

UNIVERSITAT DE VALÈNCIA
DEPARTAMENT DE MATEMÀTICA APLICADA



UN MODELO SISTÉMICO DE EVOLUCIÓN SOCIAL DUAL

Tesis presentada por:

Mohamed Nemiche

para optar al grado de Doctor en Matemáticas.

Dirigida por Dr. Rafael Pla López

Universitat de València

VALENCIA, 2002

UNIVERSITAT DE VALÈNCIA
DEPARTAMENT DE MATEMÀTICA APLICADA

UN MODELO SISTÉMICO DE EVOLUCIÓN SOCIAL DUAL

Tesis presentada por:

Mohamed Nemiche

para optar al grado de Doctor en Matemáticas.

Dirigida por Dr. Rafael Pla López

Universitat de València

VALENCIA, 2002

Dr. Rafael Pla López, Profesor Titular del departamento de Matemàtica Aplicada de la Facultat de Matemàtiques de la Universitat de València,

CERTIFICA QUE:

la presente memoria: "Un Modelo Sistémico de Evolución Social Dual", ha sido realizada bajo su dirección por Mohamed Nemiche, Licenciado en Matemáticas, y constituye su tesis para optar al grado de Doctor en Ciencias Matemáticas.

Burjassot, 1 de Mayo de 2002

Fdo: _____
Rafael Pla López

ÍNDICE

0.1. Introducción	1
Capítulo 1: De la cibernética a la Teoría del Aprendizaje	3
1.1. Cibernética de Primer Orden	3
1.2. Cibernética de Segundo Orden	4
1.3. Retroalimentación	4
1.4. La Cibernética y las Ciencias Sociales	4
1.5. Algunos Conceptos Principales de la Cibernética de Segundo Orden	5
1.6. Variedad	6
1.7. Entropía, Incertidumbre e Información	7
1.8. El Enfoque Sistémico	10
1.9. Teoría General del Aprendizaje	13
1.10. Modelo General Básico de Evolución Social	20
Bibliografía	21
Capítulo 2: Un Modelo de Evolución Social Dual	28
2.1. Los Subsistemas Sociales	30
2.2. Elementos Básicos del Modelo	30
2.3. Descripción del Modelo	35
2.4. Programación	51
2.5. Especificación del Modelo	52
2.6. Interpretación y Validación	53
2.7. Conclusiones	56
Bibliografía	61

Capítulo 3:.	Influencia de las condiciones iniciales en la evolución dual	64
3.1.	Clasificación Cualitativa	64
3.2.	Reducción de los Parámetros de Control	67
3.3.	Clasificación Cuantitativa	70
3.4.	Conclusiones y Posibles Interpretaciones	83
Bibliografía		86
Capítulo 4:.	Efecto Revuelta	87
4.1.	Fundamentos Teóricos del Efecto Revuelta	88
4.2.	Las Condiciones que Favorecen la Disminución de $P_G(U, N)$ para todo U	89
4.3.	¿Cuánto Puede Perdurar un Efecto Revuelta?	90
4.4.	Clasificación del Efecto Revuelta Según las Evoluciones	100
4.5.	Efecto Revuelta y Ecología	101
4.6.	Distribución Geográfica (Este/Oeste) del Efecto Revuelta	102
4.7.	Influencia de Algunos Parámetros en la Aparición de Efecto Revuelta	103
4.8.	Conclusiones y Posibles Interpretaciones	106
Bibliografía		108
Capítulo 5:.	Evolución del consumo	109
5.1.	Evolución del Consumo en el Tipo I	109
5.2.	Evolución del Consumo en el Tipo II	111
5.3.	Evolución del Consumo en el Tipo III	113
5.4.	Conclusiones	115
Bibliografía		116
Capítulo 6:.	Perspectivas Futuras de Investigación y Cuestiones Abiertas	117
6.1.	Validación Cuantitativa	117
6.2.	Dualidad Sur/Norte	117

6.3. Solidaridad Global ante la Represión	118
Bibliografía	119
Apéndice A.: Código del Modelo en lenguaje C	120

AGRADECIMIENTOS

Durante el desarrollo de la presente tesis doctoral, realizada en el Grupo de Sistemas del Departamento de Matemática Aplicada de la Universitat de València, he recibido el apoyo de numerosas personas a las que quisiera expresar mi gratitud:

- A mis padres por el impulso moral y material, a mis hermanos (Kamal, Abdelbasset-Abdessamad), a mis hermanas (Farida, Samira, Karima), y a mi primo Driss por el impulso moral.
- A mi director Rafael Pla López por su confianza en mí, sus contribuciones y su plena colaboración en el desarrollo de este trabajo.
- A Don Lorenzo Ferrer Figueras por su apoyo desde el mi llegada a su grupo.
- A mi tutor Antonio Caselles Moncho por su apoyo en todos los momentos y por lo mucho que aprendí de él.
- Al Dr. Vicent Castellar Busó por su colaboración en el tercer capítulo de la tesis.
- A todos los profesores del Departamento de Matemática Aplicada, y al profesor Emilio Soria del Departamento de Electrónica.
- A la revista “Kybernetes. International journal of Systems and Cybernetics”, por el premio otorgado a la contribución al 12th International World Organization of Systems and Cybernetics Congress, en el que se exponían algunos de los resultados preliminares de esta tesis.

- A todos mis maestros y mis profesores de Marruecos, especialmente a Abdellatif Suillete (maestro de escuela Taza), Kada Laila (profesora de instituto Taza), Esmaili (profesor de Algebra Université Mohammed I Oujda), Zerouali (profesor de Integración Université Mohammed V Rabat).

- A mis tios/as y a todos mis amigos/as españoles y marroquies especialmente Gema (Sevilla), Hafid Belhaj, Laarousi Mohamed, Touihmi Mustapha, Jauad el Kharraz, El Gmili Hakim, (todos mis amigos de Sevilla), Hassan Jaafar, Mohamed Abdellah, Abdelouahab El Kerzazi, Luis quintero, Mamoun, Stiriba, Esmail Moukadiri, Omar Moukadiri, youssef Limami, Abdellah Fellahi, Majda, Khadija, Josep y Lucas (Nacho), Liliana, Mario.

0.1. Introducción

En previos Modelos de Evolución Social desarrollados en la unidad de investigación de Teoría de Sistemas del Departamento de Matemática Aplicada de la Universitat de València se generaba una evolución uniforme, en la que los subsistemas pasaban por una serie unívoca de fases, y las diferentes “condiciones naturales” favorecerían diferentes ritmos de la evolución, pero no diferentes caminos de la misma.

Éramos concientes de que dichos modelos no describían satisfactoriamente la evolución real de la humanidad sobre el planeta Tierra, donde se han desarrollado líneas de evolución diferenciadas. Siguiendo a Maurice Godelier, podríamos describir dos líneas evolutivas: una de ellas, que podríamos llamar “Occidental”, habría pasado por las fases de esclavismo, feudalismo y capitalismo. En la segunda línea evolutiva, el sentido de colectividad ha primado en las distintas fases, comenzando por lo que se llamó modo de producción asiático y posteriormente un tipo diferenciado de feudalismo, y más tarde lo que se ha llamado socialismo real. Solamente a finales del siglo pasado las distintas líneas evolutivas abocaron a lo que se ha llamado globalización capitalista.

¿Qué es la globalización capitalista en este trabajo?

Con el desmoronamiento del “socialismo real” en los países del Este y el predominio aparente del capitalismo en la mayoría de estos países, el “capitalismo” aparece como único sistema predominante a escala mundial. La globalización en este modelo no es ni más ni menos que la extensión del predominio del capitalismo a escala global.

En esta tesis pasamos a desarrollar lo que podemos llamar Modelo de Evolución Social Dual. En este modelo, además de introducir una variación de las condiciones naturales de inicialización de los subsistemas como resultado de la degradación ecológica, se establece una distinción fundamental entre comportamientos “individualistas”, orientados a simular la evolución occidental, y comportamientos “gregarios”, orientados a simular la evolución oriental. La aplicación del

modelo cuestiona la hipótesis de que la globalización capitalista, por su propia naturaleza, sería un proceso imparable e imposible de superar y regular. Se apuntan asimismo las condiciones que favorecerían su superación con lo que llamamos una “sociedad científica libre”.

En el primer capítulo se realiza un repaso histórico de los distintos conceptos teóricos usados en el modelo, empezando por la primera Cibernética, la Teoría General de Sistemas y pasando por la Segunda Cibernética hasta una Teoría General de Aprendizaje.

En el segundo capítulo, partiendo de los modelos anteriores de Rafael Pla López y Vicent Castellar Busó, hemos conseguido una representación satisfactoria de la evolución social dual introduciendo la oposición gregarismo/individualismo de los distintos comportamientos sociales, y cambiando la modelación de algunos componentes del modelo (sistema natural, sistema de represión, sistema impacto y posibilidad técnica de satisfacción).

En el tercer capítulo hemos realizado un análisis de sensibilidad de los resultados obtenidos por el modelo variando los parámetros iniciales.

En el cuarto capítulo hemos analizado teórica y estadísticamente lo que llamamos “Efecto Revuelta” que permite explicar comportamientos anómalos como el nazismo en Alemania, el fascismo en Italia, o las acciones suicidas contra las Torres Gemelas o el Pentágono . . .

En el quinto capítulo hemos estudiado la evolución en el tiempo del consumo en represión y satisfacción de las evoluciones duales completas que se terminan con globalización capitalista sin superarla ni llegar a la hecatombe ecológica, aquellas en las que se supera la globalización capitalista con una “sociedad científica libre”, y por último las que pasan directamente de la dualidad completa a una “sociedad científica libre”.

En el sexto capítulo hemos planteado algunas cuestiones abiertas y perspectivas de futuras investigaciones relacionadas con el actual trabajo.

Por último, hemos adjuntado como anexo el código del modelo en lenguaje \mathcal{C} .

