

Efecto de la localidad en el surgimiento de la cooperación

Br. Adriana Torres
Tutor: Dr. Kay Tucci

Departamento de Física - CFF
Universidad de Los Andes

21 de septiembre de 2010

Objetivo

Estudiar el efecto de la localidad de las interacciones en la emergencia, mantenimiento y evolución del comportamiento cooperativo en un sistema compuesto por individuos con distintas características observables.

Objetivos Específicos

- Replicar y desarrollar el modelo de la evolución de cooperación a partir de la investigación hecha por Ross Hammond y Robert Axelrod.
- Implementar el modelo sobre la plataforma de simulación ISyS.
- Realizar simulaciones del modelo sobre dos tipos de redes: redes de acoplamiento local mas global y redes de pequeño mundo.
- Obtener resultados estadísticos de las simulaciones en función de parámetros del entorno.

Cooperación y Altruismo

IDEAS RESALTANTES

La selección de las especies argumenta que la evolución de los seres vivos se produce gracias a la competencia y la lucha entre los individuos.

Se puede pensar que la evolución hace que los individuos se muestren menos propensos a crear relaciones de colaboración.

Se observa que no es tanta la lucha por la supervivencia de unos contra otros como la lucha por la supervivencia contra un entorno hostil.

La cooperación se da más en situaciones de adversidad, mientras que la competencia en el caso de habitar en un entorno benévolo.

Modelo sobre Cooperación de Axelrod

Visión de Axelrod


¿Bajo qué condiciones emergerá la cooperación en un mundo de egoístas sin una autoridad central?

Estrategías que tienden a favorecer a aquellos individuos que tienen características de parientes cercanos. El aspecto más importante de esta estrategia es la selección de parentesco o *kin selection*¹.

Interacción continua, entre individuos o líneas de descendencia. Se sustenta por la *viscosidad de población*^{2,3}. Crea correlaciones positivas entre vecinos espacialmente cercanos.

- 1.- Hamilton, W. D. 1964. The genetical evolution of social behaviour. I and II. J. Theor. Biol. 7, 1-52.
- 2.- Axelrod, R. The Evolution of Cooperation. Basic Books (1984).
- 3.- Axelrod, R. y Hamilton, W. D. 1981. The Evolution of Cooperation. Science. 211, 1390-1396.

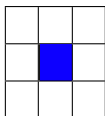
Dilema del Prisionero

		prisionero B			
		confiesa		permanece en silencio	
prisionero A	confiesa	 5 años 5 años	 0 años 20 años		
	permanece en silencio	 20 años 0 años	 1 año 1 año		

Matriz del juego del Dilema del Prisionero

Dinámica de Interacción en el Modelo de Hammond y Axelrod

Un individuo (autómata celular) está definido por 4 valores:



T	Etiquetas $\in \{1, 2, 3, 4\}$
α	Estrategia con T iguales, $\in \{0, 1\}$
ω	Estrategia con T distintas, $\in \{0, 1\}$
R	Probabilidad de Reproducción $\in [0, 1]$

De los modelos estudiados por Hammond y Axelrod⁴, se escogió el *Viscoso-Etiquetado*: combina la viscosidad de población y la selección de parentesco.

4.- Hammond, R. A. y Axelrod, R. 2006. Evolution of contingent altruism when cooperation is expensive. Theor. Pop. Biol.

Dinámica de Interacción

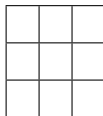
Cada periodo de simulación consiste en 4 etapas:

INMIGRACIÓN


Individuo



Celdas con $T = 0$



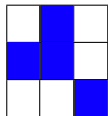
$$R = R_0$$

$$T = x$$

$$\alpha = x$$

$$\omega = x$$

INTERACCIÓN



$i \longleftrightarrow j$

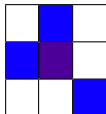
Estrategia		ΔR	
i	j	ΔR_i	ΔR_j
Altruista	Altruista	$b - c$	$b - c$
Altruista	Egoísta	$-c$	b
Egoísta	Altruista	b	$-c$
Egoísta	Egoísta	0	0

$$R_i = \begin{cases} R_0 + b\alpha_j - c\alpha_i & \text{si } T_i = T_j \\ R_0 + b\omega_j - c\omega_i & \text{si } T_i \neq T_j \end{cases}$$

$$R_j = \begin{cases} R_0 + b\alpha_i - c\alpha_j & \text{si } T_i = T_j \\ R_0 + b\omega_i - c\omega_j & \text{si } T_i \neq T_j \end{cases}$$

