

Mecánica Estadística Avanzada (2023):

Modelos discretos en Sistemas Complejos

Clase 4: Modelos de interacción cultural y de medios masivos en dinámica social

Mario Cosenza



Latin American alliance for
Capacity building in Advanced physics

LA-CoNGA physics



Cofinanciado por el
programa Erasmus+
de la Unión Europea





1. Modelo de influencia cultural de Axelrod.
 - 1.1 Vector cultural.
 - 1.2 Dinámica de interacción en el modelo de Axelrod.
 - 1.3 Visualización de la dinámica de Axelrod.
 - 1.4 Transición de fase en el modelo de Axelrod.

2. Modelos de medios de comunicación masiva.
 - 2.1 Dinámica de interacción con medios masivos.
 - 2.2 Transición de fase inducida por medio masivo externo.
 - 2.3 Efecto de medios masivos externos.
 - 2.4 Efecto de medios masivos endógenos.

3. Orden alternativo con campo externo: rol de la topología.
4. Emergencia de minorías contra tendencias globales.
4. Influencia de líderes y obstáculos.



Modelo de influencia cultural de Axelrod

Modelo paradigmático para describir interacciones entre agentes en sistemas sociales.

The Dissemination of Culture: A Model with Local Convergence and Global Polarization.

R. Axelrod, *J. Conflict Resolution* **41**, 203 (1997).



Pregunta: “If people tend to become more alike in their beliefs, attitudes and behavior when they interact, why do not all differences eventually disappear?”

Propuesta: Modelo simple para explorar mecanismos de competencia entre *globalización* (uniformidad) y persistencia de *diversidad cultural*.

Definición de cultura: “Conjunto de atributos individuales que están sujetos a influencia social”.

- Premisas:**
- 1) La probabilidad de interacción entre individuos es proporcional al número de atributos culturales que comparten → *Homofilia*.
 - 2) La interacción aumenta la similitud cultural → *Influencia social*.



Vector cultural

Estado o vector cultural de i : $x_i = (\sigma_{i1}, \sigma_{i2}, \dots, \sigma_{if}, \dots, \sigma_{iF})$

$F = \#$ atributos; $q = \#$ rasgos (opciones) por atributo: $\sigma_{if} \in \{0, \dots, q-1\}$

$q^F = \#$ estados culturales equivalentes.

Ejemplo: $F=3$; $q=2 \Rightarrow 8$ estados culturales diferentes.

$$\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$



$$\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}$$



$$\begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix}$$



$$\begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$



$$\begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix}$$



$$\begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}$$



$$\begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix}$$



$$\begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix}$$



Código de colores
para visualización

Comunidad de físicos:

$x_i = (\sigma_{i1}, \sigma_{i2}, \sigma_{i3}) \rightarrow$ (trabajo, bebida, sistema operativo)

trabajo: (0) *básico*, (1) *aplicado*.

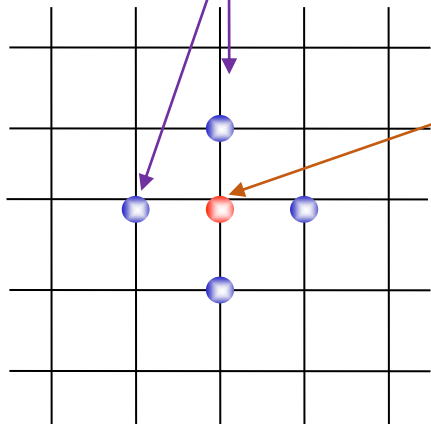
bebida: (0) *cerveza*, (1) *vino*.

Sistema op.: (0) *linux*, (1) *windows*.



Dinámica de interacción en el modelo de Axelrod

vecinos j



Red bidimensional

$$x_i = (\sigma_{i1}, \sigma_{i2}, \dots, \sigma_{if}, \dots, \sigma_{iF}) \quad x_j = (\sigma_{j1}, \sigma_{j2}, \dots, \sigma_{jf}, \dots, \sigma_{jF})$$

Algoritmo iterativo:

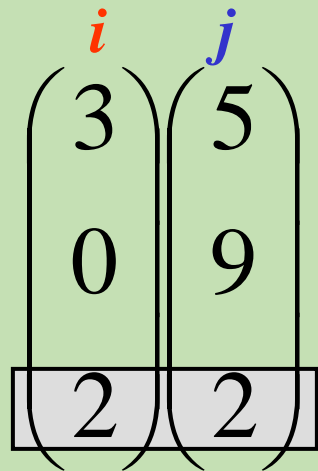
1) Seleccionar un agente i que escoge un vecino j al azar.