Capítulo 1

DE LA CIBERNÉTICA A LA TEORÍA DEL APRENDIZAJE

La palabra Cibernética, derivada del griego “Kybernetes”, apareció por primera vez con Platón, y fue usada en el siglo 19 por André Marie Ampere para referirse a los modos de Gobierno. Desde 1943 un grupo de científicos encabezado por el matemático Nobeert Wiener había reconocido la necesidad de elegir un nuevo término para designar un cuerpo de teorías e investigaciones. En 1947 decidieron adoptar la palabra Cybernetics que fue popularizada en su libro (1948) titulado “Cybernetics, or the study of control and communication in the animal and machine” y desde entonces el término no ha dejado de mantener un interés creciente.

De hecho la cibernética se desarrolló como ciencia profundamente “transdisciplinar” que estudia el control y el autocontrol (Wiener) o la ciencia de la eficacia de la acción (Couffignal).

1.1. Cibernética de Primer Orden

La cibernética de primer orden tiene que ver o se refiere a los sistemas que no cambian sus objetivos mientras no se les den nuevas instrucciones al respecto.

Se trata de unos sistemas prediseñados, mecanicistas y controlados, poco aptos para representar los sistemas sociales complejos que evolucionan y cambian autónomamente. Un ejemplo típico de esa cibernética lo representa el termostato para regular la temperatura: el sistema de calefacción/refrigeración se pondrá en marcha automáticamente cada vez que la temperatura alcance niveles dados por encima o debajo del intervalo deseado de temperatura.

1.2. Cibernética de Segundo Orden

El término cibernética de segundo orden fue acuñado por Heinz Von Foerster en su trabajo titulado “Cybernetics of cybernetics” en 1970.

La cibernética de segundo orden se ocupa del observador como parte de lo observado. Así, según Heinz Von Foerster, el objetivo de la segunda cibernética es explicar el observador a sí mismo, es decir la cibernética de la cibernética, y se refiere a los sistemas que son capaces de modificar su objetivo o finalidad (o su camino) por sí mismos, sin necesidad de ser guiados por alguien o algo desde fuera del sistema. Así, la segunda cibernética es una ciencia de acción en la que los mecanismos de comunicación y control permiten que el sistema reoriente o replantee continuamente su camino para alcanzar su objetivo primario.

1.3. Retroalimentación

La cibernética introduce la idea de circularidad a través del concepto de retroalimentación o feed-back, rompiendo con el esquema de la ciencia newtoniana clásica en la que los efectos y las causas se encadenan de forma lineal. La idea de circularidad desarrollada por Wiener se centra en el feed-back negativo que permite la autorregulación del sistema ante posibles perturbaciones (sistemas “equilibradores”). En 1963, Maruyama estudió el feed-back positivo que, a diferencia del negativo, amplifica la desviación (sistemas “amplificadores”). La utilización de este concepto puede permitir explicar la evolución de los sistemas sociales en los cuales existen los dos tipos de retroalimentación.

1.4. La Cibernética y las Ciencias Sociales

Norbert Wiener, el padre de la cibernética, era firmemente partidario de la aplicación de la cibernética a las ciencias sociales y la sociedad. Wiener se muestra convencido en sus libros “The Human Use of Human Beings” y “Cybernetics, or the study of control and communication in the animal and machine” de que el comportamiento humano, de animales y de máquinas puede explicarse mediante los principios de la cibernética: comunicación, control de la entropía a través del aprendizaje mediante bucles de retroalimentación (feed-

back), etc.

Los cibernéticos estudiaron el sistema nervioso con el fin de entender la cognición humana, llegando a la conclusión de que las observaciones independientes del observador no son físicamente posibles. Cuando un escritor escribe en inglés está usando una estructura en su sistema nervioso que es resultado de la interacción con el lenguaje que ha tenido desde que era niño.

Aparte de la desventaja obvia de la subjetiva influencia del investigador en sus modelos sociales, a veces puede actuar como catalizador en procesos de cambio.

En la psicología el campo de la terapia familiar rastrea sus orígenes directamente de la cibernética (Watzalwick, 1967). En la terapia familiar los comportamientos inusuales pueden ser resultado de interacciones dentro de la familia:

“Sostenemos básicamente que los sistemas interpersonales -grupos de desconocidos, parejas matrimoniales, familias, relaciones psicoterapéuticas, o incluso internacionales, etc.-pueden entenderse como circuitos de retroalimentación, ya que la conducta de cada persona afecta la de cada una de las otras y es, a su vez, afectada por éstas” (Paul Watzalwick).

1.5. Algunos Conceptos Principales de la Cibernética de Segundo Orden

Una modelación adecuada de la circularidad puede ayudar a entender fenómenos fundamentales, como la Autoorganización, la Autopoiesis, etc.

1.5.1. Autoorganización

El concepto de un Sistema Autoorganizado ha cambiado con el tiempo. Al principio se definió como un sistema que cambia su estructura básica en función de su experiencia y su entorno. Tal Autoorganización es básicamente un proceso de evolución donde el efecto del entorno es mínimo, es decir donde el desarrollo de nuevas estructuras complejas se da esencialmente en el propio sistema.

Heinz Von Foerster fue uno de los primeros en explicar de manera precisa el fenómeno de la Autoorganización como incremento del orden (información)¹. La Autoorganización puede

¹Véase el apartado 1.7

ser reforzada a través de perturbaciones del entorno (“ruido”) escogidas por el sistema para ser incorporadas ulteriormente en su estructura. Heinz von Foerster llamó a este principio “el orden del ruido”. En otros casos, el sistema se expande. Esta expansión no ocurre arbitrariamente sino que resulta de una importación de los bloques construidos compatible con la estructura del sistema. Erwin Schroedinger llamó a este principio “el orden del orden”.

Un sistema social no es un sistema en equilibrio. Por el contrario, constantemente se producen perturbaciones, desviaciones que fuerzan a una constante reorganización y ajuste. En este sentido, el orden y el desorden “cooperan” para la organización del sistema. A veces el desorden es necesario para la producción del orden.

Cada sistema dinámico que tiene atractores terminará en uno de ellos, perdiendo su libertad de alcanzar cualquier estado fuera del atractor, lo que Ashby llama principio de autoorganización:

Llamamos S el espacio de estados de un sistema N , y f una función (transformación dinámica)

Sea $x \in S$ tal que $f(x) = x$

Entonces decimos que el estado x es un punto fijo de f o un estado de equilibrio absorbente del sistema dinámico²: cuando el sistema alcance este estado dejará de cambiar. Podemos generalizar este concepto, cuando

$\exists B \subset S$ tal que $f(B) \subset B$ y que cumple la siguiente condición:

$$\text{Si } D \subset B \text{ tal que } f(D) \subset D \implies B = D$$

En tal caso decimos que B es un atractor de la dinámica. Es decir, una vez el sistema entra en un atractor no puede alcanzar estados fuera de este atractor.

1.6. Variedad

La cibernética en general se interesa en el estudio de la diferencia entre la presencia y la ausencia de varias propiedades (también llamadas dimensiones o atributos). Por ejemplo, un sistema como una bola de billar puede tener propiedades, como un color particular, o un

²Véase el apartado 1.8.4

intervalo del peso, la posición o la velocidad. La presencia o la ausencia de cada propiedad puede ser representada de forma binaria con variables booleanas que toman dos valores: “1” cuando el sistema posea la propiedad, o “0” cuando no la posea.

La representación binaria puede ser generalizada a una propiedad con múltiples valores discretos o continuos (en este último caso, siempre que su espectro de frecuencias en una decomposición de Fourier esté acotada)³.

El conjunto de todos los estados posibles del sistema se llama espacio de estados. Un componente esencial en la modelación cibernética es la medida cuantitativa del tamaño del espacio de estados, o del número de los estados diferentes. Esta medida se llama variedad. La variedad se define a partir del número de elementos del espacio de estados:

$$V = \log_2(|S|)$$

1.7. Entropía, Incertidumbre e Información

El concepto de entropía apareció en la Física introducido por Clausius durante el siglo 19. Corresponde, según sabemos, a una medida del desorden que presentan las moléculas de un gas y ha permitido dar cuenta de los equilibrios termodinámicos. En términos estadísticos, el desorden viene dado por el número de estados en los que un sistema puede estar. Un sistema estará más desordenado que otro cuando el número de estados diferentes en los que podemos encontrar al primero es mayor que los del segundo.

En un sistema cerrado la entropía siempre aumenta de acuerdo con la ecuación de Clausius:

$$dS \geq 0$$

mientras en un sistema abierto el cambio total de la entropía puede escribirse según Prigogine como

$$dS = dS_i + dS_e$$

donde dS_e denota el cambio de la entropía por importación que puede ser positivo o negativo y dS_i la producción de entropía debida a procesos irreversibles en el sistema que es siempre

³Véase ref 19, p.167

positivo.

