

# Modelo dinámico de formación de coaliciones



J.C. González-Avella

# Enseñanzas del Caos

---

- 1) Sistemas *simples* (no lineales) pueden tener comportamiento *complejo*.
- 2) Sistemas dinámicos deterministas pueden ser *impredecibles*.
- 3) Propiedades universales en transición *orden*  $\leftrightarrow$  *caos*.
- 4) Conceptos para una descripción unificada de *sistemas complejos*.

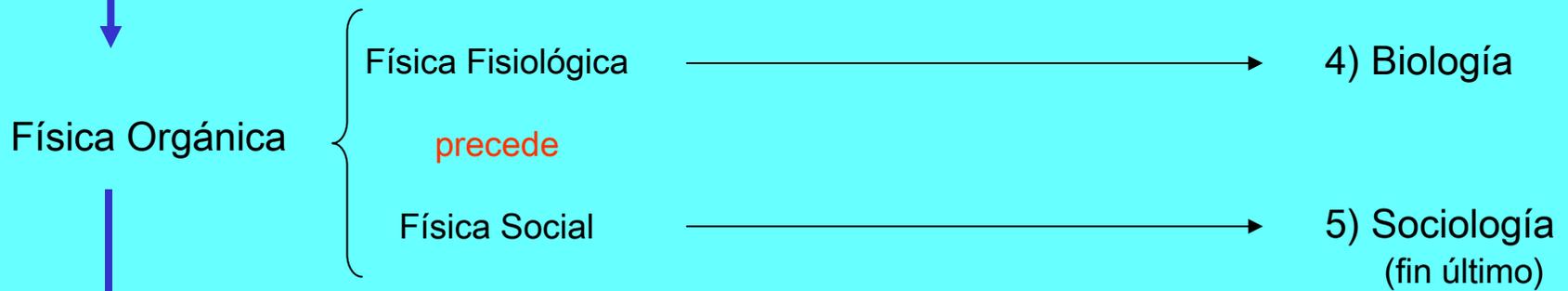
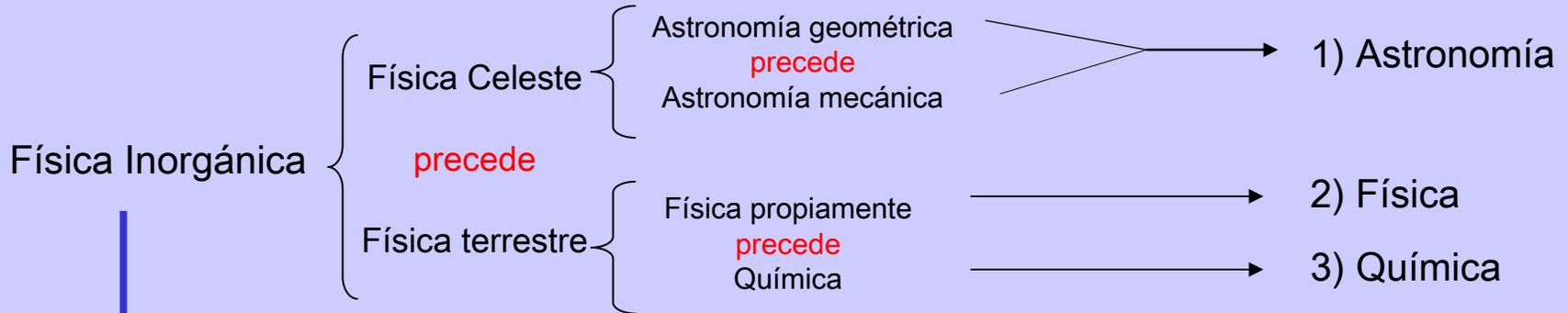
## Sistemas Complejos

Surgimiento de propiedades colectivas (organización, estructura, funcionalidad) en sistemas de elementos dinámicos interactivos.

Ejemplos: sistemas caóticos extendidos, cerebro, colonias de insectos, sistemas sociales, economía, sistemas fisiológicos, redes.

