

# Clase 4: Modelo de dinámica cultural y efectos de medios de comunicación masiva

Mario Cosenza

**Mecánica Estadística Avanzada:**

Modelos Discretos en Sistemas Complejos



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. Influencia de líderes y obstáculos.



# Modelo de influencia cultural de Axelrod

*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 del modelo:**

- 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**.

**Problemas de investigación:** deriva cultural espontánea (ruido), analogía termodinámicas, red de conectividad, coevolución, no conformidad, intraculturalidad, interacción de poblaciones, medios de comunicación, propaganda, líderes.



# Vector cultural

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

$F = \#$  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:

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

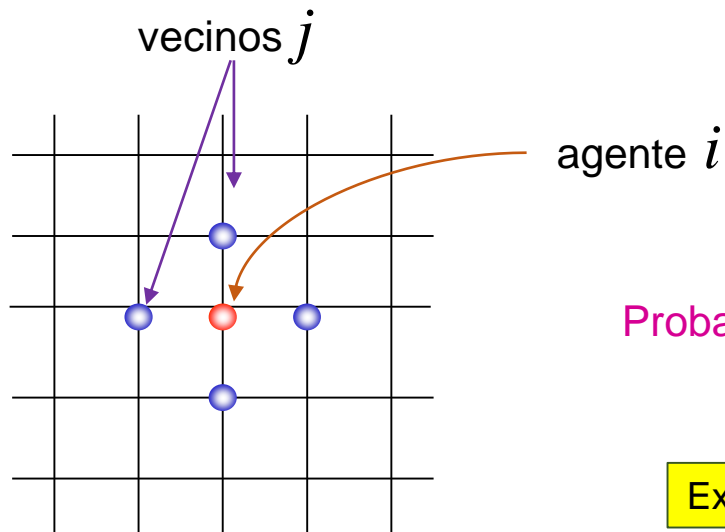
**trabajo:** (0) *básico*, (1) *aplicado*.

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

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



# Dinámica de interacción en el modelo de Axelrod



$$C_i = (\sigma_{i1}, \sigma_{i2}, \dots, \sigma_{if}, \dots, \sigma_{iF})$$

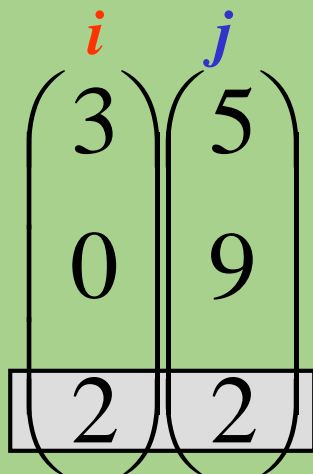
$$i = 1, 2, \dots, N$$

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

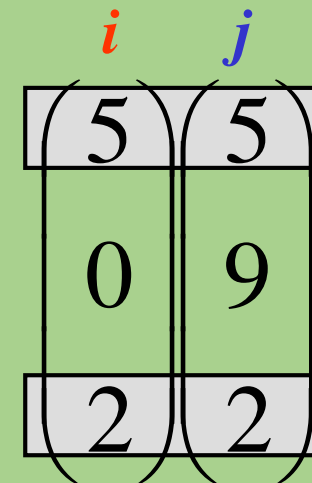
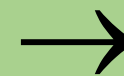
$$p_{ij} = \frac{\sum_{f=1}^F \delta_{\sigma_{if}, \sigma_{jf}}}{F}$$

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

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



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



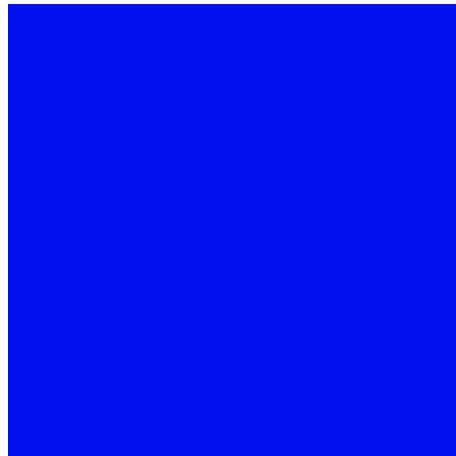
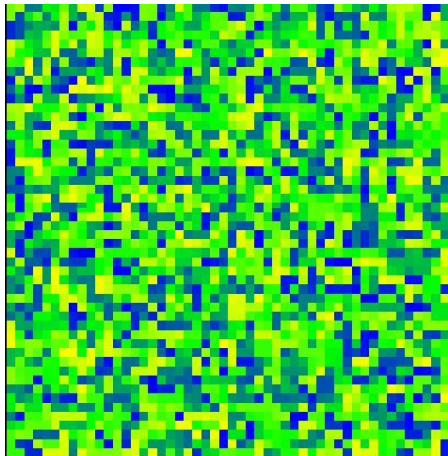
$i$  adopta un rasgo no compartido de  $j \rightarrow$  convergencia local (dinámica disipativa)