Supongamos que un sistema tiene n posibles micro-estados, cada uno con una probabilidad p_i :

$$\sum_{i=1}^n p_i = 1 \quad \text{y } p_i \geq 0$$

Entonces, podemos escribir la incertidumbre global de los micro-estados del sistema usando la fórmula de Shannon

$$H \equiv - \sum_{i=1}^n p_i \log_2(p_i) \quad (\text{su unidad es bits.micro-estado}) \quad (1.7.1)$$

Igualmente, la entropía de Boltzmann es

$$S \equiv -k \sum_{i=1}^n p_i \log(p_i) \quad (\text{su unidad es joules/K.micro-estado})$$

donde $k = 1,38 \times 10^{-23}$ joules/K es la constante de Boltzmann

o lo que es lo mismo

$$S \equiv -k \cdot \log(2) \sum_{i=1}^n p_i \log_2(p_i) \quad (1.7.2)$$

Sustituyendo la ecuación (1.7.1) dentro de (1.7.2) nos da:

$$S \equiv -k \cdot \log(2) \cdot H$$

Con el mismo razonamiento encontramos la siguiente relación entre la disminución ΔH ($\Delta H = H_{despues} - H_{antes}$) y ΔS ($\Delta S = S_{despues} - S_{antes}$)

$$\Delta S \equiv -k \cdot \log(2) \cdot \Delta H$$

Cuando disminuye la incertidumbre de un sistema durante una operación, gana una cantidad información I (Shannon, 1948)

$$I \equiv -\Delta H$$

Si todos los micro-estados pasan a ser equiprobables ($p_i = \frac{1}{n}$ para todo i) entonces la entropía H será máxima

$$H_{equiprobale} = H_{max} \equiv \log_2(n)$$

Así, la información que se gane en esta operación será mínima

$$I \equiv H_{antes} - H_{despues} = H_{antes} - H_{equiprobale} = H_{antes} - H_{max}$$

Si la probabilidad de algún micro-estado se igualará a 1 entonces la entopía H será nula.

Así, la información que se gane en esta operación será máxima

$$I \equiv H_{antes} - H_{despues} = H_{antes} - 0 = H_{antes}$$

En los sistemas dinámicos la transformación de un estado a otro estado conserva la cantidad de información sobre el estado del sistema. Por el contrario una trasformación de muchos estados a un estado reduce la incertidumbre sobre el estado del sistema.

A su vez, un proceso estocástico de un estado a muchos aumenta la incertidumbre, y con un proceso estocástico de muchos a muchos, la incertidumbre sobre el estado del sistema puede aumentar o disminuir dependiendo de la distribución de probabilidades inicial y final.

Por ejemplo, una distribución con incertidumbre nula no puede disminuir, en general sólo podría aumentar, mientras una distribución con incertidumbre máxima sólo podría disminuir.

La figura 1.1 representa el proceso general de la comunicación según Shannon

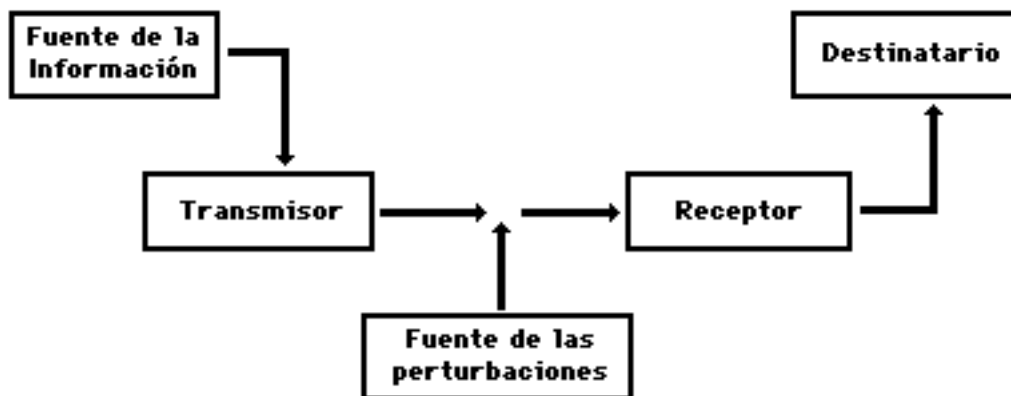


Figura 1.1: Diagrama de Shannon, recogido por Arreguin(1983)

1.8. El Enfoque Sistémico

La “Teoría General de Sistemas” fue inicialmente desarrollada por el biólogo Ludwig von Bertalanffy en el año 1940. Al principio esta teoría no estaba enfocada a los fenómenos de regulación y mucho menos a la noción de la información, pero estaba en una mejor posición epistemológica para conseguir la unidad de la ciencia que la cibernética. Contrariamente a la cibernética, Bertalanffy se interesaba particularmente en sistemas abiertos.

1.8.1. Conceptos de Sistema en Lenguaje Natural

Llegados a este punto, consideramos que es necesario recordar algunos conceptos de sistema expresados en lenguaje natural:

1. “Un sistema es un conjunto de elementos interrelacionados” (Von Bertalanffy, 1968).
2. “Un sistema se define como cualquier conjunto de variables que él (un observador) selecciona de las disponibles en la “ máquina real”” (Ashby, 1952).
3. “Por el momento será suficiente pensar en un sistema como un grupo de objetos físicos en una parte limitada del espacio que permanece identificable como un grupo a través de una longitud de tiempo apreciable.” (Bergmann, 1957).
4. “Un todo que está compuesto de muchas partes. Un conjunto de atributos” (Cherry, 1957).
5. “Conjunto de partes que trabajan para lograr un objetivo común” (Forrester).
6. “Una unidad compleja formada de muchos hechos a menudo diversos sujetos a un plan común o cumpliendo un propósito común” (Tercer Nuevo Diccionario Internacional de Websters).

1.8.2. *Sistemas Abiertos*

La aproximación sistémica engloba como un caso particular el método analítico-reduccionista que reduce el sistema a sus elementos para estudiar y entender los tipos de interacciones que existen entre ellos, suponiendo que se puedan ignorar los efectos de los elementos no considerados⁴. Así, este método es adecuado para los sistemas cerrados. Sin embargo, Bertalanffy sabía que muchos sistemas por su propia naturaleza y definición no son sistemas cerrados. Si separamos un organismo viviente de su entorno morirá debido a la carencia del oxígeno, agua y alimentos. Los organismos son sistemas abiertos que no pueden sobrevivir sin intercambiar continuamente materia y energía con su entorno.

En los últimos años de la década de los veinte Bertalanffy escribía:

“Ya que el carácter fundamental de un objeto viviente es su organización, el acostumbrado examen de las partes y procesos aislados no puede darnos una explicación completa de los fenómenos vitales. Este examen no nos informa acerca de la coordinación de partes y procesos. Así, la tarea primordial de la biología debiera ser la de descubrir las leyes de los sistemas biológicos (a todos los niveles de organización). Creemos que los intentos de hallar un fundamento para la biología teórica apuntan a un cambio básico en la concepción del mundo. A esta nueva concepción, considerada como un método de investigación, la llamaremos biología organísmica y en tanto en cuanto se propone ser explicativa, teoría de sistemas del organismo”

El programa organísmico fue el germen de lo que más tarde se conocería como la Teoría General de Sistemas, remplazando el término organismo por entidades organizadas tales como grupos sociales, personalidades, o ingenios tecnológicos.

Según Bertalanffy (1942): “En determinadas condiciones, los sistemas abiertos se aproximan a un estado independiente del tiempo, el llamado estado uniforme”

Este estado uniforme se caracteriza por un orden relativamente alto expresado en la existencia de desniveles acusados entre los componentes del sistema.

⁴Se estudia el sistema separado de su entorno

1.8.3. *Teoría General de Sistemas*

El enfoque sistémico pone en primer plano el estudio de las interacciones entre las partes y entre éstas y su entorno. Aparecen relaciones comunes en distintos sistemas de diferente naturaleza, lo que lleva a la construcción de Sistemas Generales: se puede considerar un Sistema General como una clase de Sistemas Particulares con la misma estructura de relaciones, de modo que cualquiera de ellos puede tomarse como modelo de los demás. De allí viene la necesidad de construir distintas Teorías para distintos Sistemas Generales, según el contexto formal en el que los diversos autores desarrollan sus investigaciones. Ahora bien, podemos construir también una Teoría General de Sistemas para el tratamiento sistemático de las propiedades de cualquier Sistema General. Será una teoría matemática formal, sin contenido material específico. Una Teoría General de Sistemas, idealmente aplicable a cualquier sistema real o imaginable, deberá poder tratar sistemas con cualquier número de variables (incluso con infinitas variables), de carácter continuo o discreto. Así, por ejemplo, según Mesarovic, un sistema es cualquier subconjunto de un producto cartesiano generalizado (podemos tener que recurrir al Axioma de Elección para su construcción). La importancia de las interacciones en el enfoque sistémico hará necesario distinguir entre las variables de entrada generadas por el entorno y las variables de salida generadas por el propio sistema. A su vez, en los sistemas complejos con diferentes estados internos deberemos tomar en consideración la transición temporal entre los mismos, sea mediante procesos determinísticos o probabilísticos. En los casos de mayor interés sistémico, la salida de un sistema reacciona sobre su entrada a través de un lazo de retroalimentación que provoca un proceso no lineal. Por tanto, los procesos derivados de la regulación y el equilibrio que son usuales en sistemas abiertos vivos o electrónicos sería de especial interés para la Teoría General de Sistemas.

1.8.4. *Dinámica de Sistemas*

La dinámica de sistemas se entiende, en el sentido de Forrester(1968), como una metodología para entender el cambio, utilizando las ecuaciones en diferencias finitas o ecuaciones diferenciales.

La típica ecuación de diferencias finitas (caso disceto) tiene la forma siguiente:

$$x_{t+1} = f(x_t; \vartheta)$$

donde x_{t+1} es el estado del objetivo del sistema en el instante $t + 1$, que depende del estado x_t y del parámetro ϑ . x y ϑ son vectores, mientras que f normalmente es una función continua.

La típica ecuación diferencial (caso continuo) tiene la forma siguiente:

$$\dot{x}(t) = g(x(t); \vartheta)$$

donde $\dot{x}(t)$ es la derivada del estado del objetivo del sistema, la cuál depende del estado $x(t)$ y del parámetro ϑ . También x y ϑ son vectores, y g normalmente una función continua.

Dada la representación de estos procesos podemos estudiar la dinámica del conjunto de los estados disponibles por el sistema que es el tema central de la modelación.

Cuando un sistema dinámico puede cambiar automáticamente sus objetivos intermedios con el fin de adaptarse a los cambios del entorno lo llamamos sistema adaptativo.