REPRODUCCIÓN

Cada individuo es escogido aleatoriamente reproduciéndose con una probabilidad igual a su nuevo R .



$$R = R_0 + \Delta R$$

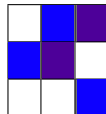
$$T = T$$

$$\alpha = \alpha \quad \text{Hallado un espacio}$$

$$\omega = \omega$$



vacio



$$R = 0$$

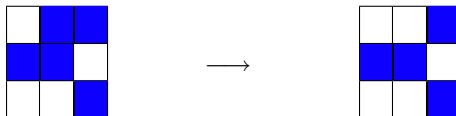
$$T = T$$

$$\alpha = \alpha$$

$$\omega = \omega$$

MUERTE

Cada individuo tiene una probabilidad D de morir dejando un espacio vacío para siguientes iteraciones.



Nota:

La iteración donde un individuo es creado, este no se reproduce ni muere, y para cada iteración todos los individuos del sistema vuelven a tener el mismo valor de potencial de reproducción R_0 .

Las redes sociales están conformadas por un conjunto de individuos (nodos) que están vinculados (conectados) por una o más tipos de interdependencias. A la disposición de los elementos de una red (nodos y enlaces) se le llama topología de red.

Redes de acoplamiento local mas global

Un individuo i busca a un individuo j para interactuar, ya sea de su vecindad local ν_i o en todo el sistema de N celdas, según lo indique un parámetro de probabilidad de conexión p_g . Cuando $p_g = 0$, el sistema está acoplado localmente, y cuando $p_g = 1$ el sistema está acoplado globalmente.

$$j \in \begin{cases} \{1, \dots, N\}, & \text{con probabilidad } p_g \\ \nu_i, & \text{con probabilidad } 1 - p_g \end{cases}$$

Redes de pequeño mundo

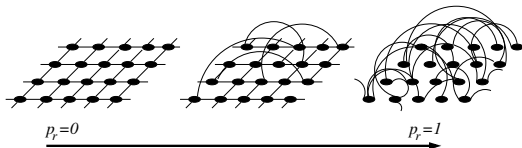
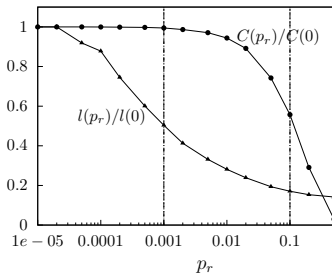
Caracterizadas básicamente por dos magnitudes:

Coficiente de agrupamiento

$$C = \langle C_i \rangle_i = \left\langle \frac{2E_i}{\frac{1}{2} k_i (k_i - 1)} \right\rangle_i$$

Longitud característica

$$l = \langle l(i) \rangle = \frac{1}{n(n-1)} \sum_{i,j} l_{\min}(i,j)$$



Efecto de la localidad en el surgimiento de la cooperación

PARÁMETROS Y MÉTODO

$$N = 10000$$

$$R_0 = 0.12$$

$$c = 0.01$$

$$D = 0.1$$

$$b \in [0.01, 0.03]$$

$$p_g \in [0, 1] \text{ y } p_r \in [0.001, 0.1]$$

Los datos obtenidos de los últimos 2000

iteraciones en corridas de 4000. Cada

simulación replicada 10 veces.