**Herramientas:** Dinámica No Lineal, Física Estadística, Computación.

# Enciclopedia de la Ciencia (Comte)



# Modelo de Axelrod para la formación de coaliciones

The Complexity of Cooperation, Princeton University Press (1997)

---

**Pregunta:** “*¿How can new political actors emerge from an aggregation of smaller political actors?*”

**Propuesta:** *Mostrar cómo pueden surgir nuevos niveles de organización en sistemas sociales o políticos a partir de simples reglas dinámicas de interacción entre los elementos del sistema.*

**Interés histórico e importancia:**

- 1) Modelar el proceso por el cuál actores independientes renuncian a parte de su autonomía y crean un nuevo nivel de organización para alcanzar sustentabilidad.*
- 2) Prevención de la “tragedia de los comunes”*
- 3) Comprensión del futuro político global en términos de seguridad internacional y economía internacional.*

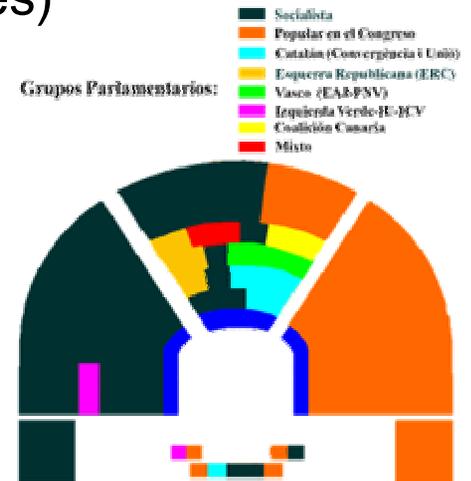
# Ejemplos de emergencia de organización por cooperación

---

Existencia de unidades básicas o elementos ( naciones, partidos, grupos.)

Organizaciones o coaliciones emergentes (nuevos actores)

- O.N.U.
- O.E.A.
- Comunidad Europea.
- Parlamentos.



## Analogías con sistemas complejos

- Sistemas biológicos en donde surgen organismos multicelulares a partir de interacciones entre organismos unicelulares.
- Formación de clusters y estructuras en sistemas caóticos acoplados.
- Formación de estructuras neuronales para distintas funciones del cerebro.

# Nuevos paradigmas

---

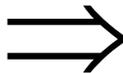
*Paradigma tradicional* para la investigación de formación de coaliciones en sistemas sociales es la *teoría de juegos*.

Supone: 1) Racionalidad en las decisiones.

2) Existencia previa de actores o agentes en situaciones particulares.

*Nuevo paradigma:* - *sistemas complejos adaptativos.*  
- *propiedades universales.*

*Emergencia de auto-organización por interacción entre los elementos*



*Supone la existencia de reglas dinámicas simples entre elementos que desarrollan grados de compromiso (*sistema adaptativo*)*

# Emergencia de organización por conflictos (Axelrod).

---

*-Modelo particular* Un elemento domina a sus vecinos y forma una coalición.  
El actor emergente crea esencialmente un imperio.

- Alejandro Magno
- Roma.
- China.
- Imperio Ruso (ex Unión Soviética)



## ***Criterios para identificar un nueva coalición:***

- 1) Control efectivo sobre los subordinados en la coalición.
  - a. Escasa rebelión.
  - b. Ninguna “política exterior” independiente
- 2) Acción colectiva (“one for all and all for one”)
  - a. Paternalismo (protección del débil por el fuerte)
  - b. Política exterior conjunta.

# Características novedosas del modelo de Axelrod.

---

## *Características del Modelo:*

- 1) Modelo de tributos como *regla dinámica* local para formación de coaliciones (*formación de estructura, auto-organización*).
- 2) Mecanismo para disminuir o aumentar compromisos entre los elementos del sistema en el tiempo (*modelo adaptativo*).
- 3) No supone que los actores son iguales, (*diferencias de riquezas*).
- 4) El comportamiento dinámico de los actores depende de experiencias reunidas a través de interacciones previas.
- 5) Basado en amenazas y extorsión, en contraste con el dilema del prisionero basado en cooperación.

