



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 Geoeléctricas: Precusores Sísmicos

- Señales Fisiológicas: Variabilidad Cardíaca



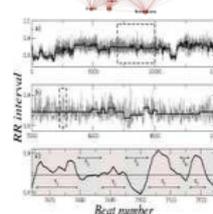
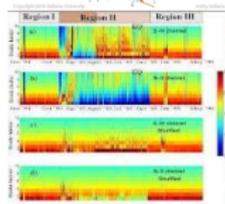
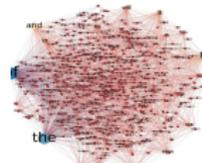
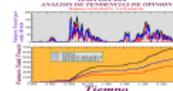
Complex Systems Lab

UPIITA-IPN

Welcome

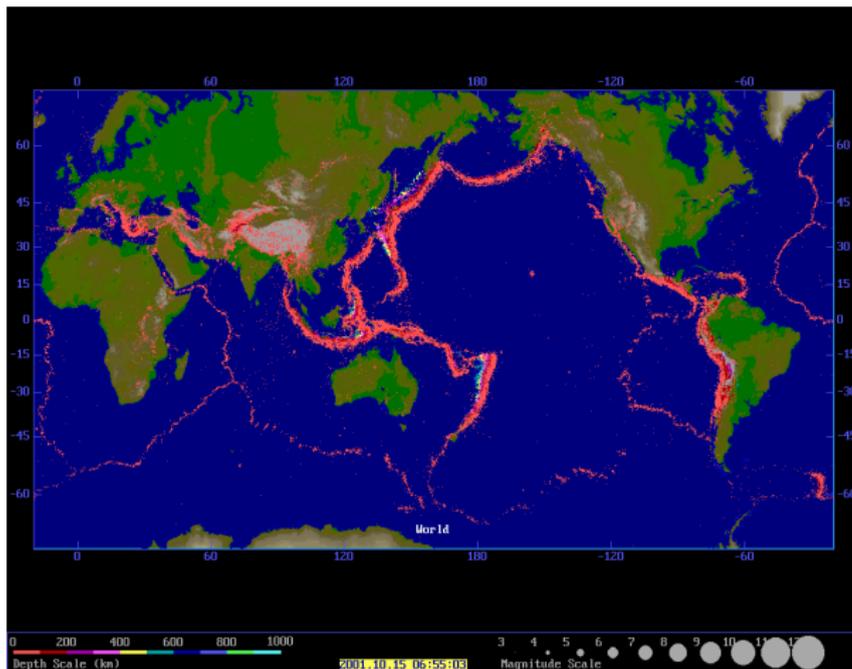


twitter



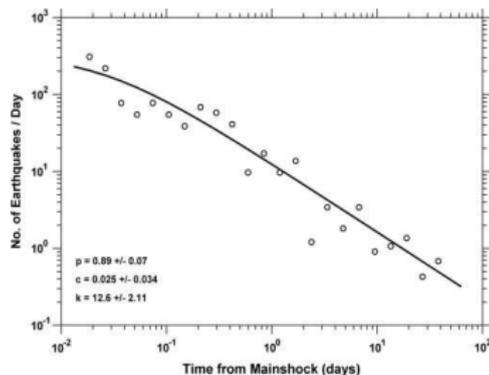
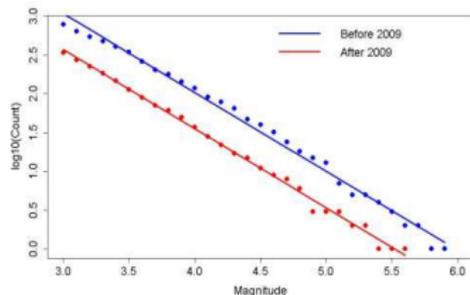
- 1 Antecedentes
- 2 Redes y series de tiempo
 - Redes de visibilidad: series de tiempo
- 3 Detectando Escalamiento
 - Redes de visibilidad: Italia, California, México
- 4 Conclusiones





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

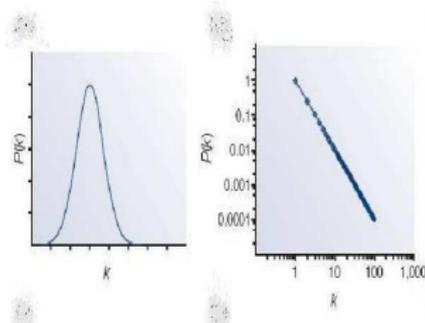
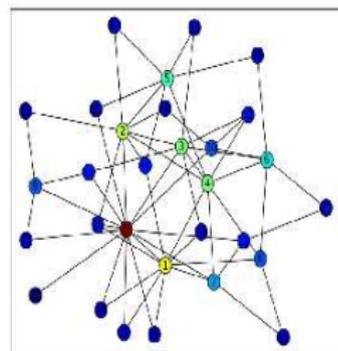
$$B_i = \sum_{j,k \neq i} \frac{b_{jk}(i)}{b_{jk}}$$

