

LOS DISTURBIOS DE OCTUBRE DEL 2019 EN SANTIAGO, MODELAMIENTO MATEMÁTICO Y SU RELACIÓN CON EL TRANSPORTE PÚBLICO

Carlos Cartes

Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas
Universidad de los Andes, Santiago, Chile.

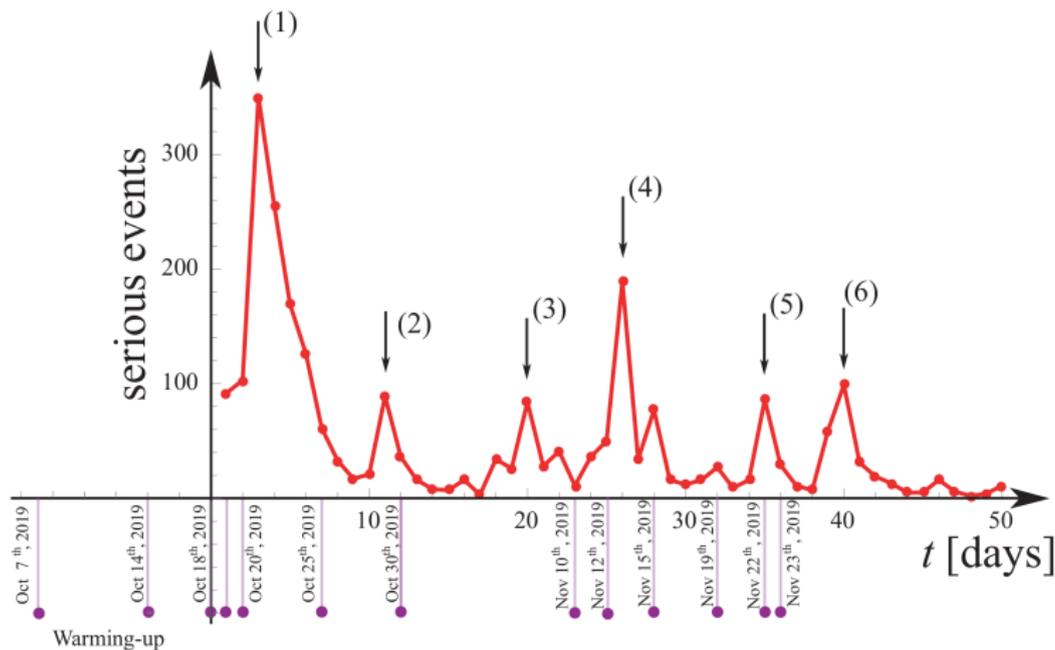
24 de Octubre, 2023

Violencia generalizada y desórdenes en Chile y otros países Latinoamericanos, durante el 2019.



- 31 muertes confirmadas.
- 359 civiles parcial o totalmente cegados.
- 3600 civiles heridos.
- 2000 policías heridos.
- 17300 detenidos.
- 1,1 % del PIB en daños a la propiedad pública y privada.

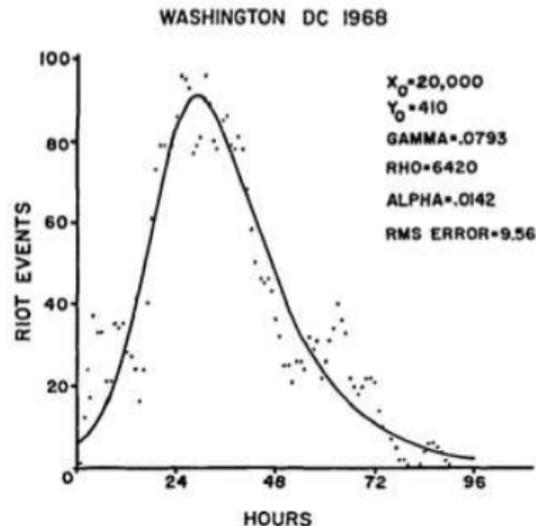
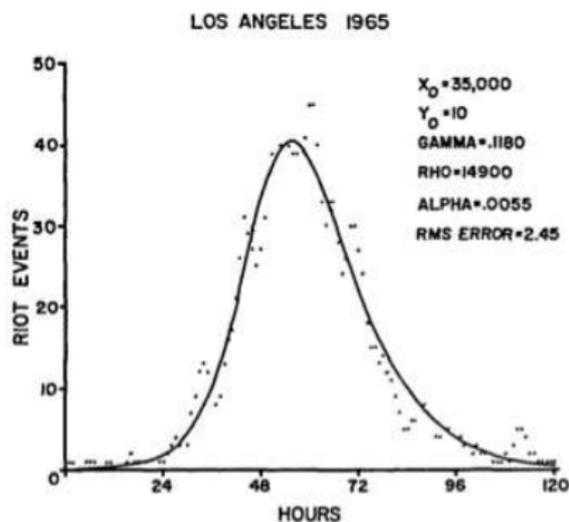
Números de eventos serios en Chile, desde Octubre 2019.
Datos del Instituto Nacional de Derechos Humanos.