# Dinámica del Modelo de Tributos y Conflictos

---

1.- Dinámica elemental de “Pay or else” (Axelrod).

- *Un actor puede hacer una demanda de pago de recursos a un vecino, con la amenaza de la posibilidad de un conflicto.*
- *Conflicto: transferencia forzada de riqueza del demandado al demandante*

---

## Algoritmo

1. Actores ubicados en una red unidimensional con condiciones de contorno periódicas.
2. Existencia de recursos (riquezas) distribuidos inicialmente de forma aleatoria entre los elementos del sistema ( $W_i$ ).
3. Se escoge de forma aleatoria un actor ( $A$ ), que *puede* demandar tributo a uno de sus vecinos.
4. Si ( $A$ ) hace una demanda, el Blanco ( $T$ ) tiene dos opciones.
  - a) *Si  $T$  paga, se transfiere riqueza directamente de  $T$  a  $A$ .*
  - b) *Si  $T$  pelea, cada actor pierde riqueza **en proporción** de la riqueza del contrario.<sup>1</sup>*
5. Después de un ciclo o año (**3 activaciones**), a cada actor se le reinyecta riqueza fija.

---

<sup>1</sup>Lanchester, F.W., *Mathematics in Warfare*, (1916).

# Regla de decisión para hacer demanda (Axelrod).

---

Condiciones para  $T$ :

- a)  $T$  débil para que elija pagar en vez de pelear.
- b)  $T$  cause menor daño si decide pelear.
- c)  $T$  fuerte para pagar tanto como sea posible.

Definimos *vulnerabilidad*  $V$  como:

$$V_{A,j} = \frac{W_A - W_j}{W_A}$$

donde:  $W_A$  y  $W_j$ , son las *riquezas* del demandante y un vecino posible blanco.  
El blanco  $T$  se escoge tal que:

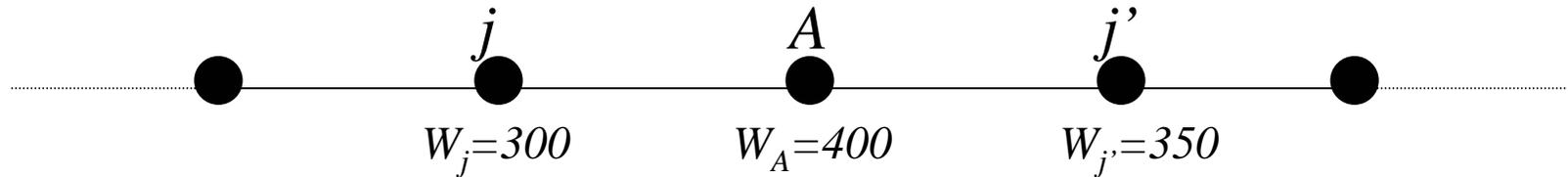
$$\text{Max}(V_{A,j}) \Rightarrow T$$

---

Regla de decisión de  $T$  para llevar a cabo la pelea:

El blanco sólo pelea si le cuesta menos que pagar tributo.

# Ejemplo



## Cálculo de pérdida de riqueza en caso de conflicto

$$V_{A,j} = \frac{400 - 300}{400} = \underline{0,25}; \quad V_{A,j'} = \frac{400 - 350}{400} = 0,125$$

$$\boxed{Max(V_{A,j}) = T} \Rightarrow$$

El elemento  $j$  es el mejor blanco

en caso de conflicto la riqueza que pierde a  $A$  es:

$$L_A = kW_T = 300k$$

mientras que en caso de haber un conflicto  $T$  pierde:

$$L_T = kW_A = 400k$$

$$k \in (0,1)$$

Después del conflicto la diferencia de riqueza entre  $A$  y  $T$  es  $(1+k)(W_A - W_T)$

# Formación de coaliciones (Axelrod).

---

- La premisa clave para la emergencia de una coalición es el desarrollo de grados de compromiso (*intensidad del acoplamiento entre elementos*).
- La intensidad del acoplamiento aumenta o disminuye según la dinámica de pago o pelea.
- La estructura de compromisos se describe mediante la matriz de acoplamiento  $C_{ij}$ . (analogía con acoplamiento adaptativo de Kaneko e Ito 2003; Tesis C. Jaimes 2004).

