

Viviendas de adobe en Chile: Simulando el impacto de futuros terremotos

Eduardo Fajnzylber, Ph.D.

Escuela de Gobierno, Universidad Adolfo Ibáñez

Motivación

- Terremoto 27/2/2010 nos enseñó
 - Fragilidad constructiva de vivienda tradicional
- Aunque es difícil predecir futuros terremotos, es posible
 - Predecir el **impacto esperado** de terremotos similares en función de ubicación, magnitud, materiales de construcción y otros factores
- Este trabajo:
 - Construye **modelo de predicción** de daños a partir CASEN '09 + Encuesta Post Terremoto (EPT)
 - Estima **daño esperado** de distintos terremotos ubicados en cada comuna del país

Conceptos básicos

- **Magnitud** de un terremoto
 - Medida objetiva y absoluta de la energía liberada en su foco o hipocentro (escala de Richter)
- **Intensidad sísmica** en determinado lugar:
 - Nivel de violencia asociada a un sismo, medido a través de sus efectos o daños en las construcciones, objetos, terreno e impacto en las personas.

Intensidad = f (dist. hipocentro, construcción, calidad suelo, ubicación personas)

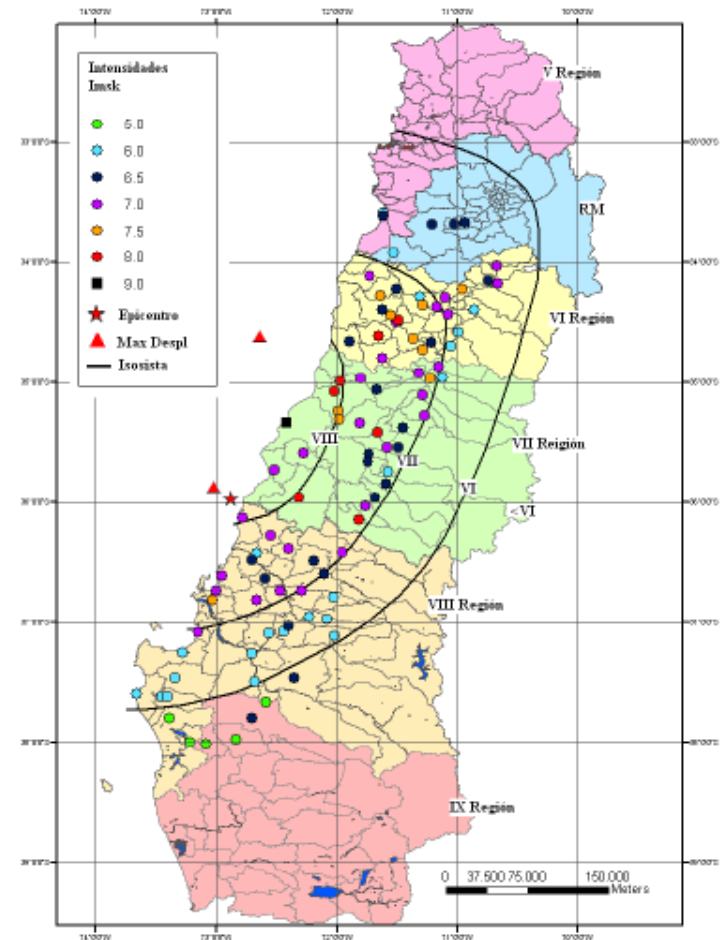
Relación de atenuación

- **Relación de atenuación:**
 - Cómo decae la intensidad asociada a un sismo al alejarse de su epicentro
 - **Barrientos (1980)** estima esta relación, a partir de información de
 - Magnitud, distancia e intensidades de 73 sismos ocurridos en Chile entre 1906 y 1977, relación de atenuación para Chile
 - Asume una **especificación** del tipo

$$Intensidad_{si} = \alpha_0 + \alpha_1 Magnitud_s + \alpha_2 Distancia_{si} + \alpha_3 \log_{10}(Distancia_{si}) + \varepsilon_i$$

Astroza y otros (2010)

- Estimamos modelo de **relación de atenuación** similar a Barrientos (1980), pero sólo con datos de **terremoto de 27/2**



Universidad de Chile
M. Astroza - S. Ruiz

Figura 10. Intensidades e isosistas en la zona de daños del terremoto del 27 de febrero de 2010.