The dynamics of riot growth: An epidemiological approach

Stephen L. Burbeck, Walter J. Raine and M. J. Abudu Stark

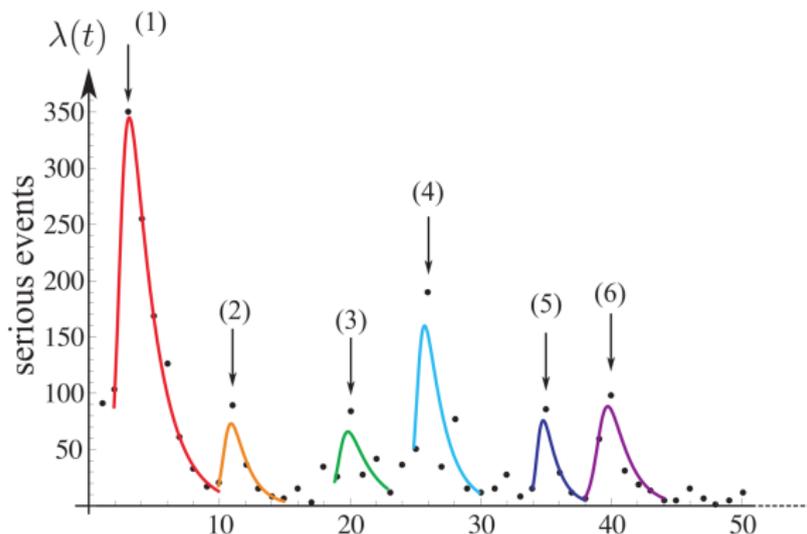
Journal of Mathematical Sociology, 1978.



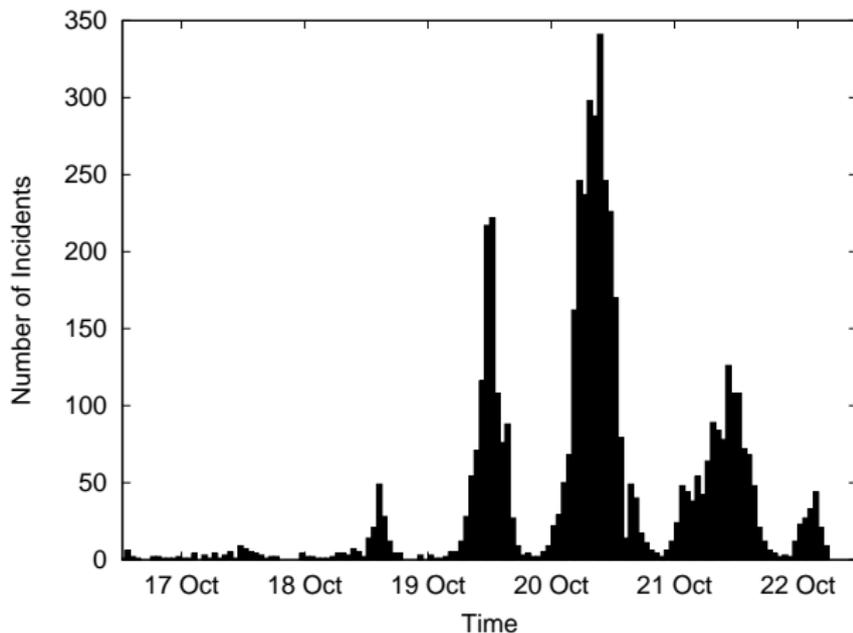
The anatomy of the 2019 Chilean social unrest

Paulina Caroca, Carlos Cartes, Toby P. Davies, Jocelyn Olivari, Sergio Rica and Katia Vogt

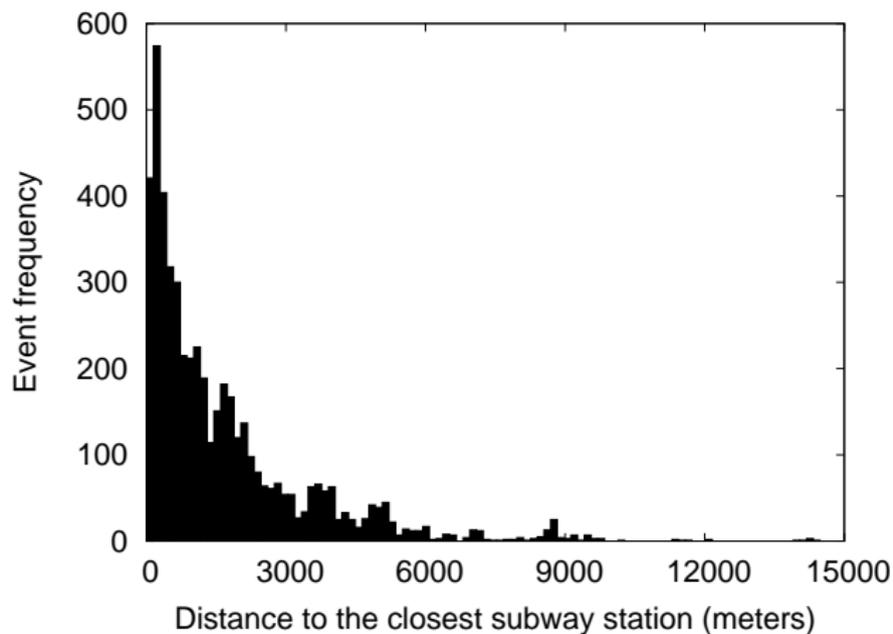
Chaos: An Interdisciplinary Journal of Nonlinear Science, 2020.