# Visualización de la dinámica de Axelrod

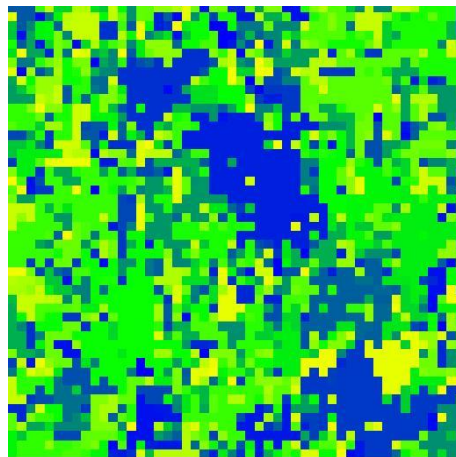
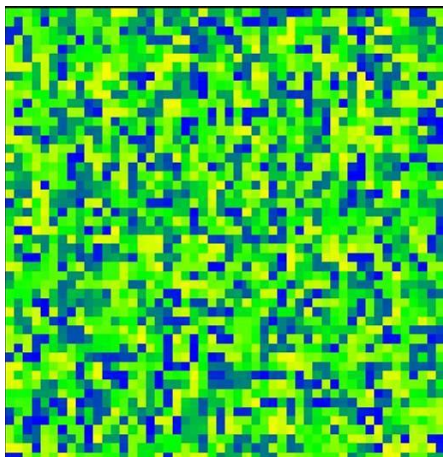
$t = 0$  estado inicial       $t \rightarrow \infty$  estado final

$q$  pequeño  $q < q_c$



homogéneo

$q$  grande  $q > q_c$



multicultural

$N = 50 \times 50$

$F = 10$

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



# Transición de fase en el modelo de Axelrod

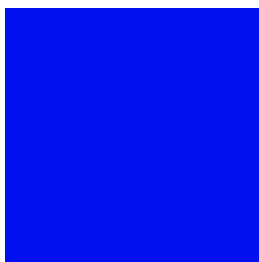
- Tamaño medio del dominio cultural mas grande (promediado sobre muchas realizaciones):  $\langle S_{\max} \rangle$

Parámetros de orden:

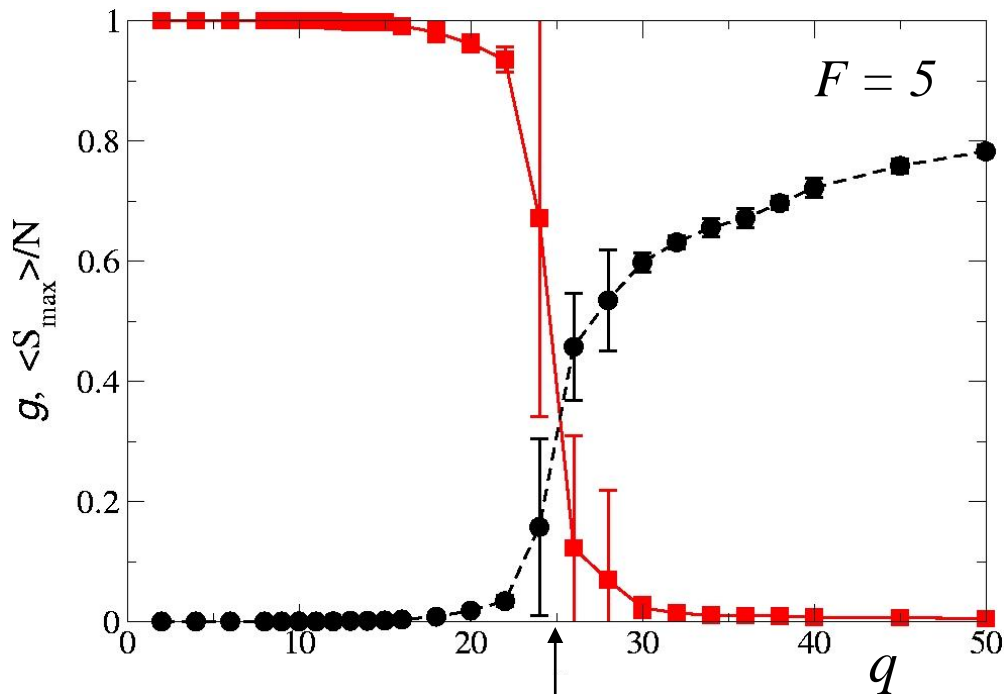
- Fracción media del número de dominios:  $g = \frac{\langle N_g \rangle}{N}$

$\frac{\langle S_{\max} \rangle}{N}$  = tamaño medio normalizado del dominio más grande