1.9. Teoría General del Aprendizaje

En el origen de la cibernética y la teoría general de sistemas juegan un papel relevante los procesos de Aprendizaje, en los que un sistema se desarrolla acumulando información a través de su interacción con el entorno. Procesos de este tipo tienen lugar en poblaciones genéticas, en organismos vivos individuales, en sistemas sociales y en ordenadores electrónicos.

En este apartado hacemos un breve repaso de algunos modelos de aprendizaje: en ellos se cambian los parámetros o incluso la estructura del modelo en cada simulación, como respuesta a su entorno.

Los modelos de aprendizaje más usados en las ciencias sociales son:

1. Aprendizaje usando redes neuronales
2. Aprendizaje usando la computación evolutiva

3. Aprendizaje usando la ley del refuerzo positivo y negativo

Los dos primeros se basan débilmente en analogías con procesos biológicos.

1.9.1. *Redes Neuronales Artificiales*

El cerebro está compuesto por un red compleja de células llamada neuronas que comunican mediante un tejido denso de interconexiones que transportan impulsos electroquímicos. Se estima que el cerebro humano contiene más de cien mil millones de neuronas . En general, una neurona envía su salida a otras por su axón. El axón transporta la información por medio de diferencias de potencial u ondas de corriente, dependiendo del potencial de la neurona. Este proceso es a menudo modelado por una regla de propagación representada por una “función de base”.

La función de base de primer orden de una red neuronal artificial es

$$u_i(w, x) = \sum_{j=1}^n w_{ij}x_j$$

donde w es la matriz de pesos, y x el vector de entrada.

La neurona recoge las señales por su sinapsis sumando todas las influencias excitadoras e inhibitoras. Si las influencias excitadoras positivas dominan, entonces la neurona da una señal positiva y manda este mensaje a otras neuronas por sus sinapsis de salida. La neurona se activa si la fuerza combinada de la señal de entrada es superior a un cierto nivel; en el caso general el valor de activación de la neurona viene dado por una función de activación.

El valor de red, expresado por la función de base $u(w, x)$, será inmediatamente transformado por una función de activación no lineal. Por ejemplo, las funciones de activación más comunes son la sigmoideal y la gaussiana.

Las redes neuronales se clasifican comúnmente, en términos de sus correspondientes algoritmos o métodos de “entrenamiento”, en redes no supervisadas y redes supervisadas.

Reglas de entrenamiento supervisado: las redes de entrenamiento supervisado han sido los modelos de redes más desarrolladas desde el inicio de estos diseños. Los datos para el entrenamiento están formados por varios pares de patrones de entrenamiento de entrada y

de salida. El hecho de conocer la salida permitirá que el entrenamiento se beneficie de la supervisión de un “maestro”, y la red ajusta sus pesos tratando de minimizar el error de su salida calculada.

Reglas de entrenamiento no supervisado: para los modelos de entrenamiento no supervisado, el conjunto de datos de entrenamiento consiste sólo en los patrones de entrada. Por lo tanto, la red es entrenada sin la ayuda de un “maestro”. La red ajusta sus interconexiones basándose únicamente en sus entradas y la salida de la propia red. Las leyes de aprendizaje determinan cómo la red ajustará sus pesos utilizando una función de error o algún otro criterio.

1.9.2. Computación Evolutiva

La Computación Evolutiva interpreta la naturaleza como una inmensa máquina de resolver problemas y trata de encontrar el origen de dicha potencialidad para utilizarla en programas. La programación evolutiva y los Algoritmos Genéticos son algunas de las más conocidas y originales técnicas de computación evolutiva.

1.9.2.1. Algoritmos Genéticos

La evolución de los seres vivos tiene lugar en los cromosomas, en donde está codificada su información. Así la información acumulada en los cromosomas varía de unas generaciones a otras. En el proceso de formación de un nuevo individuo, se combina la información cromosómica de los progenitores.

En consonancia con ello, los elementos básicos de un algoritmo genético son:

- **Representación cromosómica:** en la actualidad podemos distinguir dos escuelas: una se limita a cadenas binarias y otra utiliza otro tipo de configuraciones.
- **Población inicial:** suele ser generada aleatoriamente. Sin embargo, últimamente se están utilizando métodos heurísticos para generar poblaciones iniciales de buena “calidad”. En este caso es importante garantizar la diversidad estructural de estas pobla-

ciones para tener una “representación” de la mayor parte de población posible o al menos evitar la convergencia prematura.

- **Medida de evaluación:** respecto a la evaluación de los “cromosomas”, se suele utilizar una función que determina qué soluciones tienen mayor o menor probabilidad de sobrevivir.
- **Criterio de selección:** los individuos son copiados de acuerdo a su evaluación con la función objetivo (aptitud). Los más aptos tienen mayor probabilidad de contribuir con una o más copias a la siguiente generación (se simula selección natural).
- **Cruces:** se selecciona un punto al azar (bit) de la cadena. La parte anterior del punto es copiada del genoma del “padre” y la posterior del de la “madre”.
- **Mutaciones:** La operación de Mutación más sencilla, y una de la más utilizadas, consiste en reemplazar con cierta probabilidad el valor de un bit. Observamos que con la mutación se introduce un factor de diversidad en la población y aumenta la posibilidad de la superación de óptimos locales.

1.9.2.2. Programación Evolutiva

Con esta analogía se construyen sistemas de aprendizaje basados en el proceso de la evolución por selección natural. La programación evolutiva es una estrategia de optimización estocástica bastante similar a los algoritmos genéticos. El método básico de la programación evolutiva involucra tres pasos:

1. Se escoge una población inicial, generada aleatoriamente, de tamaño superior a 1.
2. Cada solución producida se evalúa de acuerdo con su aptitud.
3. Cada solución se reproduce en una nueva población. Cada una de estas soluciones producidas se muta de acuerdo con una distribución del tipo de mutación.

En la programación evolutiva no hay restricciones en la representación de los individuos de la población y se eligen según el problema, mientras que en los algoritmos genéticos se suelen considerar como cadenas de genes; además no se usan cruces.

1.9.3. Aprendizaje con Refuerzo Positivo y Negativo

Thorndike propuso por primera vez la “Ley del efecto”, la cual, en términos generales, dice que los aspectos del comportamiento que son “satisfactorios” para el organismo tienden a repetirse, mientras que los que no lo son tienden a no repetirse. El refuerzo positivo mediante “recompensas” y negativo mediante “castigos” es un factor importante en el proceso de aprendizaje que aumenta la probabilidad de alcanzar determinado “objetivo”.

1.9.3.1. Modelos de Aprendizaje Probabilístico

Los modelos de aprendizaje construidos por el profesor Rafael Pla López se basan en la ley del refuerzo negativo y positivo, explicando cómo el cumplimiento o no del objetivo lleva al cambio de las probabilidades de los tipos de sistemas o de las acciones. Así, define una función entre 0 y 1 que mide el cumplimiento del objetivo (función objetivo) tal que un mayor valor expresa un mejor cumplimiento.

Antes de describir algunos de estos modelos definimos los siguientes conceptos:

- **Decisión:** es una variable de entrada controlada.

- **Controlabilidad:** es la capacidad de un sistema de alcanzar determinados estados a través de una serie de decisiones.

- **Perturbación:** es una variable de entrada no controlada (del entorno).

- **Aprendizaje Recíproco:** es un proceso donde dos sistemas aprenden mediante sus interacciones.

1.9.3.1.1. Modelo Lineal General de Aprendizaje Probabilístico

Sea X un espacio medible de decisiones (entradas controlables) y Ω un espacio de perturbaciones (entradas incontrolables).

Sea g una función objetivo y \bar{g} su media tal que

$$g : X \times \Omega \longrightarrow \mathbb{R}$$

$$(x, \omega) \longmapsto g(x, \omega)$$

$$\text{y } \bar{g} = \sum_{x \in X, \omega \in \Omega} g(x, \omega) p(x, \omega)$$

donde $p(x, \omega)$ es la probabilidad de la decisión x con la perturbación ω

Se define el Modelo Lineal de Aprendizaje Probabilístico mediante una función real $f(x)$ de acumulación de la memoria (información) tal que

$\forall x \in X$

$$\begin{cases} p(x) = \frac{f(x)}{\sum_{x' \in X} f(x')} \\ \Delta f(x) = \lambda \sum_{\omega \in \Omega} (g(x, \omega) - \bar{g}) p(x, \omega) \end{cases} \quad (1.9.3)$$

donde λ es un número real positivo.

La figura 1.2 expresa las relaciones de este modelo:

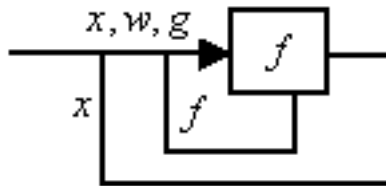


Figura 1.2: Modelo Lineal de Aprendizaje Probabilístico

Sabiendo que $p(x, \omega) = p(\omega/x)p(x)$ (Teorema de Bayes), para aplicar este modelo es necesario saber la probabilidad condicional $p(\omega/x)$. En el caso de independencia estadística de la decisión x y la perturbación ω tenemos $p(\omega/x) = p(\omega)$, y $p(x, \omega) = p(\omega)p(x)$.

Si además la función objetivo no depende de la perturbación ω , será

$\bar{g} = \sum_{x \in X} g(x)p(x)$ y la relación (1.9.3) se reduce a:

$$\begin{cases} p(x) = \frac{f(x)}{\sum_{x' \in X} f(x')} \\ \Delta f(x) = \lambda (g(x) - \bar{g}) p(x) \end{cases}$$

Observemos que la función $f(x)$ aumenta para la decisión x cuando $g(x)$ es superior al valor medio \bar{g} , y decrece cuando $g(x)$ es inferior al valor medio \bar{g} .