Astroza y otros (2010)

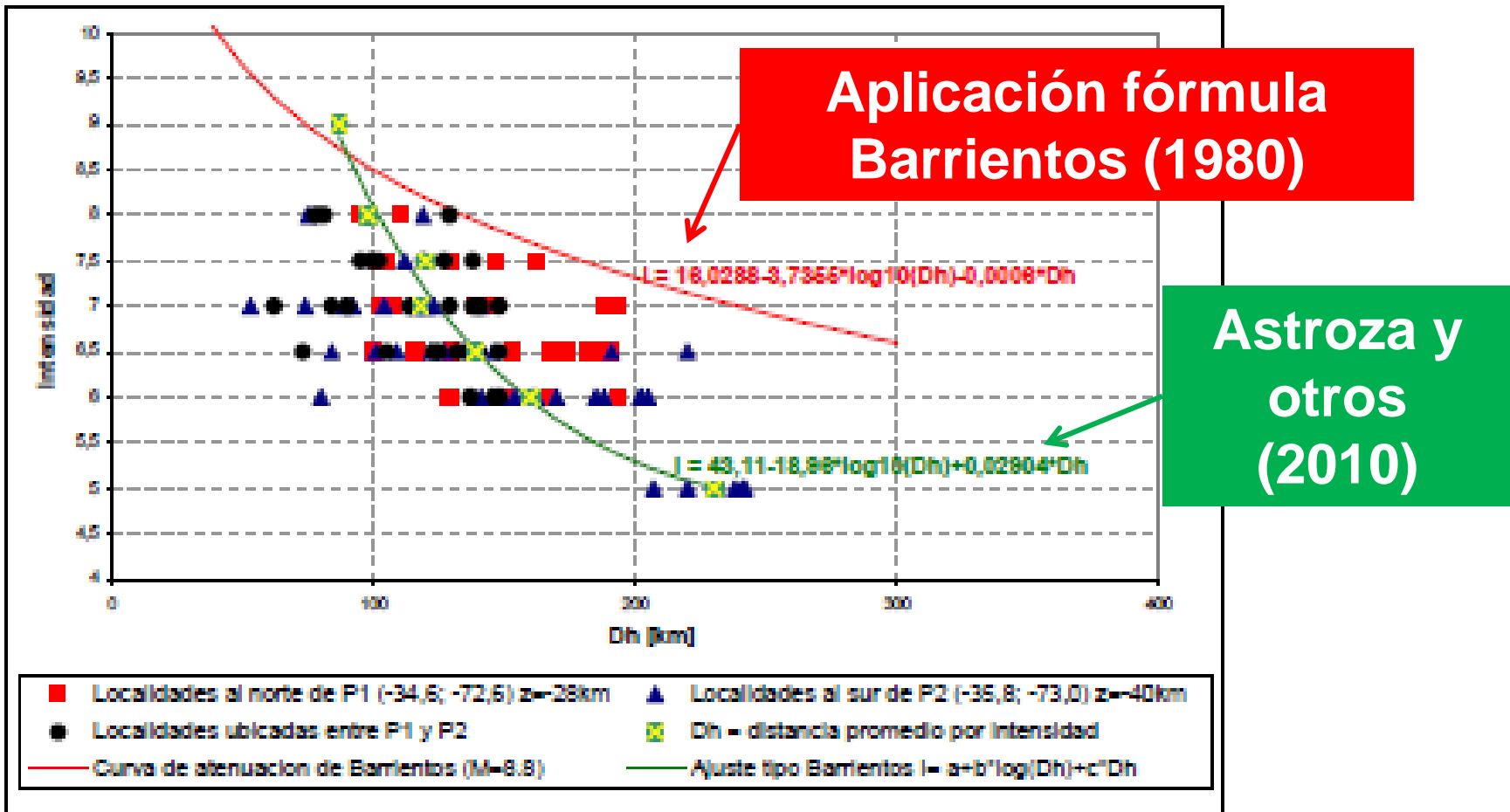


Figura 15. Atenuación de las intensidades sísmicas con respecto a la distancia a la aspereza más próxima

Metodología

- Metodología anterior, concentrada en concepto de “intensidad”, abstrayendo por
 - Diferencias en **materiales** de construcción
 - Diferencias en **calidad** de la construcción
 - ➔ Correlación de estos factores con distancia al epicentro sesgaría coeficientes de modelo de atenuación
- Este trabajo:
 - Aprovecha datos del panel CASEN 2009 + EPT para estimar modelo que incluye:
 - **Material de construcción** de los muros
 - Proxy de calidad de construcción (**educación** jefe hogar)

Modelo estimado

- Modelo probit
 - 2 variables dependientes binarias:
 - Daño de la vivienda y Destrucción de la misma
 - Determinantes del daño:
 - Distancia, Educación, Material muro
 - Interacción material * distancia

$$Pr(Y_i = 1|X_i) = \Phi \left(\beta_0 + \beta_1 Dist_i + \beta_2 \log (Dist_i) + \beta_3 Educ_i + \sum_{j=1}^6 \beta_{j+3} Muro_i^j + \sum_{j=1}^6 \beta_{j+9} (Muro_i^j \cdot \log (Dist_i)) \right)$$

Tabulaciones CASEN '09 + EPT

Porcentaje de viviendas con daños mayores

Material predominante en los muros	Zona Norte	V	VI	VII	VIII	IX	RM	Zona sur	Total Nacional