2) Probabilidad de interacción \propto overlap cultural entre i, j :

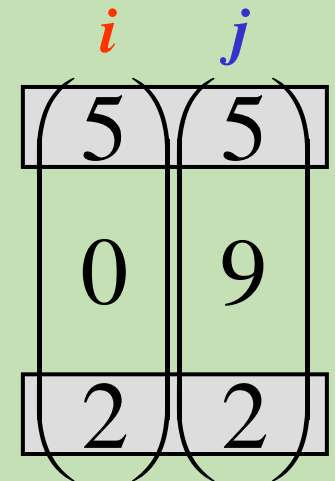
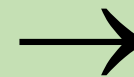
$$p_{ij} = \frac{\sum_{f=1}^F \delta_{\sigma_{if}, \sigma_{jf}}}{F}$$

3) i adopta un rasgo no compartido de $j \rightarrow$ convergencia local (dinámica disipativa)

Ejemplo: $F = 3; q = 10 \Rightarrow 10^3 (q^F)$ estados culturales equivalentes



Probabilidad interacción =
$\frac{\# \text{ atributos comunes}}{F} = \frac{1}{3}$



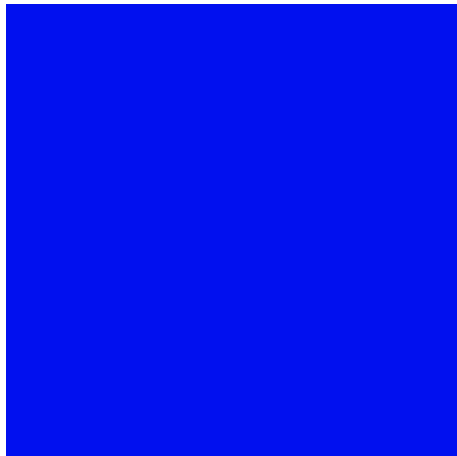
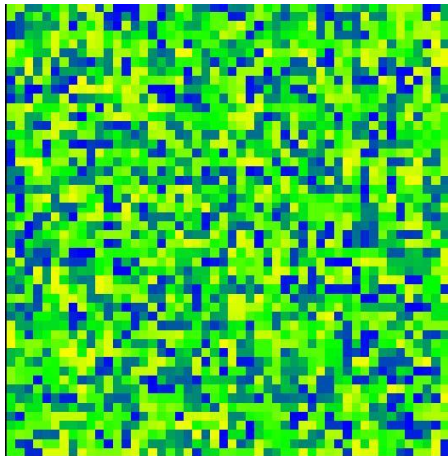
Existen estados no interactivos $p_{ij} = 0 \rightarrow$ similar a umbral o condición para interacción



Visualización de la evolución de la dinámica de Axelrod

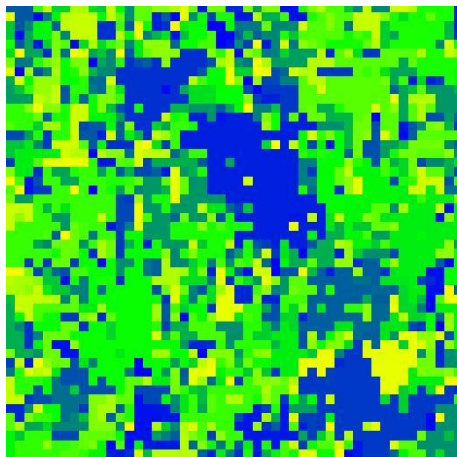
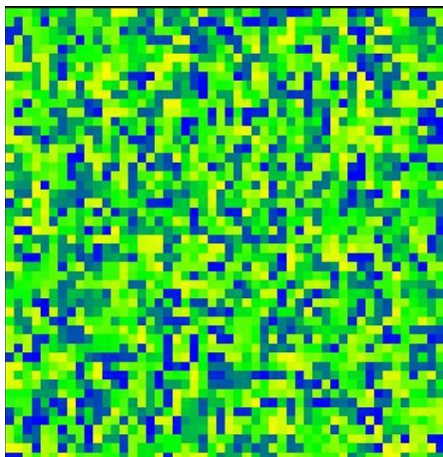
$t = 0$ estado inicial desordenado | $t \rightarrow \infty$ estado final

q pequeño



homogéneo

q grande



$N = 50 \times 50$ (red bidimensional)

$F = 10$ fijo (# atributos)

Variar q (# opciones)

- **Dominio:** conjunto de agentes conectados que comparten el mismo estado (o color).
- Número de dominios N_g : una medida de diversidad cultural (sociología)
- Tamaño normalizado (divido por N) del dominio mas grande: parámetro de orden para transición homogeneidad \leftrightarrow diversidad.
- Modelo ilustra cómo la convergencia local puede generar multiculturalidad a nivel colectivo.