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



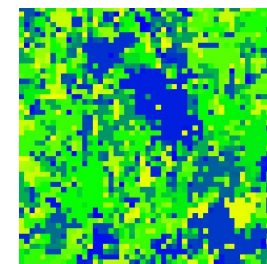
$q < q_c$  : Orden,  
Homegeneidad cultural



$q_c \approx 25$  (máxima dispersión)  
 $q_c$  depende de  $F$

$N = 50 \times 50$

Transición de primer orden en límite  $N \rightarrow \infty$



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

$q > q_c$  : Desorden,  
Diversidad cultural





# Modelos de medios de comunicación masiva

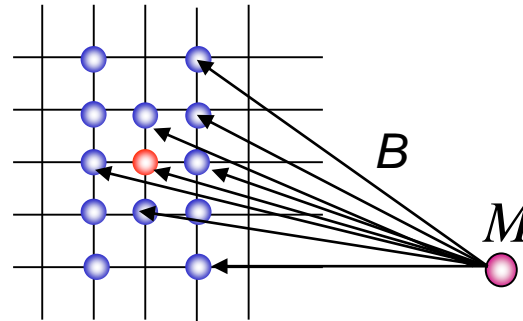
JC González-Avella, MG Cosenza, K Tucci, PRE **72**, 065102(R) (2005).

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:

$\mu_f$  fijo en tiempo,  
uniforme  $\forall i$

“propaganda o publicidad”



## Parámetro $B \in [0,1]$ :

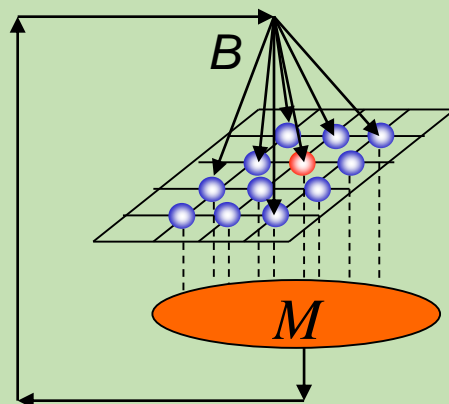
probabilidad de  $M$  actuar sobre todo  $i$ ;  
“intensidad” del medio.

## 2. Campos autónomos: Medios endógenos:

### Global (CNN):

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

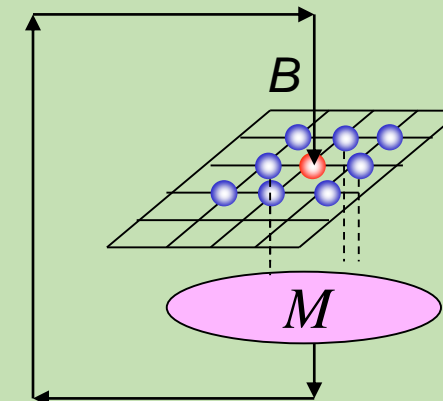
“Feedback de la tendencia  
cultural global o moda”



-uniforme  
-dependiente de  $t$

### Local (TV regional):

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



- varía con  $i$

-no uniforme  
- dependiente de  $t$





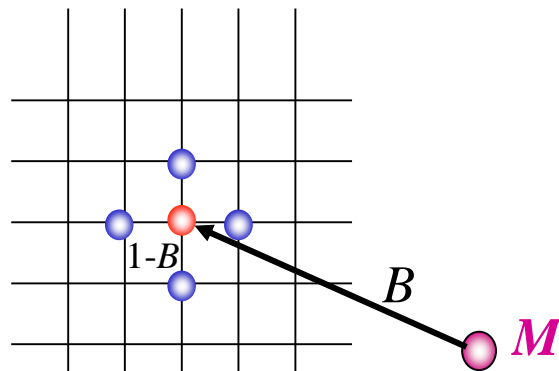
# Dinámica de interacción con medios masivos

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

Mensaje 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  $i$ .



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

Interacción de  $i$  con  $M$ :  $i$  adopta un atributo no compartido con  $M$ , con probabilidad  $Bp_{iM}$

