por todo el país o zona. Algunos muebles pesados cambian de sitio y provoca daños leves, en especial en viviendas de material ligero. Aceleración entre 20 y 35 Gal. ^{3 4}
VII. Muy fuerte	Ponerse de pie es difícil. Muebles dañados. Daños insignificantes en estructuras de buen diseño y construcción. Daños leves a moderados en estructuras ordinarias bien construidas. Daños considerables en estructuras pobremente construidas. Mampostería dañada. Perceptible por personas en vehículos en movimiento. Aceleración entre 35 y 60 Gal. ^{3 4}
VIII. Destructivo	Daños leves en estructuras especializadas. Daños considerables en estructuras ordinarias bien construidas, posibles derrumbes. Daño severo en estructuras pobremente construidas. Mampostería seriamente dañada o destruida. Muebles completamente sacados de lugar. Aceleración entre 60 y 100 Gal. ^{3 4}
IX. Ruinoso	Pánico generalizado. Daños considerables en estructuras especializadas, paredes fuera de plomo. Grandes daños en importantes edificios, con derrumbes parciales. Edificios desplazados fuera de las bases. Aceleración entre 100 y 250 Gal. ^{3 4}
X. Desastroso	Algunas estructuras de madera bien construidas quedan destruidas. La mayoría de las estructuras de mampostería y el marco destruido con sus bases. Vías ferroviarias dobladas. Aceleración entre 250 y 500 Gal. ^{3 4}
XI. Muy desastroso	Pocas estructuras de mampostería, si las hubiera, permanecen en pie. Puentes destruidos. Vías ferroviarias curvadas en gran medida. Aceleración mayor a 500 Gal. ^{3 4}
XII. Catastrófico	Destrucción total con pocos supervivientes. Los objetos saltan al aire. Los niveles y perspectivas quedan distorsionados. Imposibilidad de mantenerse en pie.

Mapas de intensidades

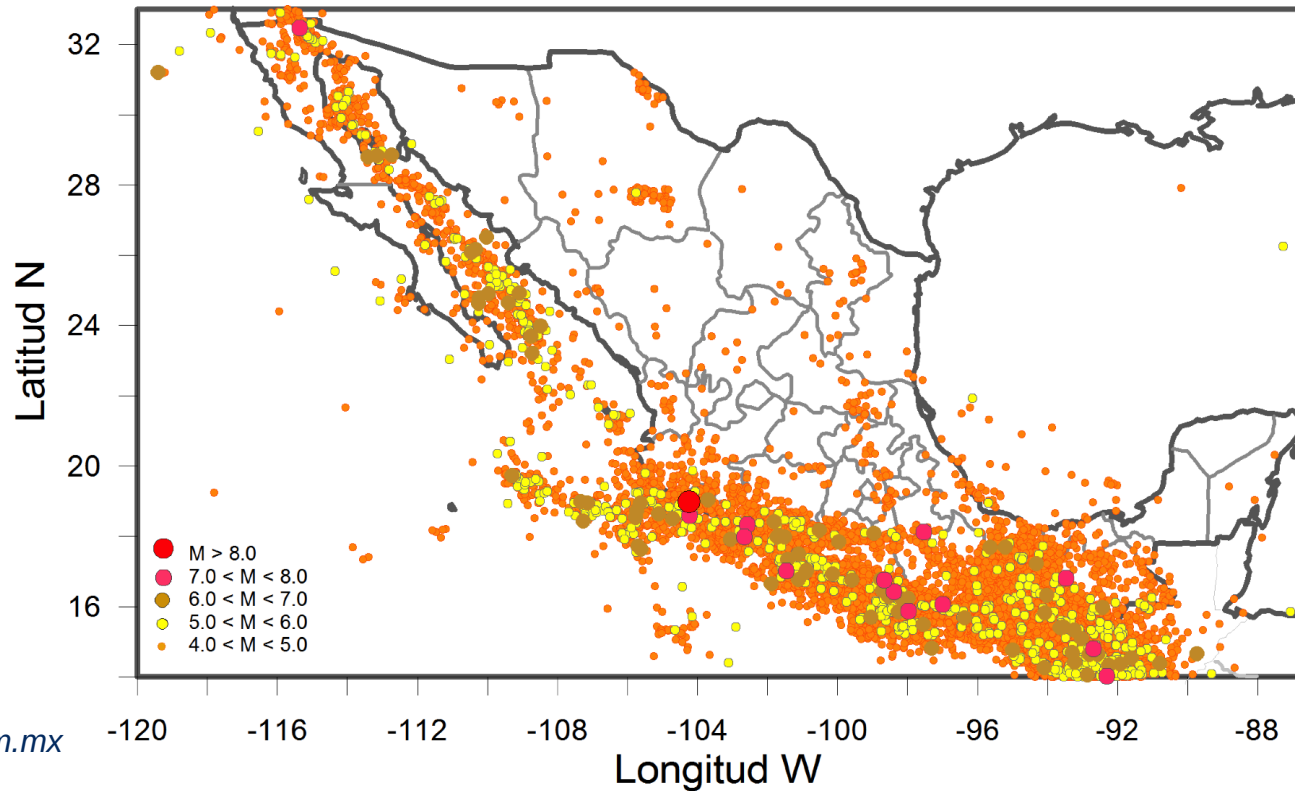


Edificio Nuevo León, en Tlatelolco, Ciudad de México, 19 de septiembre de 1985. (Foto: Aarón Sánchez, Unomásuno)