- El compromiso de  $i$  con  $j$  aumenta cuando:

- a)  $i$  paga tributo a  $j$ .
- b)  $i$  recibe tributo de  $j$ .
- c)  $i$  pelea en el mismo bando que  $j$ .

- El compromiso entre los actores disminuye cuando:

- $i$  pelea en el bando opuesto de  $j$

- Los incrementos y decrementos en los compromisos es una cantidad constante prefijada.

# Formación de coaliciones (Axelrod).

---

- Inicialmente las interacciones son entre primeros vecinos, luego esta restricción se relaja al variar los niveles de compromisos.
- Para exigir demanda de tributo se requiere contigüidad entre los actores.  
Por ejemplo en una red de 10 elementos, el actor en la posición 5 puede hacerle una demanda al actor 8 si y sólo si los actores 6 y 7 se unen al actor 5.
- Esto requiere que los actores 6 y 7 estén más comprometidos (**mayor acoplamiento**) con 5 que con 8.
- El actor 10 puede unirse al actor 8 en defensa si y sólo si el actor 9 también lo hace.
- Los compromisos y las riquezas forman parte del conocimiento común.  
Al evaluar la vulnerabilidad de un blanco elegible, se toma en cuenta los compromisos y riquezas de los elementos que forman la alianza.
- Una alianza o coalición es conjunto de elementos cuyos acoplamientos mutuos son mayores que un valor umbral dado.

# Coaliciones en conflicto

## Vulnerabilidad dentro de una coalición.

Definimos:

$$V_{A,T} = \frac{W_{\alpha} - W_{\tau}}{W_{\alpha}}$$

donde

$$W_{\alpha} = \sum_{i \in \alpha} W_i C_{iA}$$
$$W_{\tau} = \sum_{i \in \tau} W_i C_{iT}$$

Donde:

$\alpha$  y  $\tau$  son las coaliciones del atacante  $A$  y del blanco  $T$ , respectivamente.

$C_{iA}$  y  $C_{iT}$  determinan el grado de compromiso entre el elemento  $i$  y  $A$ , y elemento  $i$  y  $T$  en cada coalición, respectivamente

## Pérdida que sufre cada elemento en caso de conflicto

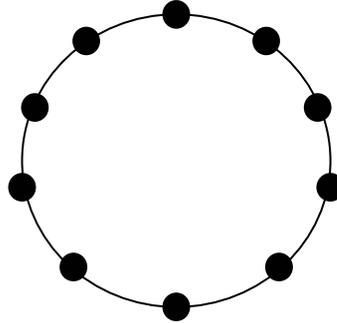
$$L_{i \in \alpha} = kW_{\tau} \frac{W_i}{W_{\alpha}}; \quad L_{i \in \tau} = kW_{\alpha} \frac{W_i}{W_{\tau}}$$

# Dinámica del modelo de tributo y conflicto

---

## Condiciones iniciales y parámetros.

Red unidimensional con 10 elementos y condiciones de contorno periódica.



La riqueza inicial se distribuye de forma uniforme entre 300 y 500.

Después de un ciclo el incremento de la riqueza de cada actor es de 20.

La constante de proporcionalidad en la pérdida de riqueza es  $k = 0,25$ .