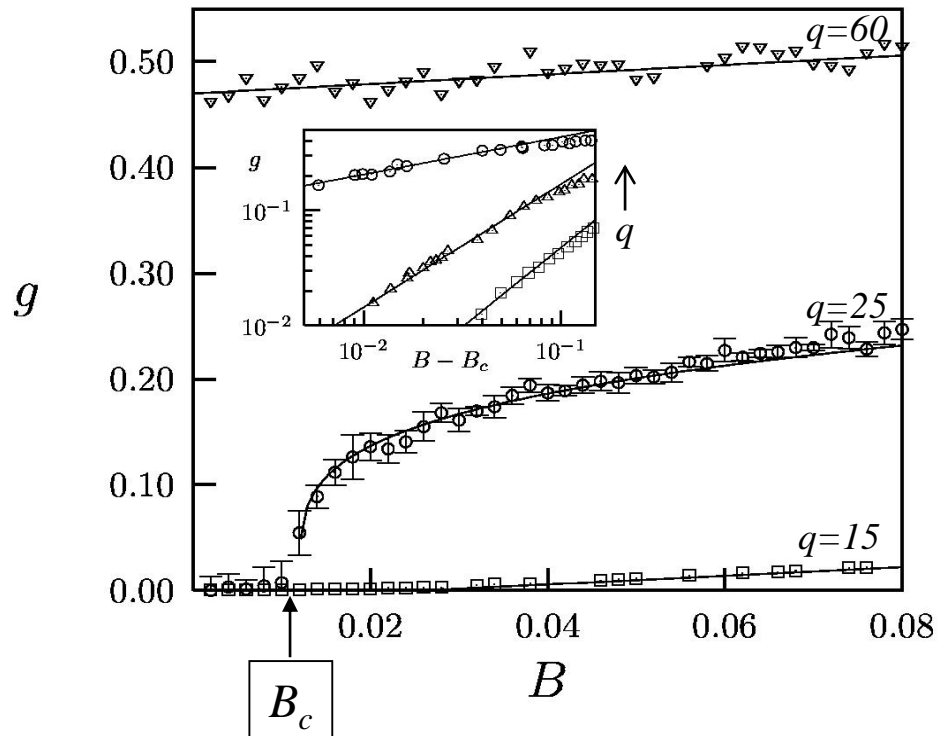
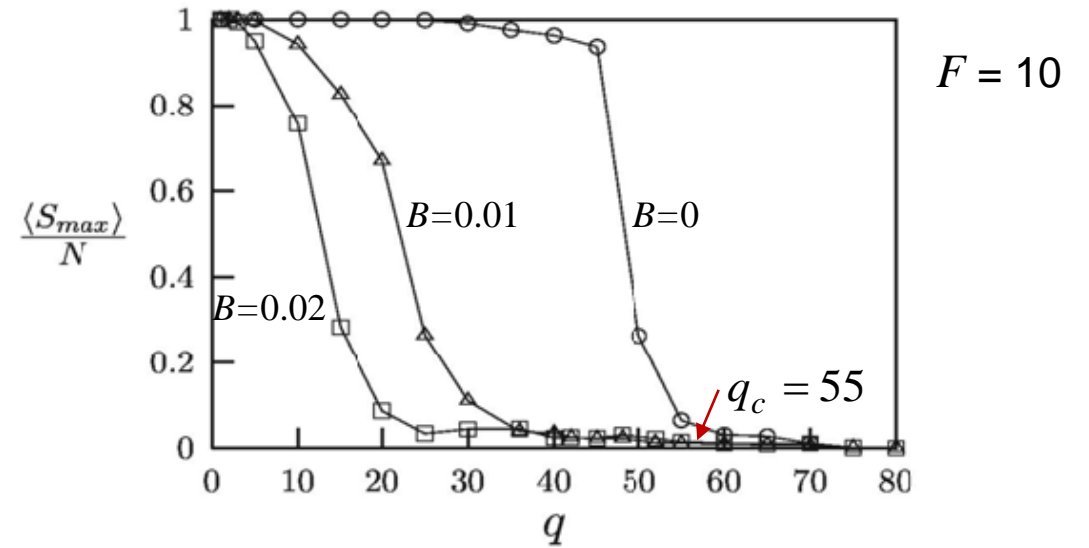
Interacción de  $i$  con vecino  $j$ :  $i$  adopta un atributo no compartido con  $j$ , con probabilidad  $(1-B)p_{ij}$



# Transición de fase inducida por medio masivo externo

JC González-Avella, MG Cosenza, K Tucci, Phys. Rev. E (Rapid Comm.) **72**, 065102(R) (2005).

Valor crítico  $q_c$  disminuye con aumento de intensidad  $B$  del campo  
→ campo externo  $B$  induce desorden (multiculturalidad)!



$$g \equiv \frac{\langle N_g \rangle}{N} = \text{fracción media de dominios culturales}$$

$B < B_c$ : campo externo impone su estado en el sistema (homogéneo).  
 $B > B_c$ : campo externo induce diversidad.