Celdas ocupadas

$$\eta_t = \sum_{i=1}^N (1 - \delta_{(T_t^i, 0)})$$

Fracción de altruistas A_t para el tiempo t

$$A_t = \frac{1}{\eta_t} \sum_{i=1}^{\eta_t} (\alpha_i \vee \omega_i)$$

Promedio temporal de fracción de altruistas en una simulación

$$A_s = \frac{1}{\tau} \sum_{t=1}^{\tau} A_t$$

Desviación estandar de A_s

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{\sum (A_s - A_t)^2}{\tau - 1}}$$

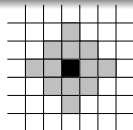
Localidades



k=4



k=8

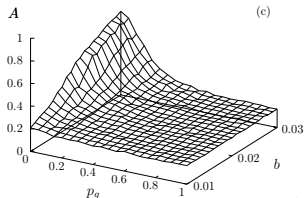
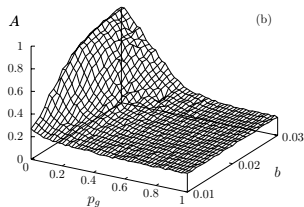
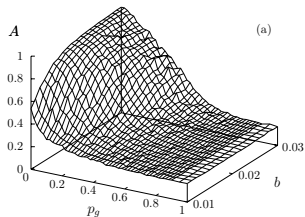


k=12

Efecto de la localidad en el surgimiento de la cooperación

$$A(p_g, b)$$

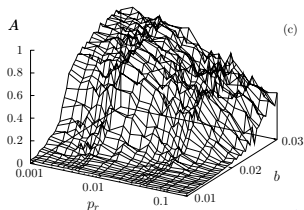
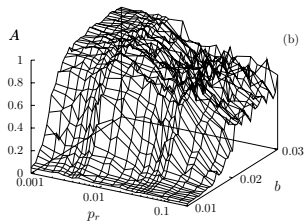
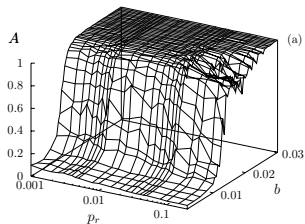
Acoplamiento local mas global



Efecto de la localidad en el surgimiento de la cooperación

$$A(p_r, b)$$

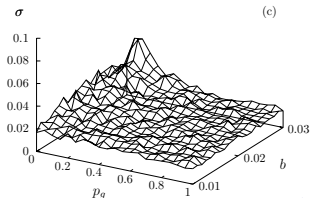
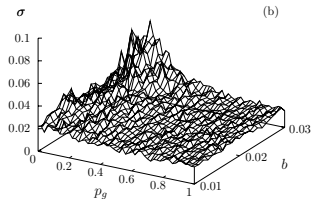
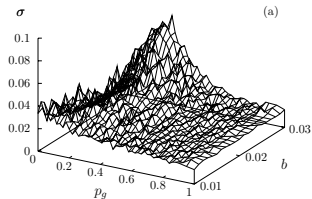
Pequeño mundo



Efecto de la localidad en el surgimiento de la cooperación

$$\sigma(p_g, b)$$

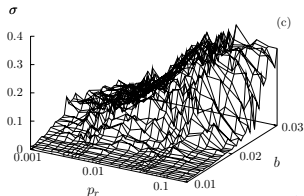
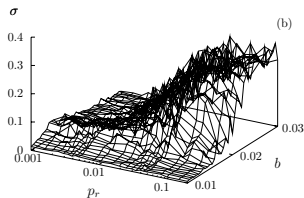
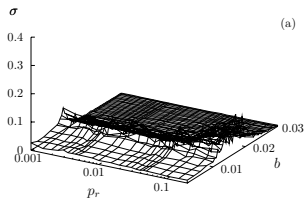
Acoplamiento local mas global



Efecto de la localidad en el surgimiento de la cooperación

$$\sigma(p_r, b)$$

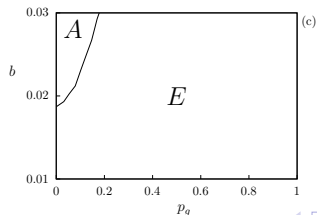
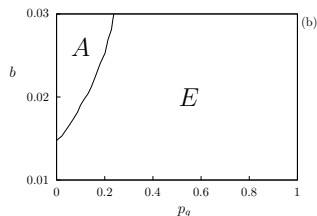
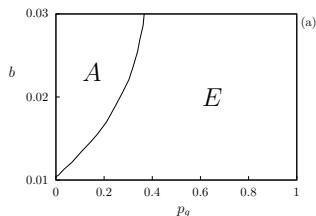
Pequeño mundo