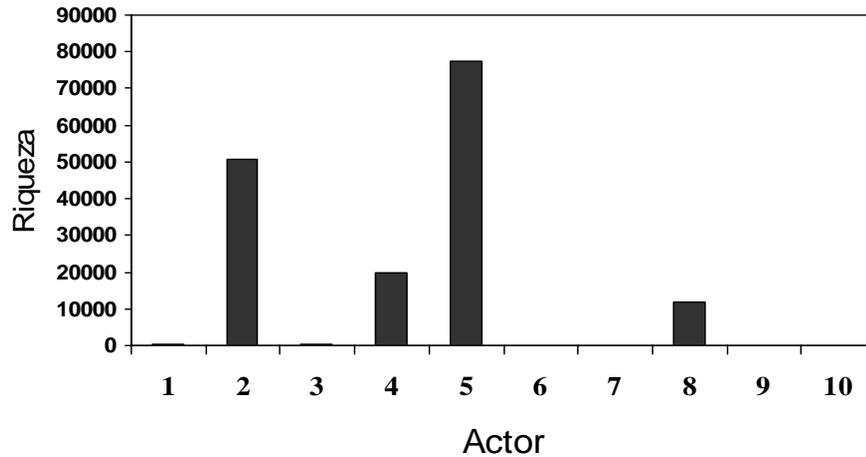
Los niveles de compromisos varían entre 0 y 100, y los incrementos o decrementos son de 10. Al inicio no hay compromisos entre los elementos,

La unidad de tributos es de 250

Todos los parámetros son escogidos de forma arbitraria y por conveniencia, pueden haber reglas para la escogencia de los parámetro.

# Dinámica del Modelo de Tributos de Axelrod.

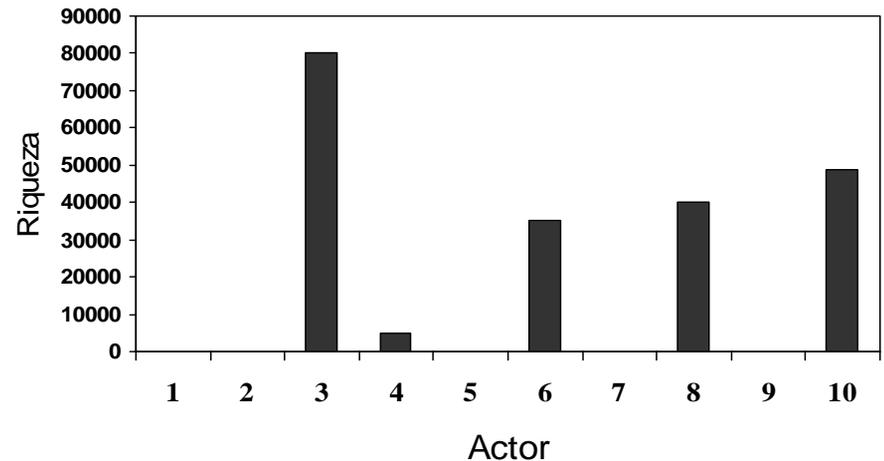
Riqueza de cada Actor despues de 1000 ciclos



