



FONDO SECTORIAL DE DESARROLLO CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO
PARA EL FOMENTO DE LA PRODUCCIÓN Y FINANCIAMIENTO
DE VIVIENDA Y EL CRECIMIENTO DEL SECTOR HABITACIONAL

GOBIERNO
FEDERAL

MÉXICO
2010



Primer Encuentro Académico CONAVI-CONACYT



MÉXICO, D.F. 2 Y 3 DE FEBRERO 2010





FONDO SECTORIAL DE DESARROLLO CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO
PARA EL FOMENTO DE LA PRODUCCIÓN Y FINANCIAMIENTO
DE VIVIENDA Y EL CRECIMIENTO DEL SECTOR HABITACIONAL



Dr. Vyacheslav Moisseevitch Zobin Peremanova

Universidad de Colima

**Estudio de comportamiento de la vivienda en
la zona occidental de México debido al
terremoto del 21 de enero de 2003 (MW 7.4)**

CONAFOVI-2004-C01-007

Título del proyecto:

**ESTUDIO DE COMPORTAMIENTO DE LA
VIVIENDA EN LA ZONA OCCIDENTAL DE
MÉXICO DEBIDO AL TERREMOTO DEL 21 DE
ENERO DE 2003 (M_w 7.5).**

Clave del proyecto: CONAFOVI-2003-C01-007

Responsable: Dr. Vyacheslav M. Zobin

Observatorio Vulcanológico

Universidad de Colima, Colima, Col.

vzobin@ucol.mx

Objetivo general:

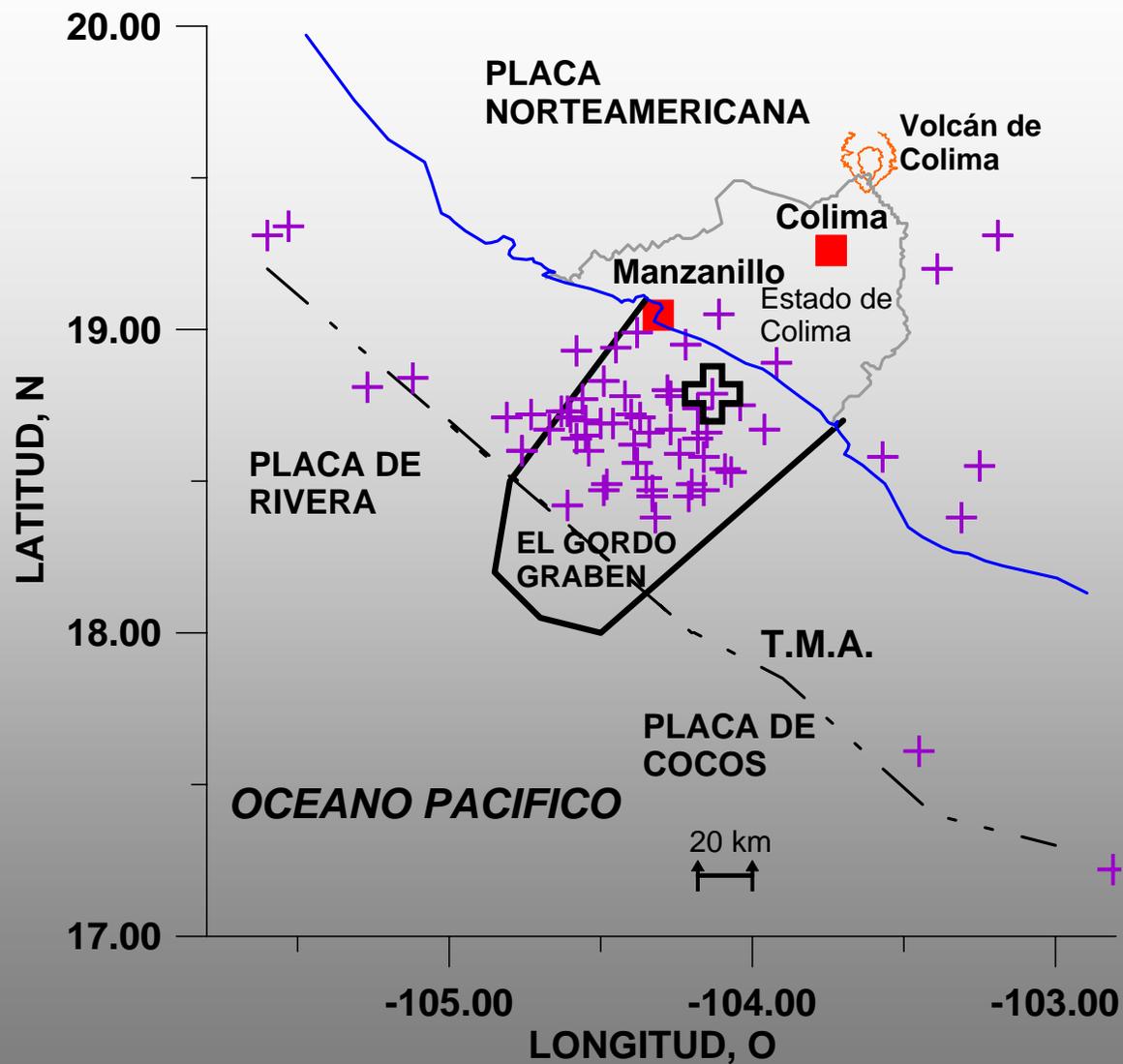
Estudiar los efectos destructivos del terremoto del 21 de enero de 2003 (Mw 7.4) sobre las diferentes viviendas construidas con mampostería en los estados de Colima, Jalisco y Michoacán para desarrollar la tecnología de investigación de las construcciones de vivienda dañadas por el terremoto.

Objetivos

Construir la matriz de daños producidos por el terremoto del 21 de enero de 2003 en la ciudad de Colima.

Construir el mapa macrosísmico del terremoto del 21 de enero de 2003 para los estados de Colima, Jalisco y Michoacán.

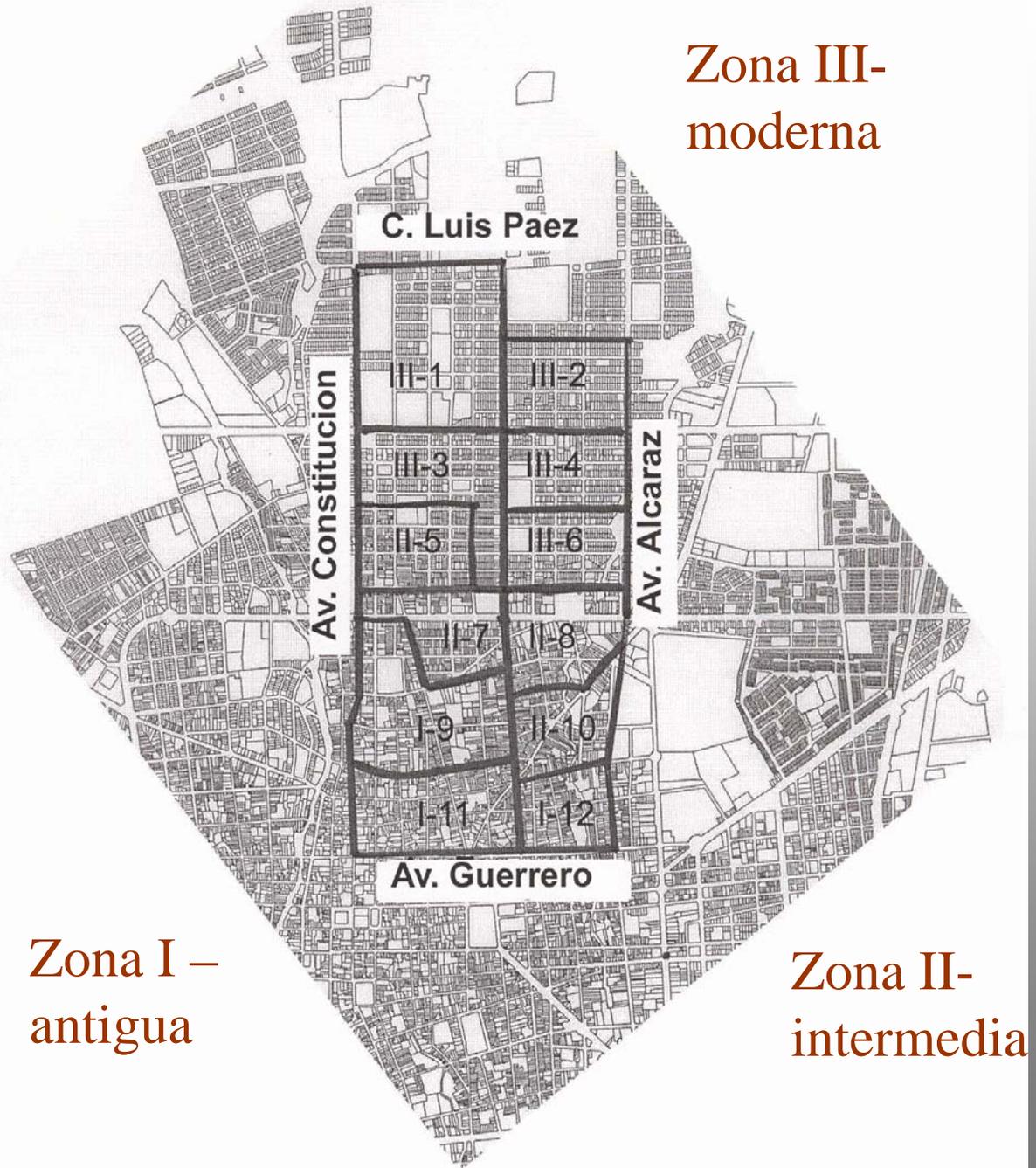
El terremoto del 21 de enero de 2003 (M_w 7.5) ocurrió dentro del graben El Gordo a una distancia de 70 Km. de la ciudad de Colima.



Muchas construcciones en la ciudad sufren daños; 1,065 casas se colapsaron o fueron demolidas. Siete personas perdieron la vida.



El estudio de daños ocasionados por el sismo fue realizado en un área de la ciudad de Colima que contiene construcciones de diferente tipo de mampostería y representa alrededor de 20% de todo el área de la ciudad. El área fue dividido en 3 zonas (I a III) y 12 subzonas.