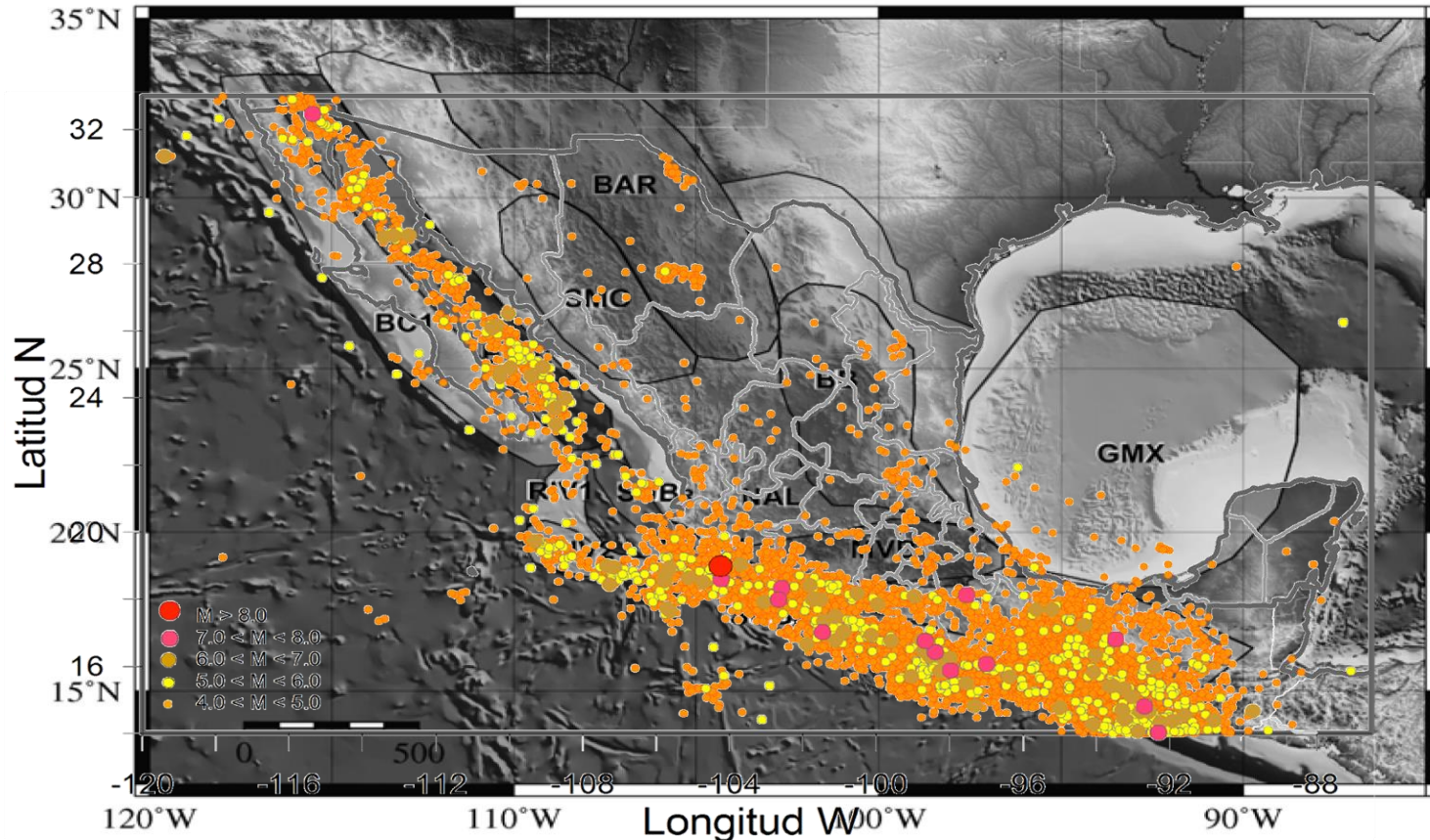
Sismicidad

$M \geq 4.0$ desde 1974



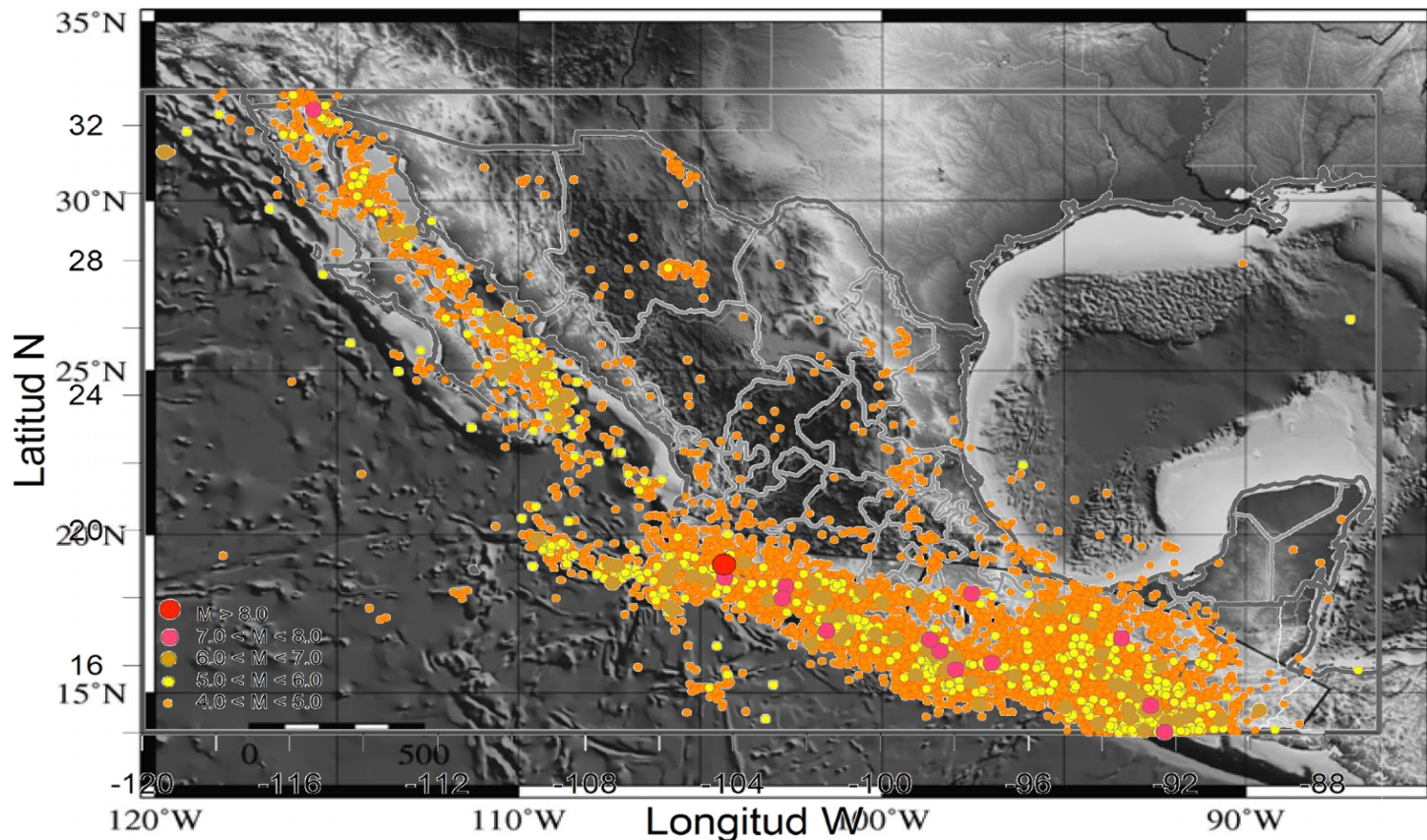
Zonas sismotectónicas – sismicidad profundidad somera

Zúñiga et al. (1997)



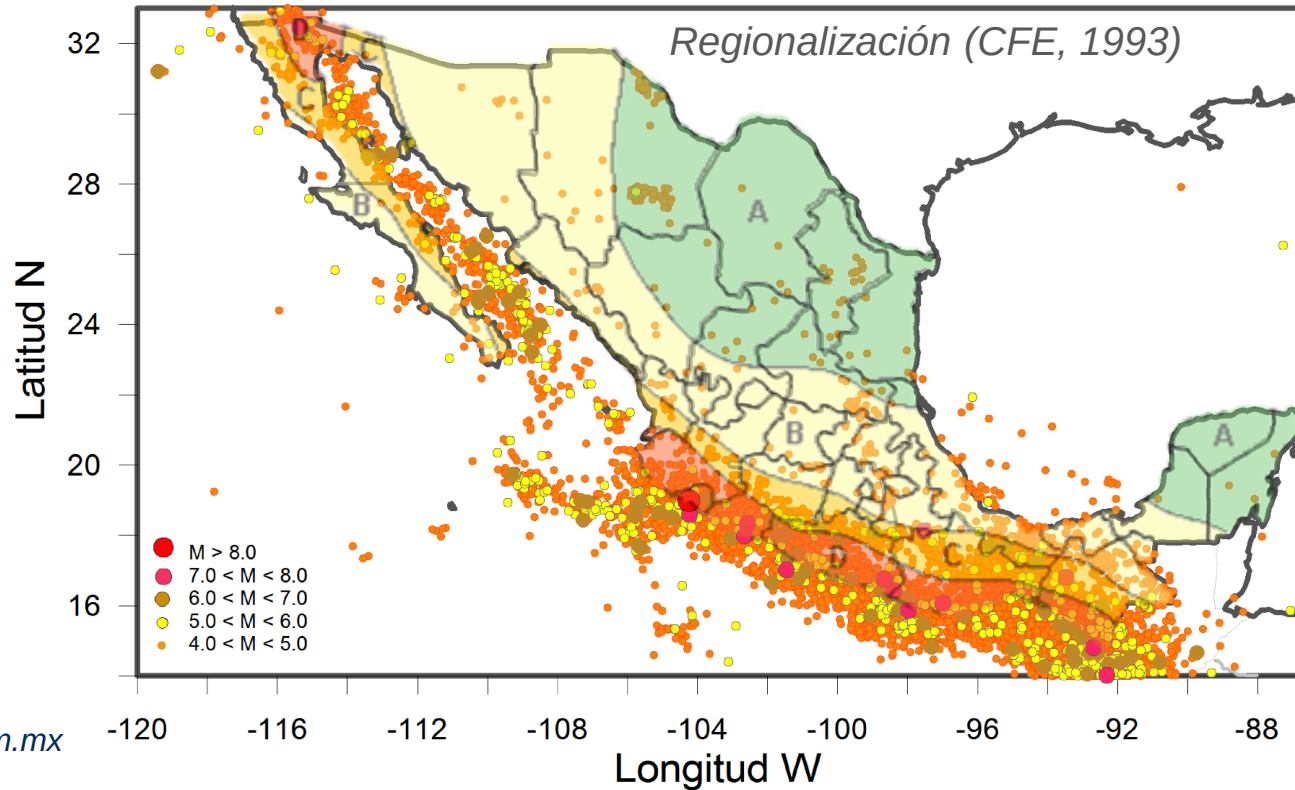
Zonas sismotectónicas – sismicidad profundidad intermedia