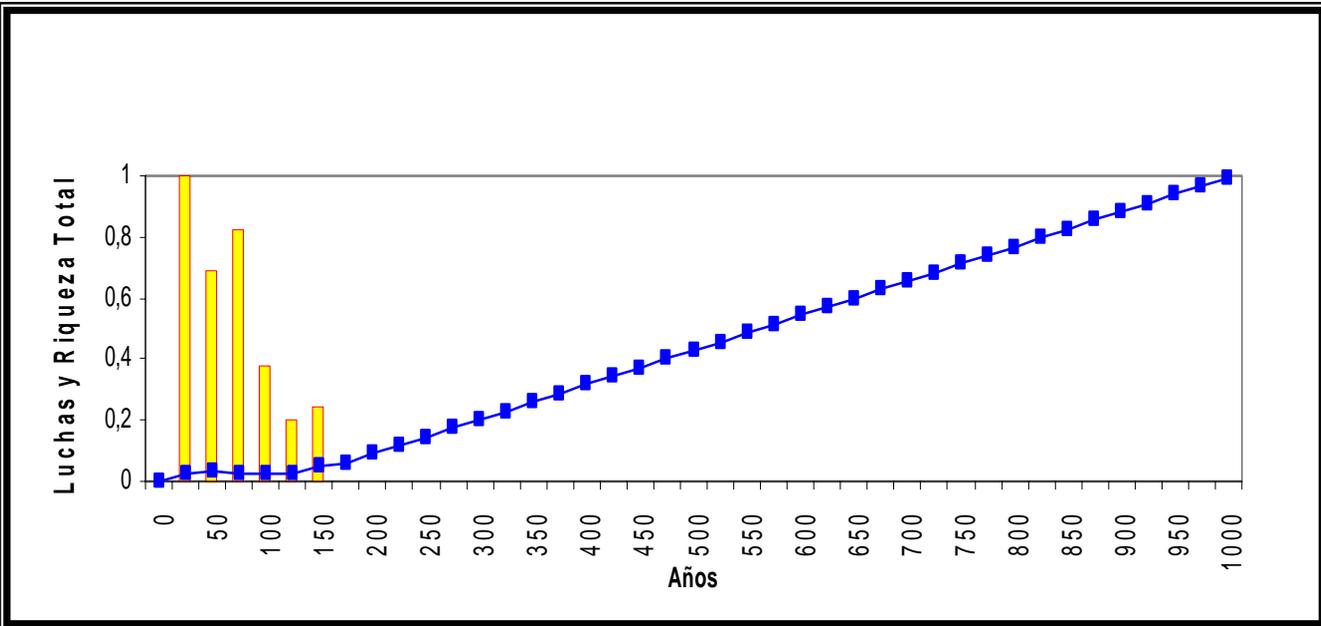
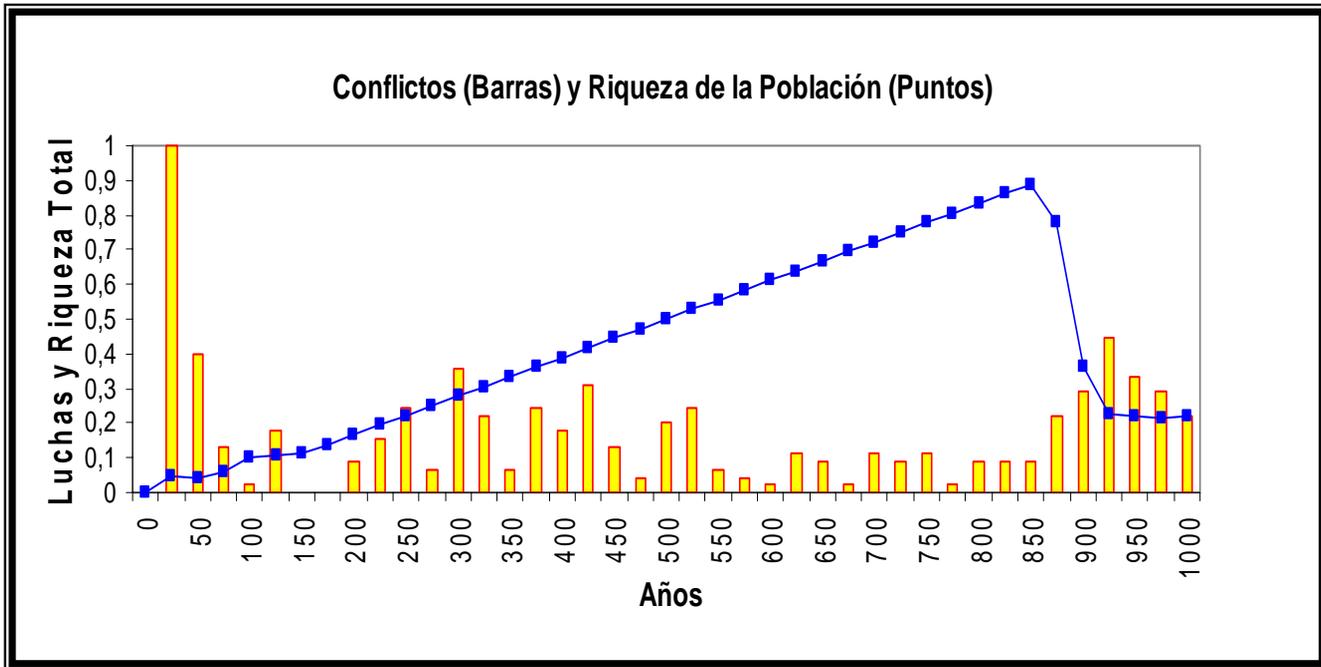
Distintas historias con iguales condiciones iniciales y parámetros