Transición de fase en el modelo de Axelrod

Parámetros estadísticos de orden:

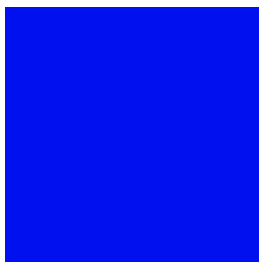
- Tamaño promedio del dominio cultural mas grande (promediado sobre muchas realizaciones): $\langle S_{\max} \rangle$
- Fracción media del número de dominios: $g = \frac{\langle N_g \rangle}{N}$

$$\frac{\langle S_{\max} \rangle}{N} =$$

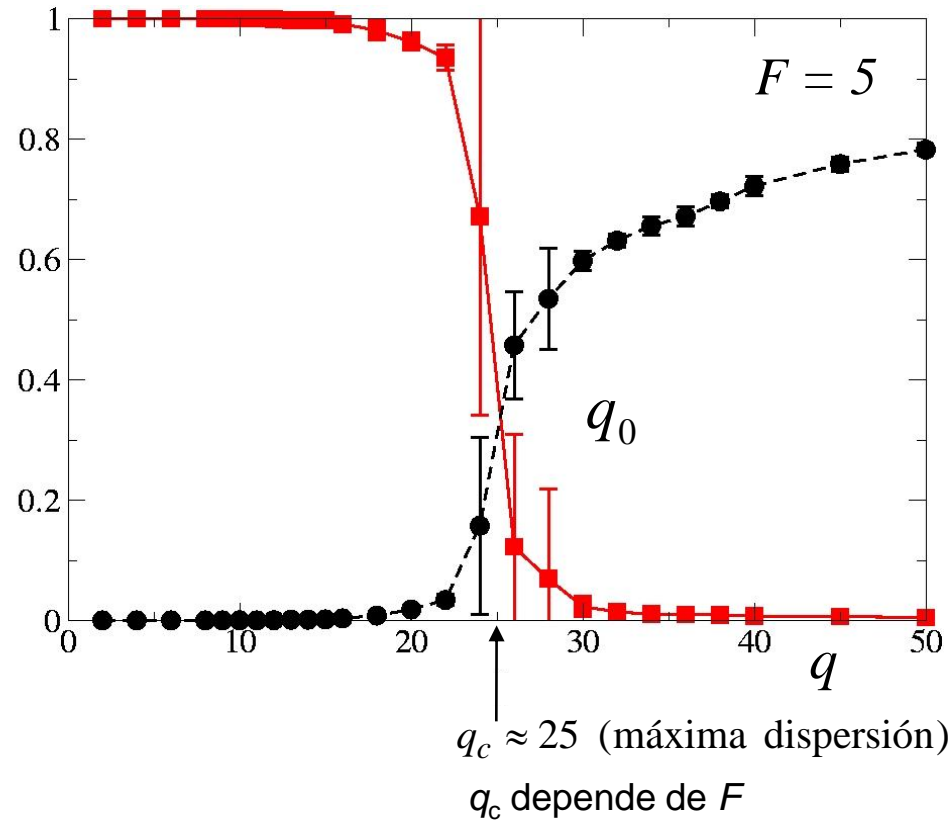
tamaño medio normalizado del dominio más grande

$$g = \frac{\langle S_{\max} \rangle}{N}$$

$$\frac{\langle S_{\max} \rangle}{N} = 1$$

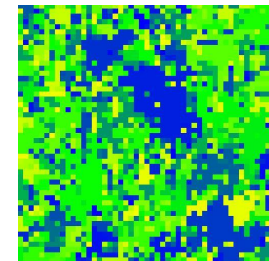


$q < q_c$: Orden,
Homogeneidad cultural



$$N = 50 \times 50$$

Transición de fase discontinua en limite $N \rightarrow \infty$ para un valor $q = q_c$



$$\frac{\langle S_{\max} \rangle}{N} \rightarrow 0$$

$q > q_c$: Desorden,
Diversidad cultural



Modelos de medios de comunicación masiva

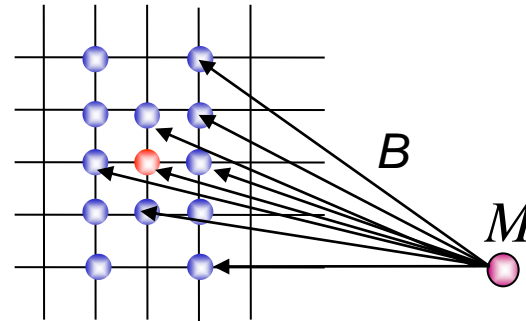
JC González-Avella, MG Cosenza, K Tucci, PRE 72, 065102(R) (2005).