De acero u hormigón armado	0.3%	3.0%	2.9%	8.6%	9.7%	4.8%	2.9%	0.0%	3.4%
Albañilería de ladrillo, bloque de cemento o piedra	0.3%	4.1%	7.5%	9.5%	9.7%	3.1%	3.3%	0.0%	4.2%
Tabique forrado por ambas caras (madera u otro)	0.3%	8.1%	9.9%	19.2%	22.8%	5.2%	11.3%	0.9%	8.9%
Adobe	4.3%	21.6%	51.2%	65.8%	52.3%	40.3%	20.2%	0.0%	37.3%
Tabique sin forro interior (madera u otro)	0.0%	17.7%	16.9%	27.5%	40.6%	10.6%	8.2%	2.2%	14.4%
Barro, quincha, pirca u otro artesanal tradicional	0.0%	0.0%	15.3%	70.9%	67.1%	0.0%	43.0%	0.0%	21.0%
Material de desecho y/ o reciclaje (cartón, lata, sacos, plástico, etc.)	0.0%				44.3%		0.0%	0.0%	29.3%
Otro. Especifique	0.0%					0.0%		0.0%	0.0%
Total zona	0.4%	6.6%	12.3%	19.9%	17.5%	5.3%	4.7%	0.9%	7.0%

Resultados Probit

	Prob (daño mayor)	Prob (destrucción)
Distancia aspereza más cercana	-0.00628*** (0.000952)	-0.0140*** (0.00191)
Log(Distancia)	1.056** (0.482)	2.919*** (0.914)
Educación jefe de hogar	-0.0181*** (0.00448)	-0.0167** (0.00755)
Muro - Albañilería	1.524* (0.824)	1.996 (1.541)
Muro - Tabique forrado	0.999 (0.833)	0.394 (1.560)
Muro - Adobe	3.728*** (0.867)	3.877** (1.532)
Muro - Tabique s/forro interior	2.237** (0.986)	2.933* (1.782)
Muro - Barro, pirca, u otro	6.308** (2.899)	3.243 (3.055)
Muro - material desecho o reciclaje	-3.644 (8.790)	-26.88 (33.73)
Observations	17,702	17,702