Zona I –
antigua

Zona II-
intermedia

Zona III-
moderna

Las calles típicas de las tres zonas



Zona I



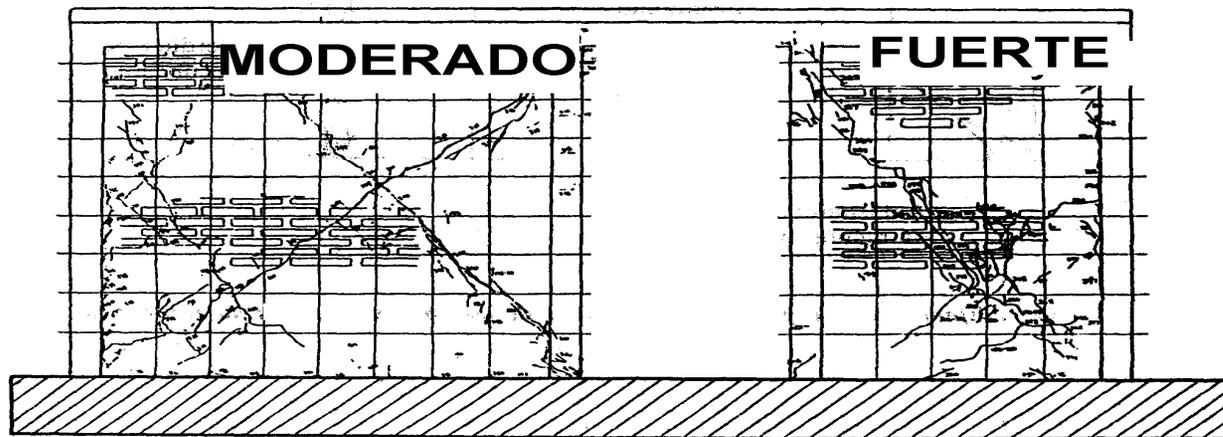
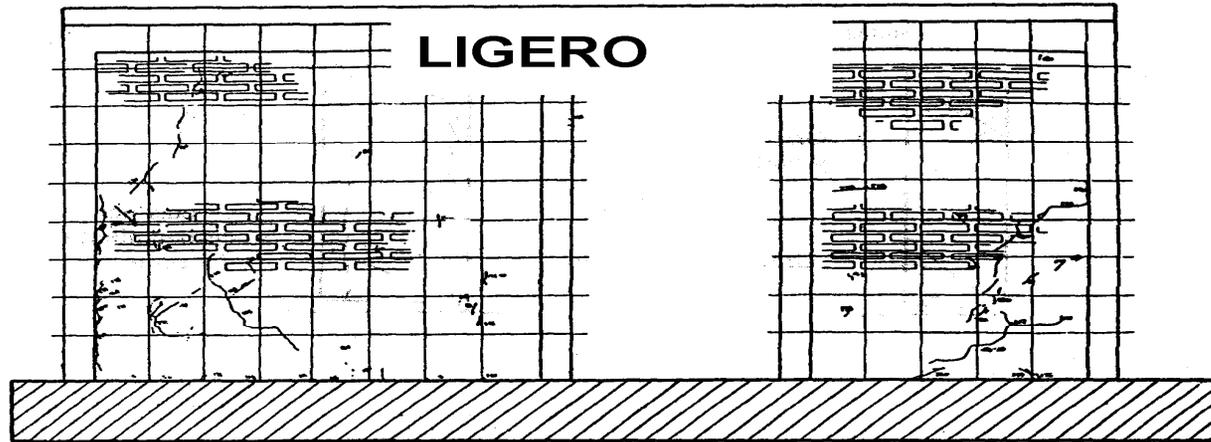
Zona II



Zona III

**La
evaluación
de los daños
fue realizada
de acuerdo
con
la escala de
daños de 7
grados**

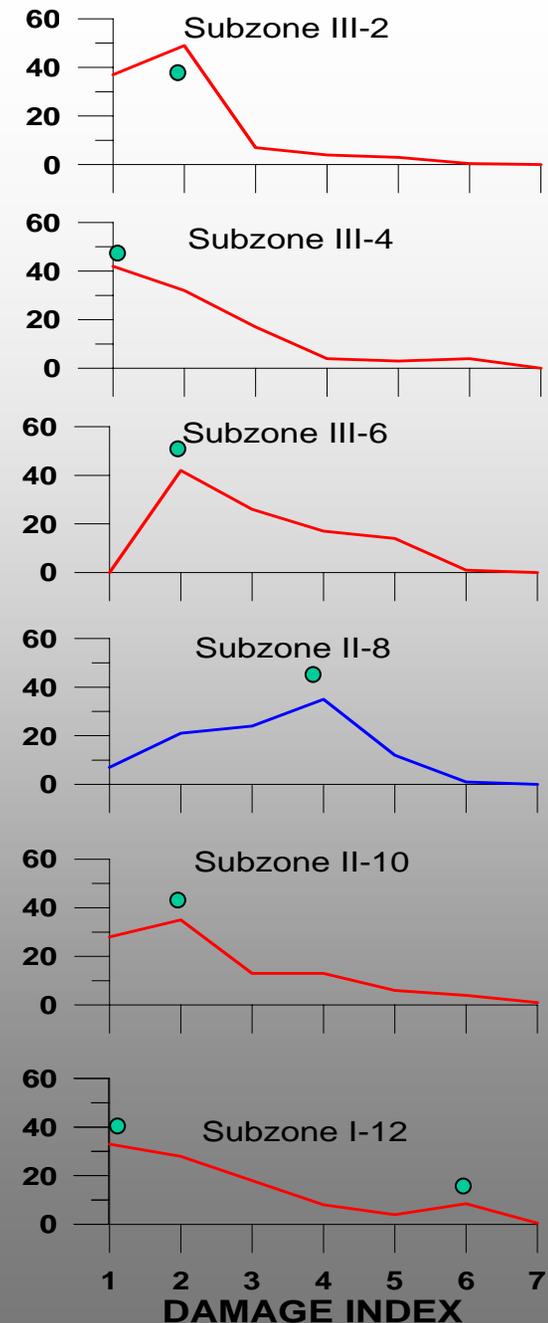
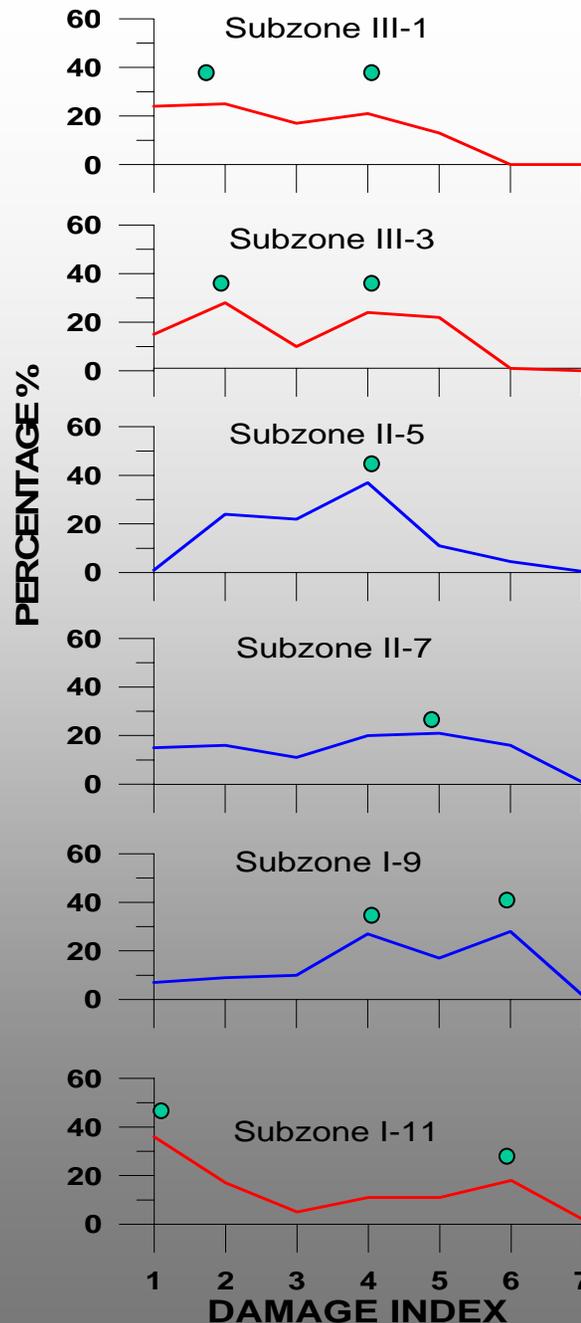
Grado de daño	Estado de daño	Factor central de daño (%)	Descripción de daños visuales
1	Ninguno	0	Sin fisuras visibles
2	Menor	0.5	Fisuras cortas en enjarre o fisuras a lo largo de la unión de los elementos planos
3	Ligero	5	Fisuras cortas en forma diagonal a través de muros
4	Moderado	20	Agrietamientos largos cerrados en forma diagonal a través de muros
5	Fuerte	45	Agrietamientos diagonales abiertos en forma de cruz con caída de unas piezas de muro
6	Mayor	80	El edificio requiere de demolición (o ya fue demolido)
7	Total	100	Destrucción total de la mayoría de los elementos



Diseño característico de las fracturas y grietas en muros de vivienda para estimación del grado de daños

El estudio de daños fue realizado en 3,332 casas residenciales.

Se puede ver la variación en los daños dominantes de una subzona a otra.