Distribución por hora de las denuncias en Santiago, Octubre 2019.
Datos de Sosafe.



Frecuencia de eventos, como función de la distancia al metro.

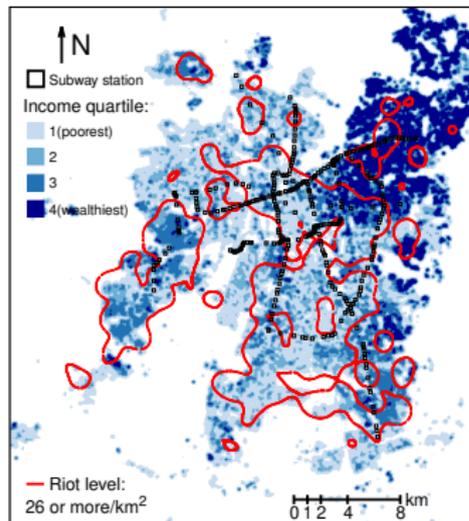
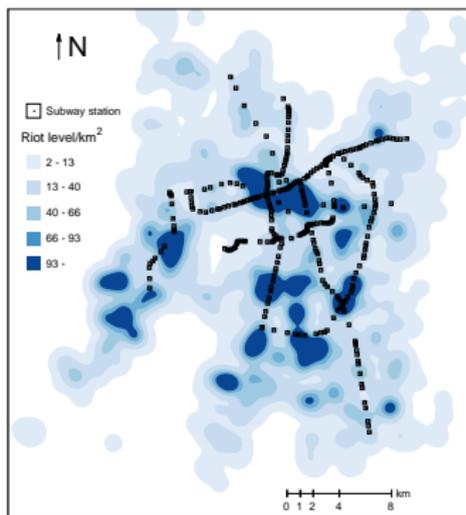


Riots and subways, a relationship moderated by the neighborhood's income level

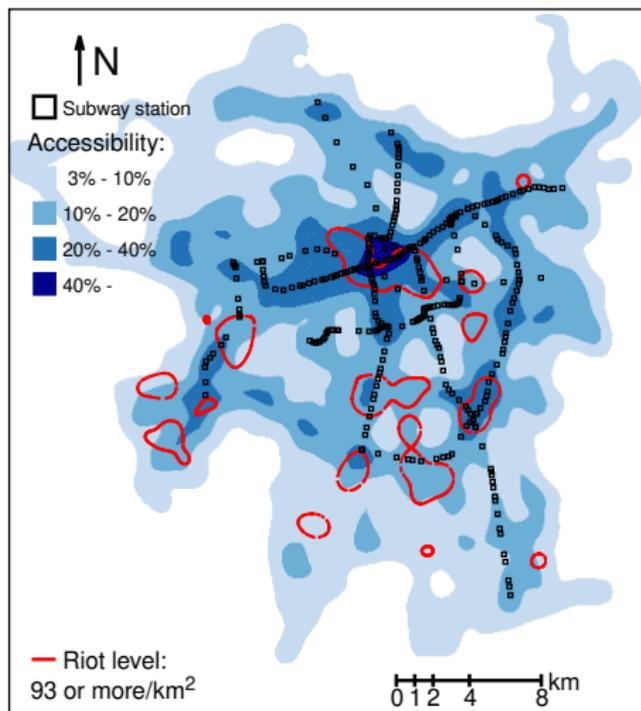
Carlos Cartes, Kenzo Asahi and Rodrigo Fernández.

Scientific Reports, 2022.

Distribución espacial de las denuncias en Santiago.



Distribución espacial de la accesibilidad en Santiago.

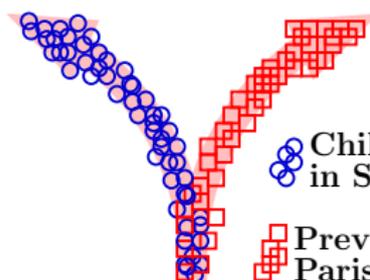


Conclusiones importantes:

- Los disturbios de Santiago muestran el comportamiento agregado usual, crecimiento exponencial y decaimiento rápido.
- Una diferencia con otros desórdenes es su relación con la red de transporte, especialmente el Metro.
- La relación entre la intensidad de los desórdenes y el ingreso de los habitantes, es muy distinta a cualquier caso reportado antes.