Zúñiga et al. (1997)

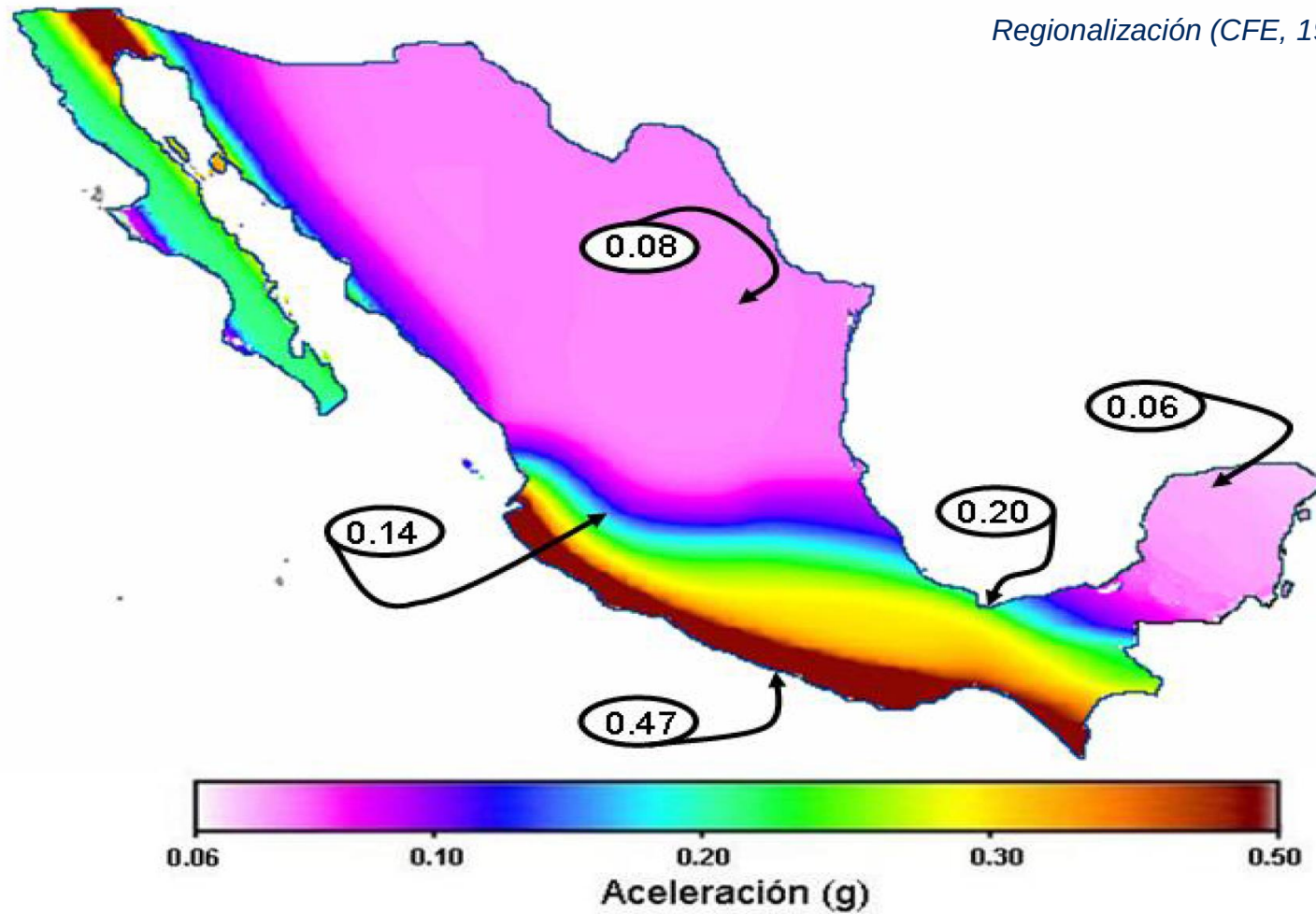


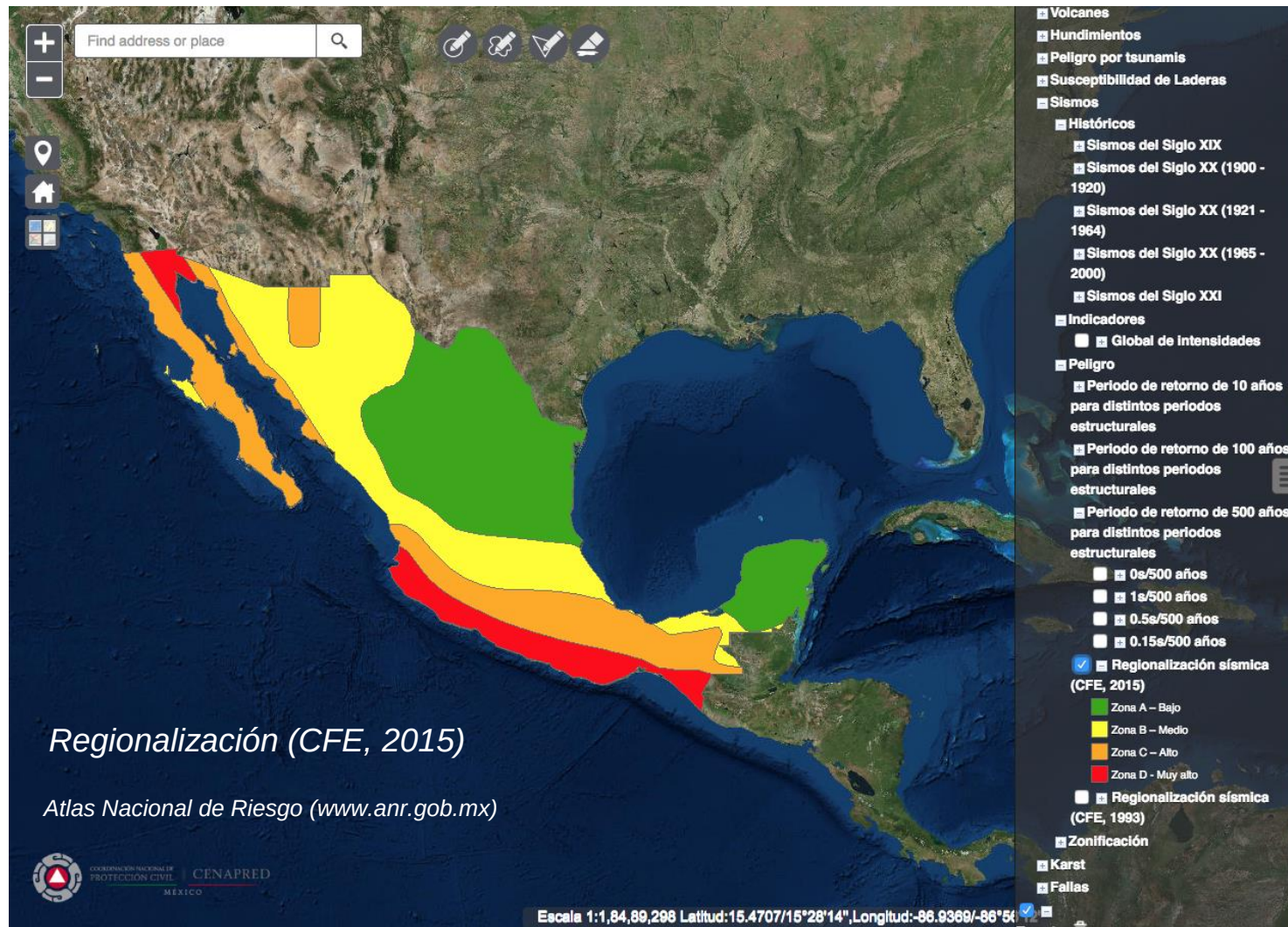
Sismicidad

$M \geq 4.0$ desde 1974



Regionalización (CFE, 1993)





