



*Universidad de Los Andes*  
Mérida - Venezuela

**Defensa de Tesis de Maestría**

**Influencia de la moda en dinámica social  
con interacción global**

**Lic. Marino Gavidia**

**Tutor: Dr. Mario Cosenza**



# Sociedad como sistema complejo

Elementos conectados



Dinámica no lineal



Auto-organización



Organización jerárquica

Procesamiento de Información

Evolución y aprendizaje

Sincronización ↔ Consenso

Propiedades colectivas emergentes



# Sociofísica

**Fenómenos sociales** → Comportamientos colectivos emergentes de interacciones  
→ Sistemas complejos → Física

## Algunos problemas en Sociofísica:

- Competencia y cooperación.
- Formación de opinión.
- Redes sociales.
- Consenso y polarización.
- Propagación de información.
- Organizaciones.
- Influencias de medios masivos de comunicación (Nuestro grupo)

## Conceptos y técnicas:

Física Estadística, Dinámica No Lineal y Caos, Redes. Computación

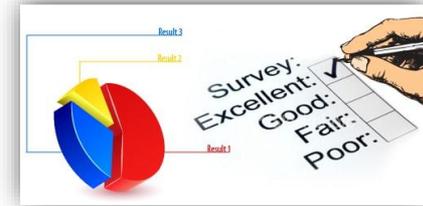
## Existen diferencias entre sistemas sociales y sistemas físicos:

- **Experimentos:** historia, encuestas;  
*recientemente:* internet, llamadas telefónicas, redes sociales.
- **Sentido:** Modelos sociofísicos no sustituyen el sentido o la interpretación de los hechos

# Nuestra pregunta

¿Por qué no siempre todos los individuos siguen la moda en un sistema social a pesar de la globalización?

## Motivación:



## **Necesitamos**

**Modelo de dinámica cultural + interacciones globales + Moda**

## **Nuestra propuesta**

**Modelo de Axelrod + Red globalmente conectada + Campo autónomo (Moda)**

# Modelo de Axelrod de diseminación cultural

R. Axelrod, J. Conflict. Res. 41,203 (1997)



*Si cuando las personas interaccionan y se relacionan tienden a hacerse más parecidas en sus creencias, actitudes y comportamientos, ¿por qué no desaparecen con el tiempo las diferencias culturales?*

**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 de un agente  $i$ :**  $C_i = (\sigma_{i1}, \sigma_{i2}, \dots, \sigma_{iF})$   $\sigma_{if} \in \{0, \dots, q - 1\}$   
 $F = \#$  Rasgos culturales;  $q = \#$  Atributos culturales  $q^F = \#$  estados culturales posibles

## Ejemplo:



$$C = \begin{pmatrix} 2 \\ 1 \\ 3 \end{pmatrix} \begin{array}{l} \text{Equipo de futbol} \\ \text{Comida} \\ \text{Pasatiempo} \end{array}$$

### Equipo de futbol

- 1 = Barcelona
- 2 = Real Madrid
- 3 = Valencia

### Comida

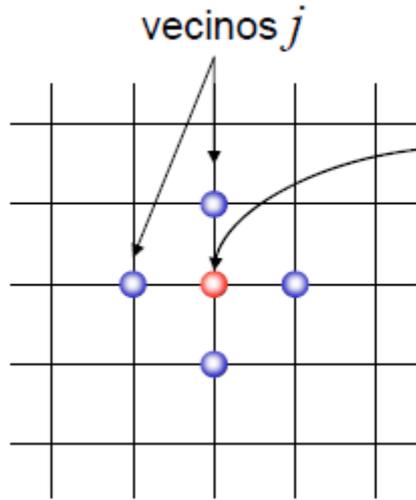
- 1 = Pizza
- 2 = Pasticho
- 3 = Asado

### Pasatiempo

- 1 = Videojuegos
- 2 = Escalar
- 3 = Pintar

$$q^F = 3^3 = 27 \text{ estados culturales posibles}$$

# Dinámica de interacción en el modelo de Axelrod



$$C_i = (\sigma_{i1}, \sigma_{i2}, \dots, \sigma_{if}, \dots, \sigma_{iF}) \quad i = 1, 2, \dots, N$$

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

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

**Ejemplo:**  $F = 3; q = 3$

$i$	$j$
$\begin{pmatrix} 2 \\ 1 \\ 3 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 2 \\ 2 \\ 1 \end{pmatrix}$
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> <p style="color: red; margin: 0;">Probabilidad de interacción</p> <math display="block">\frac{\# \text{ atributos comunes}}{F} = \frac{1}{3}</math> </div>	
$\begin{pmatrix} 2 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 2 \\ 2 \\ 1 \end{pmatrix}$

- Equipo de futbol
- 1 = Barcelona
  - 2 = Real Madrid
  - 3 = Valencia

- Comida
- 1 = Pizza
  - 2 = Pasticho
  - 3 = Asado

- Pasatiempo
- 1 = Videojuegos
  - 2 = Escalar
  - 3 = Pintar

# Visualización de la dinámica de Axelrod

## Fijando:

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

$F = 10$ .

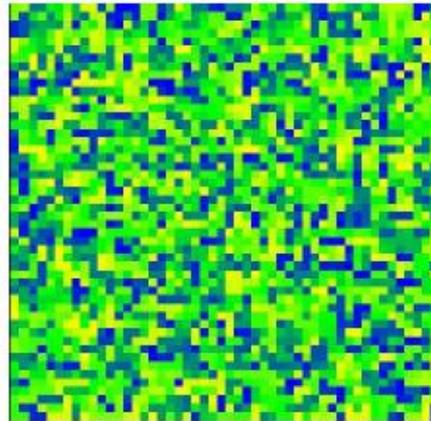
$$\begin{pmatrix} 5 \\ \vdots \\ 8 \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} 1 \\ \vdots \\ 2 \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} 3 \\ \vdots \\ 1 \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} 8 \\ \vdots \\ 4 \end{pmatrix}$$



Código de colores  
para visualizar

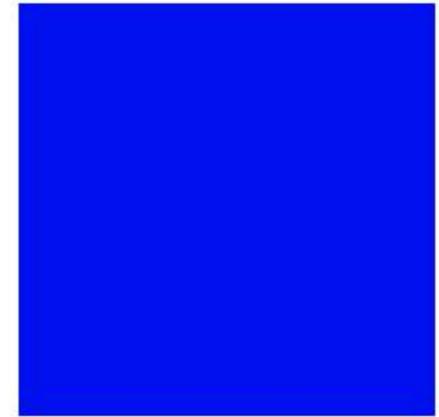
Dominio: Conjunto de  
elementos conectados que  
poseen un mismo estado.