Efecto de la localidad en el surgimiento de la cooperación

Diagramas de fase en el espacio de parámetros (p_g, b)

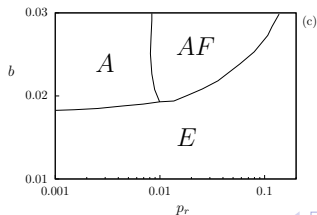
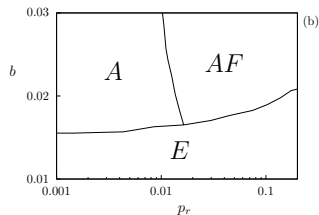
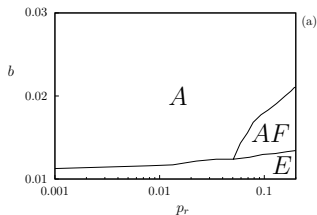
Acoplamiento local mas global



Efecto de la localidad en el surgimiento de la cooperación

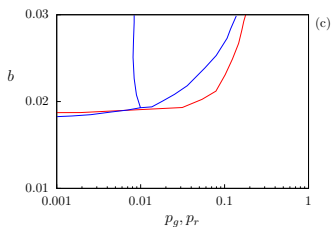
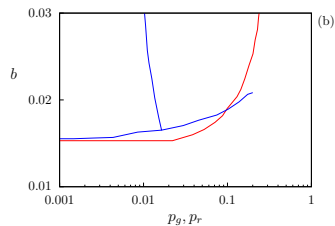
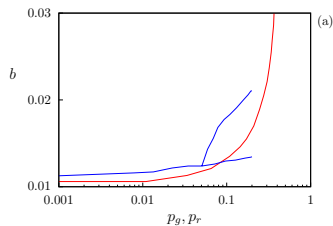
Diagramas de fase en el espacio de parámetros (p_r, b)

Pequeño mundo



Efecto de la localidad en el surgimiento de la cooperación

Comparación de diagramas de fase en escala logarítmica



Conclusiones

Las topologías usadas en este estudio presentan diferencias esenciales en su estructura. En las redes de pequeño mundo, las conexiones entre los nodos son estáticas, mientras que en las redes de acoplamiento local mas global son dinámicas.

Existiendo estas diferencias estructurales entre las redes resalta el hecho que en ambos casos hay similitudes en los resultados:

- Las gráficas de la fracción de altruistas y la desviación estandar obtenidas sugieren que la transición de fase es de orden superior, obteniendo una estimación los valores críticos entre las fases.
- En los diagramas de fase se observa que para que surja y se mantenga el altruismo en el sistema se requiere de un medio más benévolo a medida que aumenta el grado de vecindad.
- Comparando los diagramas de fase, con ambos casos en escala logarítmica, se aprecia una similitud en el comportamiento del sistema. Para ambos tipos de redes la cooperación surge, según los grados de vecindad, aproximadamente en el mismo rango de benevolencia del entorno.

La diferencia notable de los resultados es que en las redes de pequeño mundo se observa una fase de altruismo con fluctuaciones, denotada por AF , que no se observa en las redes de acoplamiento local mas global.

Sugerencias

- Para una verificación más exacta de la similitud entre las regiones en los diagramas de fase, es interesante ampliar el estudio en el eje p_r en la red de pequeño mundo hasta el valor $p_r = 1$ para observar si los dominios de las regiones se extienden de forma similar al caso con red de acoplamiento local mas global.
- Para tener una visión más amplia de como la topología de la red afecta el surgimiento de la cooperación se sugiere realizar estudios detallados empleando otro tipo de redes como las redes de comunidades, redes coevolutivas y redes fractales.

GRACIAS