Escenarios sísmicos

Identificar las fuentes

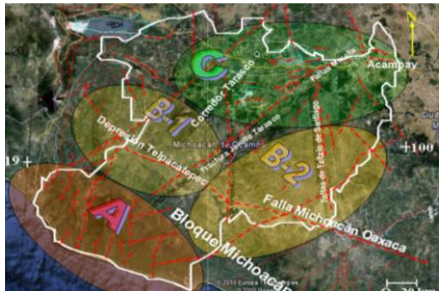


Figura VII.8. Zonas sísmicas dentro del estado de Michoacán comprendidas por A, B-1, B-2 y C. (citada de Google-earth).

Plantear el escenario:

- Sismo M7.1
- Zona A

Escenario para Maravatío, Mich.
Vázquez Rosas (2013)

Determinación de
valores de aceleración
máxima

Tabla VII.1. Muestra los valores de las señales sintéticas calculadas para los 5 sitios de estudio.

Aceleraciones Máximas estimadas para los dos Escenarios (6-6) y (1-1).				
Sitio	NS 6-6	EW 6-6	NS 1-1	EW 1-1
Tr	1.25	1.11	0.9	0.8
T1	1.36	1.17	1.09	1.07
T2	1.32	1.19	1.02	1.09
T3	1.32	1.34	1.35	1.33
T4	1.3	1.21	0.91	0.86
T5	2.19	2.08	1.65	1.36

Propagar las ondas
sísmicas por la
estructura
"conocida"

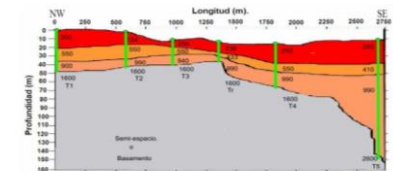


Figura VII.8. Muestra la sección de velocidades S (NW-SE), obtenida con los 5 arreglos instrumentales y el sitio de referencia (T1) realizados en Maravatío.

