

# Series de actividad sísmica: escalamiento en redes de visibilidad

Lev Guzmán Vargas et al.

Lab. Sistemas Complejos, Unidad Profesional interdisciplinaria en Ingeniería y Tecnologías Avanzadas, Instituto Politécnico Nacional  
<http://sites.google.com/site/guzmanlev/>

CCS-IPN, agosto 28, 2013



- Redes Complejas: Organización

- ▶ Textos
- ▶ Redes Sociales
- ▶ Redes Físicas y Biológicas

- Señales Geoelectricas: Precursores Sísmicos

- Señales Fisiológicas: Variabilidad Cardíaca



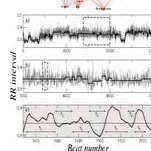
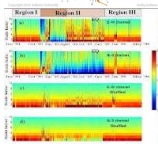
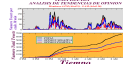
Complex Systems Lab

UPIITA-IPN

Welcome

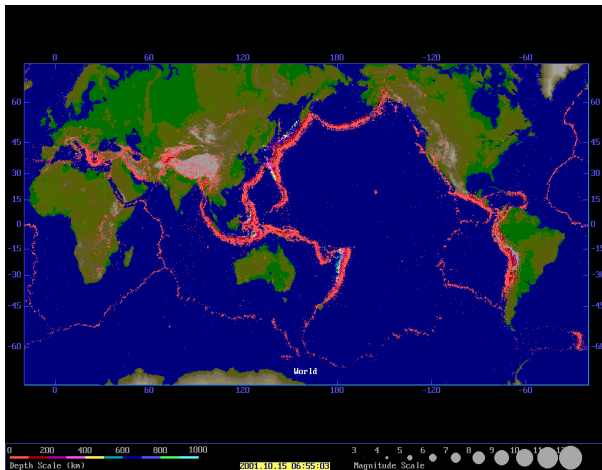


twitter



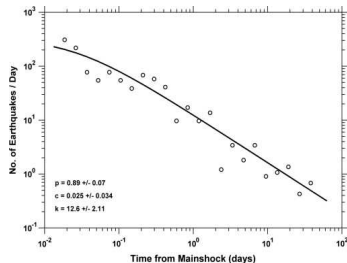
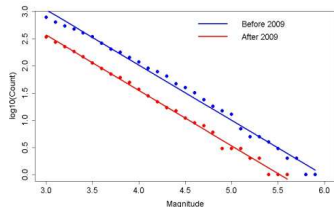
- 1 Antecedentes
- 2 Redes y series de tiempo
  - Redes de visibilidad: series de tiempo
- 3 Detectando Escalamiento
  - Redes de visibilidad: Italia, California, México
- 4 Conclusiones





## Relaciones empíricas:

- Ley de Gutenberg-Richter  
 $\log N(> M) = a - bM$   
 $M$  es la magnitud.
- Ley de Omori:  
 $n(t) \sim \frac{1}{(c+t)^p}$   
 $n(t)$  es el número de sismos.
- Energía y Magnitud:  
 $\log_{10} E = aM_s - b$



1 Antecedentes

2 Redes y series de tiempo

- Redes de visibilidad: series de tiempo

3 Detectando Escalamiento

- Redes de visibilidad: Italia, California, México

4 Conclusiones



Red: nodos y enlaces

**Conectividad:** Distribución de grado

$P(k)$

$$k_i = \sum_{j=1}^N a_{ij}$$

**Centralidad ( $B$ ):** Número de rutas más cortas que pasan por un nodo

$$B_i = \sum_{j,k \neq i} \frac{b_{jk}(i)}{b_{jk}}$$

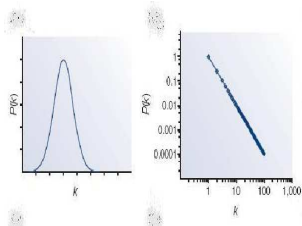
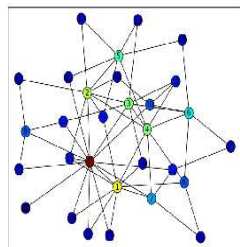
**Clustering ( $C$ ):** Número de triángulos

$$C_i = \frac{2E_i}{k_i(k_i-1)}$$

**Conectividad de vecino cercano**

( $k_{nn}$ ):

$$\bar{k}_{nn,i} = \frac{1}{k_i} \sum_{j=1}^N a_{ij} k_j$$



- Dada una serie de tiempo:

$$M_1, M_2, M_3 \dots M_n$$

- Nodos: sismos (eventos)

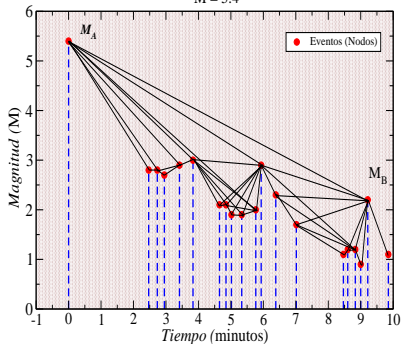
- Enlaces: visibilidad

$$M_C < M_B + (M_A - M_B) \frac{t_B - t_C}{t_B - t_A}$$

- Red conectada: N nodos, M enlaces

Serie sísmica : Visibilidad

M = 5.4



L. Lacasa et al., PNAS, 2008





## 1 Antecedentes

## 2 Redes y series de tiempo

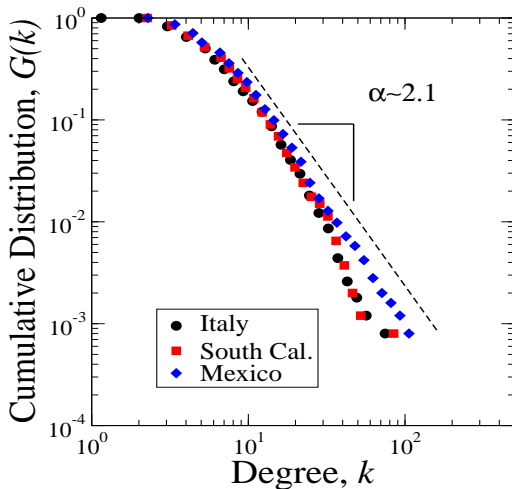
- Redes de visibilidad: series de tiempo