Relación de escalamiento

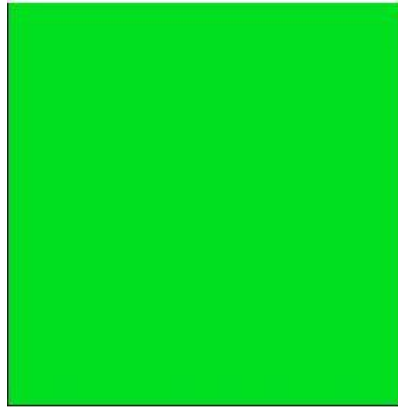
$$(N \text{ finito}) \text{ para } q < q_c: \quad g \propto (B - B_c)^{\beta(q)}, \quad B \rightarrow B_c$$

Transición orden (estado de  $M$ ) – desorden

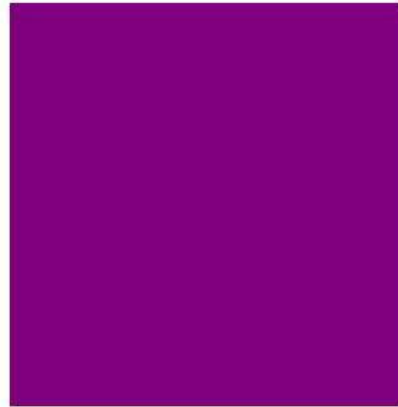


# Efecto de medios masivos externos

Estados finales (inicial aleatorio):

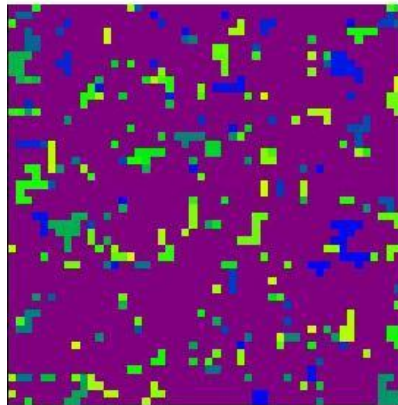


$B = 0$

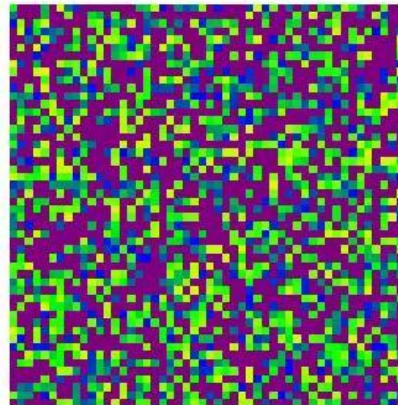


$B = 0.005$

$N = 50 \times 50$   
 $F = 10$   
 $q = 35 < q_c \approx 55$  ( $B = 0$ )



$B = 0.1$

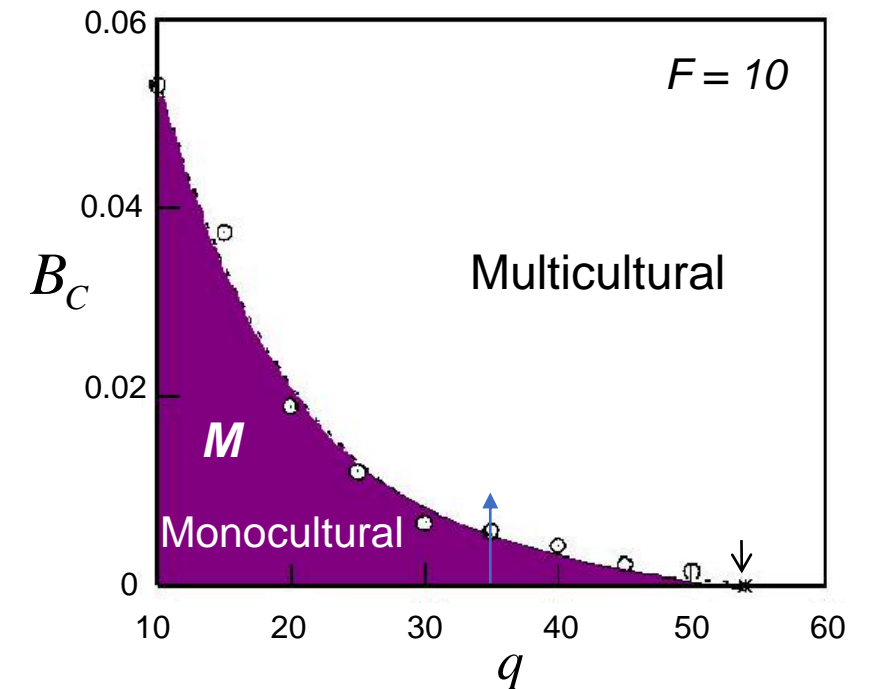


$B = 0.9$

Vector de estado del campo externo  
(mensaje, propaganda):

$$M \rightarrow \text{■}$$

Existe un valor umbral de la intensidad del campo externo por encima del cual el campo ya no convence a la mayoría, sino que induce diversidad!