Sistema no alcanza equilibrio (para estos parámetros)

Riqueza de cada Actor despues de 1000 ciclos

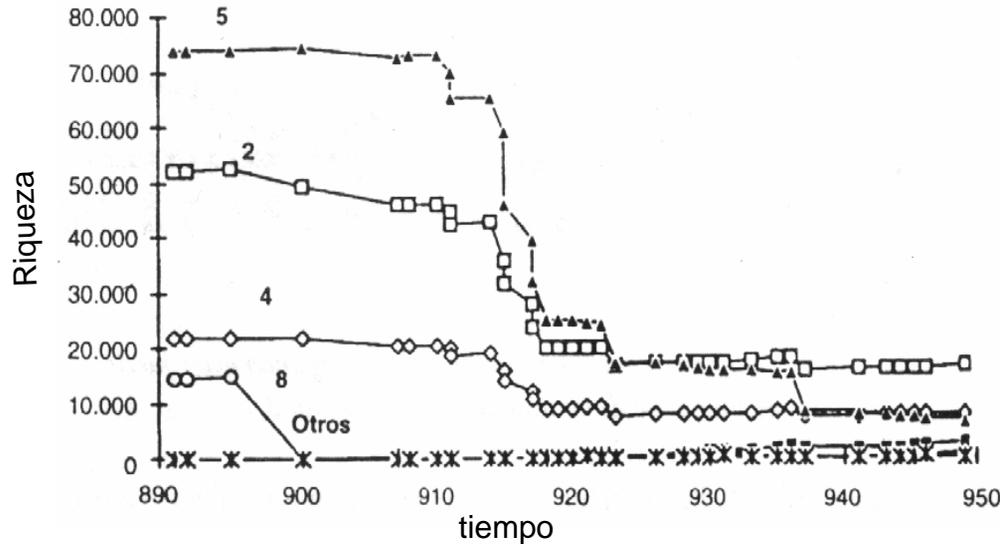


# Resultados del Modelo.



# Evolución de los acoplamientos (Compromisos) .

**Dinámica de los elementos**



**Matriz de compromiso en t = 48 (red de acoplamiento)**

	<i>j</i>									
<i>i</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	100	100	70	0	0	0	0	100	100	100
2	100	100	100	0	0	0	0	100	100	100
3	70	100	100	0	0	0	0	100	90	70
4	0	0	0	100	100	60	100	0	0	0
5	0	0	0	100	100	100	100	0	0	0
6	0	0	0	60	100	100	100	0	0	0
7	0	0	0	100	100	100	100	0	0	0
8	100	100	100	0	0	0	0	100	100	100
9	100	100	90	0	0	0	0	100	100	100
10	100	100	70	0	0	0	0	100	100	100

**Evolución de coaliciones**

Año	Actor Activo	Actor blanco	Rol
45	5	7	---R-P---
46	7	8	dddaaaADdd
47	7	8	dddaaaADdd
48	7	3	ddDaaaAddd

A = atacante; D = blanco, a = coalición de A; d = coalición de D; P = pagador; R = receptor

# Ideas para investigar

- Formalización matemática del modelo .
- Efectos de tamaño finito (número de elementos).
- Dependencia del comportamiento del sistema en función de parámetros.
- Búsqueda de transición de fase orden (estacionario) desorden (turbulento).
- Calcular la actividad (Kaneko e Ito) de la matriz de acoplamiento.
- Extender modelo a 2 dimensiones y otras redes de conectividad.
- Conectividad global (potencias insulares).
- Persistencia como parámetro de orden.
- Conexión otros sistemas complejos adaptativos.
- Otras que se nos ocurran por el camino.