Mensaje cultural o vector del medio: $M = (\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_f, \dots, \mu_F)$ $\mu_f \in \{0, \dots, q-1\}$

1. Campo externo:

μ_f fijo en tiempo,
uniforme $\forall i$

“propaganda o publicidad”



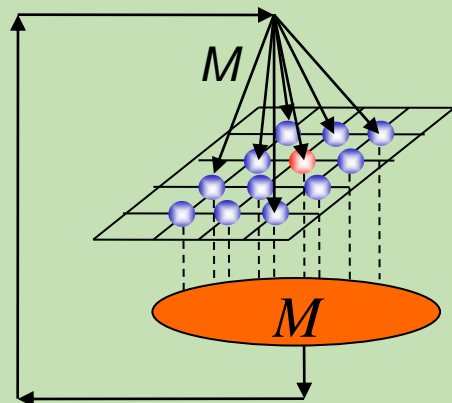
Parámetro $B \in [0,1]$:

probabilidad de interacción de M sobre todo i ;
“intensidad” del medio (frecuencia, volumen, tamaño)

2. Campos autónomos: Medios endógenos:

Global (CNN):

$\mu_f = \sigma_{jf}$ atributo más abundante (moda) en el sistema

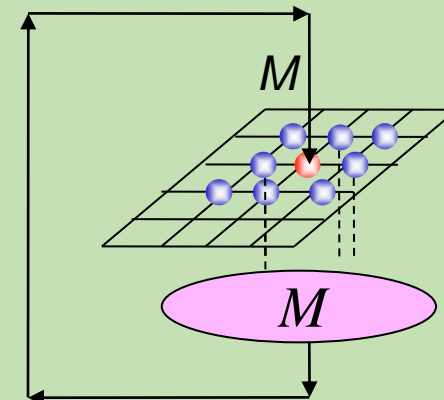


$M =$ feedback de la tendencia cultural global o moda

- uniforme
- dependiente de t

Local (TV regional):

$\mu_f = \sigma_{jf}$ atributo más abundante en entorno de i



- M varía con i

- no uniforme
- dependiente de t



Dinámica de interacción con medios masivos

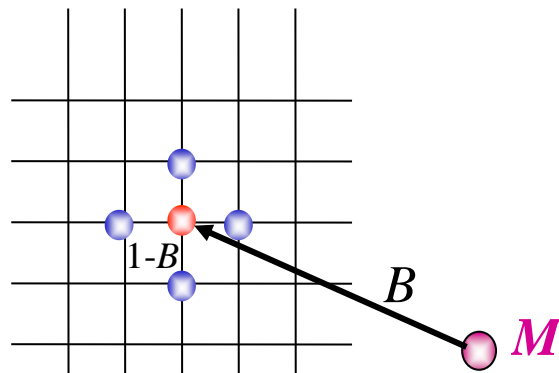
Estado agente i : $x_i = (\sigma_{i1}, \sigma_{i2}, \dots, \sigma_{if}, \dots, \sigma_{iF})$

Estado del medio: $M = (\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_f, \dots, \mu_F)$

Parámetro $B \in [0, 1]$: probabilidad que tiene M de actuar sobre i en una iteración;
probabilidad de capturar atención de i ; “intensidad” del mensaje.

$1 - B$: probabilidad de interactuar con j seleccionado al azar entre vecinos de i .

\Rightarrow M actúa como un vecino adicional efectivo de i .



si M captura atención

$$p_{iM} = \frac{\sum_{f=1}^F \delta_{\sigma_{if}, \mu_f}}{F}$$

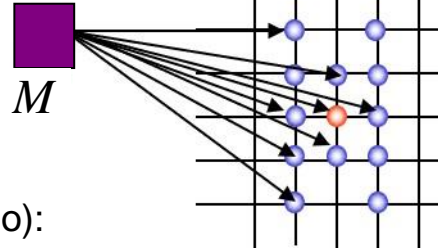
Interacción de i con M : i adopta un atributo no compartido con M , con probabilidad $B \times p_{iM}$

Interacción de i con vecino j : i adopta un atributo no compartido con j , con probabilidad $(1 - B) \times p_{ij}$

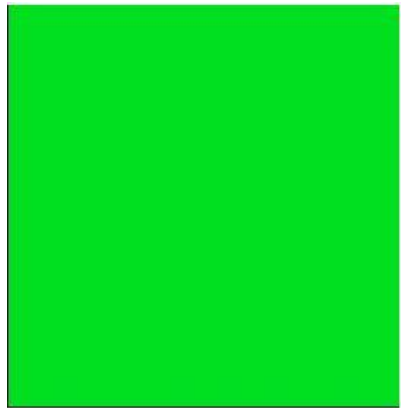


Efecto de medio masivo externo

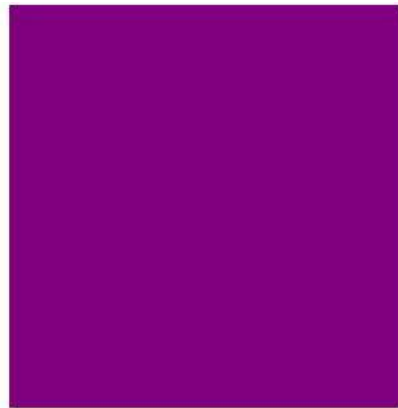
Vector de estado del medio masivo
(mensaje fijo, propaganda):



Estados finales (inicial aleatorio):