High social and historic relevance

High population density/deprivation



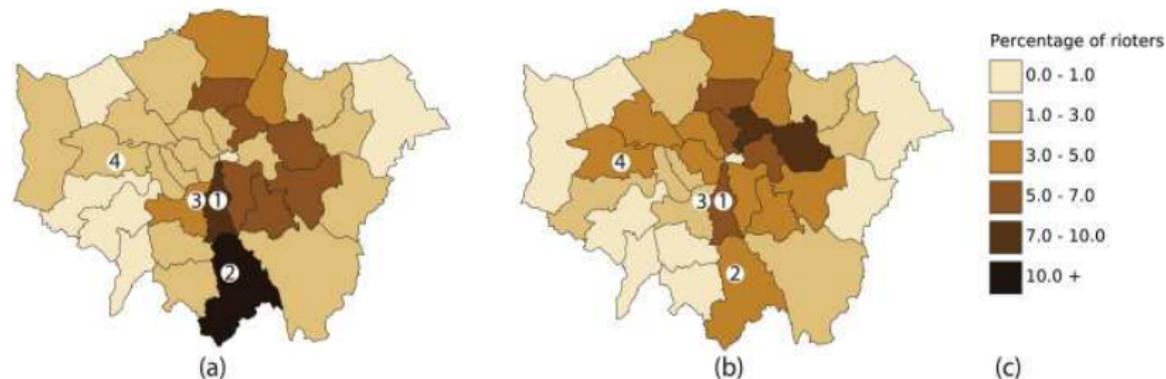
Chilean riots of 2019, specially in Santiago (Cartes et al.).

Previous reports: U.S. 1960's (Spilerman), Paris 2005 (Bonnasse-Gahot et al.), London 2011 (Davies et al.), etc

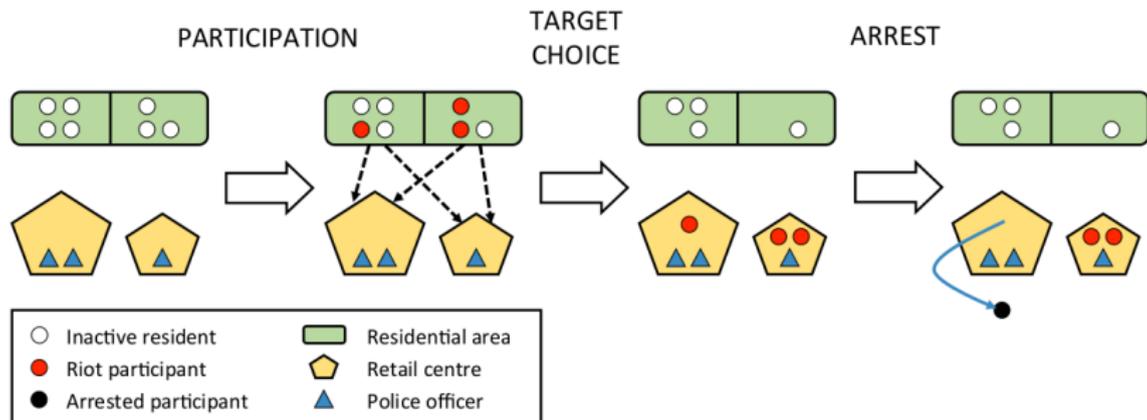
A mathematical model of the London riots and their policing

Toby P. Davies, Hannah M. Fry, Alan G. Wilson and Steven R. Bishop.

Scientific Reports, 2013.



MODELAMIENTO: LONDRES 2011

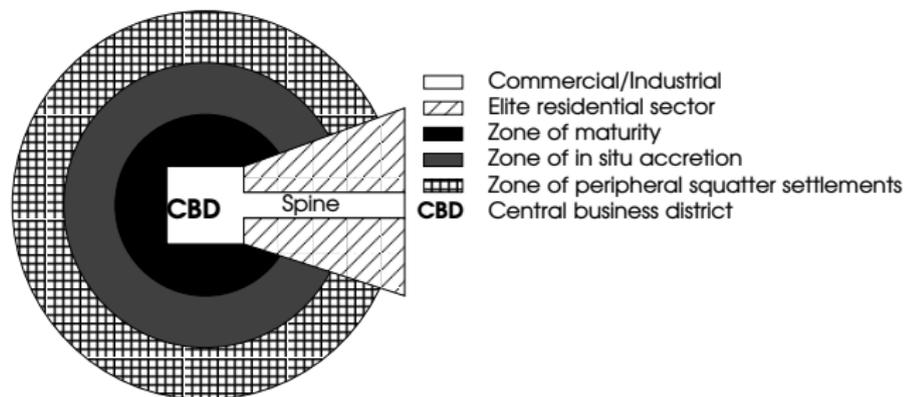


MODELAMIENTO: CIUDADES LATINOAMERICANAS

Probamos el modelo sobre un patrón típico de ciudad Latinoamericana, propuesto por Ford y Griffin en 1980.