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



# Efecto de medios masivos endógenos

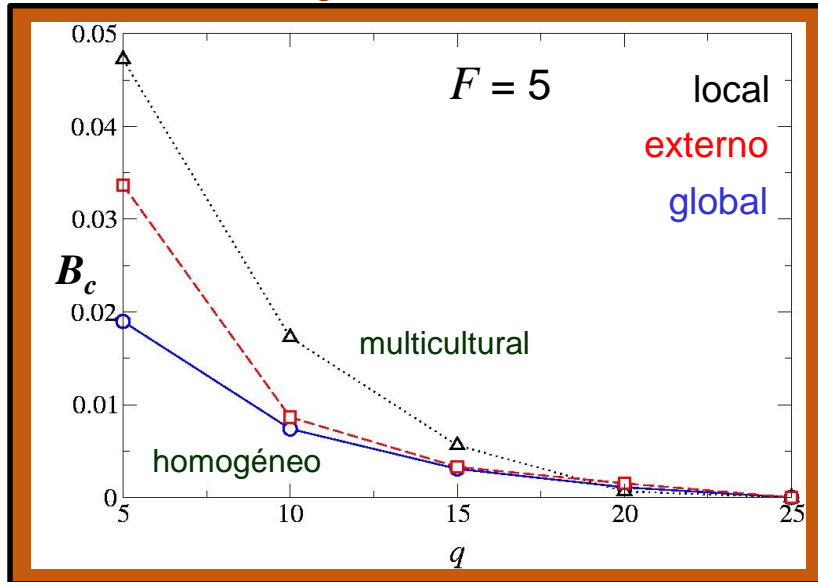
JC González, V Eguiluz, MG Cosenza, K Klemm, JL Herrera, M San Miguel, PRE **73**, 046119 (2006).

Transición orden-desorden inducida por medios masivos independientemente del tipo de campo  $M$ :

$B < B_c$ : estado homogéneo.  $B > B_c$ : estado desordenado.

- Estado homogéneo para  $B < B_c$  con campo externo  $M$  es igual a  $M$ .
- Estado homogéneo para  $B < B_c$  con campo autónomo (global o local)  $M$  puede ser cualquiera de los  $q^F$  estados.

Diagrama de fases



Medios locales débiles inducen mayor homogeneidad



$F = 5$   
 $q = 20$

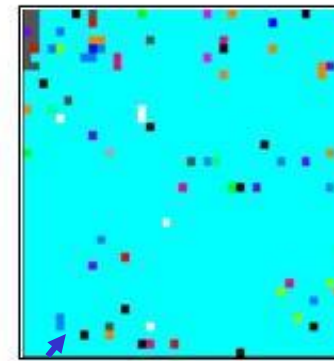
$t = 0$

$B = 0$



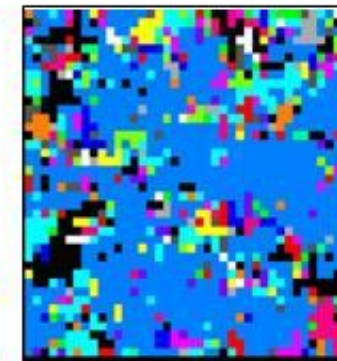
Tiempo de convergencia  $t = 727$

local



$t = 6058$

global



$t = 4800$

externo ■



$t = 5750$

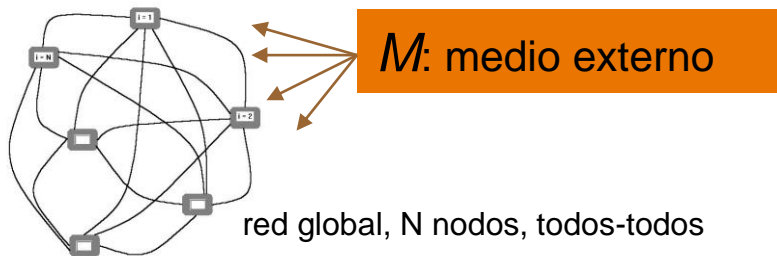
$B = 0.005$  (estado desordenado)





# Orden alternativo con campo externo: influencia de la topología

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: homogéneo = medio externo  $M$

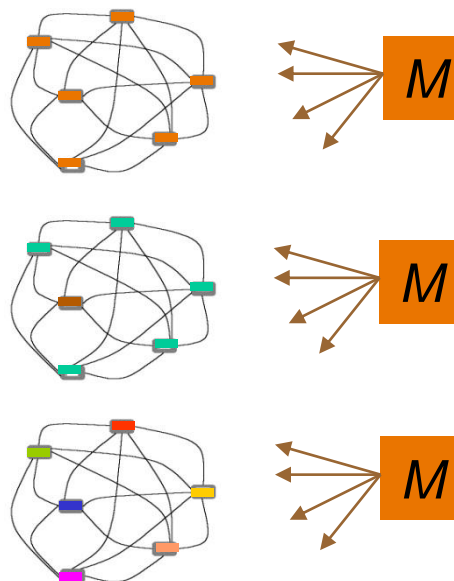
$$S_{\max} = S_M \neq 0 \quad \text{para} \quad q < q^*(B)$$

II: ordenado en estado alternativo  $\neq M$

$$S_{\max} > S_M \quad \text{para} \quad q^*(B) < q < q_c$$

III: desorden

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



Fase II se debe a rango de interacciones y largo alcance.