Daños respecto del tipo de mampostería



Tipo A

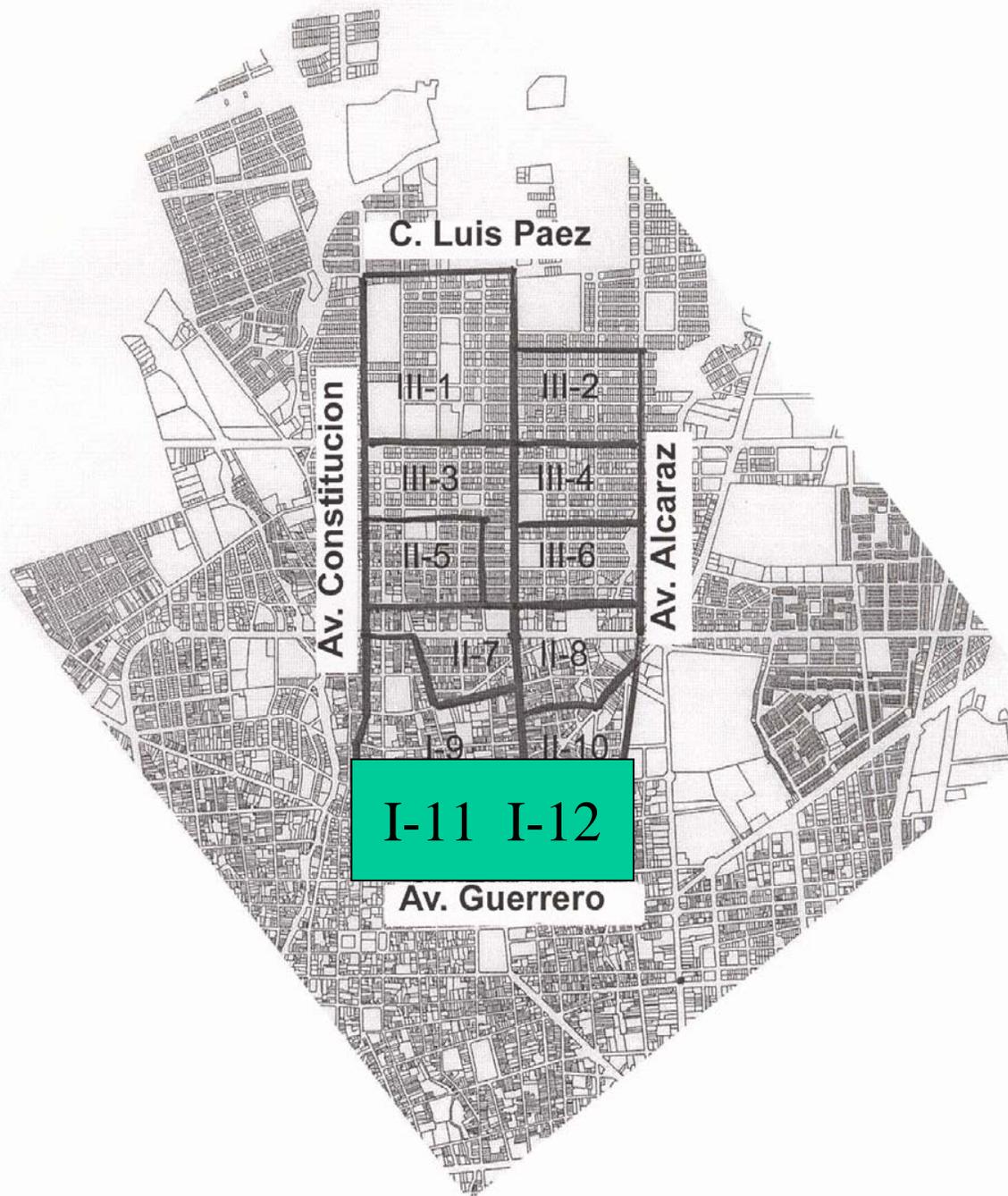
Tipo B

Tipo C

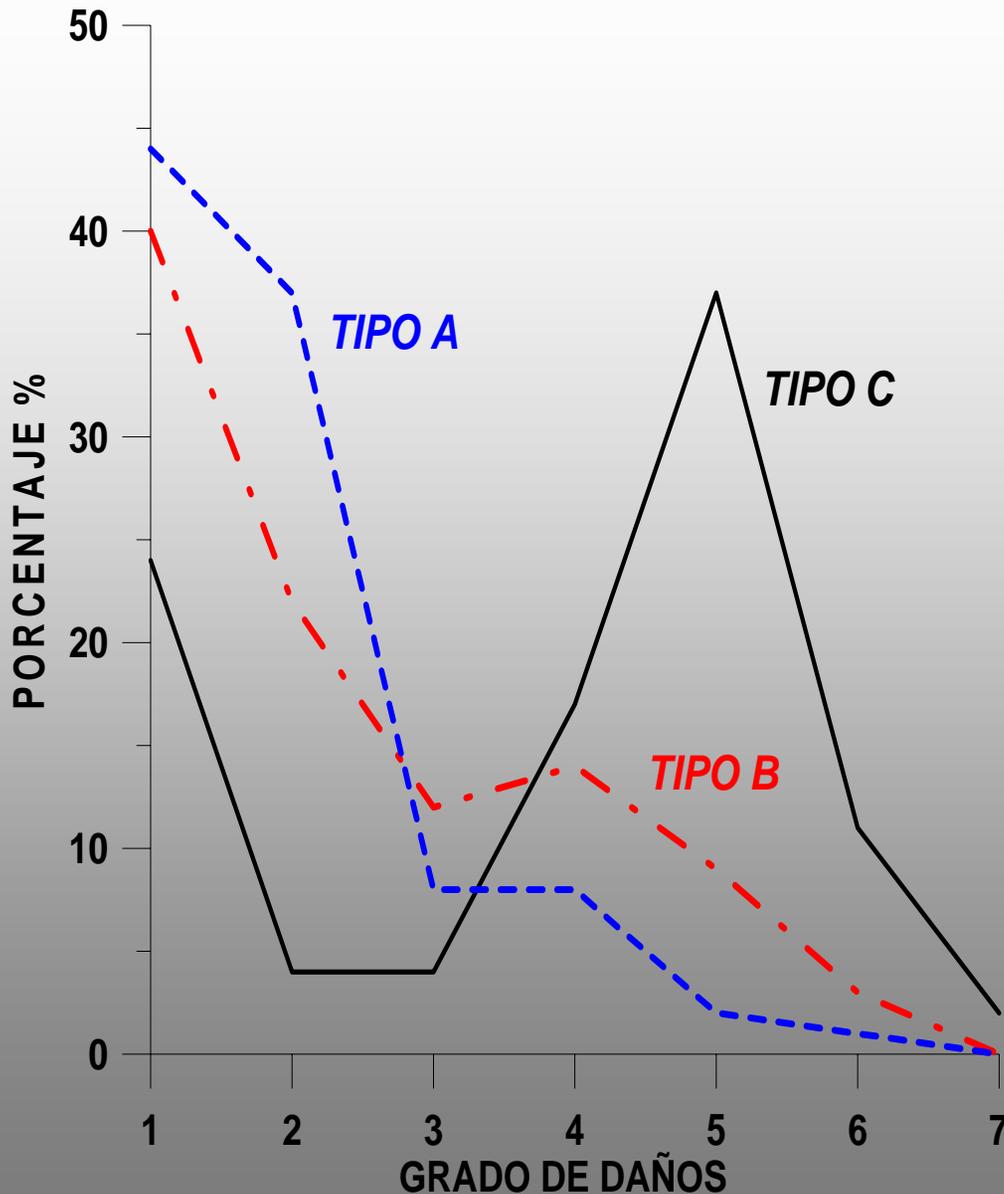
La dependencia del *nivel de daños respecto del tipo de mampostería*

está mostrada para las construcciones en las subzonas I-11 y I-12 donde tenemos las mejores muestras de todos los tres tipos de mampostería:

100 casas de tipo A,
431 casas de tipo B y
46 casas de tipo C.



SUBZONAS I-11 y I-12



La mayoría de las casas **tipo C de adobe (65%)** sufrieron daños de grados 4 a 6.

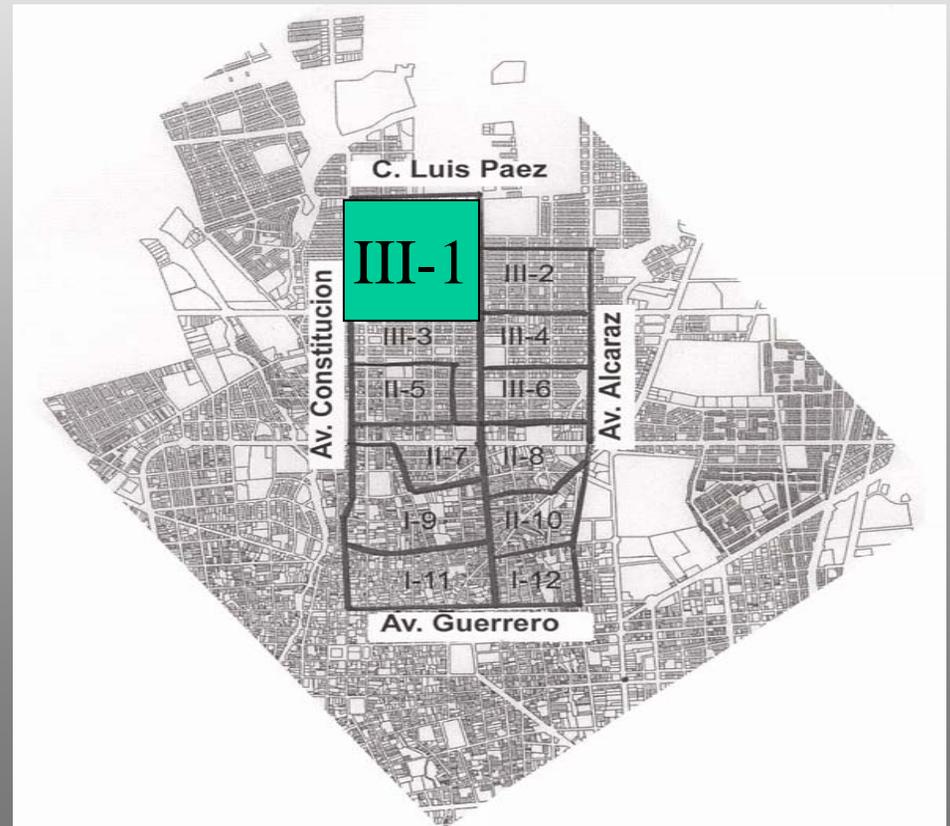
Al mismo tiempo, la mayoría de las casas **tipo A y B (81% y 62%, respectivamente)** se caracterizaron sólo por presentar los daños de grados 1 y 2.

Daños respecto de la edad de la mampostería

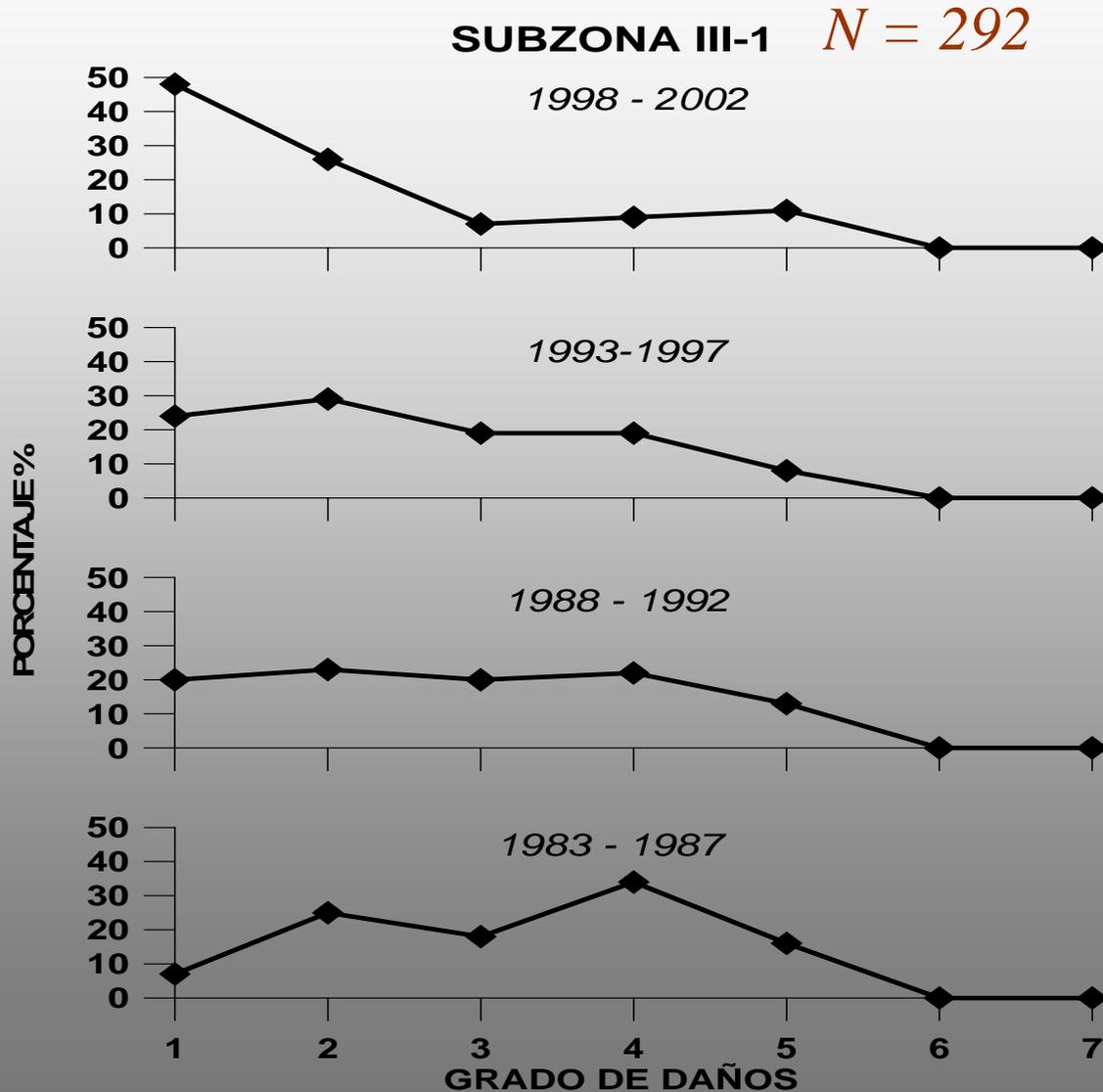
La edad de una construcción es un parámetro bastante complicado e incluye además de los factores de antigüedad de la casa, los cambios en procedimiento de la construcción.