$t = 0$

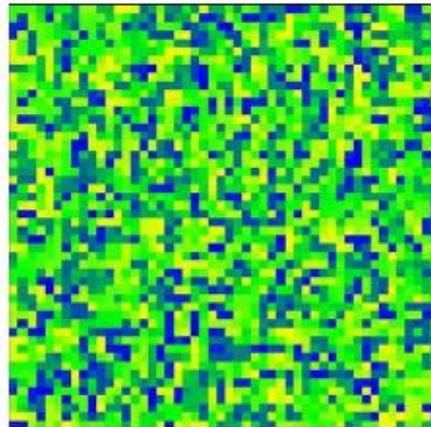


$q < q_c$

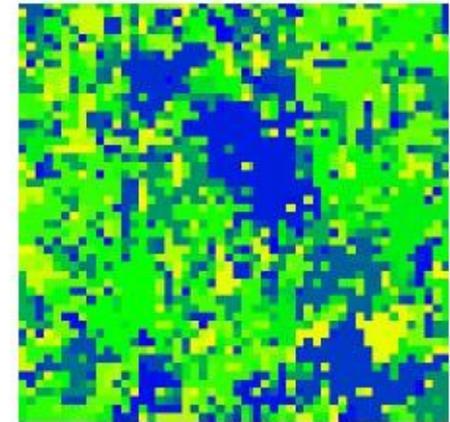
$t \rightarrow \infty$



$q < q_c$



$q > q_c$



$q > q_c$

# Transición orden-desorden en el modelo de Axelrod

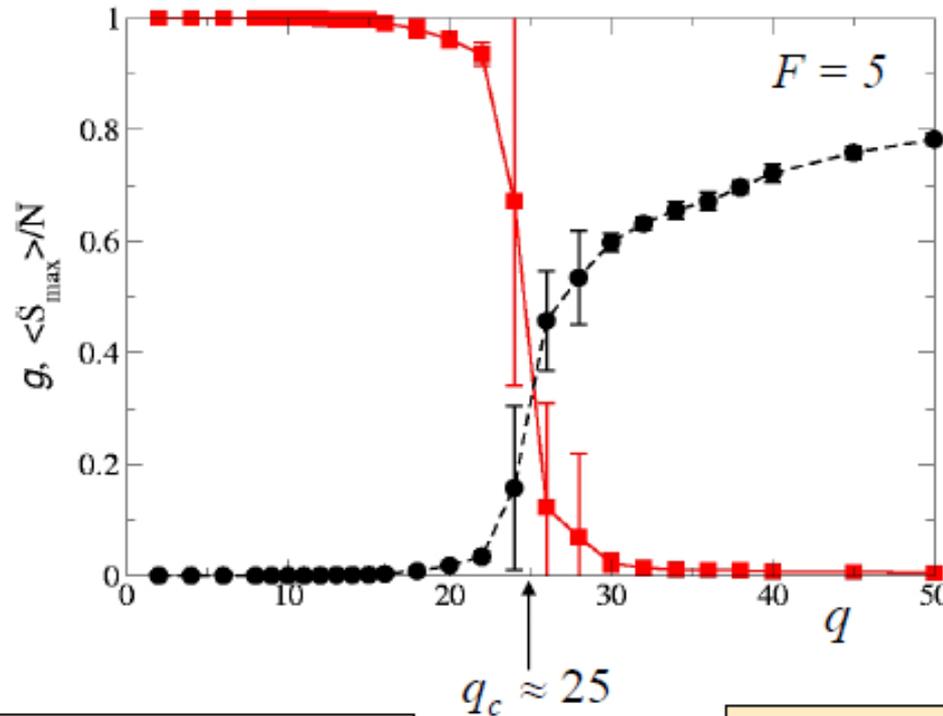
- Tamaño del dominio cultural mas grande:

$$\langle S_{\max} \rangle$$

Parámetros de orden:

- Fracción media del número de dominios:

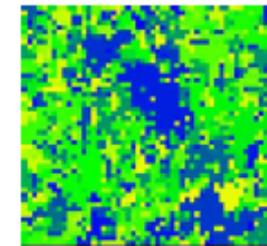
$$g = \frac{\langle N_g \rangle}{N}$$



$$N = 50 \times 50$$

Transición bien definida cuando

$$N \rightarrow \infty$$



$q < q_c$  : Orden  
Homegeneidad Cultural

$q > q_c$  : Desorden  
Diversidad Cultural

- Castellano, Marsili, Vespignani, *PRL* 85, 3536 (2000).

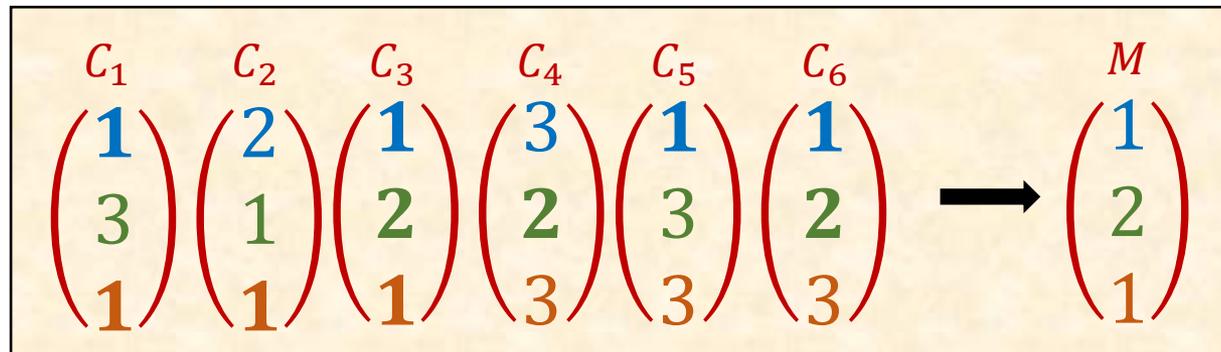
- Klemm, Eguiluz, Toral, San Miguel, *PRE* 67, 045101R (2003).

# Moda como campo autónomo

Nuestro modelo está basado en la dinámica cultural de Axelrod. Suponemos que todos los agentes comparten la misma información global endógena: la moda o la tendencia cultural predominante en el sistema.

**Moda:** Definimos la tendencia mayoritaria o moda estadística del sistema como el vector  $M = (\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_F)$ , cuya componente  $\mu_f$  corresponde al valor del atributo  $\sigma_{if}$  que se repite con mayor frecuencia  $\forall$  agente  $i$  del sistema.

**Ejemplo:** 6 Agentes,  $F = 3$ ;  $q = 3$



## Equipo de futbol

- 1 = Barcelona
- 2 = Real Madrid
- 3 = Valencia

## Comida

- 1 = Pizza
- 2 = Pasticho
- 3 = Asado

## Pasatiempo

- 1 = Videojuegos
- 2 = Escalar
- 3 = Pintar

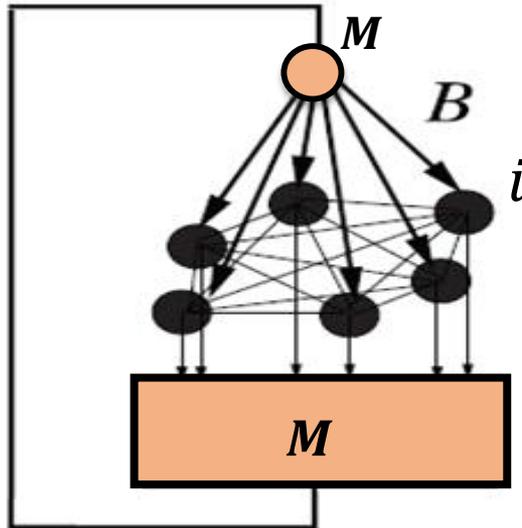
# Interacción con la moda

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

Moda:  $M = (\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_f, \dots, \mu_F)$

**Parámetro  $B \in [0,1]$ :** probabilidad que tiene  $M$  de actuar sobre  $i$  en una iteración; “intensidad” de la influencia de la moda.

**$1-B$ :** probabilidad de interactuar con  $j$  seleccionado al azar en el sistema (acoplamiento global).  
 $\Rightarrow M$  actúa como un vecino adicional efectivo de  $i$ .