$N = 2500$   
 $B = 0.9$

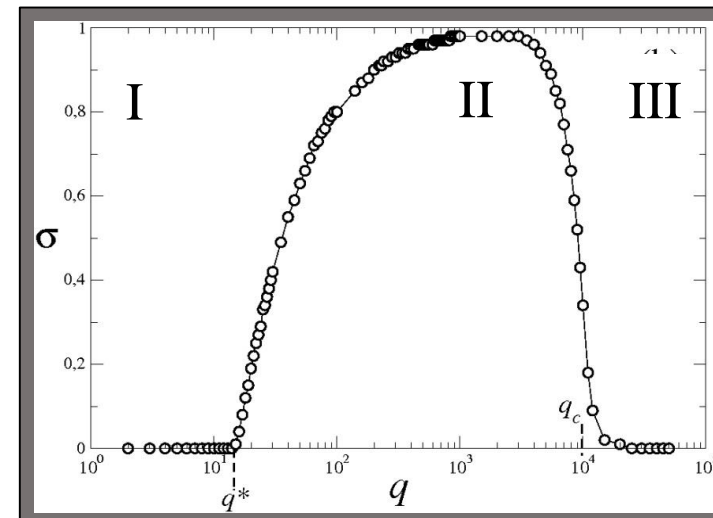
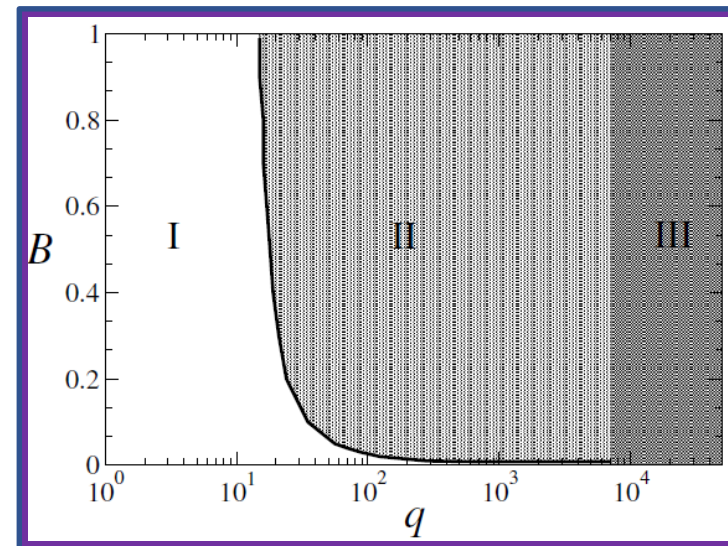