1.9.3.1.2. Modelo Lineal Recíproco de Aprendizaje Probabilístico

Con el fin de simular la interacción entre diferentes sistemas con aprendizaje, suponemos que el espacio de perturbaciones Ω es igual que el espacio de las decisiones X . Entonces la perturbación se puede considerarse como una decisión del entorno, que tendrá el mismo objetivo que el sistema. En este caso se define el Modelo Lineal Recíproco del aprendizaje Probabilístico como combinación del modelo anterior con la función ($f_X(x)$) de acumulación de memoria, y su correspondiente del entorno, con la función real ($f_\Omega(\omega)$) de acumulación de memoria:

$$\begin{cases} p(\omega) = \frac{f(\omega)}{\sum_{\omega' \in \Omega} f(\omega')} \\ \Delta f(\omega) = \lambda \sum_{x \in X} (g(\omega, x) - \bar{g}) p(\omega, x) \end{cases} \quad (1.9.4)$$

Observemos que el entorno y el sistema tienen la misma función objetivo g con las variables intercambiadas: Las decisiones del sistema son perturbaciones para el entorno.

La figura 1.3 expresa las relaciones de este modelo:

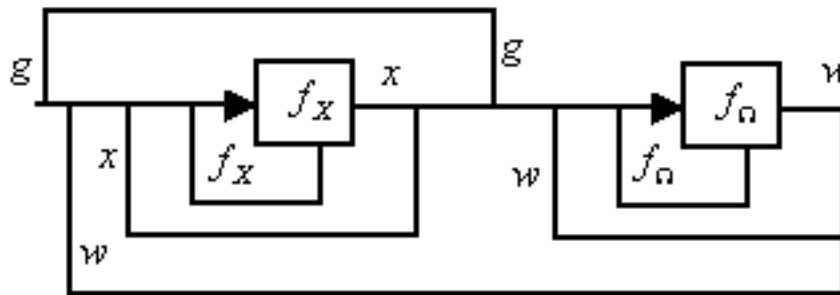


Figura 1.3: Modelo Lineal Recíproco de Aprendizaje Probabilístico

Este modelo sirve para simular las interacciones de aprendizaje entre dos sistemas con la misma función objetivo g .

1.10. Modelo General Básico de Evolución Social

El servomecanismo de los modelos de la evolución social construidos por Rafael Pla López se basa en un Aprendizaje Probabilístico suponiendo interacciones en una población de NP subsistemas sociales (sociedades) que actúan en un entorno ecológico común y toman una función de cumplimiento de objetivo

$$g(x, \omega) = \pi(x) \left(1 - \sigma(x, \omega) \right)$$

donde

$\pi(x)$ indica la posibilidad técnica de satisfacción de x

y $\sigma(x, \omega)$ la represión sufrida por la decisión x en su entorno social ω

Con $\Delta f(x/N) = \lambda \sum_{\omega \in \Omega} \left(g(x, \omega) - \bar{g} \right) p(x, \omega/N)$ para todo subsistema social N su Aprendizaje dependerá solo de su experiencia, expresada por $p(x, \omega/N)$.

Como veremos, $p(x, \omega/N)$ y \bar{g} pueden sustituirse en dicha fórmula por otras expresiones para simular la complejidad de la evolución social.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Ashby, W. Ross (1952), *Design for a Brain- The Origin of Adaptive Behavior*. New York: Wiley and London: Chapman and Hall.
- [2] Ashby, W. Ross (1956), *An Introduction to Cybernetics*. London: Chapman and Hall.
- [3] Wiener, Norbert (1956), *The Human Use of Human Beings - Cybernetics and Society*. Garden City, NY: Doubleday.
- [4] Wiener, Norbert (1988), *The Human Use of Human Beings; Cybernetics and Society*, Houghton Mifflin, Boston, 1950/1954; second edition. New York: Da Capo.
- [5] Wiener, Norbert (1948), *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine*. Cambridge, MA: MIT Press.
- [6] Shannon, Claude E. (1963), and Warren Weaver, *The Mathematical Theory of Communication* (5th ed.). Chicago: University of Illinois Press.
- [7] Forrester, Jay W. (1973), *World Dynamics* (2nd ed.). Cambridge, MA: Wright-Allen Press, 1973;
- [8] Maruyama, Magoroh, *The Second Cybernetics: Deviation-Amplifying Mutual Causal Processes*, pp 304-316 in *Modern Systems Research for the Behavioral Scientist: A Sourcebook* (Walter Buckley, ed.), op. cit.
- [9] Von Foerster, Heinz 1970, *Cybernetics of Cybernetics*, paper delivered at annual meeting of the American Society for Cybernetics

- [10] Umpleby, Stuart A. (1993), The cybernetics of conceptual systems, paper prepared for the Institute of Advanced Studies, Vienna, March 8.
- [11] Von Bertalanffy, Ludwig (1975), General System Theory: Foundations, Development, Applications. New York: Braziller.
- [12] Maturana, Humberto (1970), "Neurophysiology of cognition", pp 3-24 in: Cognition: A Multiple View (Paul Garvin, ed.). New York: Spartan Books.
- [13] Maturana, Humberto, and Francisco Varela (1980), The Tree of Knowledge: The Biological Roots of Human Understanding. Boston: New Science Library.
- [14] Umpleby, Stuart A. (1990), The science of cybernetics and the cybernetics of science, *Cybernetics and Science*, 21:109-121.
- [15] Von Glasersfeld, Ernst, The Construction of Knowledge. Salinas, CA: Intersystems Publications.
- [16] Von Foerster, Heinz (1974), On constructing a reality, reprinted in *Observing Systems* (H. von Foerster, ed.). Salinas, CA: Intersystems Publications.
- [17] Umpleby, Stuart A. (1991), "Strategies for winning acceptance of second-order cybernetics", paper presented at the International Symposium on Systems Research, Informatics and Cybernetics, Baden-Baden, Germany, August 12-18.
- [18] Geyer, Felix, and Van der Zouwen, Johannes (1994), Norbert Wiener and the Social Sciences, *Kybernetes*, vol. 23, No.7.
- [19] Klir, G.L and Valach, M (1967), *Cybernetic Modelling*. London: Iliffe Books.
- [20] Luhmann, Niklas, The Autopoiesis of Social Systems, pp 172-192 in *Sociocybernetic Paradoxes*, op. cit.

- [21] Klir, G.L. (1985) *Architecture of systems problems solving*, New York: Plenum Press.
- [22] Masarovic, M.D and Takahara, Y. (1975) *General Systems Theory: Mathematical Foundations*, New York/San Francisco/London: Academic Press
- [23] Parra-Luna, F. (1994) *Hacia la tercera Cibernética: una introducción*, Tercera Escuela Europea de sistemas.
- [24] Robert Vallée (1994) *Origine et evolution de la théorie des systèmes*, Tercera Escuela Europea de sistemas.
- [25] Rafael Rodríguez-Delgado (1994) *Systems Theory. Foundations*, Tercera Escuela Europea de sistemas.
- [26] Lorenzo Ferrer Figueras (1997) *Del paradigma mecanicista al paradigma sistémico*, Universidad de Valencia.
- [27] Aracil, J. (1992) *Introducción a la dinámica de sistemas*, Alianza universidad textos, Madrid.
- [28] Prigogine, I. and Stengers, I. (1984), *Order out of Chaos - Man's New Dialogue with Nature*. London: Flamingo.
- [29] Heylighen F. and Joslyn C. (2001) *Cybernetics and Second Order Cybernetics*, in: R.A. Meyers (ed.), *Encyclopedia of Physical Science and Technology*, Vol. 4 (3rd ed.), (Academic Press, New York), p. 155-170.
- [30] Geyer, F (1995) *The Challenge of Sociocybernetics* *Kybernetes* 24(4), 6-32
- [31] Paul Watzlawick, Janet Beavin Bavelas, Don D. Jackson, (1967) 1993, *Teoría de la Comunicación Humana*, Herder, Barcelona.
- [32] Tomás Austin Millán (2000) *Fundamentos Socioculturales de la Educación*, Editorial Universidad Arturo Prat, Sede Victoria, 171 Págs.

- [33] Begoña Gros De la cibernética clásica a la cibercultura: herramientas conceptuales desde donde mirar el mundo cambiante, *Revista Teoría de la Educación Universidad de Salamanca*.
- [34] Pla-López, R. (1975a), Esbozo de una teoría general del Aprendizaje, en *Escuela* 75, n2, 4-5, València.
- [35] Pla-López, R. (1984c), *Mathematical Foundations of a Learning General Theory*, en *International Conference on Systems Research*.
- [36] Pla-López, R. (1988c), *Introduction to a Learning General Theory, Cybernetics and Systems: An International Journal*, 19, 411-429, Hemisphere Publishing Corporation, The Austrian Society for Cybernetic Studies, 1988.
- [37] Pla-López, R. (1989a), *Model of Social Evolution from Science and Power*, en *XVIIIth International Congress of History of Science*, Hamburg and Munich.
- [38] Pla-López, R. (1989b), *Models of Historical Evolution: Alternating Ends*, en *Congrès Européen de Systemique (CES1)*, Association Française pour la Cybernetique Economique et Technique, Lausanne, tome I, 239-248.29).
- [39] Pla-López, R. (1990b), *Model of Multidimensional Historical Evolution*, en R. Trapl ed., *Cybernetics and Systems'90*, pp 575-582, World Scientific, Singapore (Tenth European Meeting on Cybernetics and Systems Research, Vienna).
- [40] Pla-López, R. (1991), *Un Modelo Cibernético de Evolución Social desde el Mundo Actual*, en *II Simposio Leonardo Torres Quevedo*, Real Valle de Camargo, Cantabria.
- [41] Pla-López, R. (1992a), *Model of Adaptive, Historical and Multidimensional Social Learning*, en *Cybernetics and Systems Research'92*, 2, pp 1005-1012, World Scientific, Singapore (Eleventh European Meeting on Cybernetics and Systems Research 1992, Vienna).