La relación entre *los daños de vivienda y su tiempo de vida* fue investigada para las construcciones de la subzona III-1 donde tenemos 292 casas tipo A construidas entre 1983 y 2002.

La correlación general entre el grado de daño de vivienda y su edad (coeficiente de correlación 0.223) es significativa, con un nivel de confianza de 95% (valor crítico para el coeficiente de correlación es 0.148).

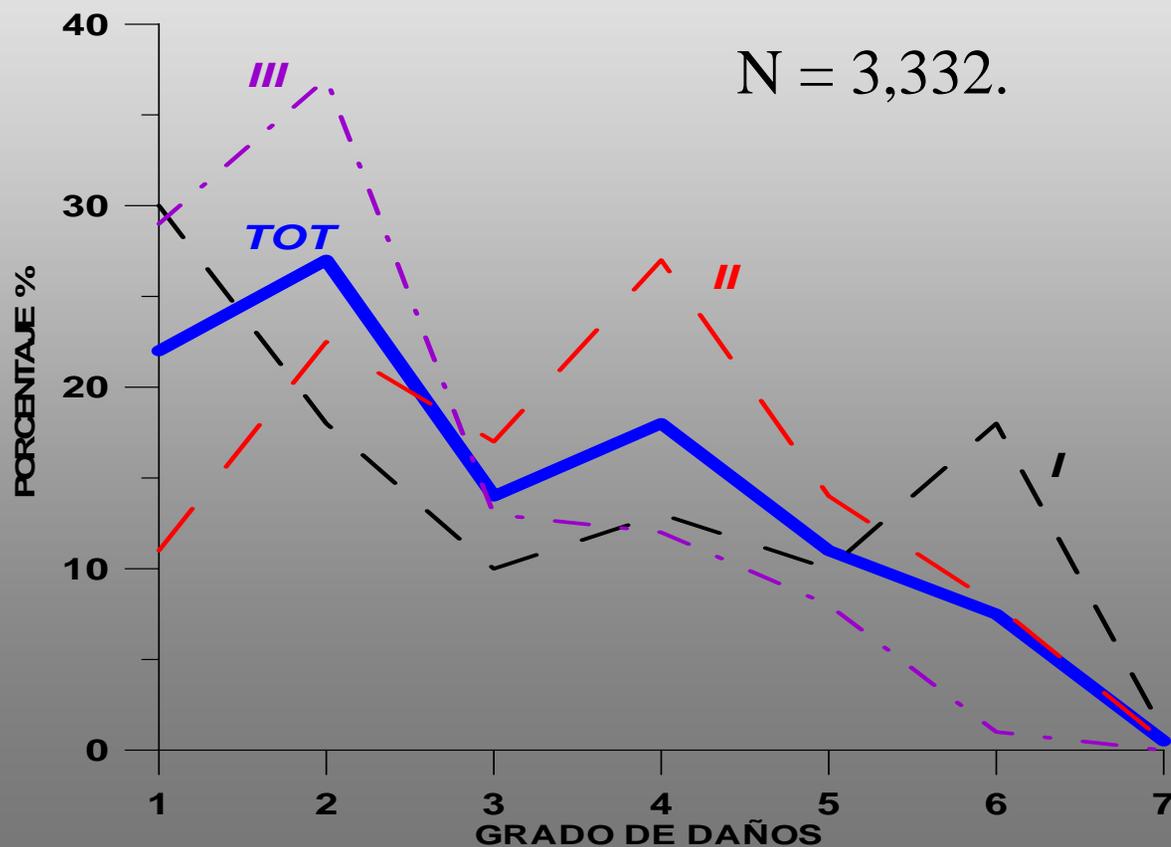


La dependencia de los daños respecto de la edad de construcción



Construcción de la matriz de daños observados para el área

Grado	1	2	3	4	5	6	7
%	22	27	14	18	11	7.5	0.5



Con estos datos recibimos la matriz de daños para *los tres zonas (I, II y III)* y *el área de estudio (TOT)*.

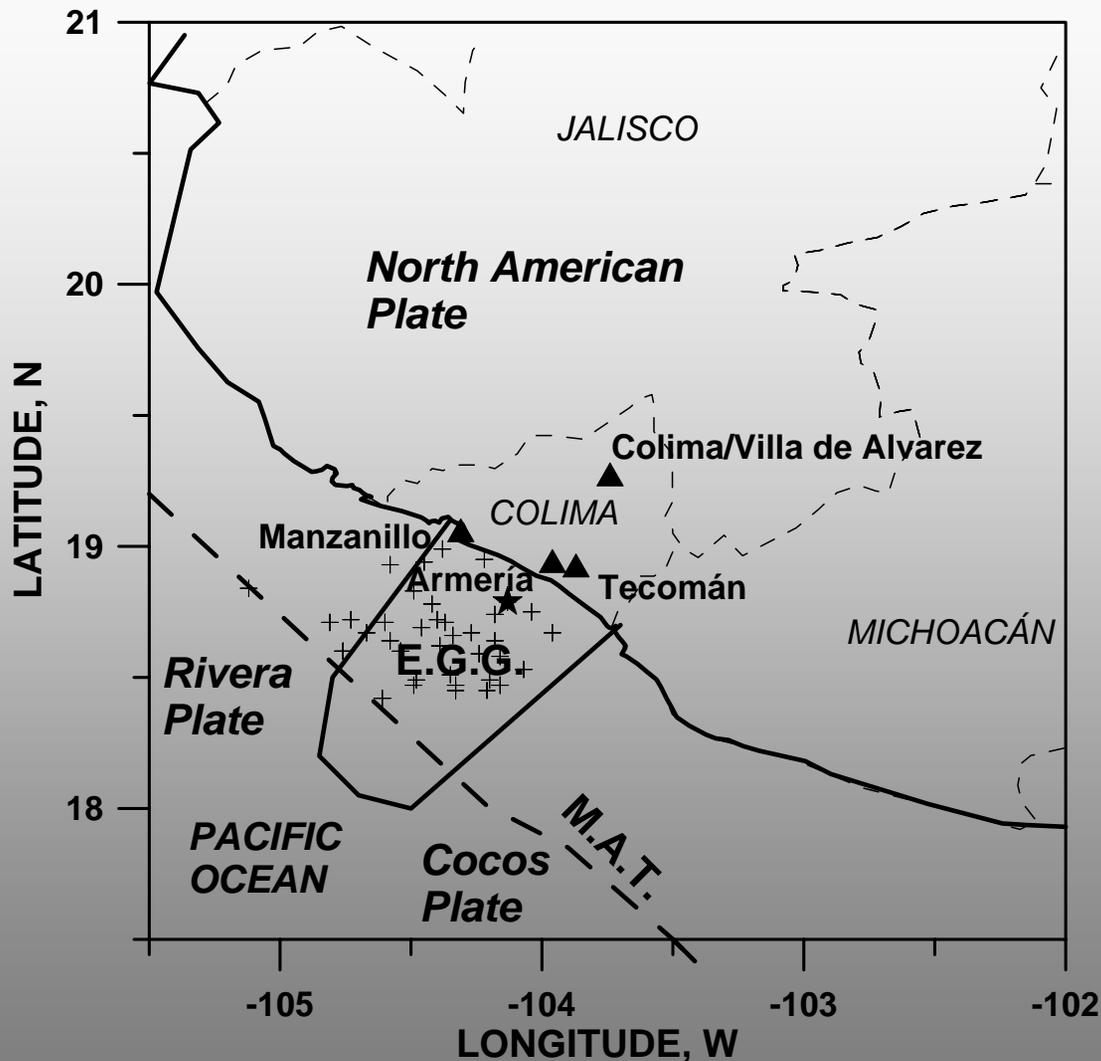
Conclusiones del primer etapa

- Está construida la matriz de daños observados en la ciudad de Colima.
- Está mostrada la dependencia del nivel de daño respecto del tipo de mampostería y la edad de construcción

Desarrollo del proyecto

- Etapa 2:

Construcción del mapa macrosísmico del terremoto del 21 de enero de 2003 para los estados de Colima, Jalisco y Michoacán.



El terremoto del 21 de enero de 2003 ocurrió en la zona de interacción de la zona de subducción Mexicana por un graben transversal El Gordo, a una distancia alrededor de 70 Km. de la ciudad de Colima.

El terremoto fue caracterizado por las magnitudes $M_w=7.4$ y $M_s=7.3$ y acompañado por las réplicas numerosas. La mayoría de las réplicas fue localizada dentro del graben El Gordo.