Generación de
sismogramas
sintéticos

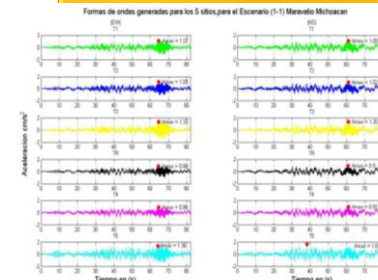
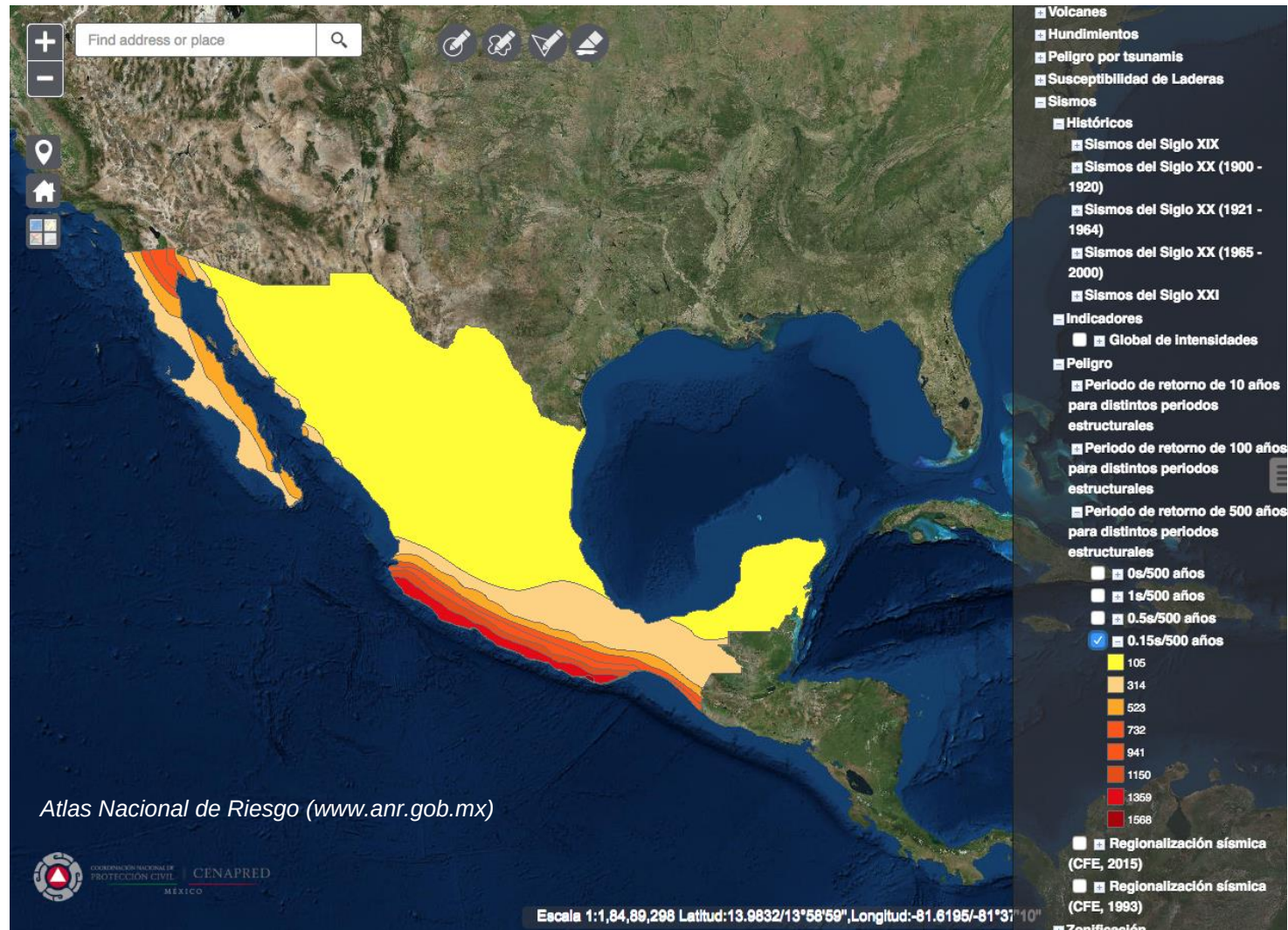
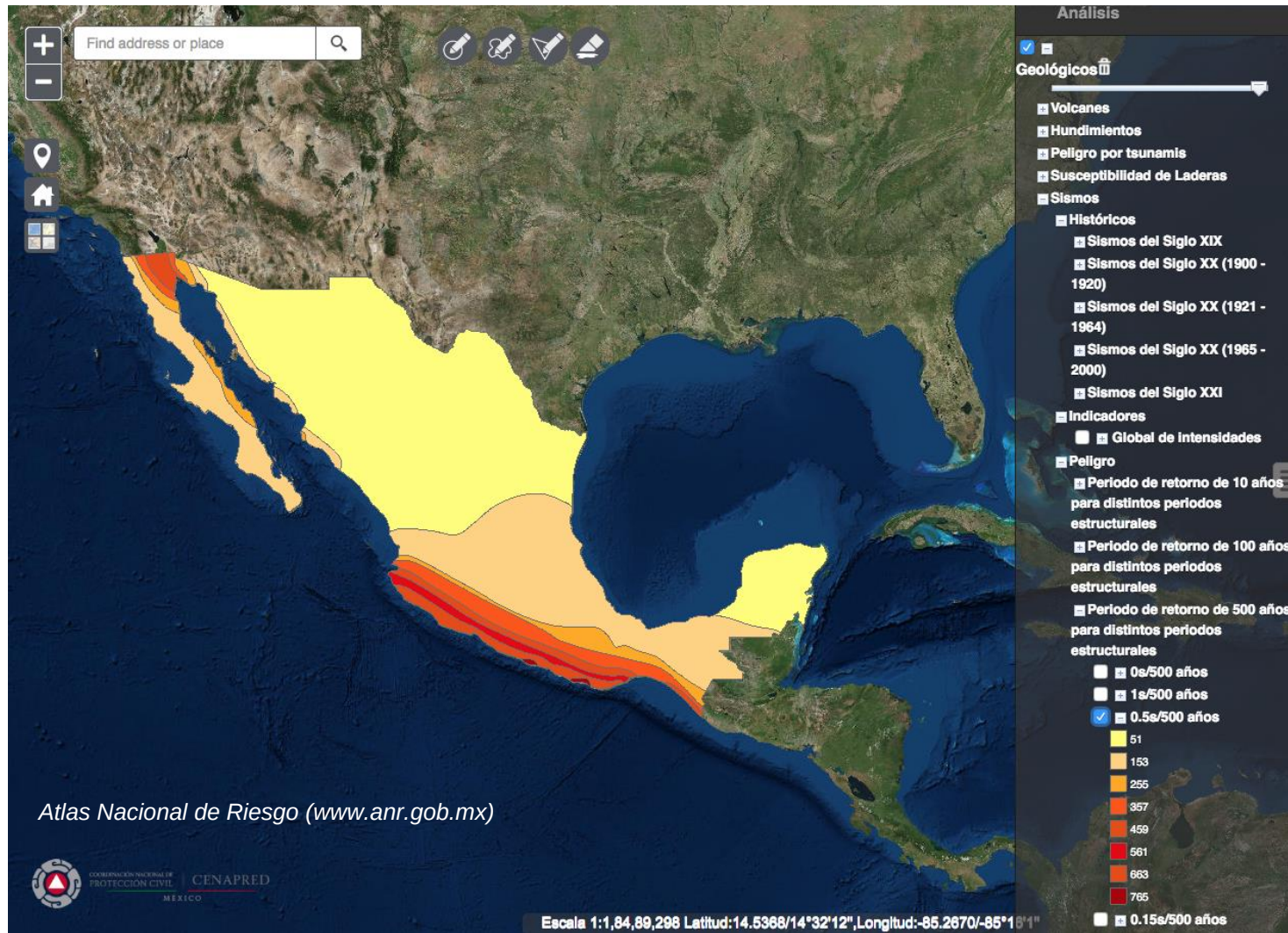
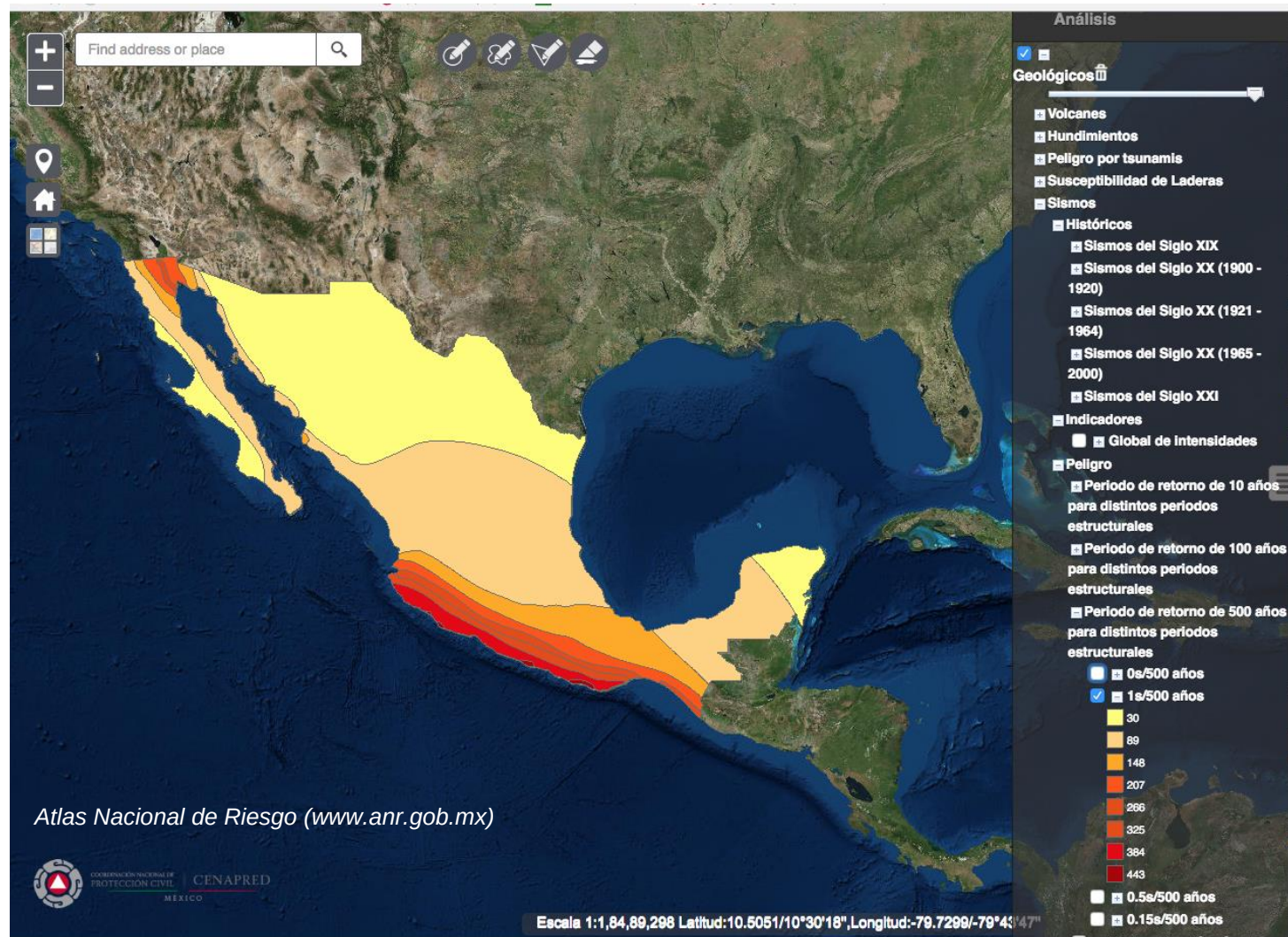
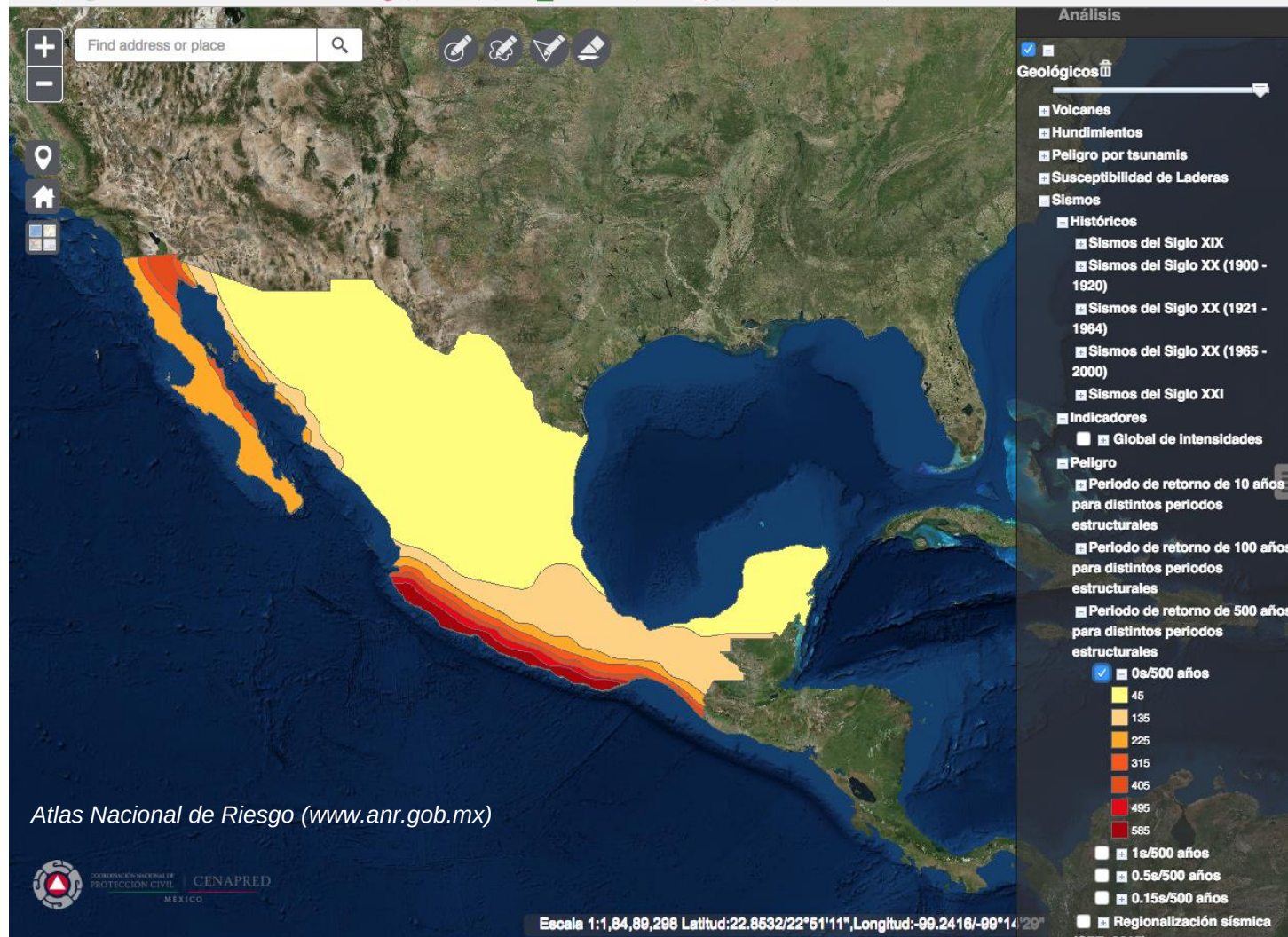