si interactuamos con  $M$

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

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

# Dinámica de interacción en nuestro modelo

## La dinámica del sistema se define mediante la iteración del siguiente algoritmo:

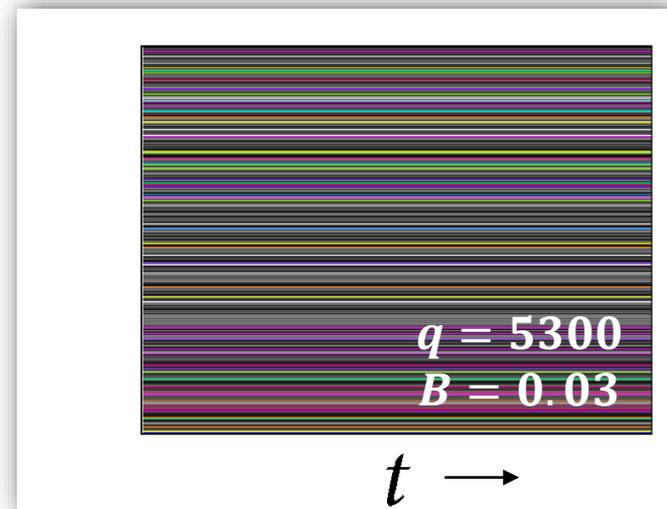
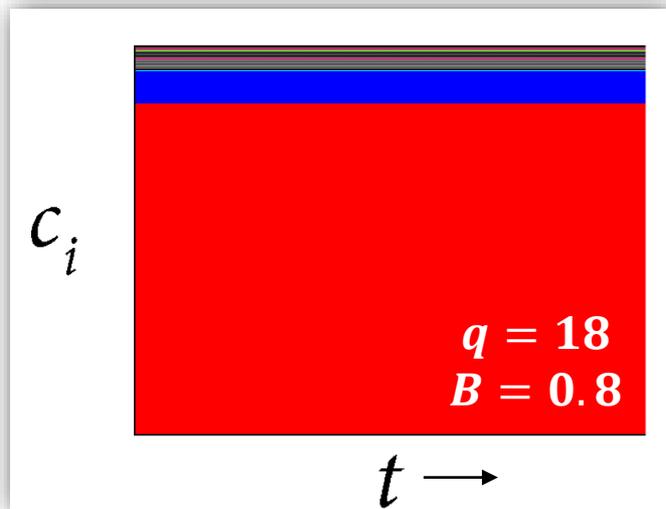
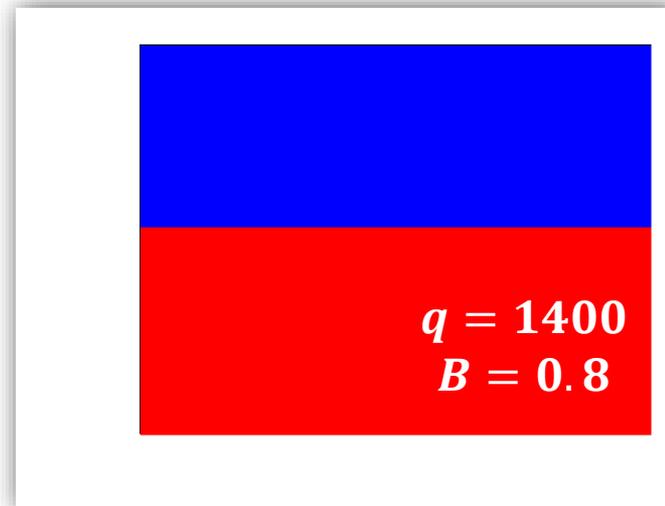
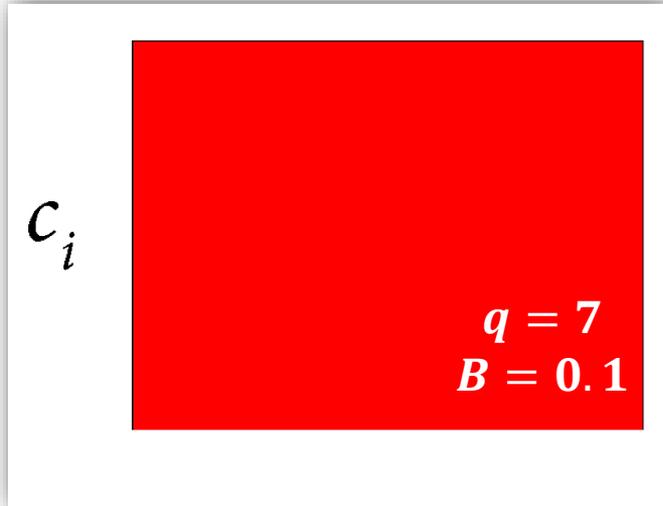
1. Seleccionar de forma aleatoria un agente  $i$ , llamado *agente activo*.
2. Seleccionar la fuente de la interacción: con probabilidad  $B$  el agente activo  $i$  interactúa con la moda  $M$ , y con probabilidad  $(1 - B)$  el agente  $i$  interactúa con uno de sus vecinos  $j$  escogido aleatoriamente.
3. Calcular el overlap o similitud cultural (número de componentes iguales) entre el estado del agente  $i$  y el estado de su fuente de interacción, definido como  $l(i, y) = \sum_{f=1}^F \delta_{\sigma_{if}} \delta_{\sigma_{yf}}$ , donde  $y_f = \mu_f$  si la fuente es la moda, o  $y_{if} = \sigma_{jf}$  si la fuente es el vecino  $j$ .
4. Si  $0 < l(i, y) < F$ , con probabilidad  $l(i, y)/F$  escoger aleatoriamente una de las componentes  $h$  del agente activo tal que  $\sigma_{\{ih\}} \neq y_{\{h\}}$  y asignar  $\sigma_{\{ih\}} = y_{\{h\}}$ . Si  $l(i, y) = 0$  o  $l(i, y) = F$ , el estado del agente  $i$  no cambia.
5. Si la interacción fue con la moda  $M$ , se actualiza  $M$ .

Utilizamos ISyS (Inhomogeneous System Simulator)