Public disorder and transport networks in the Latin American context

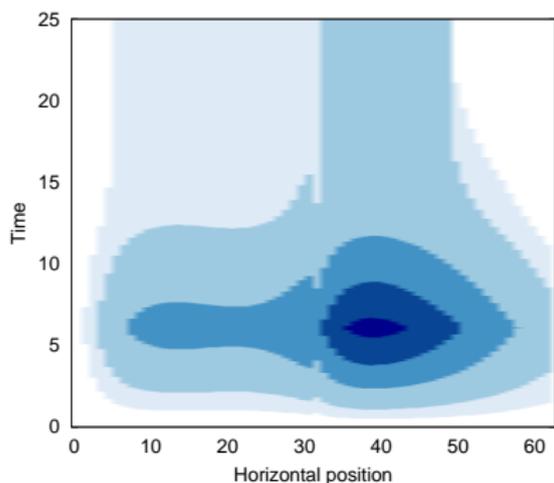
Carlos Cartes and Toby P. Davies. *Chaos, Solitons & Fractals*, 2021.



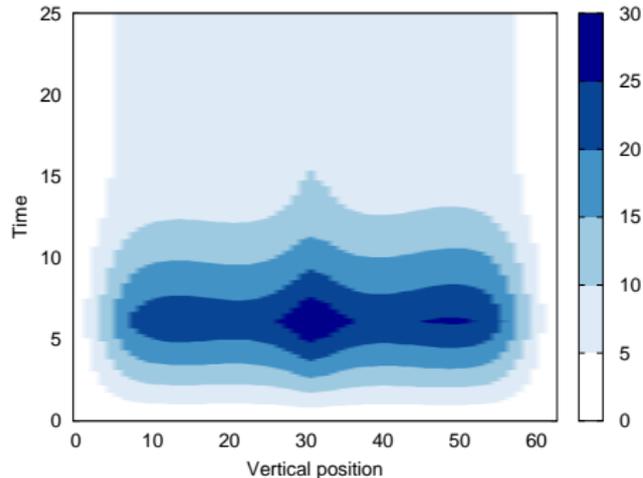
- Válido en muchas ciudades grandes.
- Tiene altos niveles de segregación.
- Consecuencia de las migraciones campo--ciudad ~1930.

MODELAMIENTO: CIUDADES LATINOAMERICANAS

Distribución de la intensidad de los disturbios



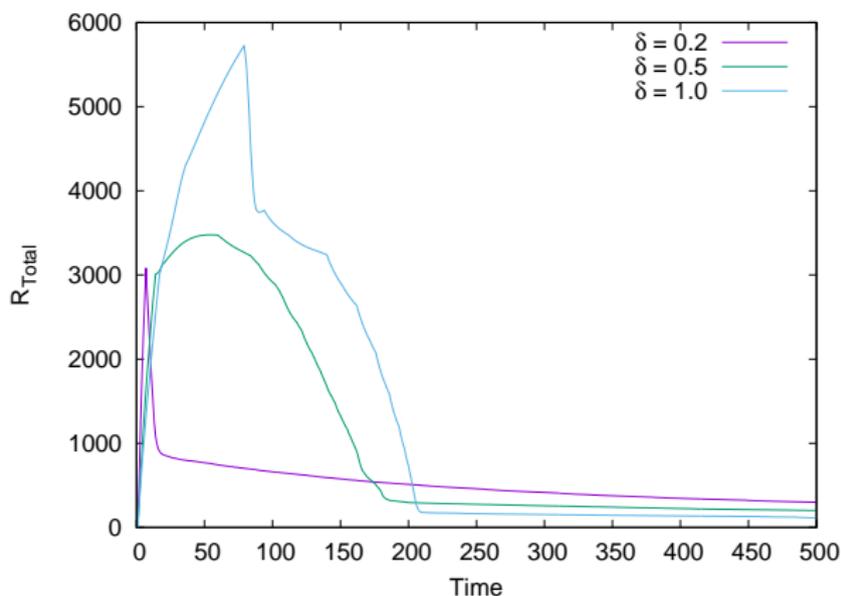
Horizontal



Vertical

MODELAMIENTO: CIUDADES LATINOAMERICANAS

Evolución de $R_{\text{Total}} = \sum R_j$, con diferentes redes de transporte.



Sin red de transporte se necesita el doble de policías para controlar la situación.

Conclusiones importantes:

- El modelo recrea algunas de las características importantes, observadas en los disturbios de Santiago.
- La red de transporte hace que los desórdenes se concentren en ciertas áreas específicas y los hace más breves.
- La ausencia de la red de transporte hace que los desórdenes se extiendan sobre un área más amplia, duren más y requieran más fuerzas policiales para ser controlados.

Modelo epidemiológico, extensión no local de la formulación de Burbeck (1978).