- [42] Pla-López, R. (1992b), The Role of Subjective Factor in Social Evolution (1 versión), en Fuschl Conversation on Systems Education, València.
- [43] Pla-López, R. (1993d), The Role of Subjective Factor in Social Evolution, in Second European Congress on Systems Science, Praga.
- [44] Pla-López, R. and Castellar-Buso, V. (1994a), Model of Historical-Geographical Evolution, en Cybernetics and Systems'94, 2, pp 1049-1056, World Scientific, Singapore (Twelfth European Meeting on Cybernetics and Systems Research 1994, Vienna).
- [45] Pla-López, R. (1994c), A systemic model of social evolution, en Tercera Escuela Europea de Sistemas, pp 219-232, Ajuntament de Valencia/Universitat de València/Conselleria d'Éducació i Ciència de la Generalitat Valenciana, València, ISBN 84-88639-40-6.
- [46] Pla López, R. (1996a), ¿Cuánto puede perdurar una revuelta?, en 1 Reunión Española de Ciencias de Sistemas, València. Publicado en "Revista Internacional de Sistemas", vol.8, Nro.1-3, Enero-Diciembre 1996, pp 59-73, ISSN 0214-6533. <http://www.uv.es/pla/CUANTOPE.DOC>.
- [47] Pla López, R. (2001), Adaptative Systems, enviado a Importante Information for Editors and Authors of the Encyclopedia of Life Support Systems.
- [48] Pla López, R. (1996c), Social and Ecological Consequences of Adaptive Pacifism and Unsubmission, en 3rd. European Congress of Systems (CES'3), Roma, <http://www.uv.es/pla/socecapa.doc>.
- [49] Foerter, H. von, 1960 On self-organizing systems and their environment, en Self-Organizing systems, Nueva York, Pergamon Press.
- [50] Castellar-Busó, V. and Pla-López, R. (1997c), A Model of Sustainable Development Opposite to the Ecological Hecatomb, en 14th International Conference

of WACRA-Europe on Sustainable Development, Madrid, <http://www.uv.es/buso/wacraeng/wacraeng.html>.

- [51] Castellar-Busó, V. and Pla-López, R. (1997d), Economical consequences from a model of social evolution, <http://www.uv.es/buso/ecocons/ecocons.html>.
- [52] Castellar Busó, V. tesis doctoral dirigida per Pla López,R. (1998a), Un Model Sistèmic d' evolució Social Sostenible, Departament de Matemtica Aplicada, <http://www.uv.es/buso/tesi/tesiweb.html>.
- [53] Castellar-Busó, V. and Pla-López, R. (1998b) Un modelo de desarrollo sostenible o-
puesto a la hecatombe ecológica, Revista Iberoamericana de Autogestión
y Acción Comunal, 32, primavera ISSN 02 12-7687 <http://www.uv.es/buso/wacra/wacra.html>.
- [54] Temre, R. and Pla López, R. (1999a), Un Modelo Matemático de Influencia de las
Condiciones Naturales en la Evolución Social, en Revista Internacional de Systemas,
Vol.9, 1-3, pp 81-102, Sociedad Española de Sistemas Generales, València, ISSN
0214-6533 <http://www.uv.es/temre/trabajo.zip>.
- [55] Pla-López, R. and Castellar-Busó, V. (1999c), Models of Dual Social Evolution, 4th
Systems Science European Congress (CES'4), València, 20-24 September 1999, ISBN
84-7795-233-7 <http://www.uv.es/buso/vienapla/modduale.html>.
- [56] Nemiche, M. and Pla-Lopez, R. (2000), A Model of Dual Evolution of the Hu-
manity, en 2nd International Conference on Sociocybernetics, Panticosa, 25-30 juny,
<http://www.uv.es/pla/models/MDEHabrid.htm>.
- [57] Castellar-Busó, V. and Pla-López, R. (2000c) Ecological Consequences of a So-
cial Model: Sustainable Development versus Ecological Hecatomb, en Sustain-
able Development, Research on Cases and Theories, 8, Rainer Hampp Verlag,

Mnchen and Mering, ISBN 3-87988-480-3, ISSN 0940-2829, <http://www.uv.es/bu-so/elohimjl/elohimjl.html>.

- [58] Gurney, K. (1997) *An Introduction to Neural Networks*, UCL Press, ISBN 1 85728 503 4.
- [59] Haykin, S. *Neural Networks* (1999) 2nd Edition, Prentice Hall, ISBN 0 13 273350 1.
- [60] Fulford, G. Forrester, P. and Jones, (1997) *A. Modelling with Differential and Difference Equations*. New York: Cambridge University Press.
- [61] Melanie Mitchell, *An Introduction to Genetic Algorithms* (1996), MIT Press, Cambridge, Massachusetts.
- [62] Zbigniew Michalewicz, *Genetic Algorithms + Data Structures = Evolution Programs* (1992), Springer-Verlag, Second Edition.
- [63] David Fogel, B. *Evolutionary Computation. Toward a New Philosophy of Machine Intelligence* (1995), The Institute of Electrical and Electronic Engineers, New York.
- [64] Thomas Bäck, *Evolutionary Algorithms in Theory and Practice* (1996), Oxford University Press, New York.
- [65] Nigel Gilbert and Klaus Troitzsch G. (1998), *Simulation for the Social Scientist*. ISBN 0 335 19744 2 by Open University Press
- [66] Schneider, T. D. (1991b), *Theory of molecular machines. II. Energy dissipation from molecular machines*. *J. Theor. Biol.* 148, 125-137.

Capítulo 2

UN MODELO DE EVOLUCIÓN SOCIAL DUAL

Los modelos de evolución social con los que habíamos venido trabajando generaban una evolución uniforme, en la que los subsistemas pasaban por una serie unívoca de fases, y las diferentes “condiciones naturales” favorecían diferentes ritmos de la evolución, pero no diferentes caminos de la misma.

Éramos conscientes de que esta descripción no era realista en su aplicación a la historia de la humanidad. Ésta, en efecto, no sólo ha pasado por distintas fases, sino que ha seguido distintas líneas evolutivas en distintas zonas del mundo. Siguiendo a Maurice Godelier, podríamos describir dos grandes líneas evolutivas: una de ellas, que podríamos llamar “occidental”, habría pasado por las fases de esclavismo, feudalismo y capitalismo, con un papel significativo en todas ellas de distintas formas de propiedad individual y del correspondiente comercio entre propietarios individuales. En la segunda línea evolutiva, por el contrario, el sentido de colectividad ha primado en las distintas fases, comenzando por lo que se ha llamado “modo de producción asiático” o “tributario”, en la cuál los eventuales esclavos no lo son tanto de propietarios individuales como del Estado, cuyos funcionarios ejercen el poder político y económico; de dicha fase se pasaría a un feudalismo “oriental” notoriamente distinto del “occidental”: si en éste la autonomía de los distintos “feudos” era fundamental, y su relación de dependencia con las correspondientes monarquías relativamente débil, en el feudalismo “oriental” los “feudos” estaban férreamente sometidos al poder del Imperio en el que se integraban, bajo la égida de un Emperador. Posteriormente, tanto en Asia como en el Este de Europa, se transitó a unos regímenes burocráticos que han sido denominados como “socialismo real” o “socialismo de Estado”, basados en un régimen de propiedad colectiva con un férreo control del Estado.

Nos plantemos, por tanto, la tarea de modelar esas distintas líneas evolutivas. En un trabajo previo de Pla-López y Castellar-Busó se realiza una modificación ad hoc del potencial

de satisfacción de distintos estados-comportamientos sociales según la zona de ubicación del subsistema. Dicha modificación generaba, en efecto, una evolución dual, con líneas evolutivas distintas en la zona “oriental” y la zona “occidental”, pero en ausencia de un mecanismo explicativo del por qué de dicha diferenciación.

El camino que seguimos aquí parte de la distinción entre estados-comportamientos sociales que llamamos “gregarios” y otros que llamamos “individualistas”, según el valor de uno de los componentes binarios de la variable que caracteriza dichos comportamientos sociales. De acuerdo con la descripción anteriormente realizada, parece natural que los comportamientos “gregarios” predominaran en la evolución “oriental” mientras que los comportamientos “individualistas” predominaran en la evolución “occidental”. Pues bien, establecemos dicha distinción a través de lo que llamamos función de impacto de la represión: en los comportamientos “gregarios”, el impacto de la represión disminuiría con la distancia, y sería máximo con los comportamientos disidentes ocurridos en el mismo subsistema; por el contrario, en los comportamientos “individualistas” no habría represión sobre los comportamientos disidentes en el mismo subsistema, aunque sí sobre los subsistemas vecinos, que después disminuiría también con la distancia¹. Parece claro que tales comportamientos “gregarios” pueden corresponder a regímenes autocráticos de diversos tipos característicos de la evolución “oriental”, mientras que los comportamientos “individualistas” pueden corresponder a regímenes que compatibilizan determinadas formas de libertad en su interior con diversos tipos de acciones punitivas hacia el exterior, como se ha dado en la evolución “occidental” y ha llegado a su máxima expresión con sistemas políticos contemporáneos que al tiempo que abanderan la democracia política en su funcionamiento interno son frecuentemente acusados de actuaciones imperialistas en su política exterior. En este trabajo intentaremos simular dichos procesos dentro de un Modelo matemático construido a partir de una teoría general del aprendizaje y formulado en términos de la teoría general de sistemas, con el cual estudiamos las posibles evoluciones de un conjunto de subsistemas sociales (Sociedades Humanas) en interacción entre ellos e integrados en un entorno ecológico común.