Clustering (C): Número de triángulos

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

Conectividad de vecino cercano (k_{nn}):

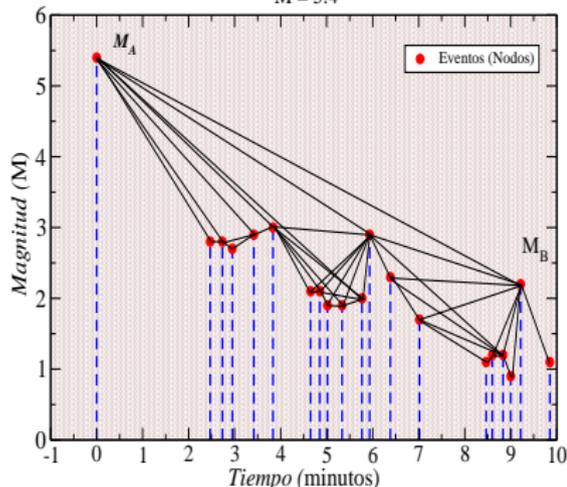
$$\bar{k}_{nn,i} = \frac{1}{k_i} \sum_{j=1}^N a_{ij} k_j$$



- 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

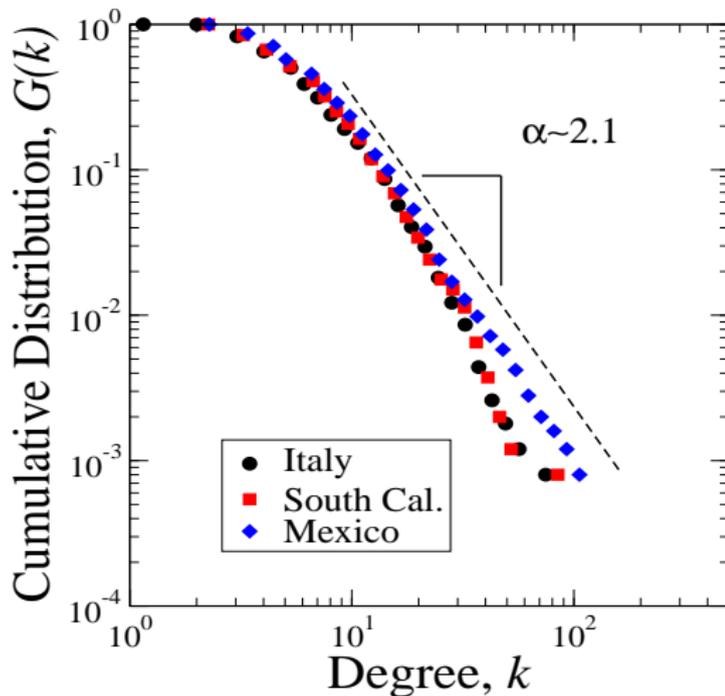
- Redes de visibilidad: series de tiempo

3 Detectando Escalamiento

- Redes de visibilidad: Italia, California, México

4 Conclusiones

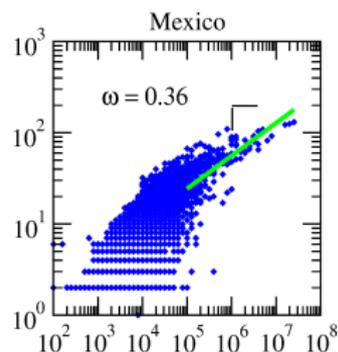
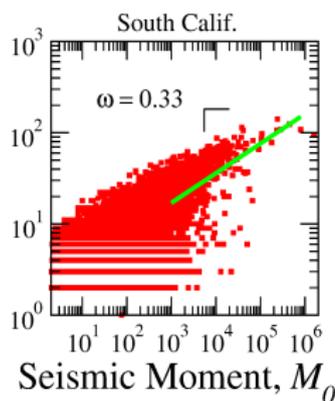
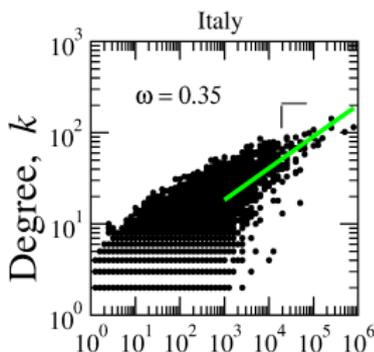