Tecomán

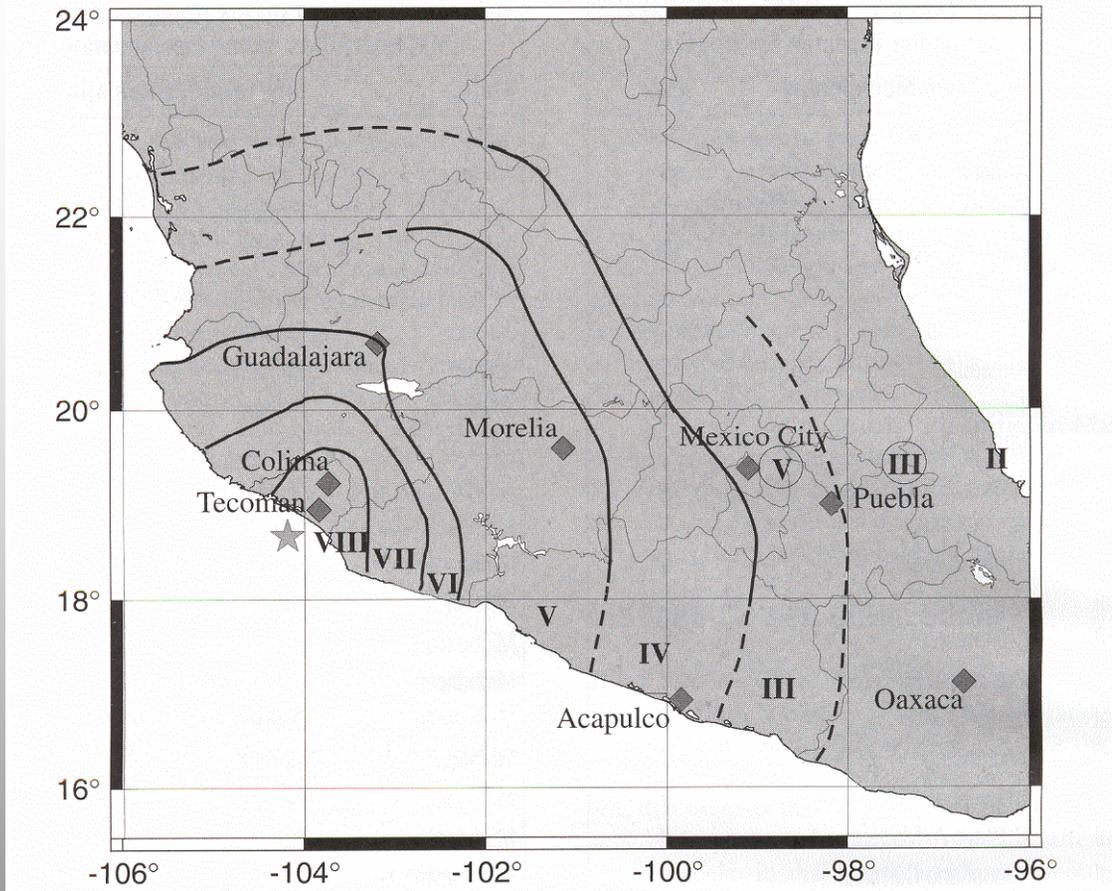


Las ciudades del estado de Colima sufrieron los daños mayores durante el terremoto de 2003. Como reconoció el Gobernador del estado Gustavo Vázquez Montes un año después del terremoto, alrededor de 30,249 viviendas resultan dañadas en el estado, lo que significa el 26 % del inventario habitacional del estado.

De esta cifra, 4,053 casas fueron totalmente destruidas o tuvieron que ser demolidas.

Manzanillo





El mapa macrosísmica preliminar fue construida por Singh et al. (2003) y basada, en su mayoría, en los informes de autoridades de estados, llamadas telefónicas y publicaciones en periódicas.

Como siempre, este tipo de información exagera la intensidad real, indicando los daños mayores de las casas de mala calidad de construcción.

El objetivo de nuestro estudio fue:

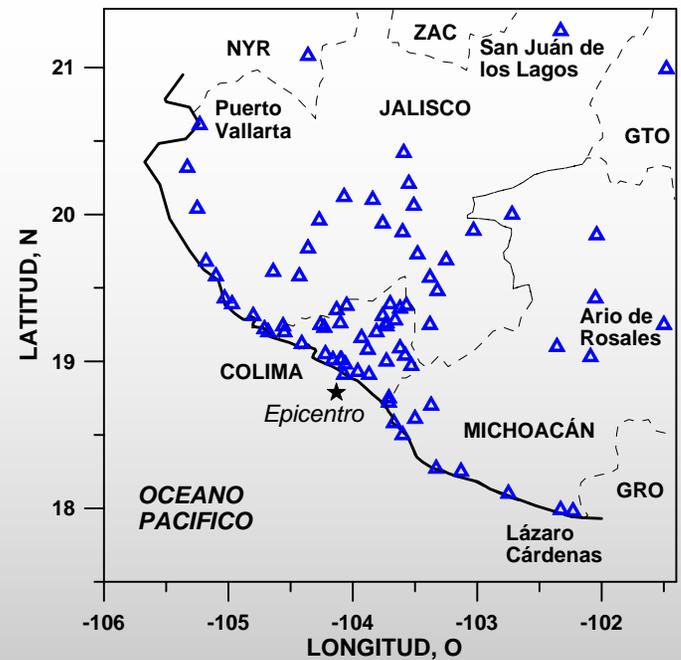
Investigar la intensidad del terremoto de 2003 en las poblaciones de los estados de Colima, Jalisco y Michoacán

con las entrevistas personales de la gente que sintió el terremoto en su casa

y

con la inspección de tipo de mampostería y calidad de construcción de la casa.

Los efectos macrosísmicos fueron revisados en alrededor de 4,000 casas de 83 poblaciones.



Estudio macrosísmico del terremoto del 21 de enero de 2003 en las ciudades del estado de Colima fue realizado con dos cuestionarios basados en la escala Mercalli Modificada (MM) de 12 grados y la escala de daños de 7 grados.



Cuestionario para el temblor de Colima del 21 de enero de 2003.

1. Estado----- 2. Ciudad-----
 3. Colonia----- 4. Calle, No-----
 5. Tipo de mampostería-----
 6. Comentario especial de mampostería (edad, numero de pisos, cercano de la playa, hotel, etc)

7. Efectos de percepción individual en sentidos:

- a. Sentido solo por pocas personas en reposo.
 b. Sentido en el interior de las edificaciones.
 c. Sentido aún en el exterior de edificios.
 d. Sentido por todas las personas.
 e. Personas dormidas se despiertan.
 f. Muchos sufren pánico y corren hacia el exterior.

8. Efectos de percepción individual en cosas diferentes:

- a. vibración semejante a la producida por el paso de un vehículo liviano.
 b. objetos suspendidos oscilan visiblemente.
 c. cristalería y vidrios suenan.
 d. puertas y paredes de madera crujen.
 e. el contenido líquido de recipientes y tanques es perturbado y se puede derramar.
 f. relojes de péndulo se paran.
 g. libros y objetos son lanzados de los anaqueles y estantes.
 h. los muebles son desplazados o volcados.
 i. muebles se rompen.

9. La severidad de los daños causados a las edificaciones

- a. el enjarre y enlucido de mortero se fisuran.
 b. caída de revoque de mortero.
 c. algunas grietas en mampostería.
 d. daños y colapso de mampostería.
 e. las chimeneas se fracturan a nivel de techo.
 f. caída de monumentos, tanques elevados.
 g. construcciones totalmente destruidas.
 h. puentes destruidos.
 i. daños a fundaciones.
 k. daños y colapso de estructuras aportilladas.

10. Daños naturales:

- a. cambio en el flujo o temperatura de pozos de agua.
 b. grietas en terreno húmedo y en taludes inclinados.
 c. grietas significativas visibles en el terreno.
 d. grandes deslizamientos de tierra.
 e. el agua se rebalsa en los bordes de ríos, lagos y embalses.

11. Comentarios especiales (comportamiento de animales, efectos de licuefacción, etc):

Cuestionario para el temblor de Colima del 21 de enero de 2003.

1. Estado _____ 2. Ciudad _____
 3. Colonia _____
 4. Calle, No _____
 5. Mampostería: adobe ladrillo _____
 ladrillo con refuerzo _____
 6. Edad _____ 7. Número de pisos _____

Grado y estado de daños	Descripción	Comentario (Anotar si se tuvo movimiento o caída de objetos y muebles)
1. Ninguno	No hay daños visibles	
2. Menor	Fisuras cortas (menor a 30 cm de longitud y 2 mm de espesor) ó fisuras a lo largo de la unión de elementos planos	
3. Ligero	Fisuras cortas (menor a 30 cm de longitud y 2 mm de espesor) en forma diagonal a través de muros	
4. Moderado	Agrietamientos largos (mayor a 30 cm de longitud y 2 mm de espesor) en forma diagonal a través de muros	
5. Fuerte	Agrietamientos diagonales abiertos (mayor a 5mm de espesor) en forma de cruz	
6. Mayor	El edificio requiere de demolición (o fue demolido ya)	
7. Total	El edificio se colapsó durante o después del terremoto por sí mismo	