¹Veáse la Figura 2.2

2.1. Los Subsistemas Sociales

Consideramos una evolución social, temporalmente discreta, de una población de NP subsistemas sociales. Cada subsistema social N está definido por dos variables:

1. Una función de probabilidad $P(U, N)$ sobre un vector $U = (U_{m_{max}-1}, \dots, U_1, U_0)$ de dimensión m_{max} con componentes binarios: $U_i \in \{0, 1\}$. Por lo tanto U es la representación binaria del número $\sum_i 2^i U_i$. Esta representación permite estudiar la diferencia entre la presencia y la ausencia de varias propiedades (también llamadas dimensiones o atributos). Los valores 1 ó 0 representan la presencia o no de un atributo en cada comportamiento social que tiene disponible un sistema social.
2. La variable $m(N) \in \{1, 2, \dots, m_{max}\}$ expresa la dimensión nativa del subsistema social N , la cual condicionará los comportamientos de N por la restricción:

$$P(U, N) = 0 \text{ para todo } U \geq 2^{m(N)} \text{ cuando se inicializa el subsistema.}$$

El aumento de la dimensión nativa permite adoptar nuevos comportamientos con nuevas propiedades, lo que introduce nuevas relaciones y transformaciones. Así el subsistema crece hacia más complejidad, como corresponde al avance tecnológico: a lo largo de la evolución social de humanidad ha habido, en efecto, una tendencia hacia la complejidad en términos de conocimientos, tecnología y estructura social.

2.2. Elementos Básicos del Modelo

Una primera formulación del Modelo requiere definir funciones fundamentales para modelar la capacidad represiva, la satisfacción con los diferentes comportamientos sociales y el nivel del avance tecnológico y definir una distancia sobre el conjunto de los subsistemas sociales para considerar los efectos “geográficos” en la evolución social.

2.2.1. Capacidad Represiva Inicial

La capacidad represiva inicial $\kappa(U)$ de un comportamiento social U dependerá de su fuerza $\mu(U)$ y su ferocidad $\nu(U)$. Deseamos que la capacidad represiva inicial de un comportamiento social sea nula cuando no tenga fuerza o ferocidad. La dependencia más sencilla es el producto, es decir,

$$\kappa(U) = \mu(U) \cdot \nu(U)$$

lo que garantiza $\kappa(U) = 0$ si $\mu(U) = 0$ o $\nu(U) = 0$

2.2.1.1 La Fuerza

Deseamos que la fuerza de un comportamiento social aumente con el aumento de la dimensión nativa y con el número de atributos incluidos, de forma que un comportamiento social con mayor dimensión nativa disponga de una fuerza mayor. Teniendo en cuenta la representación binaria de los comportamientos sociales, la función más sencilla que cumple estas condiciones es la expresión binaria del comportamiento social, es decir,

$$f(U) = \sum_i 2^i U_i$$

multiplicamos $f(U)$ por el factor $\frac{1}{2^{m_{max}-1}-1}$ para que el comportamiento social $U = (0, 1, \dots, 1)$ cumpla $\mu(U) = \kappa(U) = 1$, motivo por el cual lo llamamos Estado Plenamente Represivo. Así, expresaremos la fuerza por

$$\mu(U) = \frac{\sum_i 2^i U_i}{2^{m_{max}-1} - 1}$$

2.2.1.2 La Ferocidad

Un ingrediente esencial para el estudio de la posibilidad de superar la represión con nuevos comportamientos sociales menos represivos es la función ferocidad. Deseamos que la ferocidad $\nu(U)$ valga 1 si $\nu_i(U_i)$ vale 1 para algún componente U_i del comportamiento, y que sólo valga 0 si vale 0 para todos los componentes. Ello lo conseguimos tomando

$$1 - \nu(U) = \prod_i \left[1 - \nu_i(U_i) \right] \quad \text{con } 0 \leq i \leq m_{max}-1$$

Definimos la ferocidad correspondiente a la componente i por

$$\nu_i(U_i) = \frac{i(1 - U_i)}{m_{max-1}} \quad \text{con } 0 \leq i \leq m_{max-1}$$

Observemos que $\nu_i(0)$ crece con i entre los valores 0 y 1 mientras que $\nu_i(1) = 0$ para cualquier valor de i

La ferocidad de un comportamiento social valdrá, por lo tanto,

$$1 - \nu(U) = \prod_i [1 - \nu_i(U_i)] = \prod_i \left[1 - \frac{i(1 - U_i)}{m_{max-1}}\right] = \prod_{i:U_i=0} \left[1 - \frac{i}{m_{max-1}}\right]$$

Observemos que el Estado Plenamente Represivo $U = (0, 1, \dots, 1)$ cumple $\nu(U) = 1$ y los comportamientos sociales $U = (0, 0, \dots, 0) = 0$, $U = (1, \dots, 1, 0)$ y $U = (1, 1, \dots, 1)$ cumplen $\kappa(U) = 0$ motivo por el cual les llamamos Estados Libres.

Mostramos en la Tabla 2.1 Los valores de la fuerza, ferocidad y capacidad represiva inicial.

U	$\mu(U)$	$\nu(U)$	$\kappa(U)$
0 = (0, 0, 0, 0)	0,000000	1,000000	0,000000
1 = (0, 0, 0, 1)	0,142857	1,000000	0,142857
2 = (0, 0, 1, 0)	0,285714	1,000000	0,285714
3 = (0, 0, 1, 1)	0,428571	1,000000	0,428571
4 = (0, 1, 0, 0)	0,571429	1,000000	0,571429
5 = (0, 1, 0, 1)	0,714286	1,000000	0,714286
6 = (0, 1, 1, 0)	0,857143	1,000000	0,857143
7 = (0, 1, 1, 1)	1,000000	1,000000	1,000000
8 = (1, 0, 0, 0)	1,142857	0,777778	0,888889
9 = (1, 0, 0, 1)	1,285714	0,777778	1,000000
A = (1, 0, 1, 0)	1,428571	0,666667	0,952381
B = (1, 0, 1, 1)	1,571429	0,666667	1,047619
C = (1, 1, 0, 0)	1,714286	0,333333	0,571429
D = (1, 1, 0, 1)	1,857143	0,333333	0,619048
E = (1, 1, 1, 0)	2,000000	0,000000	0,000000
F = (1, 1, 1, 1)	2,142857	0,000000	0,000000

Tabla.2.1: los valores de la fuerza, ferocidad y capacidad represiva inicial.

2.2.2. Posibilidad de Satisfacción

Deseamos que la satisfacción aumente con el progreso tecnológico entre los valores 0 y 1. Así, la satisfacción aumentará con el número de los atributos que incluye el comportamiento social. La dependencia más flexible y sencilla que corresponde a la posibilidad técnica de satisfacción es la función:

$$\pi^0(U) = \frac{1}{m_{max}} \left(\sum_i U_i + \xi \right)$$

En los trabajos anteriores ξ valía 0, lo que expresaba la enorme ventaja en la posibilidad técnica de satisfacción de los comportamientos individualistas, en este trabajo queremos reducir esta ventaja para permitir posibles competencias entre los comportamientos gregarios y individualistas. Así, mediante un proceso de calibración de posibles valores de ξ que nos permite obtener una simulación satisfactoria de la evolución dual hemos fijado ξ en el valor $0,8^{1-U_0}$.

U	π^0
0 = (0, 0, 0, 0)	0,20
1 = (0, 0, 0, 1)	0,25
2 = (0, 0, 1, 0)	0,45
3 = (0, 0, 1, 1)	0,50
4 = (0, 1, 0, 0)	0,45
5 = (0, 1, 0, 1)	0,50
6 = (0, 1, 1, 0)	0,70
7 = (0, 1, 1, 1)	0,75
8 = (1, 0, 0, 0)	0,45
9 = (1, 0, 0, 1)	0,50
A = (1, 0, 1, 0)	0,70
B = (1, 0, 1, 1)	0,75
C = (1, 1, 0, 0)	0,70
D = (1, 1, 0, 1)	0,75
E = (1, 1, 1, 0)	0,95
F = (1, 1, 1, 1)	1,00

Tabla.2.2: los valores de la posibilidad técnica de satisfacción con $\xi = 0,8^{1-U_0}$.

Para obtener la posibilidad de satisfacción añadimos otro factor con el cual deseamos introducir el aumento de entropía que se produce en la manipulación de energía y de información.

Así, introducimos el coste que corresponde a una fracción de la energía que se disipa y a una parte de la información que se pierde. Como los comportamientos más desarrollados se caracterizan por una cantidad mayor de transformaciones de los recursos, transformaciones en la que se disipa la energía, y se pierde información, les corresponde un aumento de la entropía. En cambio, la entropía disminuye con la restricción de comportamientos diferentes, efectuada por la represión. Expresaremos todo ello mediante la siguiente formula:

$$\pi(U) = \left[1 - C_e \frac{\mu(U)}{\mu_{max}} (1 - \nu(U)) \right] \pi^0(U)$$

donde C_e es un parámetro entrópico que toma valores dentro de un conjunto de posibles condiciones iniciales.

2.2.3. La Distribución Métrica del Conjunto de Subsistemas Sociales

La modelación de la evolución real de la humanidad requiere considerar la noción de distancia entre subsistemas sociales para simular la influencia que tiene un subsistema social N sobre otro M y cuantificar las condiciones geográficas iniciales que pueden dar a unas zonas una ventaja de salida.