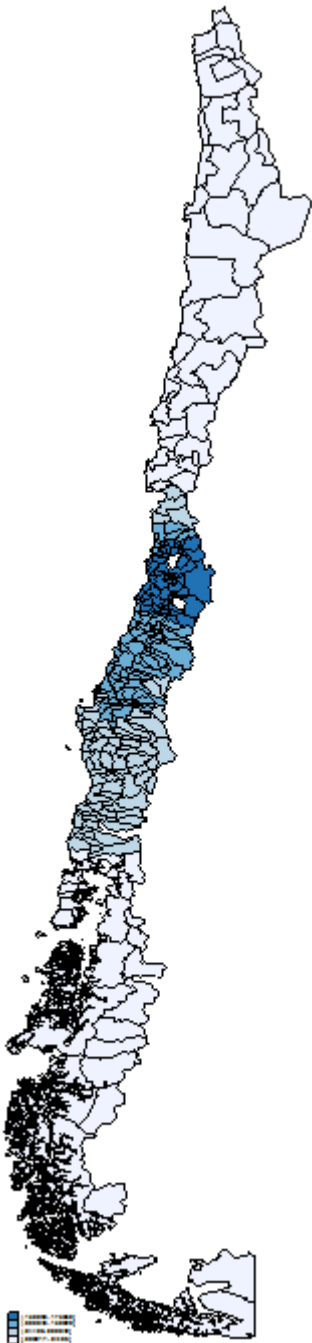
- Distancia con signos esperados
- Fuerte influencia de
 - Educación
 - Material muros
- Coef. ≠ para **daño y destrucción**