# Comportamientos colectivos observados

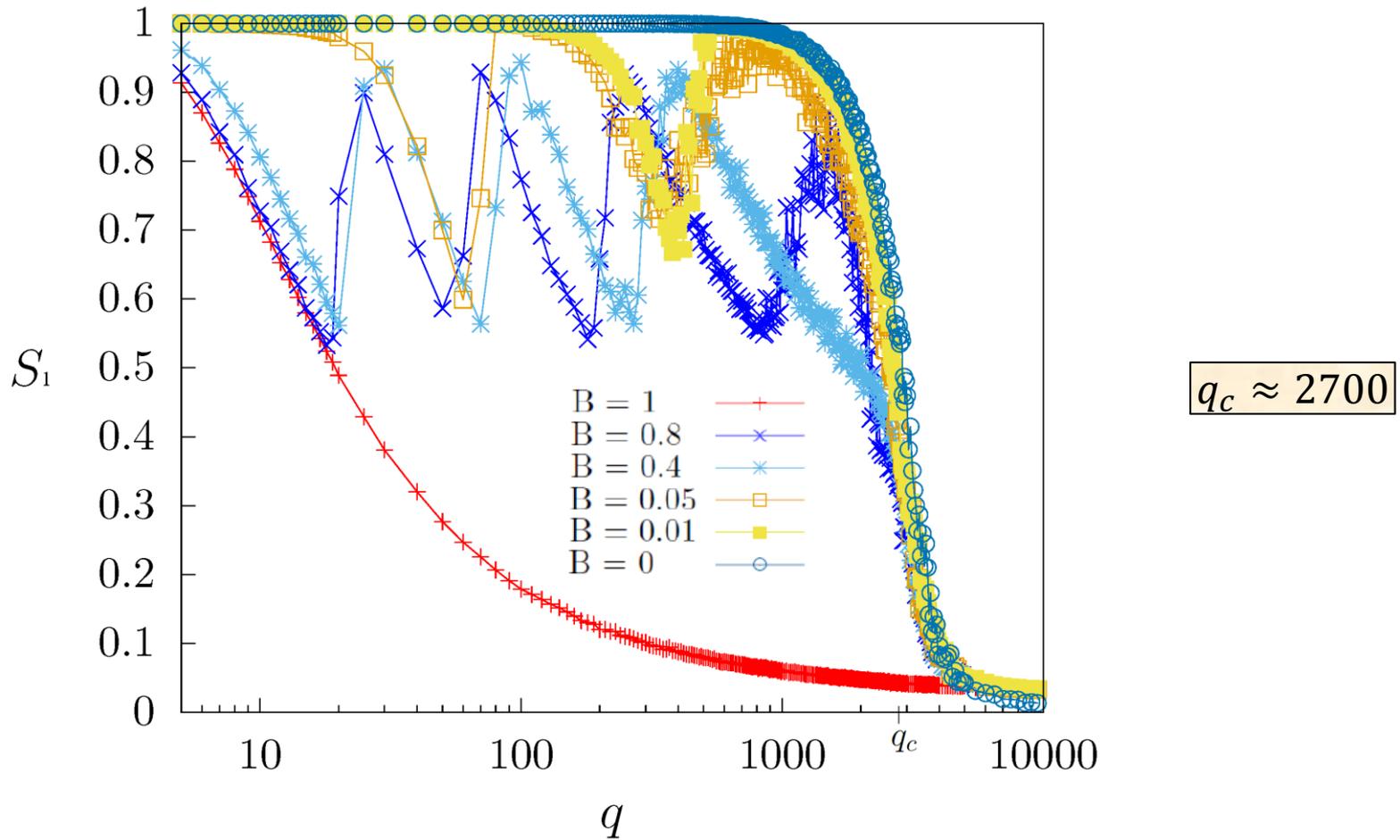
Estados asintóticos

$F = 10$   
 $N = 800$



# Comportamientos Colectivos

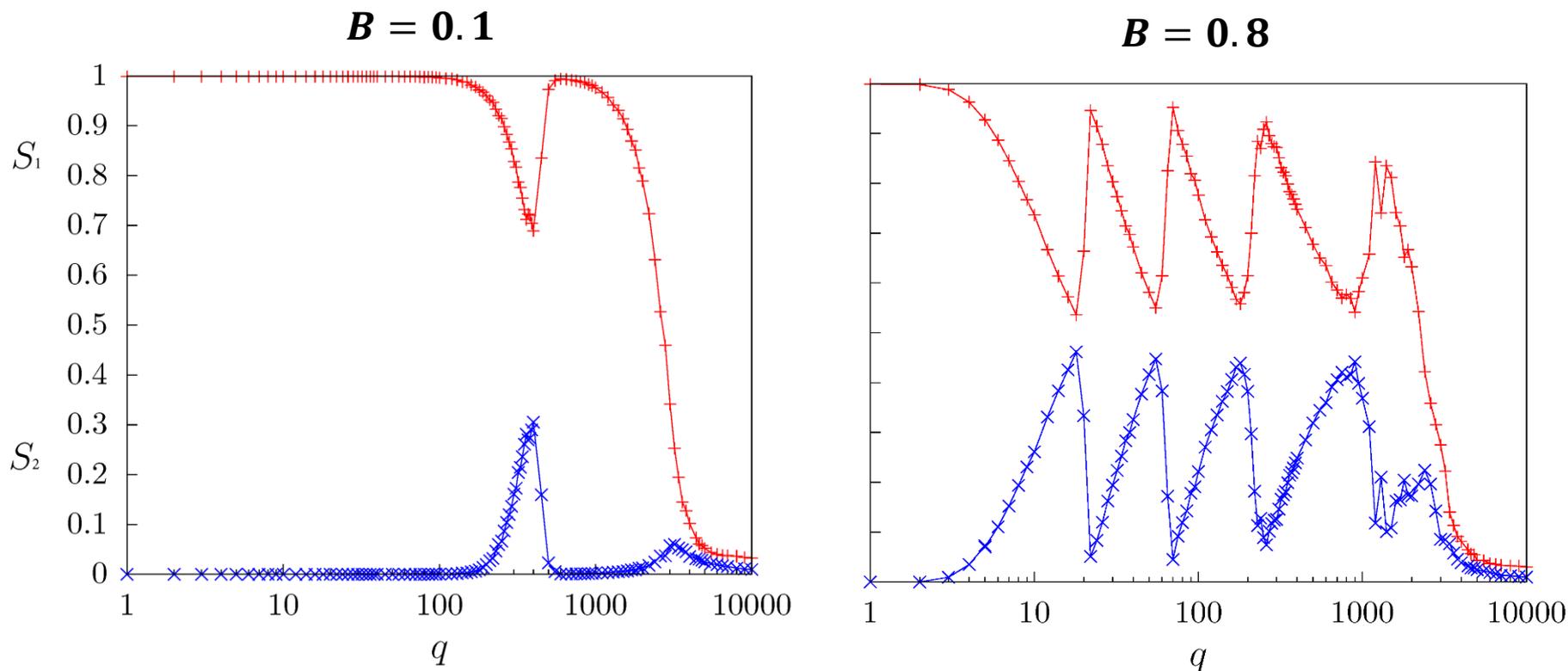
Calculamos el tamaño normalizado del dominio más grande en el sistema ( $S_1$ )



Gráfica 1  $S_1$  como función de  $q$ , para diversos valores de  $B$ .  $F = 10$   
Cada punto está promediado sobre 100 realizaciones de condiciones iniciales.

# Emergencia de minorías alternativas a la moda

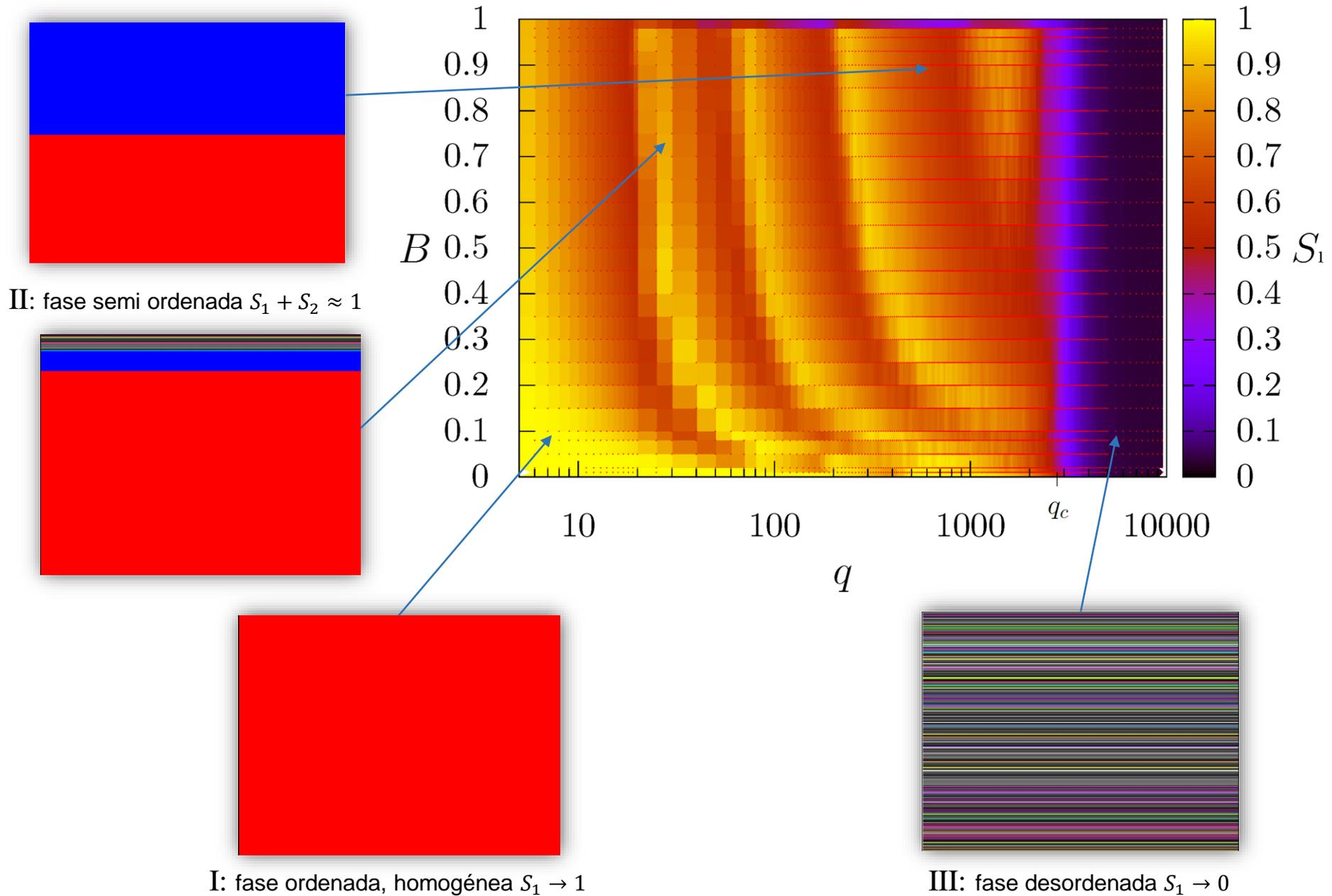
Tamaño normalizado del segundo dominio más grande  $S_2$



Gráfica 2:  $S_1$  (rojo),  $S_2$  (azul) como función de  $q$ .

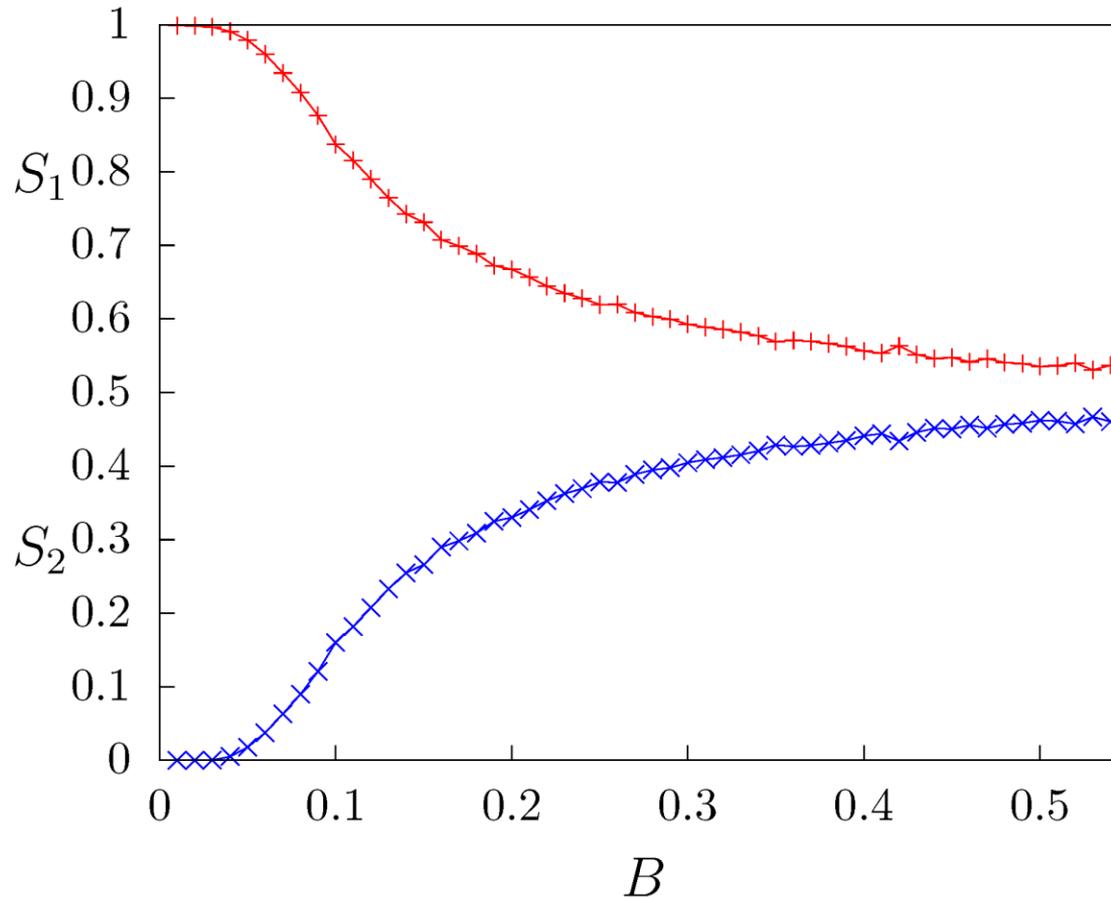
Cada punto está promediado sobre 100 realizaciones de condiciones iniciales.