Ilustración de grados de daño

Grado 4, moderado



Grado 5, fuerte



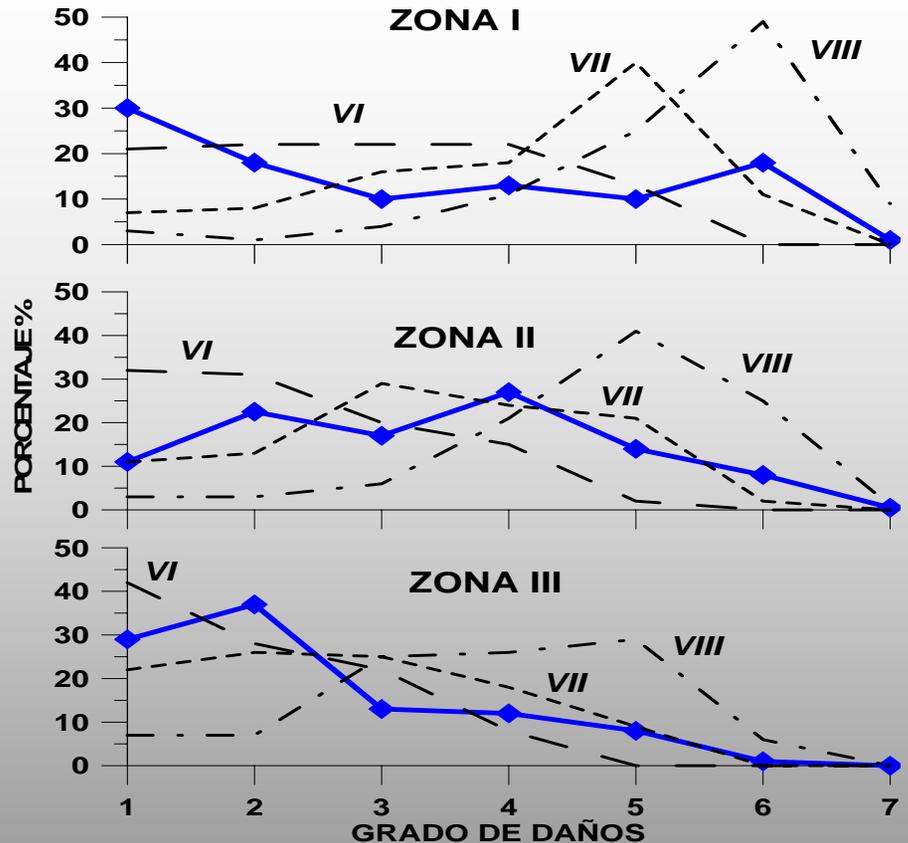
Grado 6, mayor



Grado 7, total

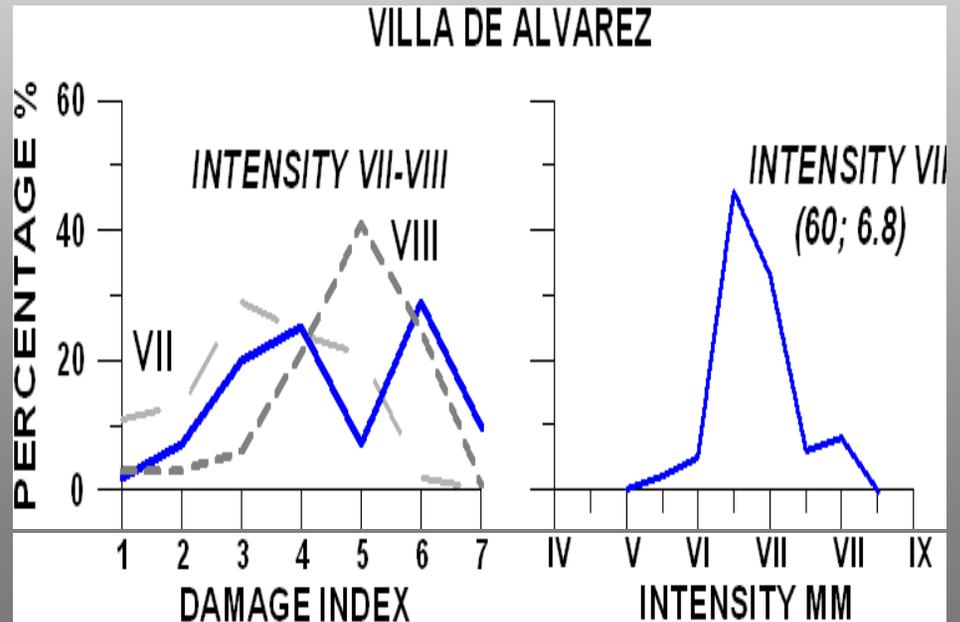
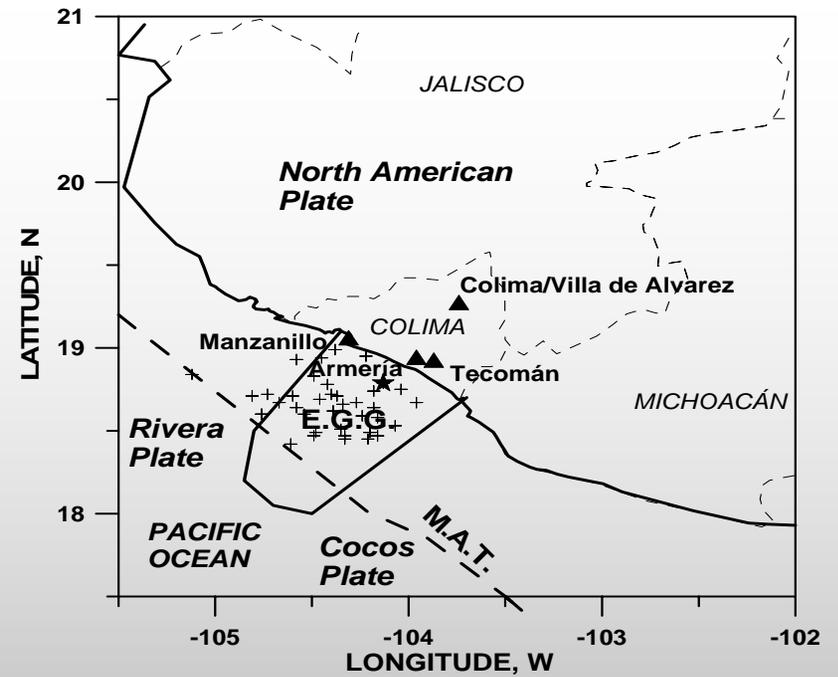
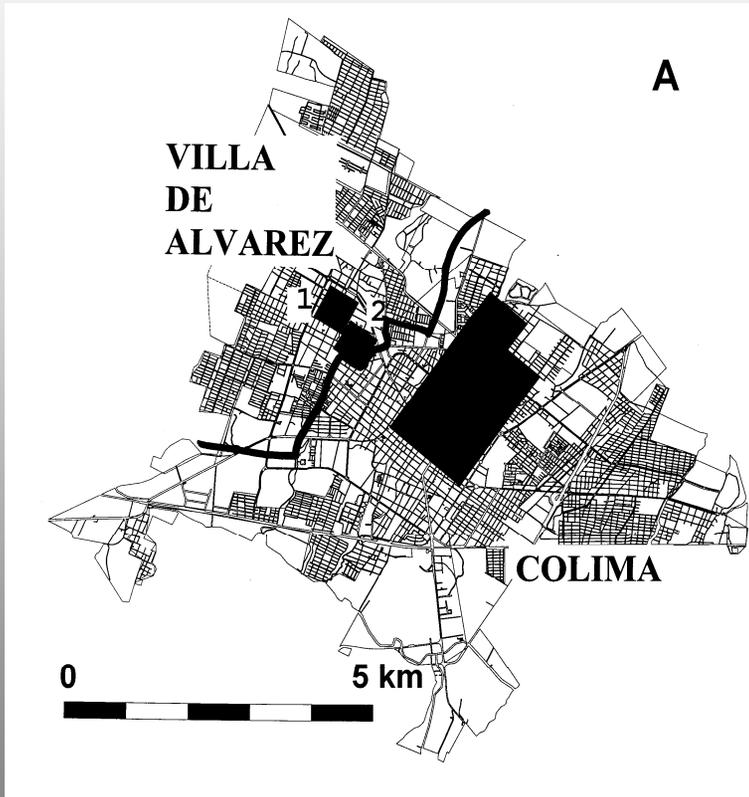
Ciudad de Colima

Estimación de la intensidad del terremoto en la ciudad de Colima fue realizada a través de comparación de la matriz de daños observados con la matriz probabilística de daños construida para la ciudad en 1999.



Podemos asignar la intensidad VII como la promedio observada en la ciudad de Colima durante el terremoto del 21 de enero de 2003.

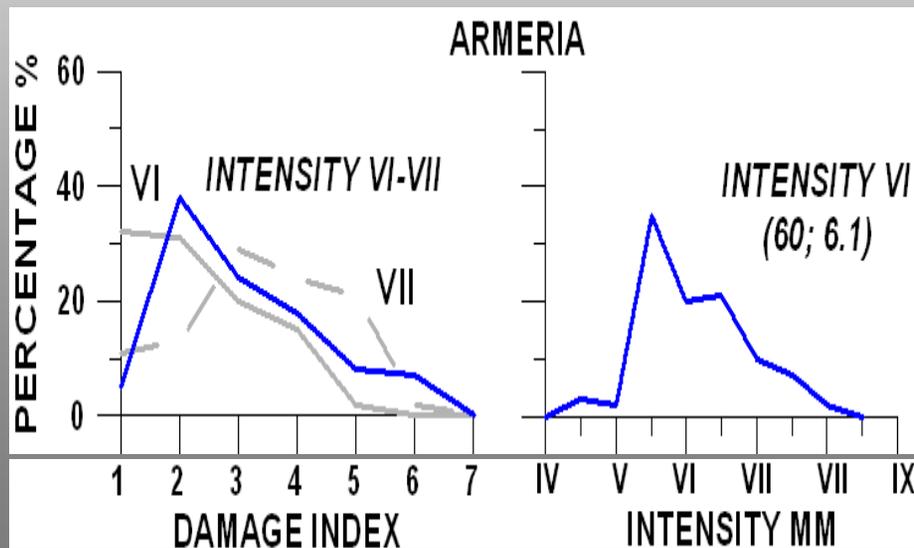
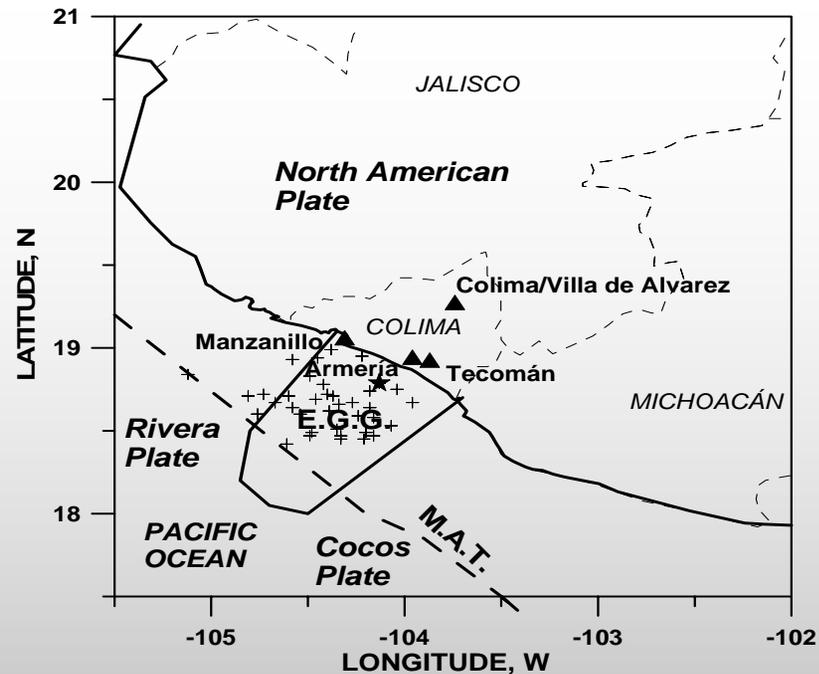
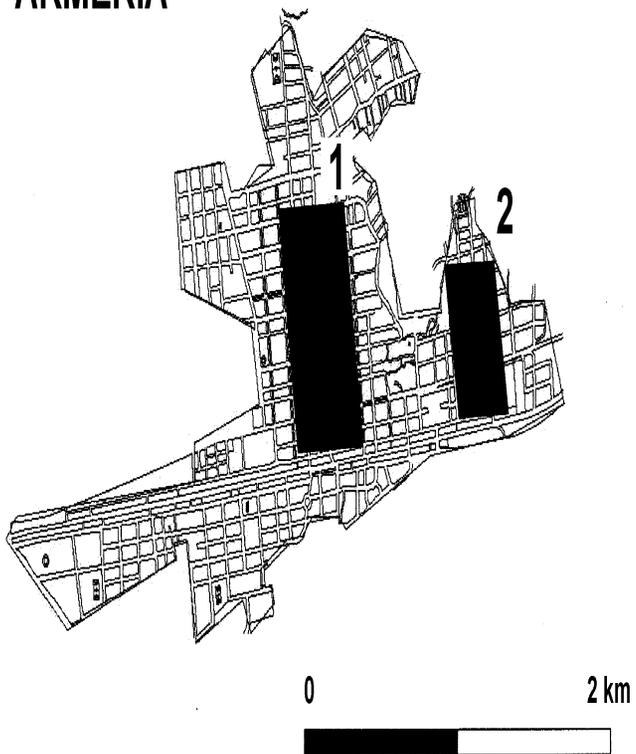
Villa de Alvarez