Epidemiological modelling of the 2005 french riots: a spreading wave and the role of contagion L. Bonnasse-Gahot, H. Berestycki, M.-A. Depuiset, M. B. Gordon, S. Roché, N. Rodriguez y J.-P. Nadal.
Scientific Reports, 2018.

$$\begin{aligned}\frac{d\lambda_k}{dt} &= -\omega_k \lambda_k + \sigma_k \Phi[\Lambda_k] \\ \frac{d\sigma_k}{dt} &= -\sigma_k \Phi[\Lambda_k].\end{aligned}$$

λ_k : Intensidad de los desórdenes.

σ_k : Reserva de población.

MODELAMIENTO: FRANCIA 2005

Modelo epidemiológico, extensión no local de la formulación de Burbeck (1978).

Epidemiological modelling of the 2005 french riots: a spreading wave

and the role of contagion L. Bonnasse-Gahot, H. Berestycki, M.-A.

Depuiset, M. B. Gordon, S. Roché, N. Rodriguez y J.-P. Nadal.

Scientific Reports, 2018.

$$\begin{aligned}\frac{d\lambda_k}{dt} &= -\omega_k \lambda_k + \sigma_k \Phi[\Lambda_k] \\ \frac{d\sigma_k}{dt} &= -\sigma_k \Phi[\Lambda_k].\end{aligned}$$

λ_k : Intensidad de los desórdenes.

σ_k : Reserva de población.

MODELAMIENTO: FRANCIA 2005

Modelo epidemiológico, extensión no local de la formulación de Burbeck (1978).

Epidemiological modelling of the 2005 french riots: a spreading wave and the role of contagion

L. Bonnasse-Gahot, H. Berestycki, M.-A. Depuiset, M. B. Gordon, S. Roché, N. Rodriguez y J.-P. Nadal.
Scientific Reports, 2018.

$$\frac{d\lambda_k}{dt} = -\omega_k \lambda_k + \sigma_k \Phi[\Lambda_k]$$
$$\frac{d\sigma_k}{dt} = -\sigma_k \Phi[\Lambda_k].$$

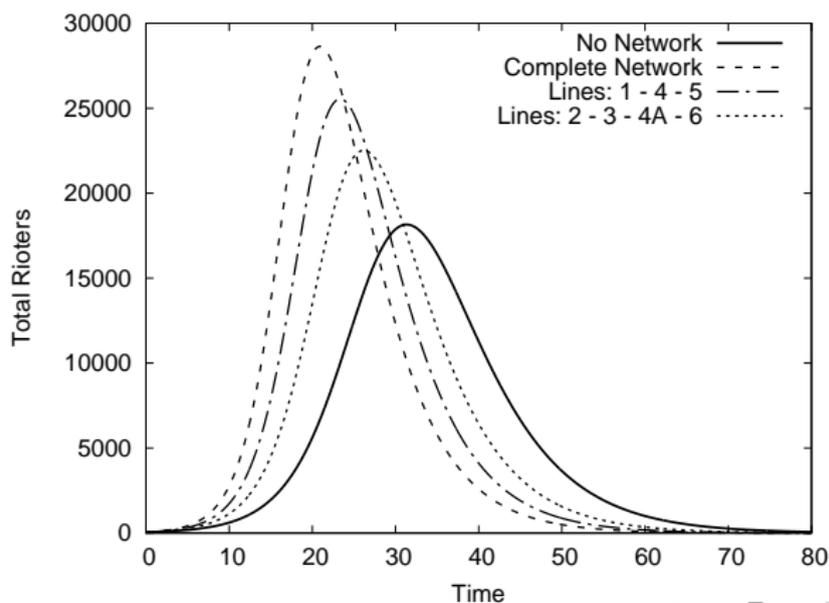
λ_k : Intensidad de los desórdenes.

σ_k : Reserva de población.

Mathematical modeling of the Chilean riots of 2019: An epidemiological non-local approach. Carlos Cartes.

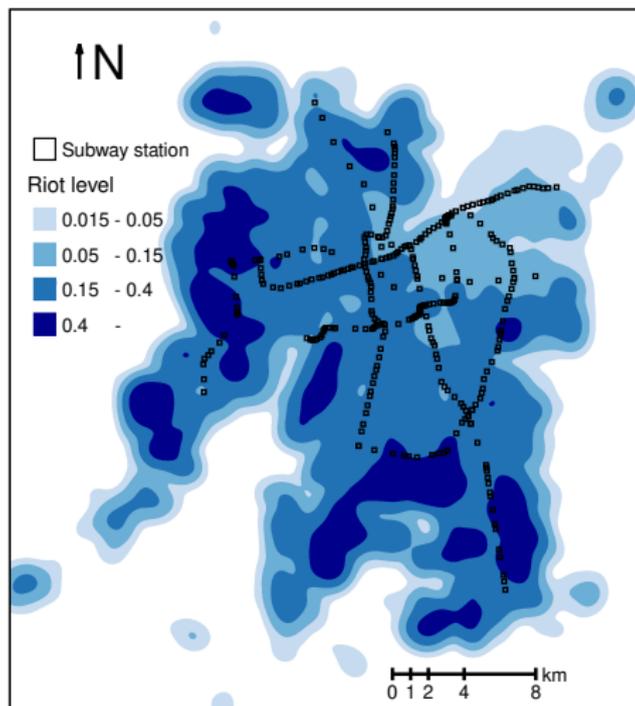
Chaos: An Interdisciplinary Journal of Nonlinear Science, 2022.