## 3 Detectando Escalamiento

- Redes de visibilidad: Italia, California, México

## 4 Conclusiones

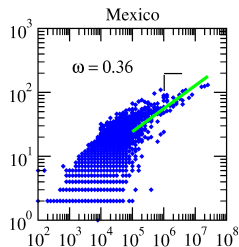
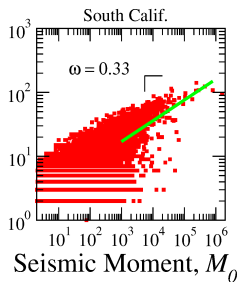
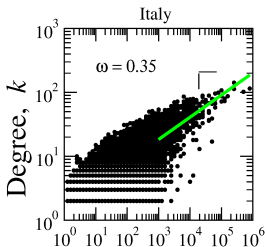




# Análisis de catálogos: Grado vs. Magnitud

$$k \sim M_0^\omega,$$

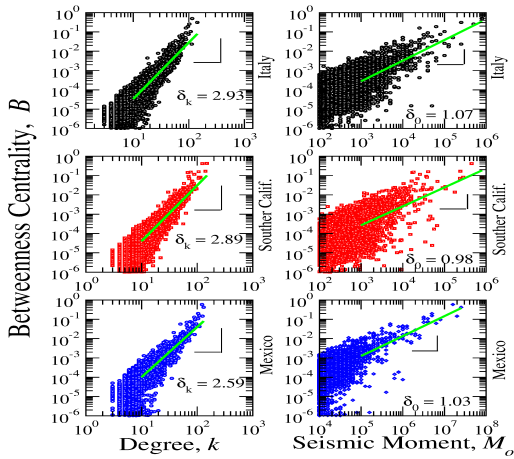
donde  $M_0 = 10^M$ ,  $\sim$  momento sísmico



# Análisis de catálogos: Centralidad

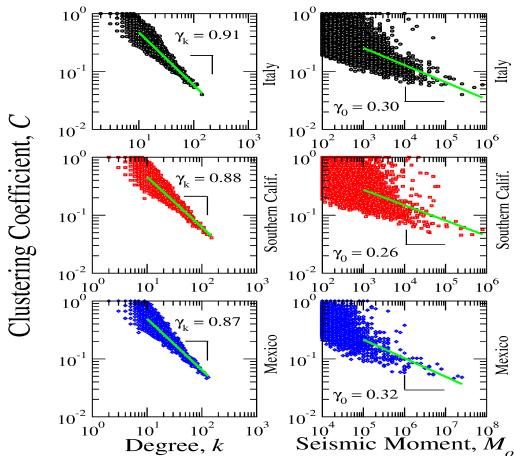
$$B(k) \sim k^{\delta_k}$$

$$B(M_0) \sim M_0^{\delta_0},$$



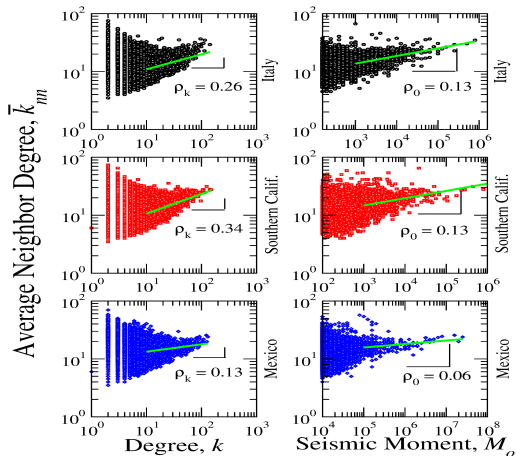
$$C(k) \sim k^{\gamma_k}$$

$$C(M_0) \sim M_0^{\gamma_0}$$



$$k_{nn}(k) \sim k^{\rho_k}$$

$$k_{nn}(M_0) \sim M_0^{\rho_0}$$



- 1 Antecedentes
- 2 Redes y series de tiempo
  - Redes de visibilidad: series de tiempo
- 3 Detectando Escalamiento
  - Redes de visibilidad: Italia, California, México
- 4 Conclusiones



- La presencia de **Escalamiento** caracteriza muchos sistemas en la naturaleza. No hay escala característica
- El escalamiento observado en catálogos sísmicos es consistente con leyes empíricas de la sismología.
- La transformación a redes de visibilidad permite ver nuevas formas de escalamiento.
- Más estadística es necesaria para generalizar propiedades de redes emergentes y sus implicaciones sobre la dinámica de la actividad sísmica.







B. Aguilar San Juan (ESFM-IPN)

Magnitude earthquake time series: Scaling properties of visibility graphs.

B. Aguilar and L. Guzmán-Vargas. Submitted to *Eur. Phys. J. - B* (2013).

# GRACIAS!