$B = 0$



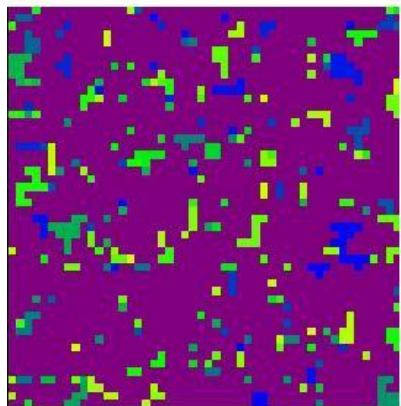
$B = 0.005$

$N = 50 \times 50$ red bidimensional

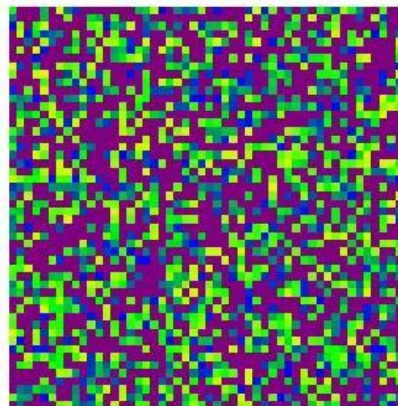
$F = 10$

$q = 35 < q_c \approx 55$ ($B = 0$)

Variar B (intensidad de M)



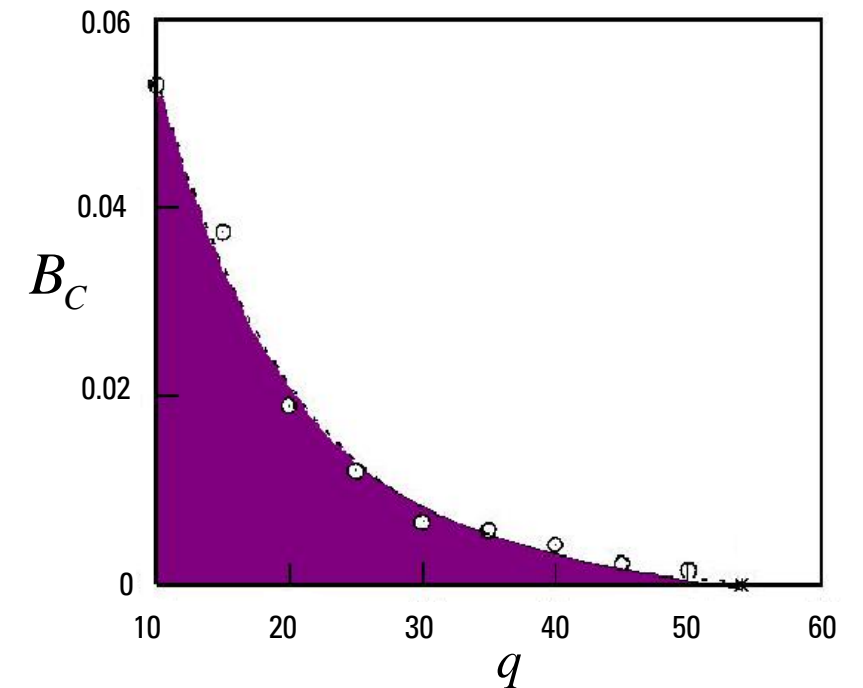
$B = 0.1$



$B = 0.9$

JC González-Avella, MG Cosenza, K Tucci, *PRE* **72**, 065102(R) (2005).

Existe un nivel de la intensidad del campo externo por encima del cual el campo no convence a la mayoría, sino que induce diversidad o desorden.

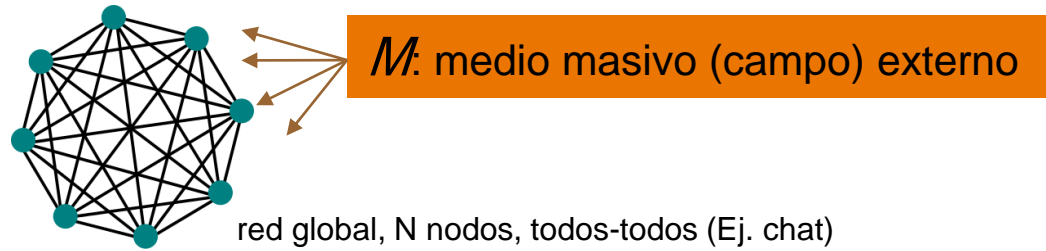


Propaganda de baja intensidad es más efectiva para convencer a la mayoría.



Orden alternativo contra campo externo en redes globales

JC González, MG Cosenza, V Eguiluz, M San Miguel, *New J. Phys* **12**, 013010 (2010).