Evolución temporal de la intensidad de los disturbios



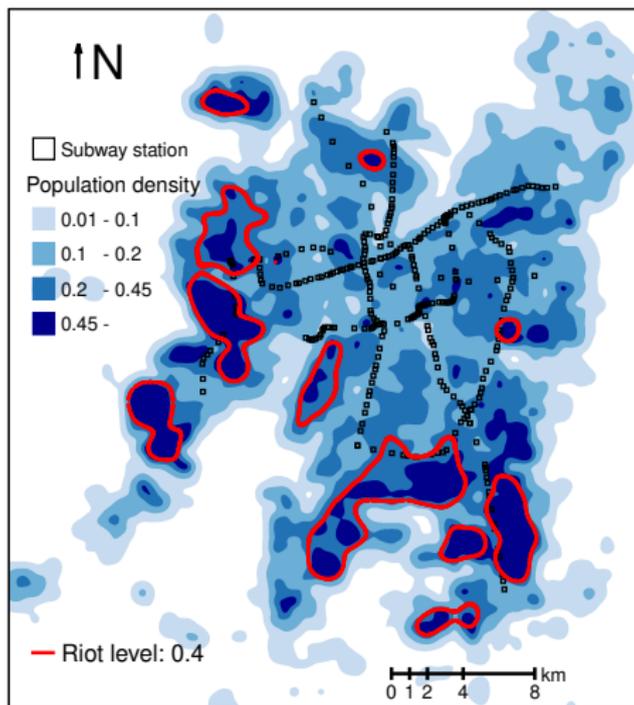
MODELAMIENTO: SANTIAGO 2019

Distribución espacial de los disturbios, usando la densidad de población como σ_k inicial, incluyendo el efecto del ingreso.



MODELAMIENTO: SANTIAGO 2019

Distribución espacial de la población.

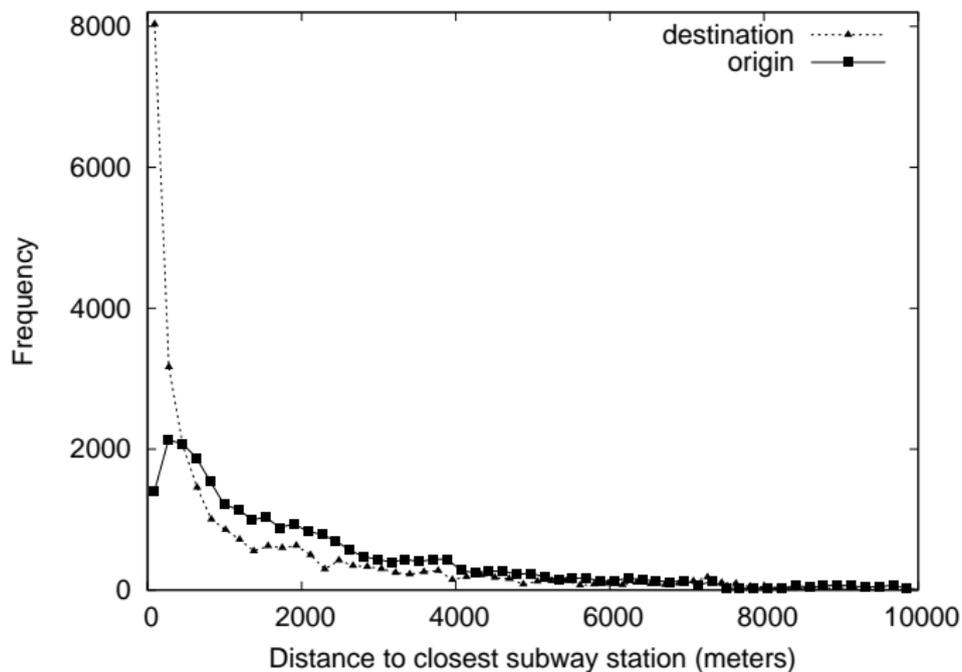


Conclusiones importantes:

- El modelo epidemiológico reproduce adecuadamente el comportamiento temporal de los disturbios.
- Por otro lado la formulación entrega una distribución espacial de los disturbios incorrecta, aparentemente las residencias no son los focos principales de actividad.
- El modelo es muy sensible a la distribución inicial de población.
- Al parecer los desórdenes observados en Santiago **requieren un mecanismo que traslade a la población.**