Análisis de catálogos: Grado vs. Magnitud

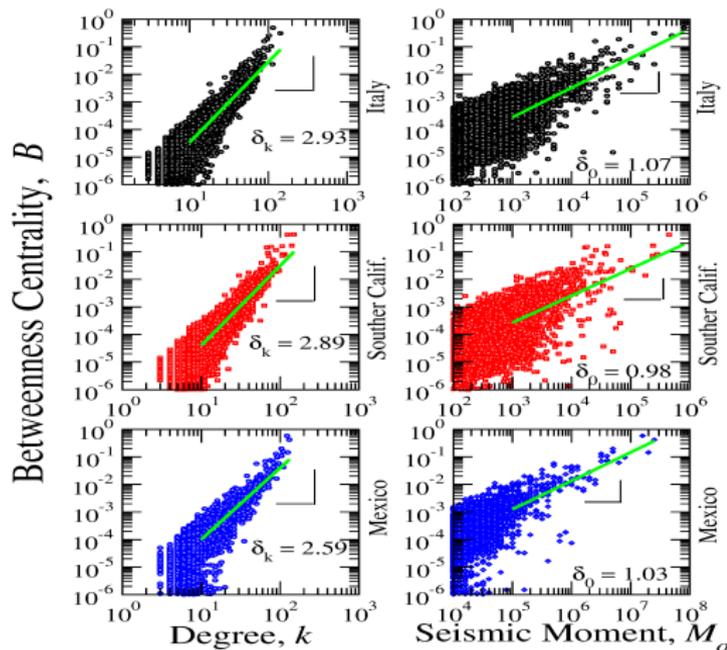
$$k \sim M_0^\omega,$$

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



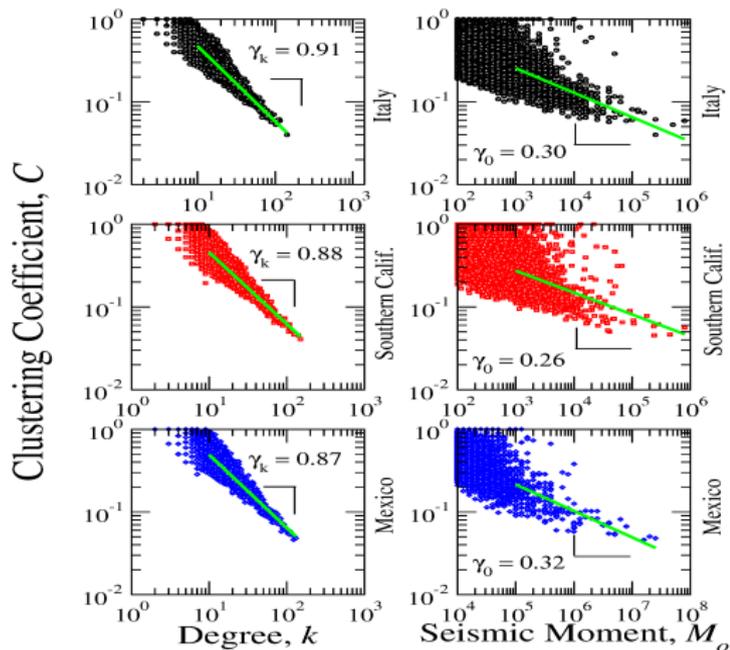
$$B(k) \sim k^{\delta_k}$$

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



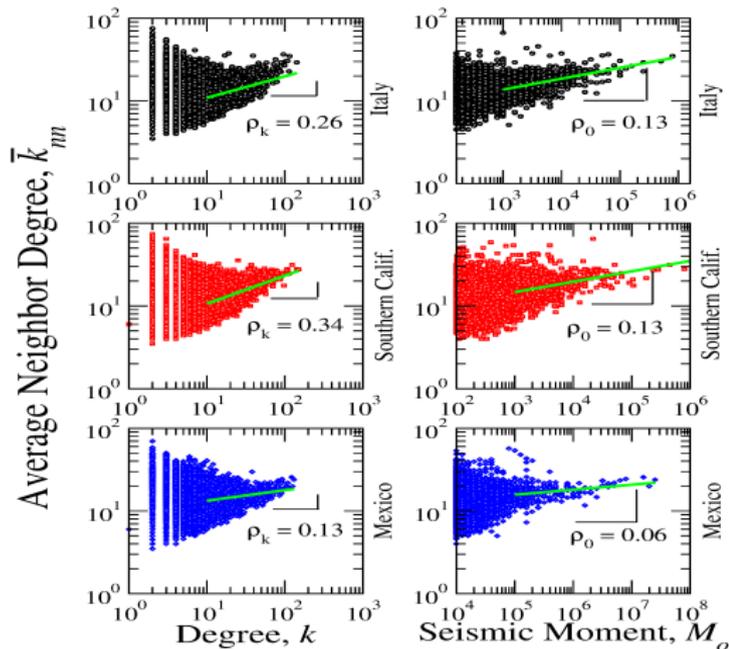
$$C(k) \sim k^{\gamma_k}$$

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



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

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



- 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!