S_{\max} : tamaño del dominio mayor en el sistema

S_M : Tamaño del dominio en el estado de M .

$$\sigma = \frac{\langle S_{\max} - S_M \rangle}{N}$$

Fases:

I: homogénea = medio externo M

$$S_{\max} = S_M \neq 0$$

II: mayoría ordenada en estado alternativo $\neq M$

$$S_{\max} > S_M, \quad \sigma > 0$$

III: desordenada

$$S_{\max} \rightarrow 0, \quad S_M \rightarrow 0 \quad \text{para} \quad q > q_c$$

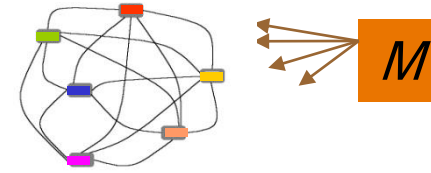
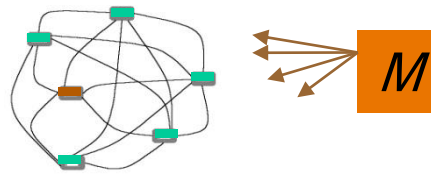
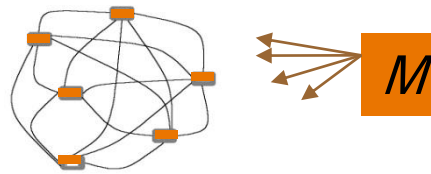
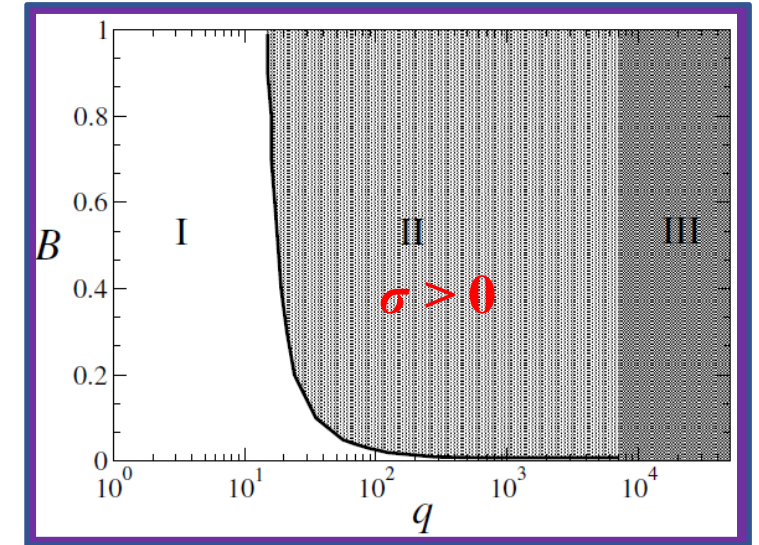


diagrama de fases



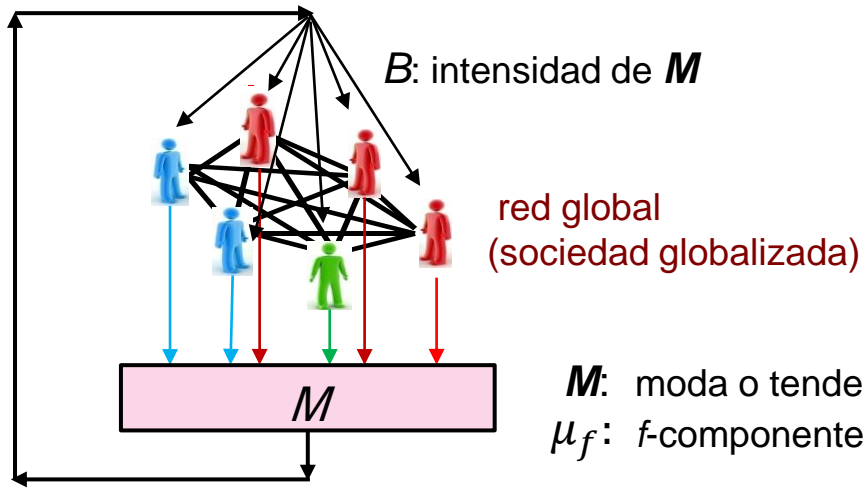
Fase II: sistema forma un dominio mayoritario en un estado *diferente* al estado del medio externo.

Estado *alternativo* al campo externo surge cuando existen interacciones globales o de largo alcance.



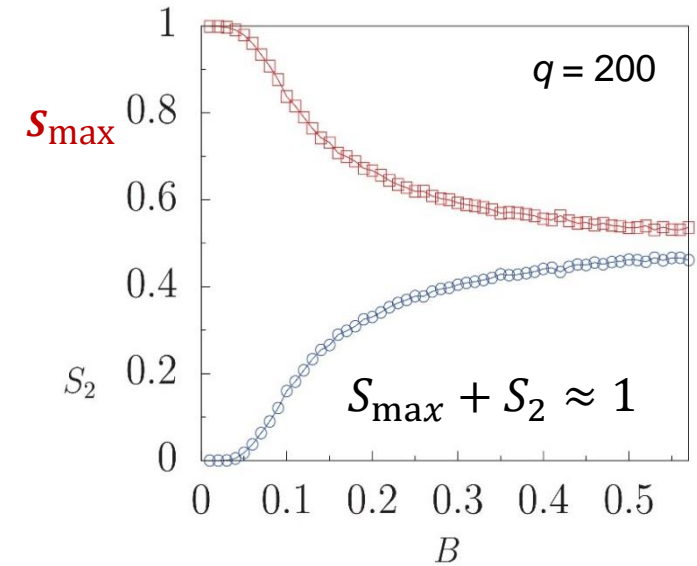
Emergencia de minorías vs tendencias de medios masivos