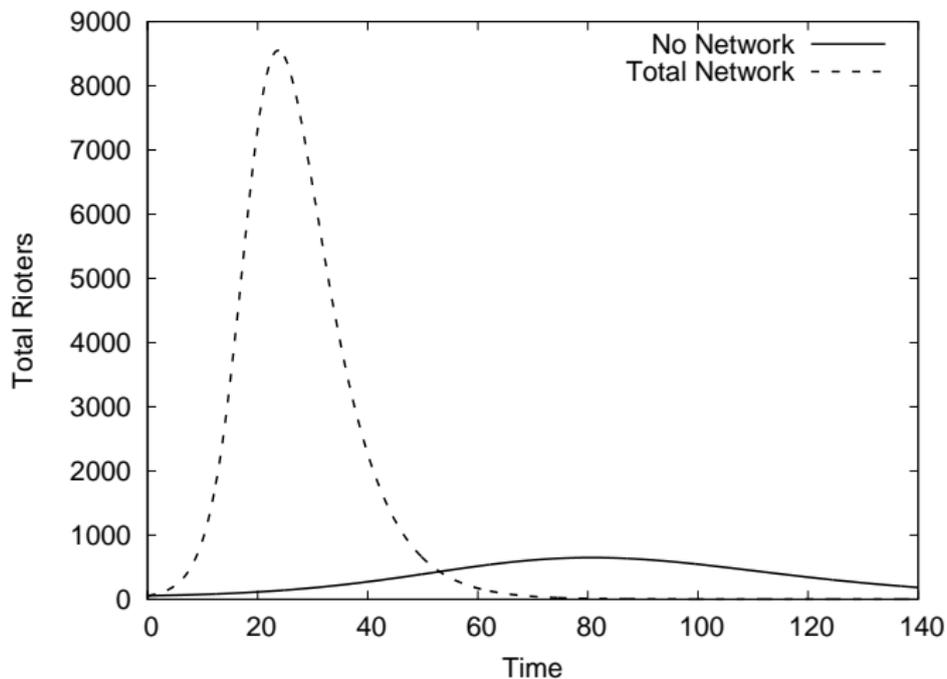
MODELAMIENTO: SANTIAGO 2019

Viajes diarios entre las 5am y 10am, Encuesta Origen Destino 2012.



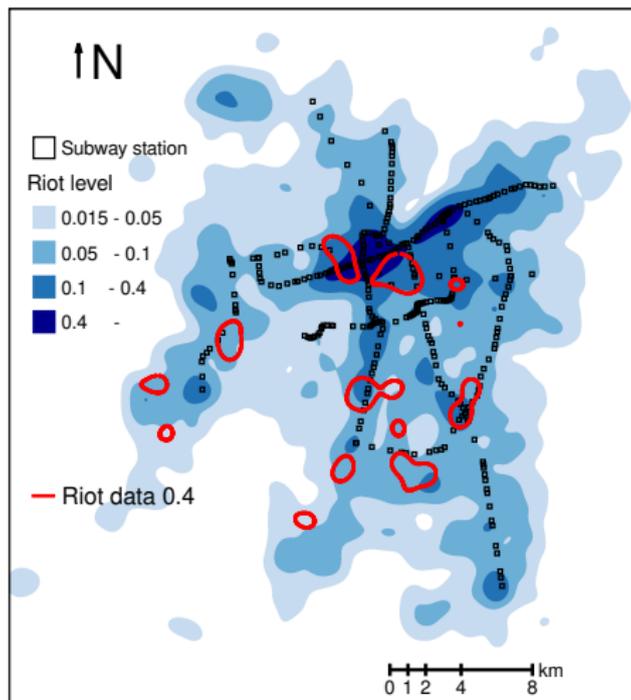
MODELAMIENTO: SANTIAGO 2019

Evolución temporal de los disturbios, usando orígenes más destinos.



MODELAMIENTO: SANTIAGO 2019

Distribución espacial de los disturbios, usando **únicamente** orígenes más destinos.



Conclusiones importantes:

- La red de transporte tiene un efecto importante en la evolución temporal de los disturbios, los hacen más intensos pero también más breves.
- Se obtiene una distribución cercana a los datos, sin tomar en cuenta ningún factor sociológico.
- La red de transporte y los viajes diarios son vitales para explicar cuáles son los lugares más afectados por los disturbios, *commuter rioters*.

CONCLUSIONES FINALES

- Los desórdenes observados en Santiago son únicos en varios aspectos.
- Causas usuales, como la pobreza o exclusión social son insuficientes para explicar adecuadamente la realidad.
- La red de transporte y los viajes diarios son vitales para replicar la distribución de los disturbios.
- Cualquier medida para mitigar los desórdenes, o predecir qué lugares serán los más afectados deben tener estos factores en cuenta.
- Predicciones rápidas:
 - I Eliminar plaza Baquedano no cambiará su accesibilidad o distribución diaria de viajes.
 - II Debido al desplazamiento de la actividad comercial, desde el centro hacia el oriente de Santiago, el principal foco de los desórdenes puede moverse hacia el metro Tobalaba en el futuro.