# Diagrama de fases en espacio $(B, q)$



# Efecto no trivial: crecimiento de minorías alternativas a la moda

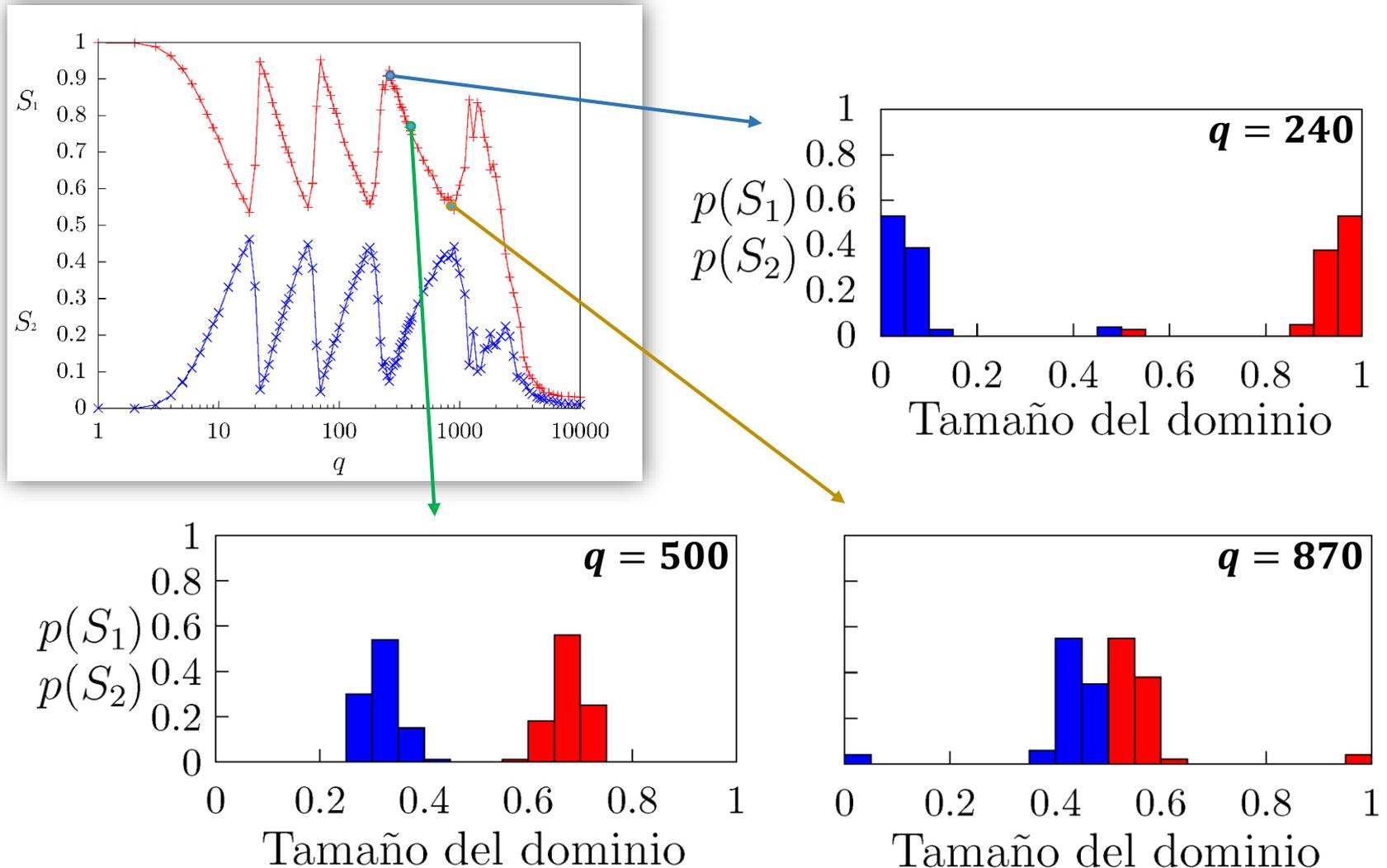
Influencia de la intensidad de la moda



Gráfica 3:  $S_1$  (rojo) ,  $S_2$  (azul) como función de  $B$ , con  $q = 20$ .  
Cada punto está promediado sobre 50 realizaciones de condiciones iniciales.

# Moda versus minoría alternativa

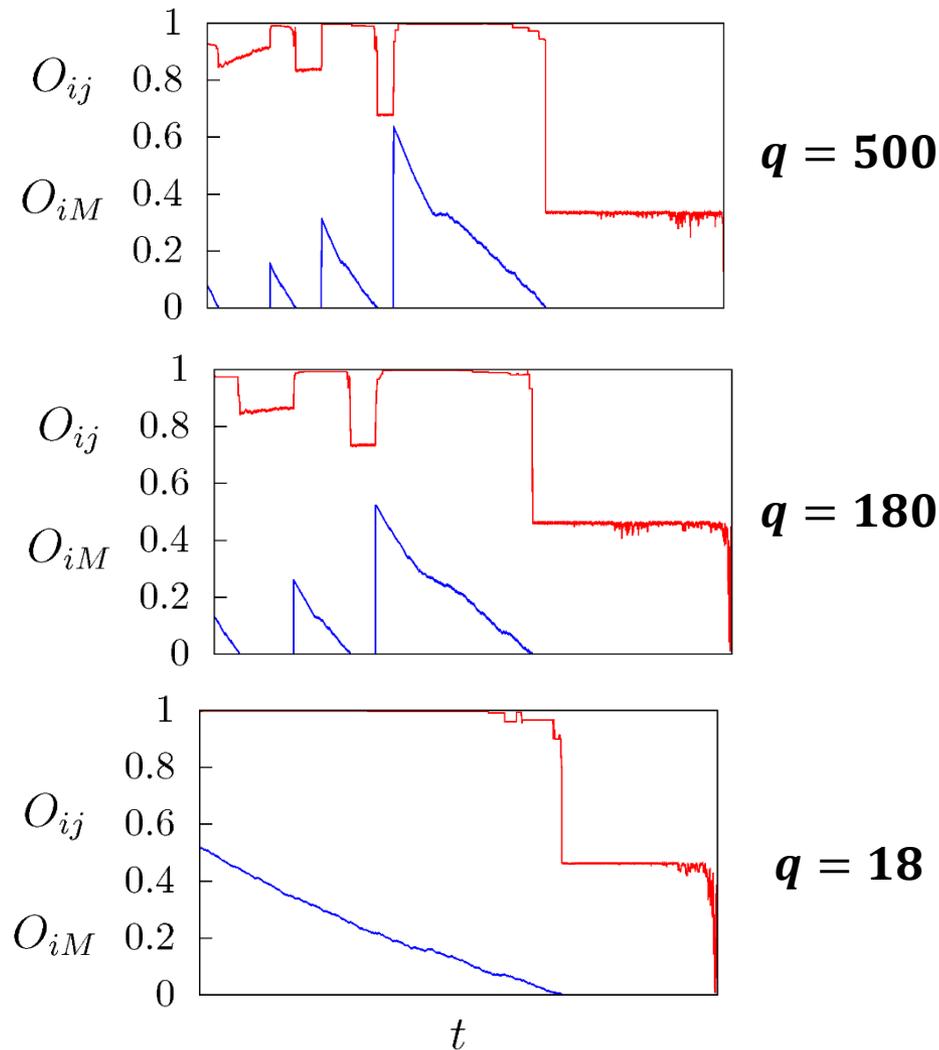
Competencia entre dominios mayoritarios



Gráfica 4: Distribución de probabilidad  $p(S_1)$  y  $p(S_2)$  en función del tamaño del dominio, obtenidas mediante 100 realizaciones de condiciones iniciales. Para  $B = 0.8$ .