MG Cosenza, M. Gavidia, JC González-Avella, PlosOne e0230923 15(4) (2020)



S_{max} : tamaño normalizado del dominio más grande

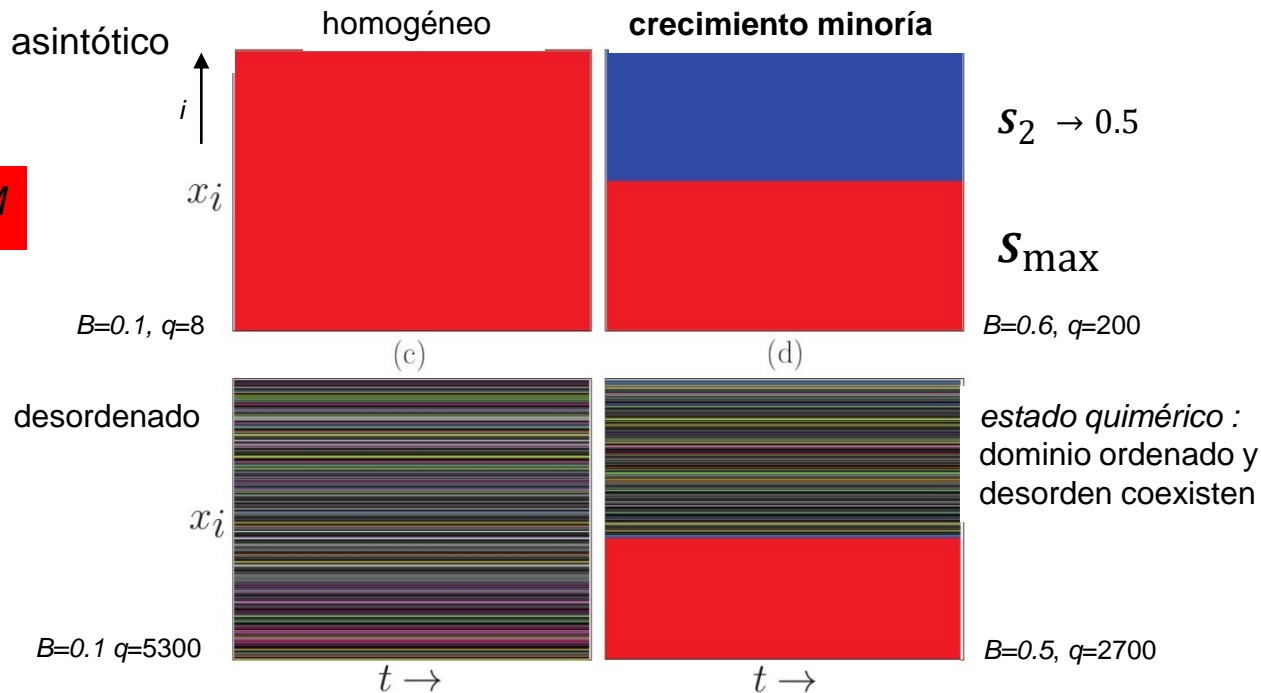
S_2 : tamaño normalizado del segundo dominio más grande



Estados vs. tiempo asintótico

$N=800, F=10$

estado $S_{max} = M$



Tendencias globales de medios masivos pueden promover el crecimiento de una minoría alternativa!



Influencia de líderes y obstáculos

Líderes o propagadores: agentes que tienen un estado fijo y ejercen influencia unidireccional. Pueden ser considerados como medios masivos espacialmente distribuidos (estaciones TV, radio, vallas publicitarias).

Obstáculos: sitios inactivos, huecos (obstáculos geográficos).

densidad de líderes/obstáculos.

Condiciones iniciales aleatorias sobre red bidimensional.