Figura VII.16. Muestra las formas de onda sintéticas propagadas por la estructura superficial desde el hypocentro hipotético hasta la superficie de cada sitio. Se muestran los componentes EW (horizontal) y NS (vertical). El punto rojo indica la aceleración máxima observada en cada traza de los 5 sitios de estudio para el escenario 1-1.

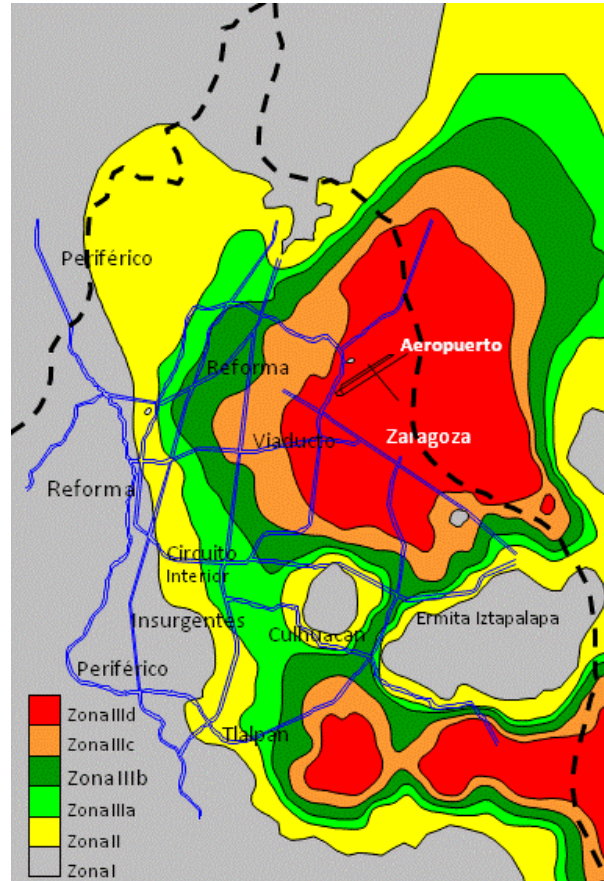






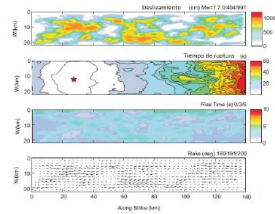


Zonificación del Valle de México

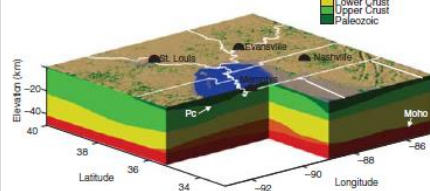


Entradas

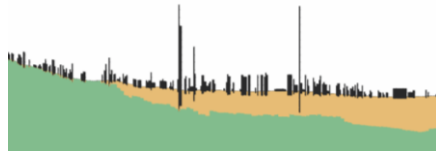
Fuente



Modelo de Velocidades



Modelo de Ciudad



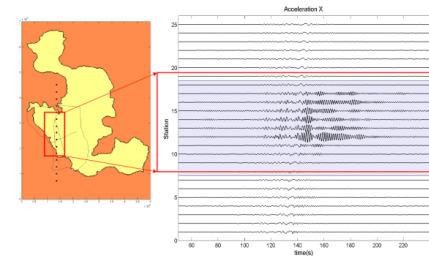
Solución numérica

Hercules (Tu et al, 2006)
(Clústers MIZTLI y TONATIUH
DGTIC & IE UNAM)