Predicción de daños ante ≠ terremotos

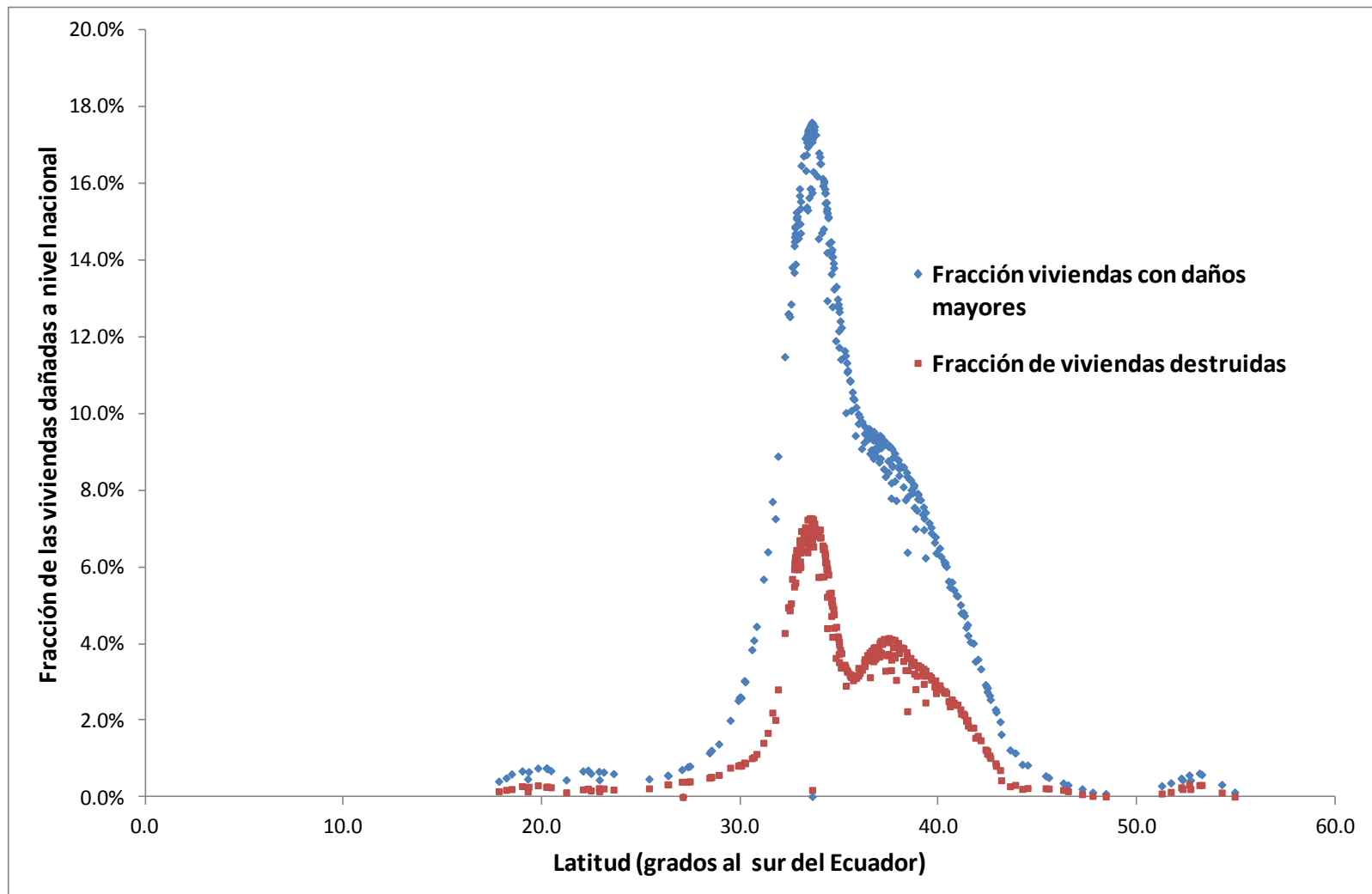
- Modelo probit anterior fue aplicado a datos del **censo de vivienda** del 2002 para
 - **predecir** la probabilidad de daño y destrucción de cada vivienda del país
 - para 346 terremotos hipotéticos similares al 27/2 (cada 1 **centrado en 1 comuna distinta**)
 - Posteriormente, se agregaron dichas probabilidades a **nivel nacional**.

Impacto (daños mayores) según comuna de epicentro

- Mayores impactos ocurrirían si terremoto estuviera centrado en comunas de la **zona central**
- Dos modas en distribución de daño según latitud
 - Paralelos 33.5, **región metropolitana** (comuna de María Pinto)
 - Paralelo 37.5, **Región VIII** (comuna de Nacimiento)



Impacto según latitud del epicentro



Comentarios finales

- Se propone método alternativo de estimar relación de atenuación
 - permite controlar por las características de las viviendas afectadas.
- Resultados:
 - Sismo centrado en zona central sería aún **más grave** que el de 27/2
 - Aparte del **efecto local**, terremoto centrado en zona norte → impacto **menor** a nivel nacional (menor densidad poblacional).
- Impactos predichos
 - **Sólo** considera efecto del terremoto (abstrayendo **riesgo tsunami**)
 - **Condicionales** en ubicación del terremoto
 - Debería ser complementada c/ análisis geofísicos predictivos de **terremotos futuros** (por ejemplo, Barrientos, 1980).
- Resultados no implican que debieran reemplazarse métodos tradicionales de construcción
 - Existen **métodos de reforzamiento** de bajo costo que han sido ensayados en varios proyectos en la región
 - Ej: CERESIS (1999) y Getty Conservation Institute (2005)

Viviendas de adobe en Chile: Simulando el impacto de futuros terremotos

Eduardo Fajnzylber, Ph.D.

Escuela de Gobierno, Universidad Adolfo Ibáñez