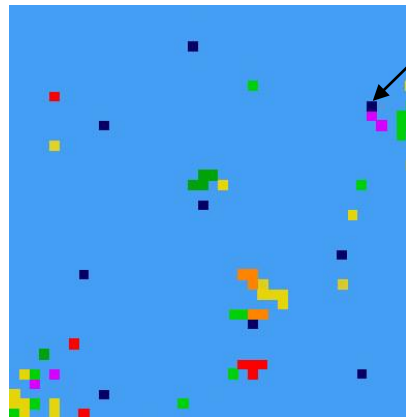
$N = 50 \times 50$

$F = 10$

$q = 44$

$\rho = 0.005$

Líderes 

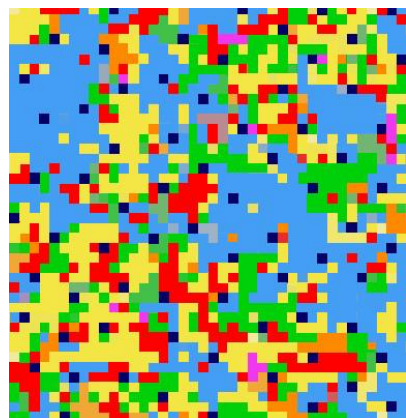


Visualizar ubicación de líderes

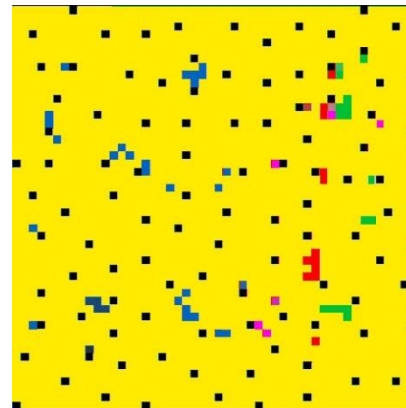
Aumenta densidad ρ

$q = 44$

$\rho = 0.04$



Obstáculos 

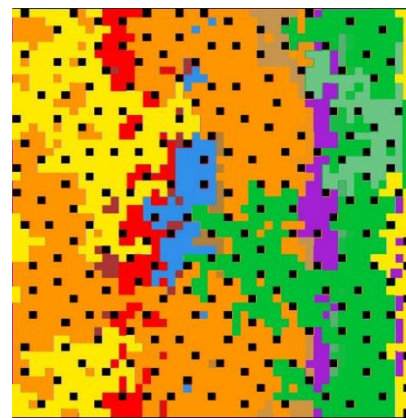


$q = 44$

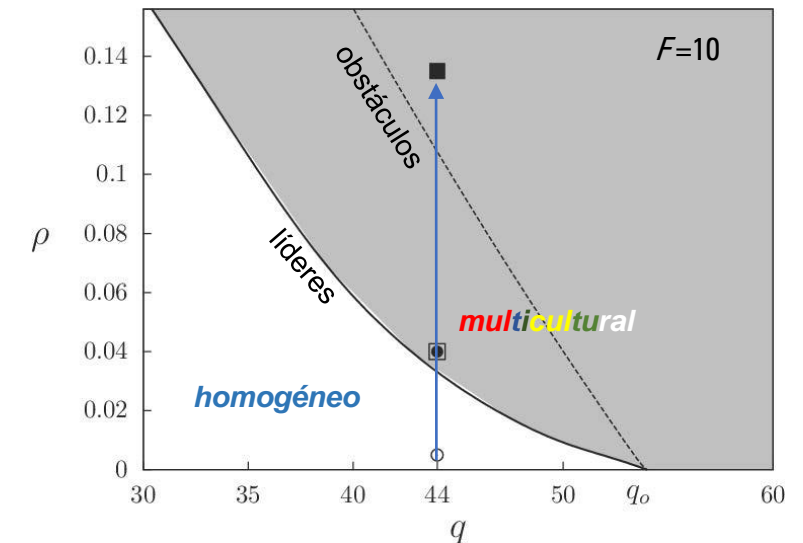
$\rho = 0.04$

$q = 44$

$\rho = 0.08$



MG Cosenza, O Alvarez-Llamoza, C Echeverria, K Tucci, *Chaos, Sol. & Fractals* **143**, 110565 (2021).



Aumento en densidad líderes/obstáculos contribuye a separación de dominios y promueve diversidad cultural.



Resumen

- Modelo cultural de Axelrod: agentes en una red con umbral para interacción, homofilia, influencia social
→ transición de fase (no equilibrio) orden-desorden (homogeneidad-multiculturalidad) al variar número de opciones q .
- Modelo de influencia de medios de comunicación masiva en sistemas sociales: **red de agentes + campos**
 - Campo externo (fijo, uniforme): mensajes masivos, publicidad, propaganda.
 - Campos autónomos (dependen del tiempo): global (uniforme): moda, tendencias mayoritarias, CNN.
local (no uniforme): TV regional, entorno.
- Comportamiento colectivo del sistema es similar para cualquier campo, aunque su naturaleza es diferente; campo actúa como vecino adicional efectivo cuyo origen específico resulta irrelevante.
- Medios masivos intensos contribuyen a la diversidad cultural, independientemente de la naturaleza del medio. Medios masivos de baja intensidad imponen su estado homogéneo: “***el poder de la sutileza***”.
- Interacciones globales o de largo alcance favorecen crecimiento de dominios (minorías) en estado alternativo al campo. Topología de la red es relevante para comportamientos colectivos.
- Aumento en densidad de líderes/obstáculos contribuye a la separación de dominios y promueve diversidad cultural.
- Muchas extensiones interesantes son posibles con el modelo de Axelrod.