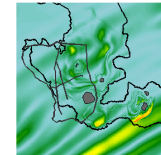


Cortesía L. Ramírez

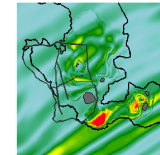
Salidas



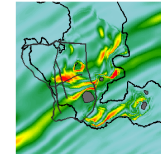
t=126.4 s



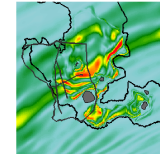
t=128.8 s



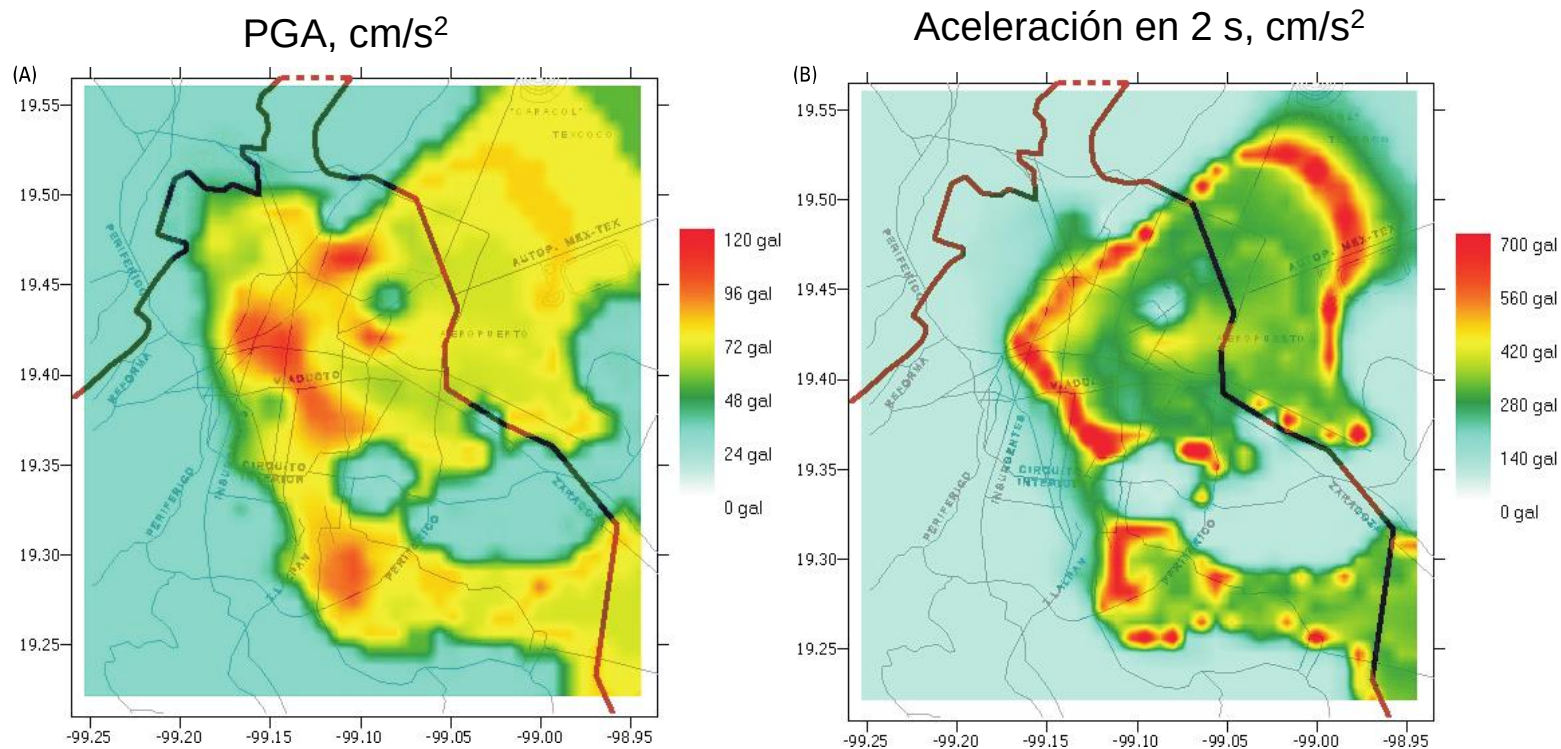
t=135.9 s



t=138.3 s



Distribución de aceleraciones estimadas para el sismo del 19 de septiembre de 1985



Singh et al. (2007)

Peligro sísmico

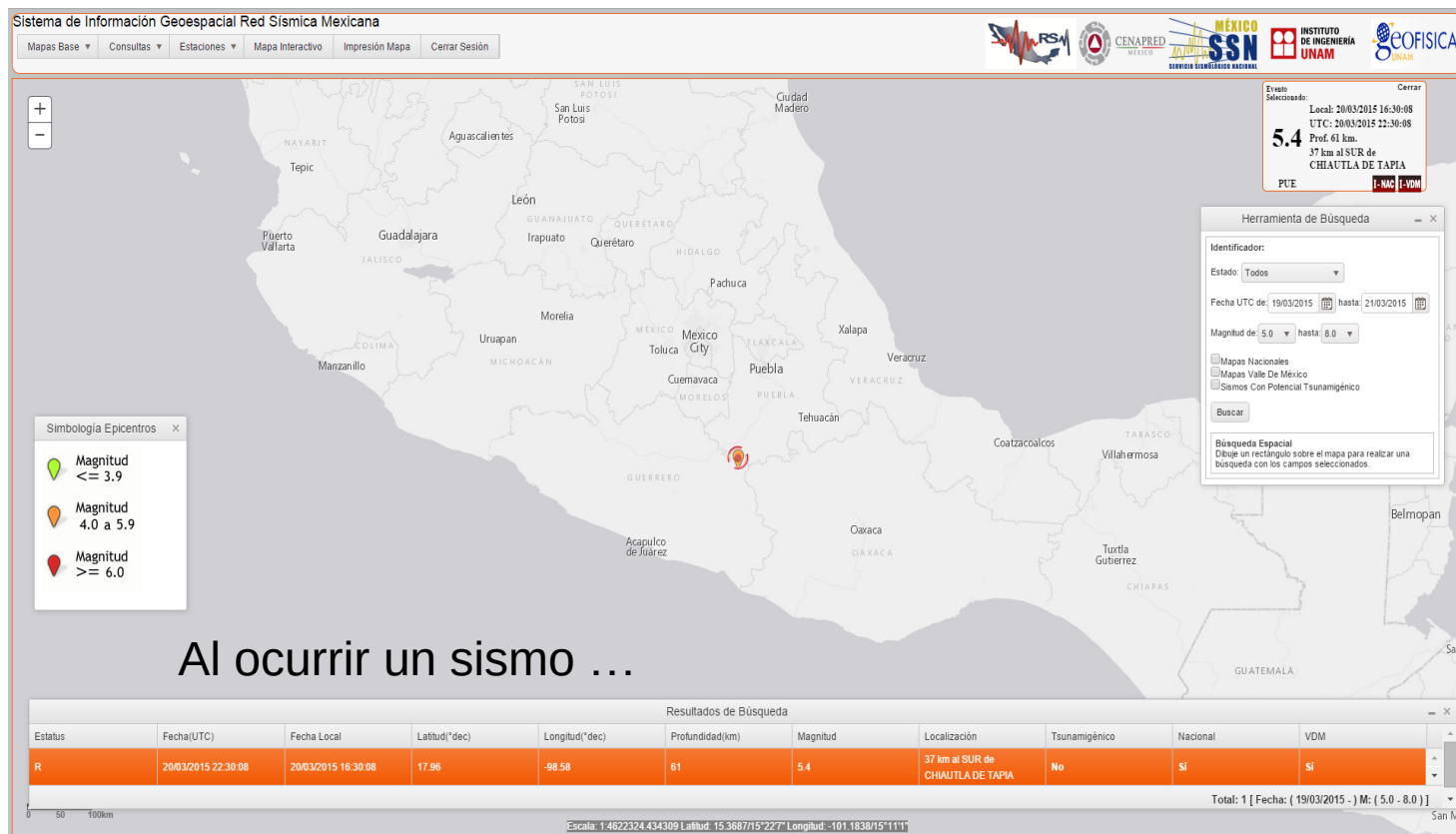
Necesario conocer:

- Fuentes sísmicas que afectan el sitio de interés
- Estructura sísmica del trayecto que seguirán las ondas sísmicas desde la fuente hasta el sitio.
- Efectos de sitio locales.