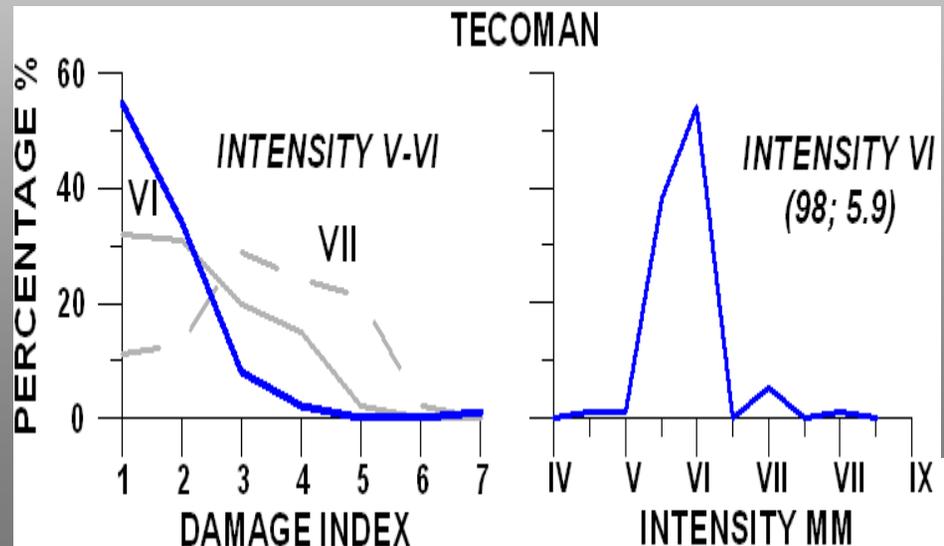
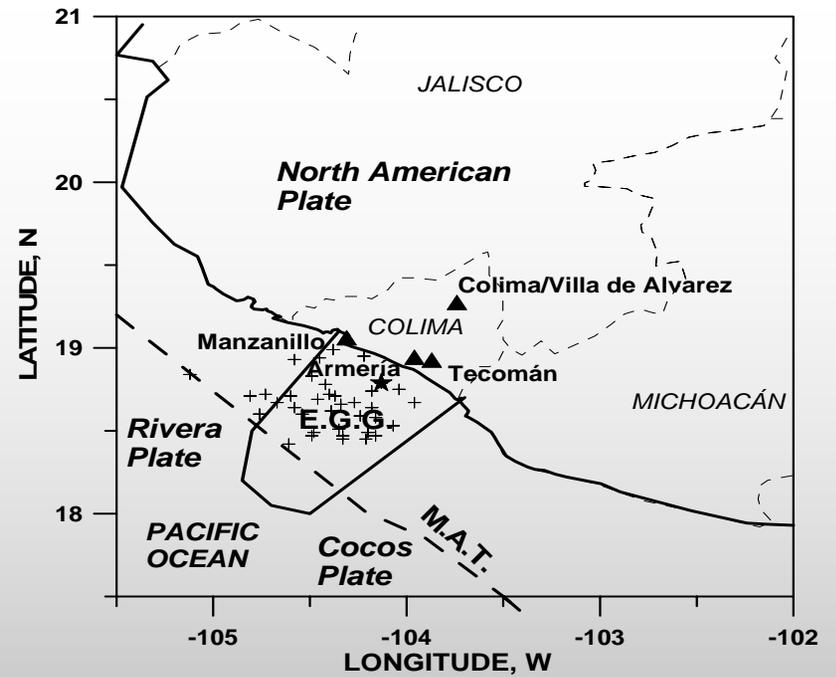
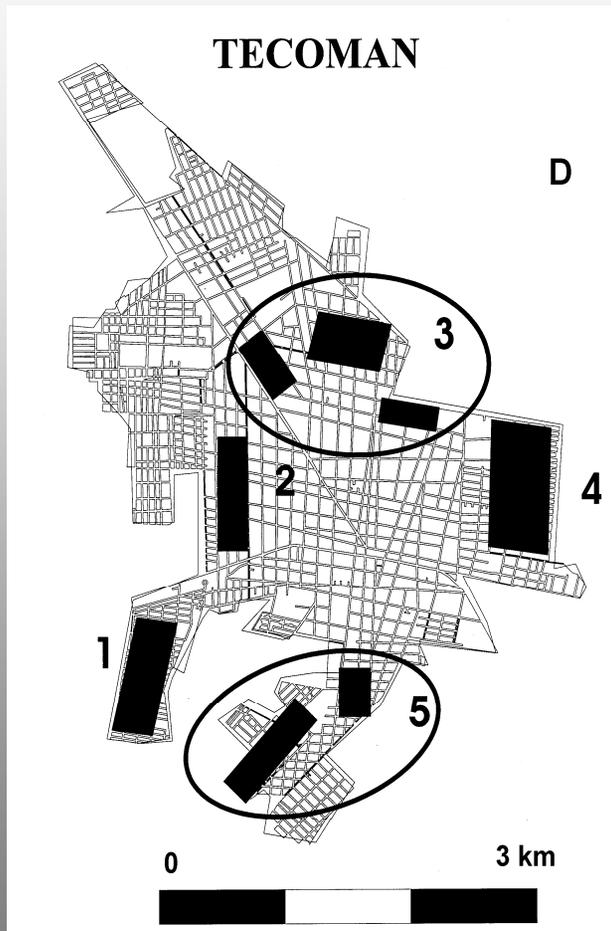
Armería

ARMERIA

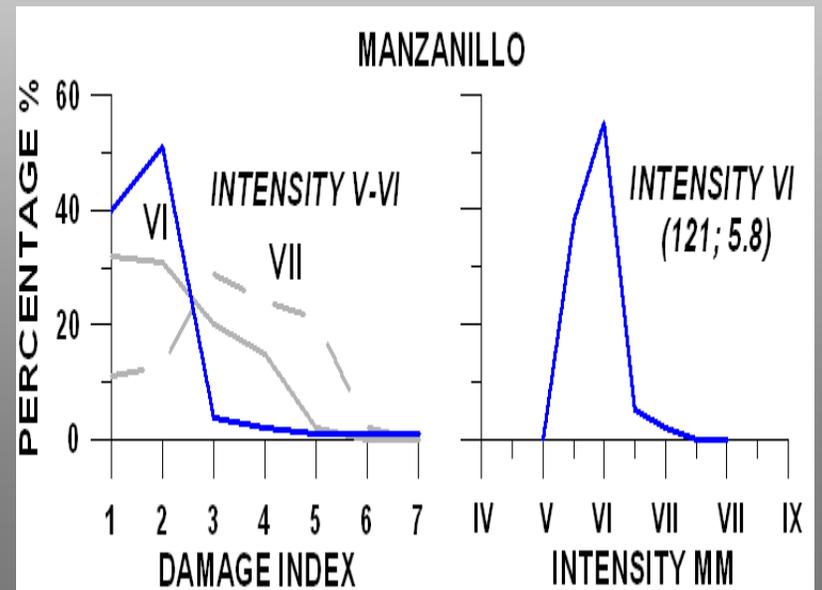
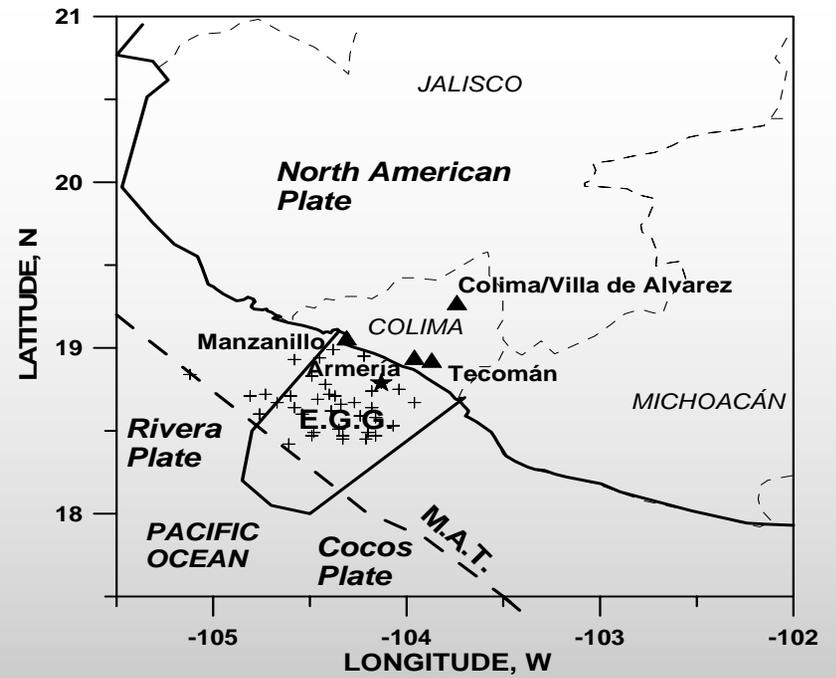
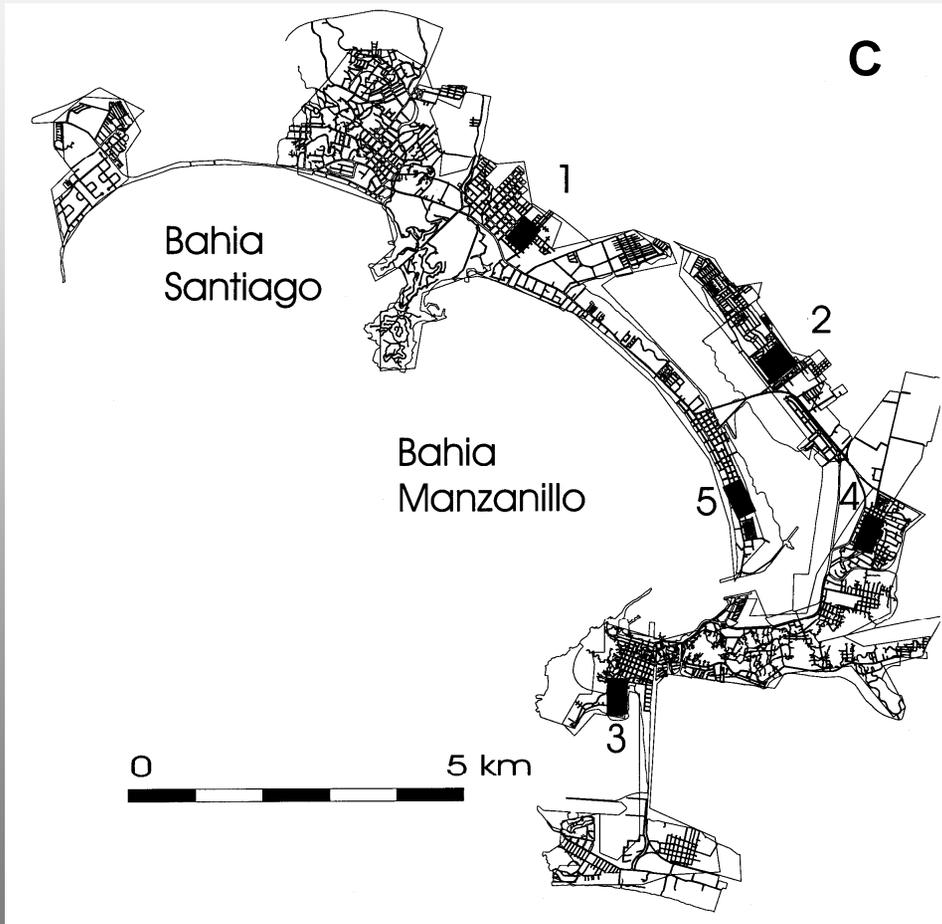
B



Tecomán



Manzanillo



Para las otras poblaciones, la intensidad fue estimada sólo con aplicación de la escala Mercalli Modificada.