# Evolución de la moda y de agentes activos

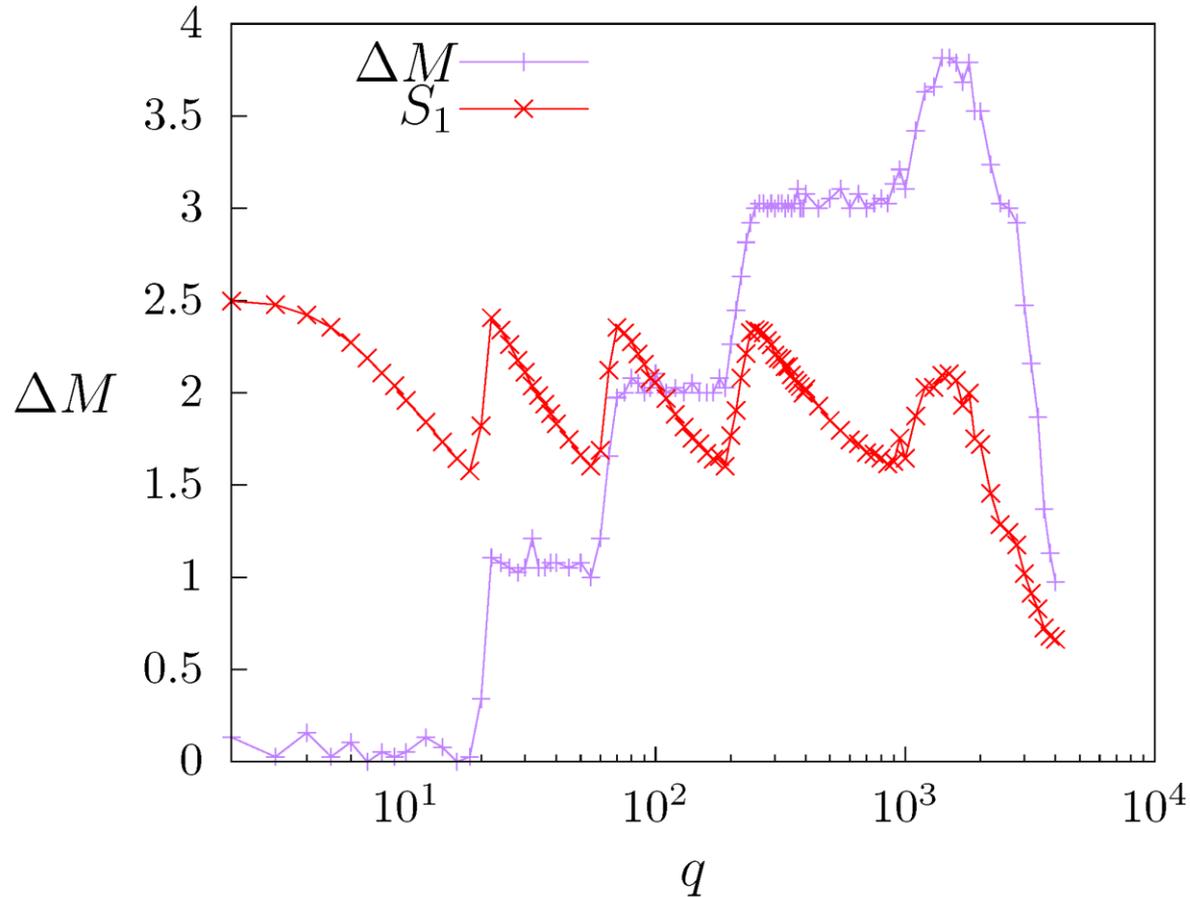
## Dinámica del sistema



Gráfica 5: Evolución temporal de la fracción de agentes que tienen overlap con la moda  $O_{iM}$  y la fracción de agentes que tienen overlap con otro agente  $O_{ij}$ . Para  $B = 0.8$

# Actualizaciones de la moda y minoría alternativa

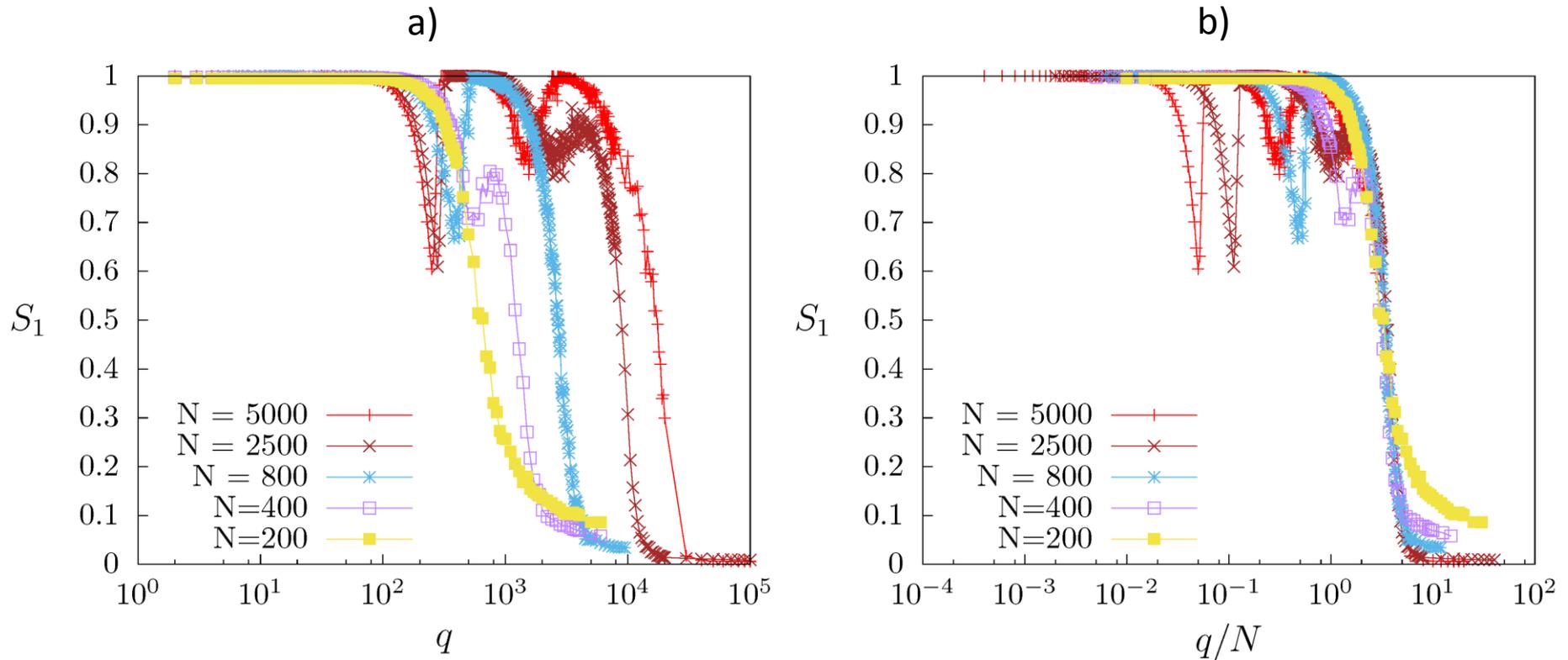
Número promedio de actualizaciones del vector moda  $\Delta M$



Gráfica 6:  $\Delta M$  vs  $q$ . Para  $B = 0.8$ .

Cada punto está promediado sobre 50 realizaciones de condiciones iniciales.

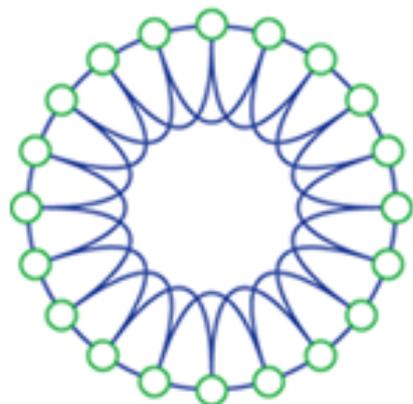
# Influencia del tamaño del sistema



Gráfica 7:  $S_1$  para distintos valores de  $N$ , con  $B = 0.8$ , en función de: (a)  $q$ , (b)  $q/N$ . Cada punto está promediado sobre 100 realizaciones de condiciones iniciales.