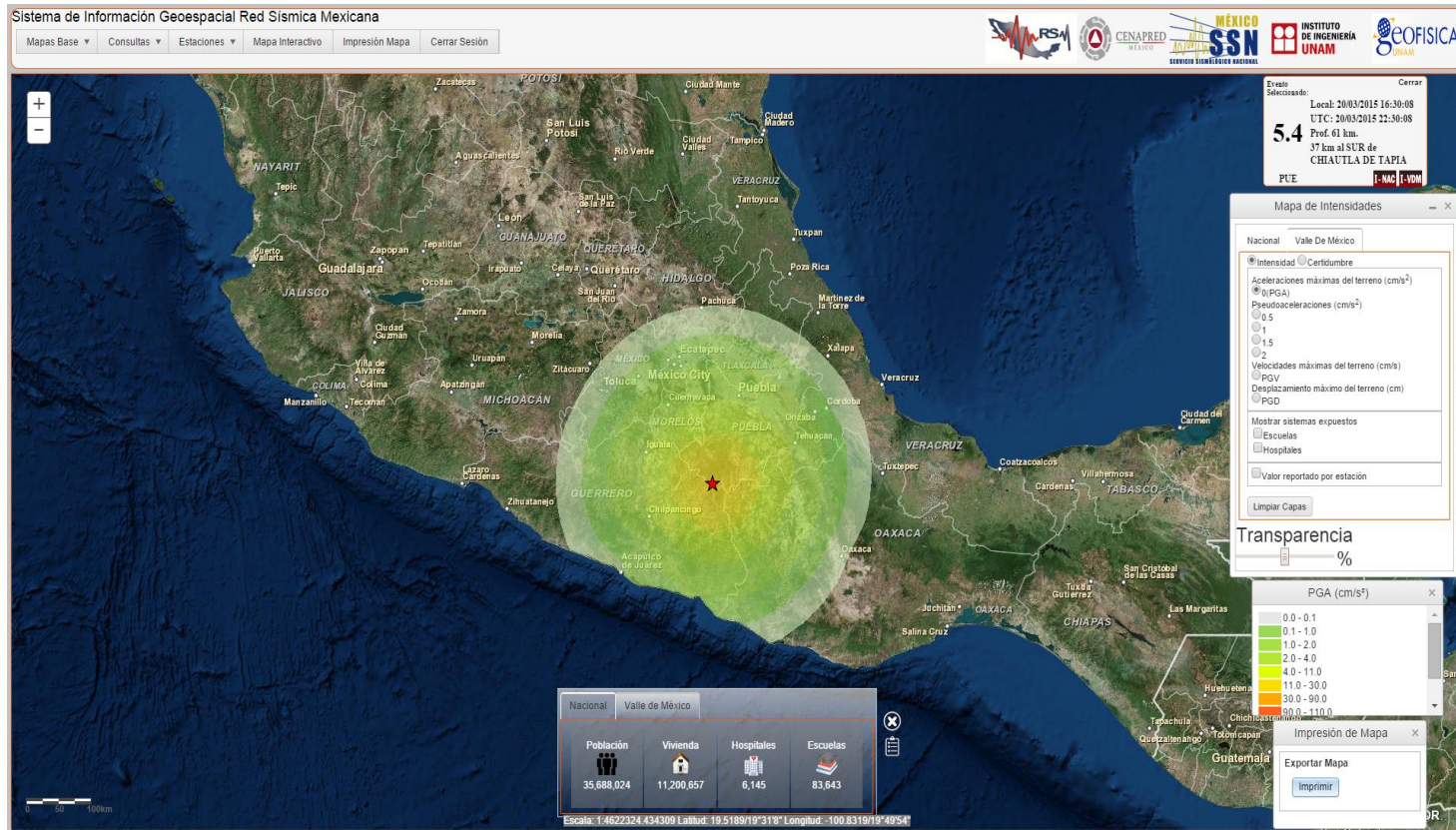
Generación de múltiples escenarios

- Estimar la probabilidad de ocurrencia de cierto nivel de aceleración del terreno en un período de tiempo.

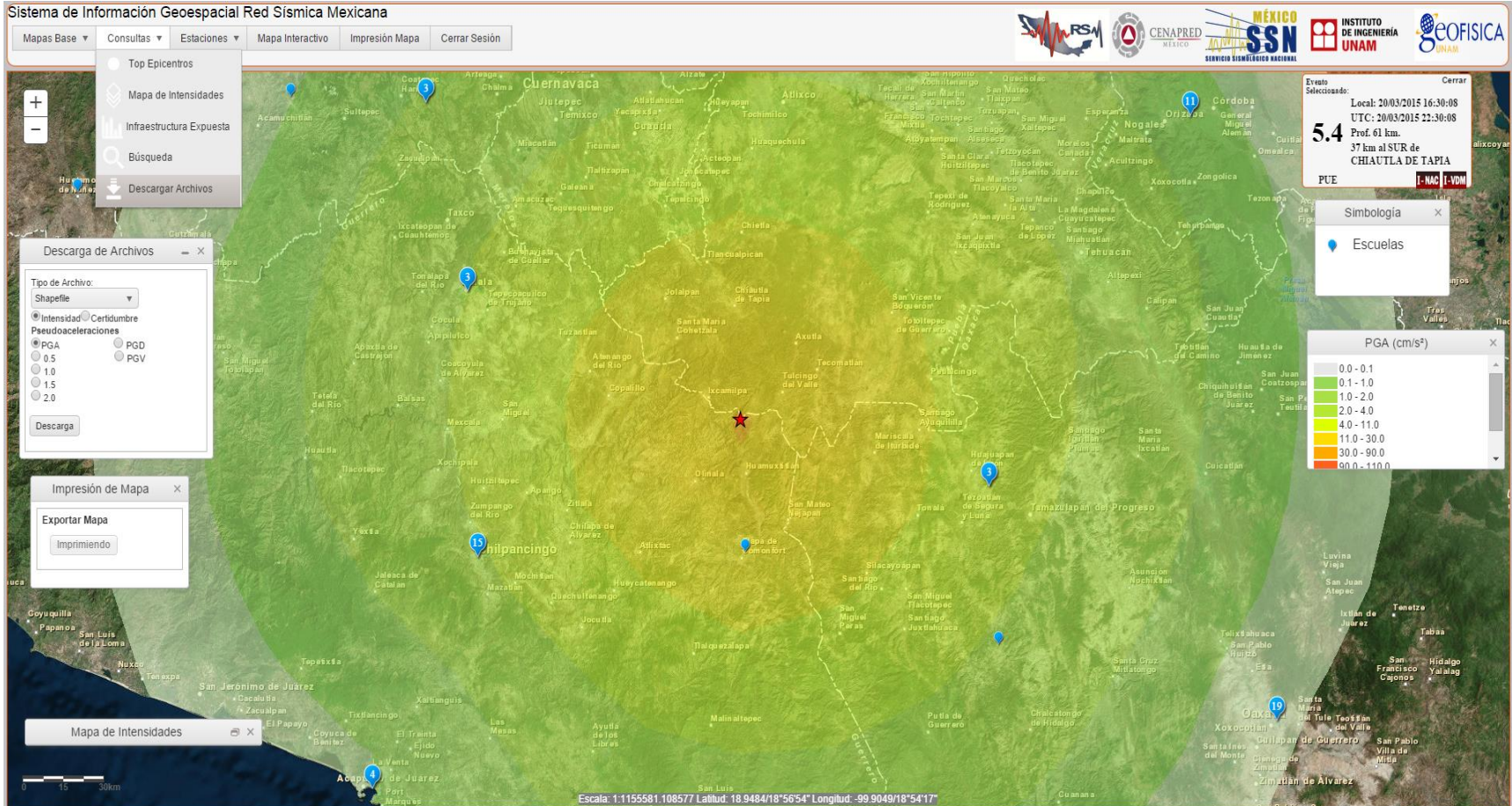
Aplicación Red Sísmica Mexicana



Aplicación Red Sísmica Mexicana



Aplicación Red Sísmica Mexicana



Aplicación Red Sísmica Mexicana



Riesgo sísmico



GRACIAS



www.ssn.unam.mx



Información automática:

@SismologicoMx

/SismologicoMX

Preguntas y comentarios:

@ssn_mx



ugm^{MR}

Unión Geofísica Mexicana, A.C.

www.ugm.org.mx

@UGeofisicaMex

/union.g.mexicana

Sismicidad reportada en 2015

11,410 sismos
hasta el 5 de
octubre de 2016