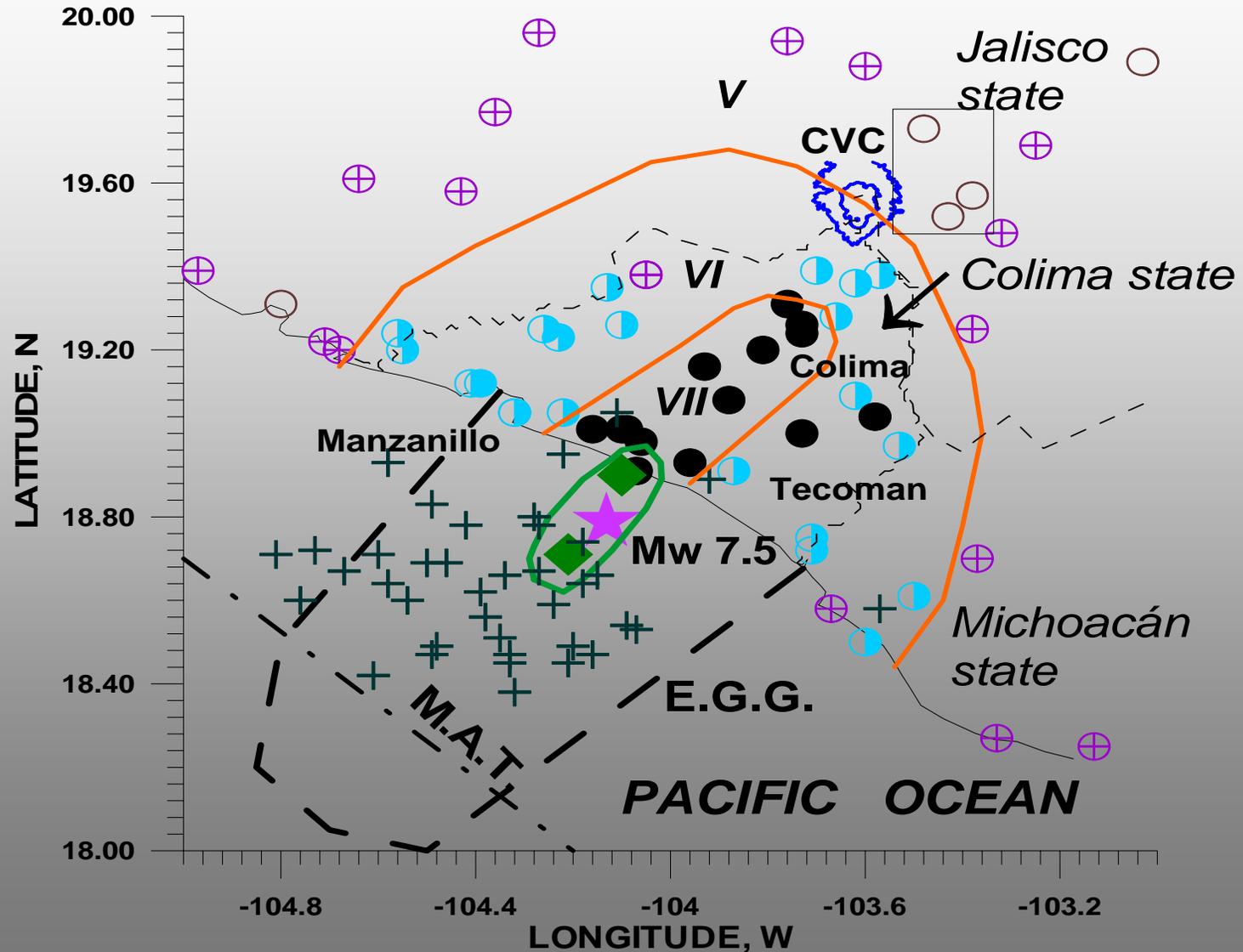
Para 12 ciudades, la intensidad fue estimada como un promedio para 10 a 121 casas revisadas.

Para 64 poblaciones chiquitas, como un promedio para 3 a 6 observaciones.

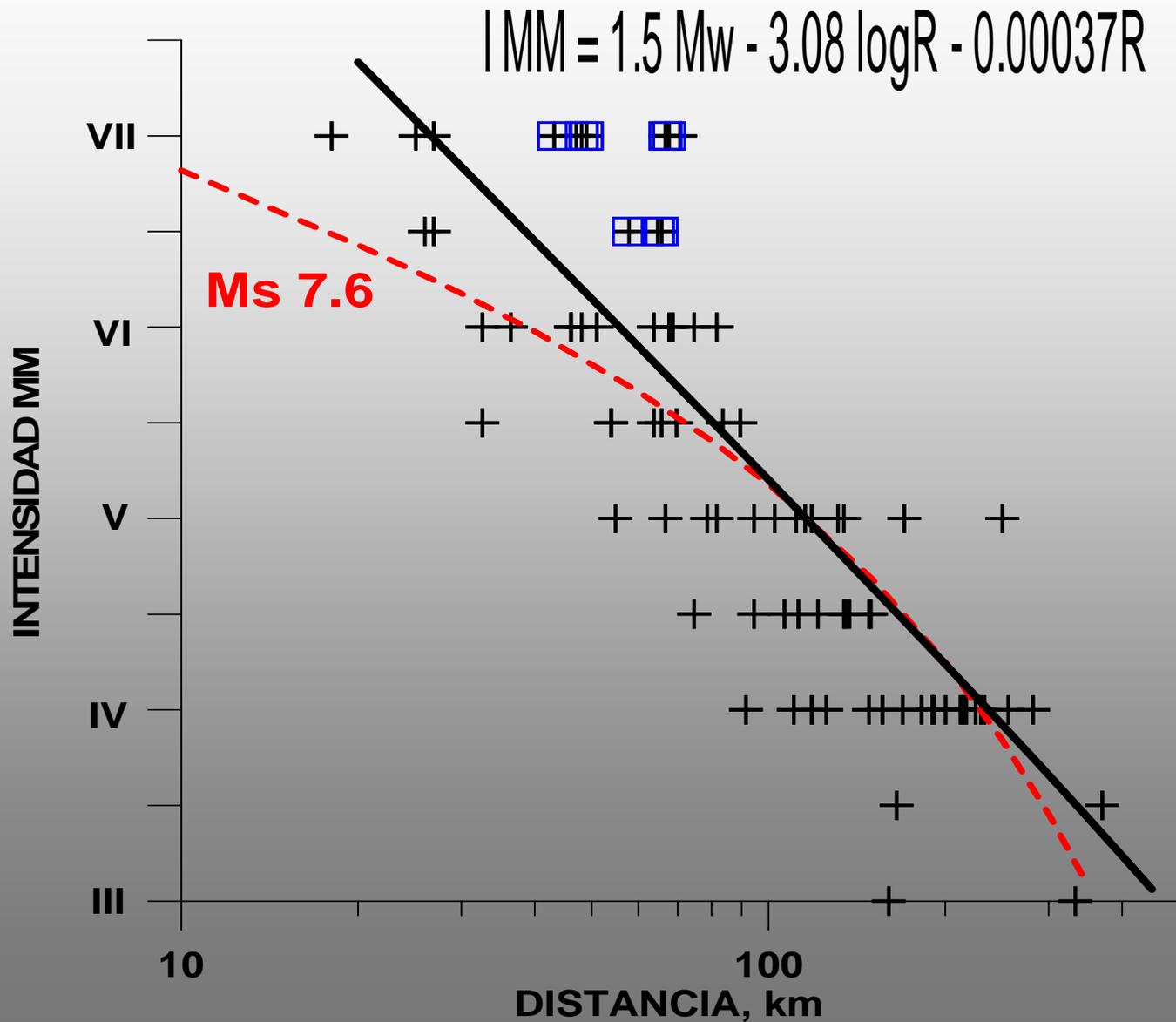
Para 6 poblaciones muy chiquitas, con 1 observación.

Cada vez, la intensidad promedio fue estimada después de aplicación de una corrección por tipo de construcción y su calidad.

Mapa macrosísmica del terremoto de 2003



Atenuación de la intensidad con distancia



Conclusiones

- 1. Está construida la matriz de daños observados en la ciudad de Colima.**
- 2. Está mostrada la dependencia del nivel de daño respecto del tipo de mampostería y la edad de construcción**
- 3. La intensidad del terremoto de 2003 en los estados de Colima, Jalisco y Michoacán fue estimada en 81 poblaciones en intervalo de VII a IV. El mapa de isosistas muestra que prácticamente todas las poblaciones con intensidad VII están situadas en el estado de Colima.**

- 4. Se observa una directividad NE en la isosista VII que puede ser relacionada con una directividad NE de la ruptura del sismo perpendicularmente a la trinchera. Como resultado, la ciudad de Colima y sus alrededores sufrieron la intensidad de 1.5 grados mayor que se puede esperar para un sismo de la misma magnitud pero con una orientación de su rupturamiento a lo largo de la trinchera.**

Beneficios al sector

Recomendaciones para el desarrollo urbano de acuerdo con el peligro sísmico

El estudio mostró que los efectos destructivos fueron observados en su mayoría en las casas construidas *de adobe o de mala calidad de construcción sin aplicación del reglamento de construcciones o con edad de la construcción mayor a 20 años.*

Por esto, podemos recomendar:

1. Desarrollo de normatividad para regular los permisos de construcción, *prohibiendo las casas nuevas de adobe dentro de la zona Occidental de México (urbano o rural)* y recomendando a los propietarios de casas de adobe existentes su intervención y remodelación de acuerdo con las reglas de construcción sismorresistente. Para ello se propone crear fondos municipales para el apoyo de la reconstrucción planeada.
2. Incluir en la normatividad vigente la obligación de para la rehabilitación de las casas residenciales cada 20 años después de su construcción y cada 10 años después de su rehabilitación previa. Se propone que este proceso se adhiera a los fondos municipales para el apoyo de la rehabilitación planeada.

Los resultados están publicados en las revistas internacionales con arbitraje:

1. Zobin, V. M., Ventura-Ramírez, J. F., Gutiérrez-Andrade, C., Hernández-Cruz, L. and Santibáñez-Ibáñez, S. (2006). The Mw 7.4 Colima, Mexico, earthquake of 21 January 2003: The observed damage matrix in Colima city and its comparison with the damage probability matrix. *Natur. Hazards*, 38, 391-410.
2. Zobin, V.M. and J.A. Pizano-Silva (2007). Macroseismic study of the Mw 7.5 21 January 2003, Colima, México, across-trench earthquake. *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 97, 1221-1232.

**¡GRACIAS
POR SU ATENCIÓN!**

**Mi correo electrónico es
vzobin@ucol.mx**