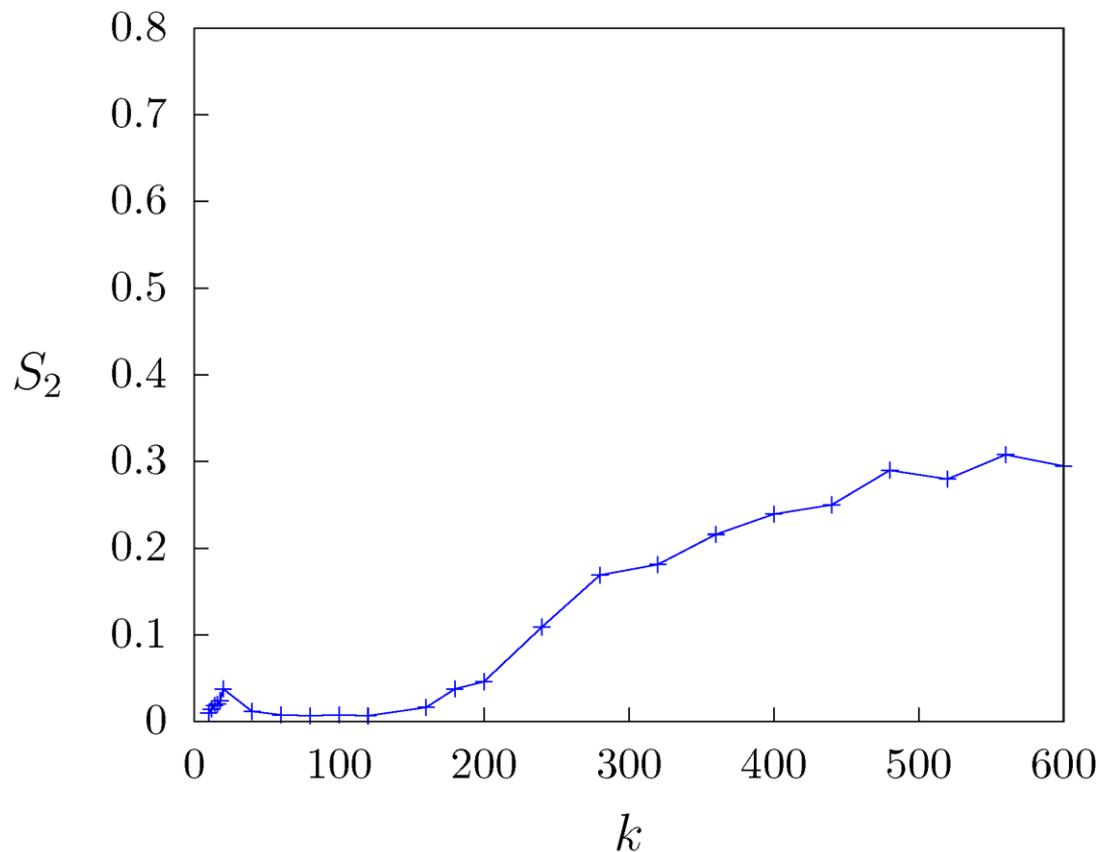
relación de escala  $q_c \propto N$

# Influencia de la topología en crecimiento de minorías



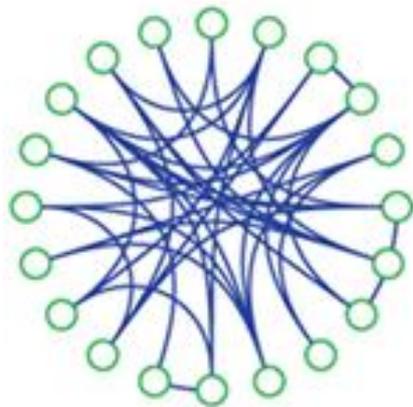
Red tipo anillo.

$k$ : número de vecinos



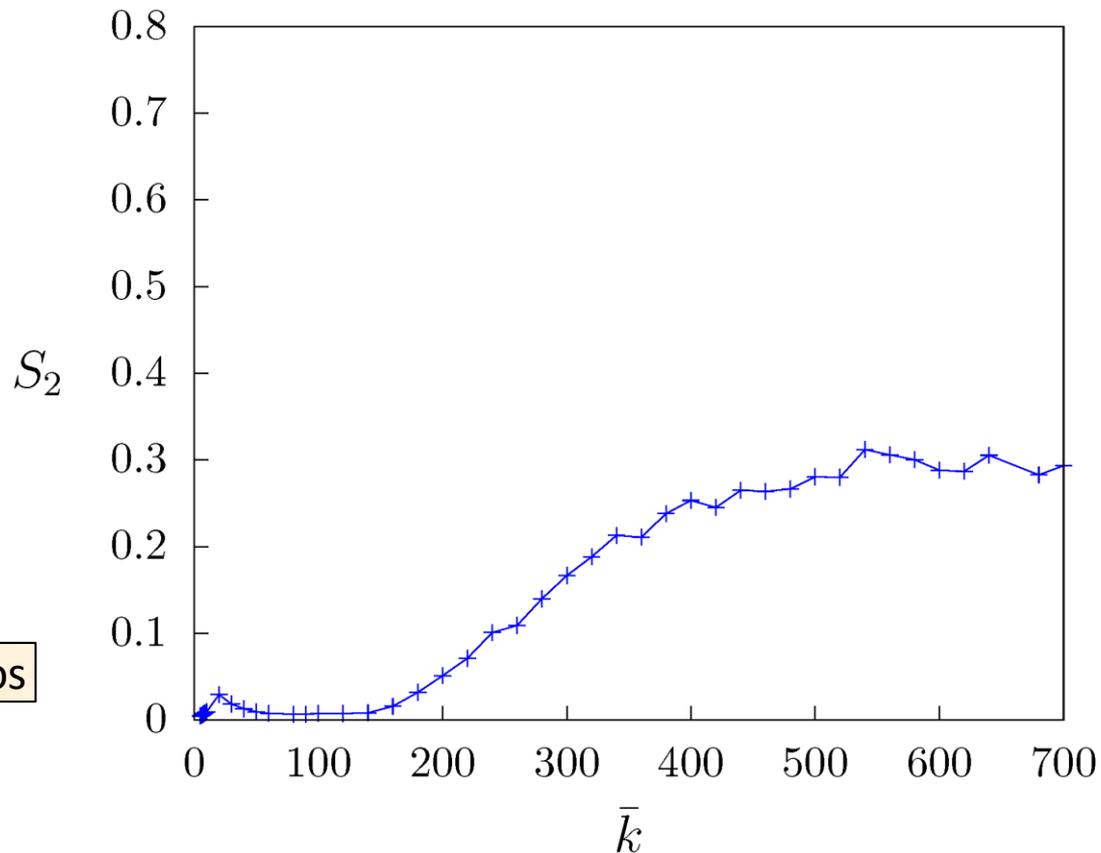
Gráfica 8:  $S_2$  en función de  $k$  en una red tipo anillo. Para  $N = 800$  con  $q = 400$  y  $B = 0.8$ . Cada punto está promediado sobre 100 realizaciones de condiciones iniciales.

# Influencia de la topología: red aleatoria



Red tipo aleatoria.