diagrama de fases



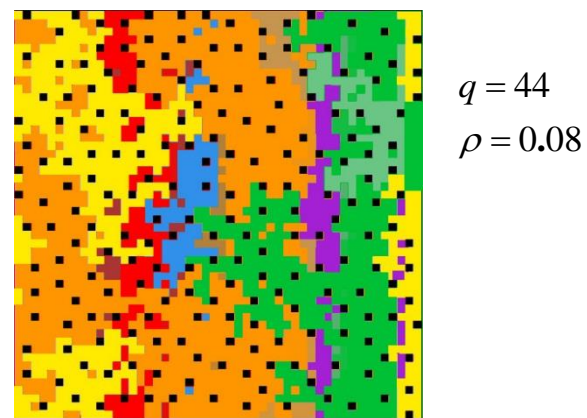
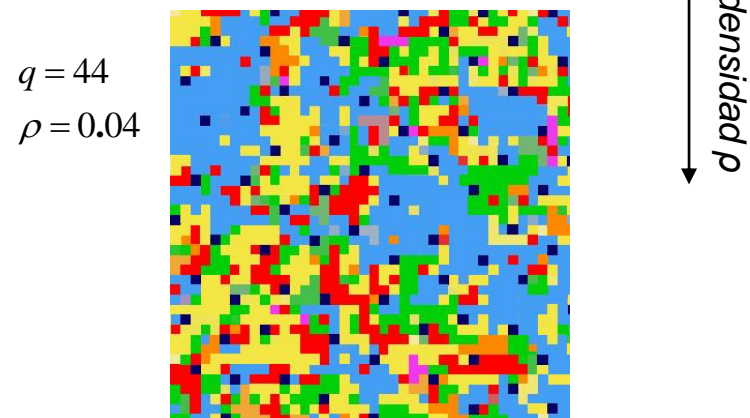
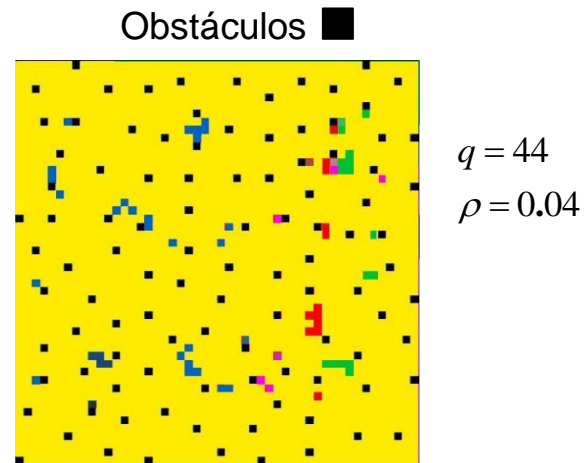
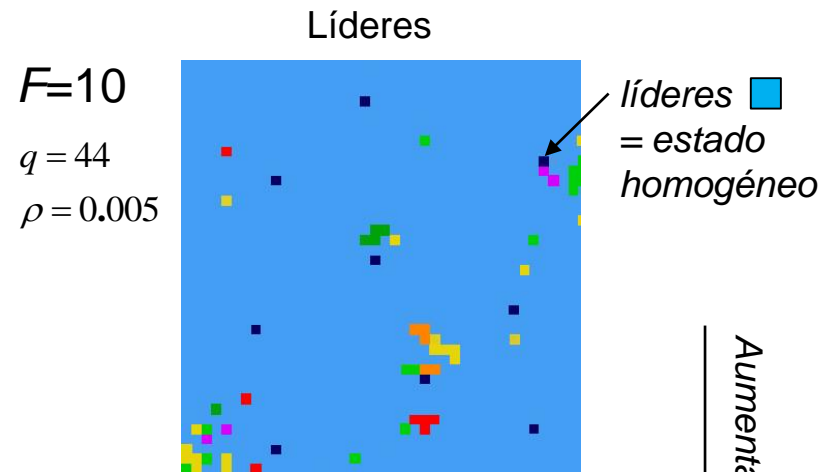


# Influencia de líderes y obstáculos

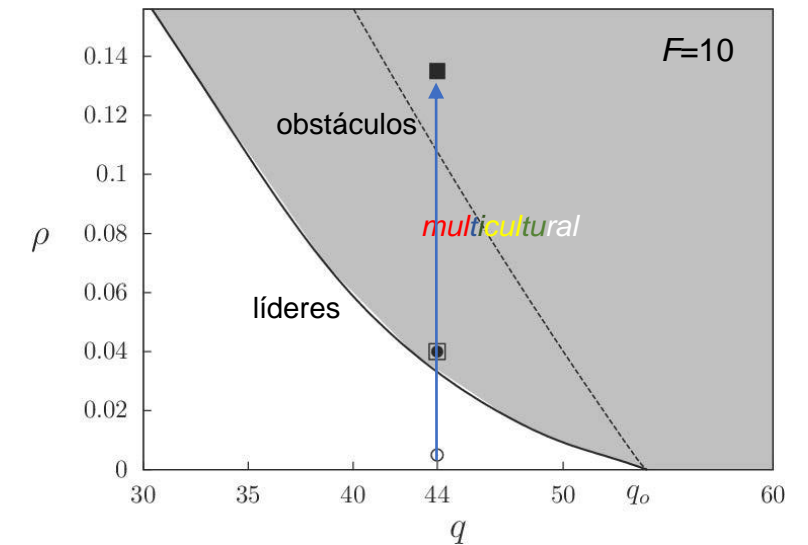
*Líderes o fanáticos:* agentes que comparten un estado fijo y ejercen influencia unidireccional. Pueden ser considerados como medios masivos espacialmente distribuidos (TV estaciones, vallas publicitarias).

*Obstáculos:* sitios inactivos, huecos.  $\rho$ : densidad de líderes/obstáculos.

Condiciones iniciales aleatorias sobre red 2dim (N=50 X 50).



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”**.
  - Campo local no uniforme posee mayor efecto de ordenamiento que campos uniformes (externo, global).
- 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.





<http://laconga.redclara.net>



[contacto@laconga.redclara.net](mailto:contacto@laconga.redclara.net)



lacongaphysics



Latin American alliance for  
Capacity buildiNG in Advanced physics

**LA-CoNGA physics**



Cofinanciado por el  
programa Erasmus+  
de la Unión Europea

El apoyo de la Comisión Europea para la producción de esta publicación no constituye una aprobación del contenido, el cual refleja únicamente las opiniones de los autores, y la Comisión no se hace responsable del uso que pueda hacerse de la información contenida en la misma.