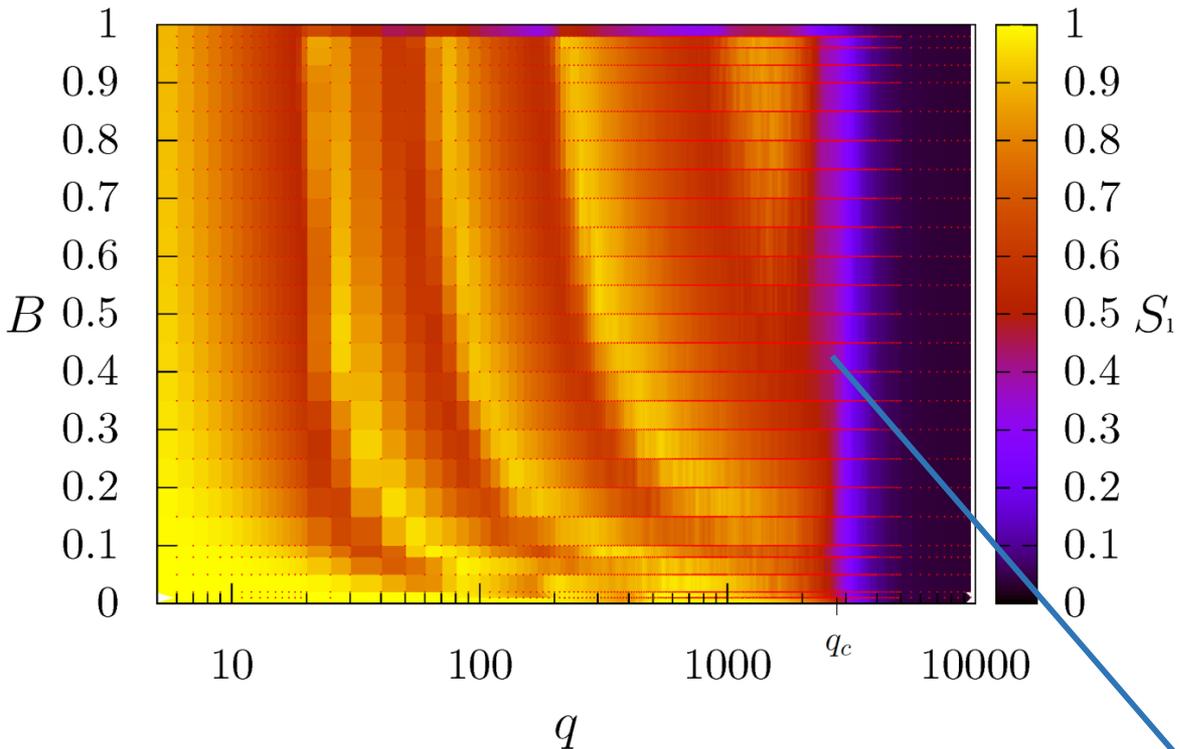
$\bar{k}$ : número promedio de vecinos



Gráfica 9:  $S_2$  en función de  $k$  en una red aleatoria. Para  $N = 800$  con  $q = 400$  y  $B = 0.8$ . Cada punto está promediado sobre 100 realizaciones de condiciones iniciales.

El acoplamiento global entre los agentes no es indispensable; una minoría alternativa puede surgir con un número suficientemente grande de vecinos en una red.

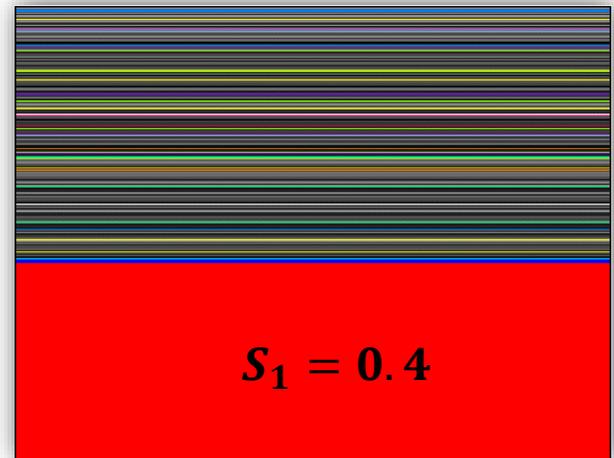
# Emergencia de estados quiméricos



## Estado quimérico:

coexistencia de conjuntos de osciladores sincronizados y desincronizados en un sistema dinámico homogéneo.

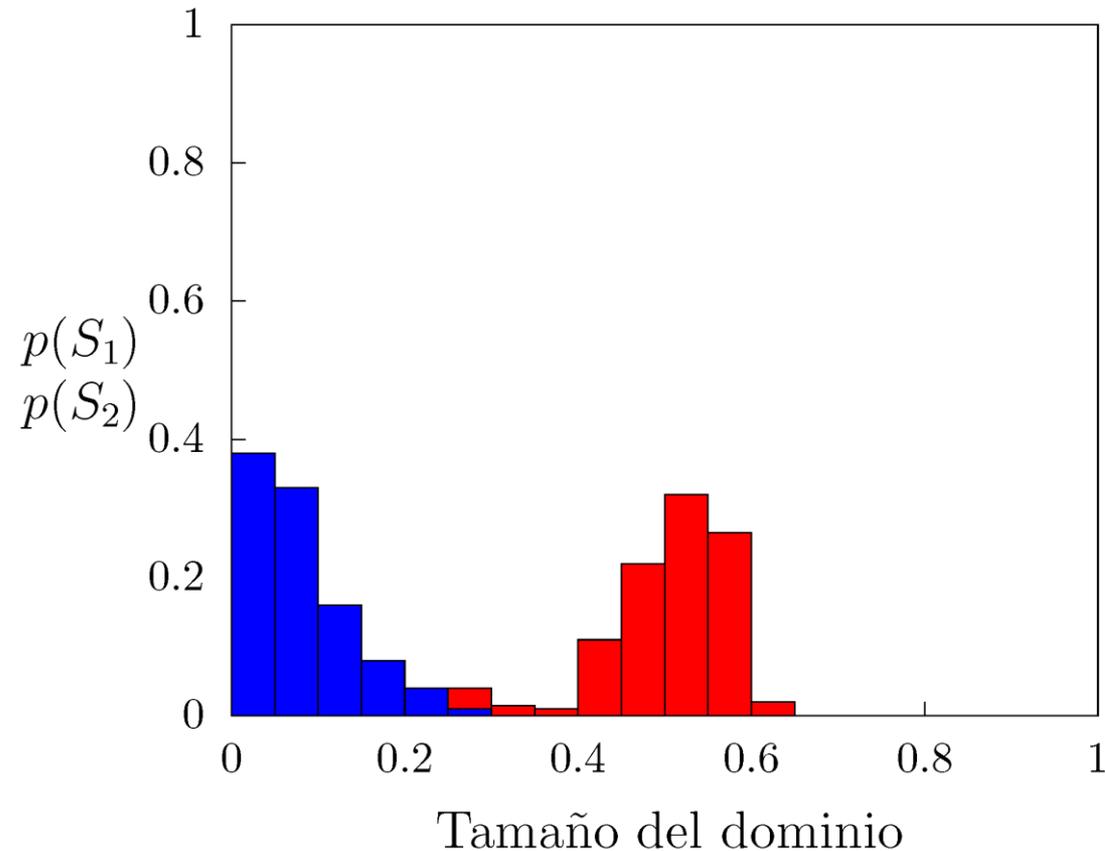
$$q = 2700, B = 0.43$$



“Chimeralite state”

$$S_1 = 0.4$$

# Probabilidad de estados quiméricos



Gráfica 10: Distribución de probabilidad  $p(S_1)$  y  $p(S_2)$  en función del tamaño del dominio. Para  $B = 0.8$ ,  $q = 0.43$ . Obtenida mediante 100 realizaciones de condiciones iniciales.

# Conclusiones

- Hemos estudiado la influencia de la moda en un sistema de agentes sociales donde cada agente puede interactuar con otro agente y todos comparten la misma información global: la moda o la tendencia cultural predominante en el sistema.
- Dinámica de interacción basada en el modelo cultural de Axelrod. Parámetros:  $q$  # de atributos por cada rasgo cultural;  $B$  probabilidad de interactuar con la moda (intensidad).
- Encontramos un efecto contra-intuitivo: un aumento de la intensidad de la moda puede inducir el crecimiento de una minoría en un estado alternativo al de la moda, hasta ocupar casi la mitad del tamaño del sistema.
- Encontramos tres fases en el espacio de parámetros  $(B, q)$ :
  - (i) una fase ordenada en el estado de la moda para  $q < q_c$ , caracterizada por  $S_1 \rightarrow 1$ ;
  - (ii) una fase semi-ordenada para  $q < q_c$  con presencia de una primera minoría en un estado alternativo al estado de la moda, caracterizada por  $S_1 + S_2 \approx 1$ ;
  - (iii) una fase desordenada para  $q > q_c$ , para la cual  $S_1 \rightarrow 0$ .
- Valor crítico para la transición al estado desordenado escala como  $q_c \propto N$ .
- Influencia de la topología de la red: emergencia de minoría alternativa ocurre para número de vecinos suficientemente grande; acoplamiento global no es esencial.
- Encontramos estados análogos a estados quiméricos en sistemas dinámicos: coexistencia de dominio  $S_1 = 0.4N$  con muchos dominios muy pequeños.

# Problemas futuros

---

Diversas extensiones del presente trabajo surgen como posibles temas de investigación para el futuro. Un tema de interés consiste en estudiar la influencia de la moda utilizando otros modelos de dinámica social, como el modelo de Deffuant.

Un problema abierto es estudiar el comportamiento del sistema bajo la influencia simultánea de un campo externo fijo, como una propaganda, y de la moda.