Trabajamos con una distancia circular sobre el conjunto de los subsistemas sociales definida como sigue,

$$d : \{0, 1, \dots, NP - 1\} \times \{0, 1, \dots, NP - 1\} \longrightarrow \mathbb{R}^+$$

$$(N, M) \longmapsto d(N, M)$$

$$d(N, M) = \min \left\{ |N - M|, NP - |N - M| \right\} = \frac{NP}{2} - \left| \frac{NP}{2} - |N - M| \right|$$

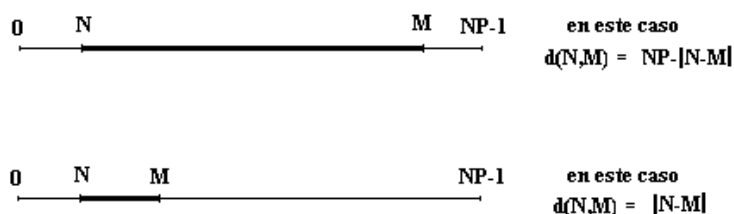
Es fácil comprobar que la aplicación d verifica los tres axiomas de la distancia:

1. $d(N, M) = 0 \iff M = N$
2. $d(N, M) = d(M, N)$
3. $d(N, M) \leq d(N, C) + d(C, M) \quad \forall N, M, C \text{ de } \{0, 1, \dots, NP - 1\}$

se puede también comprobar con facilidad que la distancia mínima es 0 y la máxima es

$$d_m = \lceil \frac{NP - 1}{2} \rceil$$

el símbolo $\lceil \frac{NP-1}{2} \rceil$ representa la aproximación entera por exceso de $\frac{NP-1}{2}$



Esta distancia se ve más clara cuando representemos los subsistemas sociales sobre un círculo



Figura 2.1: Representación gráfica de la distancia

A continuación presentamos una descripción detallada de los distintos sistemas matemáticos que forman el Modelo y las relaciones entre ellos.

2.3. Descripción del Modelo

Uno de los mayores beneficios del pensamiento sistémico consiste en vislumbrar, a través de la complejidad, las estructuras subyacentes que generan los cambios. Ello no significa ignorar la complejidad sino organizarla de modo coherente para que nos ayude a descubrir las causas que originan los problemas y de este modo ponerles remedio (Senge, 1992).

La complejidad de la evolución global del comportamiento social y su diversidad entre “oriente” y “occidente” nos induce a agregar once sistemas matemáticos que expresan las relaciones involucradas:

2.3.1. Sistema de Aprendizaje Social

El servomecanismo del Modelo es el Sistema de Aprendizaje Probabilístico mediante refuerzo positivo y negativo². Tal aprendizaje permite a los subsistemas sociales “poner al día” sus propias bases de conocimiento agregando o quitando informaciones a partir de la percepción de los efectos positivos o negativos de sus acciones.

La función del cumplimiento del objetivo P_G dependerá de la posibilidad de satisfacción (π) y de un factor $1 - \sigma$ determinado por el contexto social.

$$P_G(U, N) = \pi(U)(1 - \sigma)$$

Hemos introducido las formulaciones de los conceptos del Modelo Lineal General del Aprendizaje Probabilístico³ y el Modelo Lineal Recíproco del Aprendizaje Probabilístico⁴ para modelar el sistema del aprendizaje social de nuestro Modelo. La probabilidad $P(U, N)$ de cada comportamiento social en cada subsistema social N aumentará cuando se cumpla el objetivo, de manera que un valor de $P_G(U, N)$ mayor que un valor de referencia $P_R(N)$ ⁵ determinará un aumento de la función acumuladora de la memoria de $F(U, N)$

$$\begin{cases} P(U, N) = \frac{F(U, N)}{B(N)} \\ \Delta F(U, N) = \lambda(N) \cdot \Delta t \cdot [P_G(U, N) - P_R(N)] P_L(U, N) \end{cases}$$

Para normalizar F tendrá que cumplir $F(U, N) \geq 0$ para todo U, N . Así, substituremos la expresión anterior por

$$\begin{cases} P(U, N) = \frac{F(U, N)}{B(N)} \\ \Delta F(U, N) = \max \left\{ \lambda(N) \cdot \Delta t \cdot [P_G(U, N) - P_R(N)] P_L(U, N), -F(U, N) \right\} \end{cases} \quad (2.3.1)$$

donde

$\lambda(N)$ es un factor de escala para el subsistema social N

$B(N) = \sum_V F(V, N)$ es la memoria acumulada

²Véase la sección 1.9.3 del capítulo anterior

³Véase la sección 1.9.3.1 del capítulo anterior

⁴Para simular la interacción del aprendizaje entre los sistemas sociales. Véase la sección 1.9.3.2 del capítulo anterior

⁵Con la referencia se compara el éxito o el fracaso percibido del cumplimiento del objetivo

$F(V, N)$ es la función acumuladora de memoria del comportamiento social V

$P_L(U, N)$ es la tasa de aprendizaje de U en N

Si $F(V, N) = 0$ para todo V , entonces $B(N) = 0$ lo que se puede interpretar como la destrucción del subsistema social⁶.

2.3.2. Sistema de Relevo

Cada uno de los subsistemas sociales ocupa un nicho el cual puede quedar libre cuando el subsistema social se destruye. Cuando los nichos están libres pueden ser ocupados por nuevos subsistemas sociales “neófitos”.

Con el relevo y la recuperación expresaremos la iniciación de los subsistemas sociales, es decir especificaremos en qué condiciones un subsistema activo deja un nicho libre, y también expresaremos los valores iniciales de diferentes funciones.

Un subsistema social N “muere” cuando $F(U, N) = 0$ para todo U (o lo que es lo mismo $B(N) = 0$), situación a la que puede llegarse cuando ninguno de los comportamientos sociales disponibles para el subsistema social lleva al cumplimiento del objetivo. Llamamos recuperación a la ocupación por un nuevo subsistema social de un nicho previamente dejado libre por muerte por insatisfacción.

Si introducimos una variable aleatoria α_1 en el intervalo $[0,1[$, y designamos por $A(N)$ la probabilidad de recuperación de un nicho libre N podemos expresar la condición de recuperación por

$$\alpha_1 + A(N) \geq 1$$

Queremos facilitar la recuperación de un nicho libre previamente predominado por comportamientos menos evolucionados. Por ello hemos elegido $A(N)$ como

$$A(N) = \sum_U a(U)P(U, N)$$

$$y a(U) = a_0 \left(1 - \frac{2U}{2^{m_{max}} - 1}\right)$$

donde $a_0 > 0$ y hemos tomado $U = \sum_i 2^i U_i$.

Ésta es la función más sencilla (lineal) que cumple la condición exigida y que en caso de equiprobabilidad da $A(N) = 0$.

⁶Naturalmente, $P(U, N)$ sólo podrá calcularse si $B(N) > 0$.

Pero también el subsistema social puede “morir” en cualquier instante de tiempo, con mayor probabilidad cuanto menor sea la influencia del aprendizaje en su comportamiento. Eso ocurre cuando $B(N)$ se aproxima a un valor máximo tnt . Llamamos a este proceso la muerte natural del subsistema social N . Inmediatamente después de su muerte natural aparece un subsistema neófito que ocupa el nicho libre.

Si introducimos una variable aleatoria α_2 en el intervalo $[0,1[$, podemos expresar la condición de relevo por

$$\alpha_2 + \frac{B(N)}{tnt} \geq 1$$

donde $\frac{B(N)}{tnt}$ expresa la probabilidad de la muerte natural

Podemos unir las condiciones de relevo y recuperación en la siguiente condición

$$\gamma = \alpha + A(N) + \frac{B(N)}{tnt} (1 - A(N)) \geq 1$$

donde

α es una variable aleatoria en el intervalo $[0,1[$

Si $B(N) = 0$ (caso de la muerte por insatisfacción), $\gamma = \alpha + A(N) \geq 1$ nos da la condición de recuperación, mientras que, si $B(N) = tnt$ entonces $\gamma = \alpha + 1 \geq 1$ lo que afirma la inmediata aparición de un subsistema social neófito (relevo).

Cuando se produzca el relevo o la recuperación de un subsistema social N inicializaremos la función de acumulación de memoria mediante

$$\begin{cases} F(U, N) = natal(N) & \forall U \leq (2^{m(N)} - 1) \\ F(U, N) = 0 & \forall U > (2^{m(N)} - 1) \end{cases}$$

donde $m(N)$ es la dimensión nativa correspondiente al nicho⁷. lo que implica una equiprobabilidad de $P(U, N)$ para todo $U \leq (2^{m(N)} - 1)$ y por último una máxima entropía de Shannon del subsistema N

$$H(N) = - \sum_U P(U, N) \log_2 P(U, N) = \log_2 (2^{m(N)}) = m(N)$$

Así, la dimensión nativa expresa la entropía del subsistema neófito (coincide con la variedad). Y como la entropía máxima de un subsistema N es $m(N)$ el relevo causa la pérdida de la información acumulada en los subsistemas sociales substituidos.

⁷En caso de relevo $m(N)$ es de N y en caso de recuperación $m(N)$ es del siguiente sistema activo

2.3.3. Sistema Natural

El Sistema Natural expresará la diversidad de condiciones iniciales de los subsistemas sociales a través de la variable *natal*. En trabajos anteriores dicho sistema era rígido, sin retroalimentación ni evolución, y el valor *natal* de un subsistema social venía dado por:

$$natal(N) = natal_{min} - \frac{d(N, NM)(natal_{max} - natal_{min})}{d_m}$$

donde

$natal_{max}$ es el máximo de *natal*

$natal_{min}$ es el mínimo de *natal*

NM es el subsistema social con máximo valor de *natal*

El Sistema Natural aparece así aislado, sin variables de entrada. En este trabajo haremos depender el *natal* del factor ecológico⁸. Hemos incluido un factor que le llamaremos factor de la evolución K_m , y en consonancia hemos cambiado la definición del sistema natural: el Sistema Natural determinará la evolución dinámica de $natal(N)$ de un subsistema social N a partir de su valor inicial $natal^0(N)$ hacia un valor $ntl(N)$ con un tiempo de retardo T_m en el caso de una degradación ecológica.

Es necesario hacer referencia desde ahora a las dos zonas “geográficas” bajo estudio en este trabajo

$$\begin{aligned} \text{zona occidental} &= \left\{ N \in \{0, 1, \dots, NP - 1\} / d(N, \frac{NP}{4}) \leq \frac{d_m}{2} \right\} \\ \text{zona oriental} &= \left\{ N \in \{0, 1, \dots, NP - 1\} / d(N, \frac{NP}{4}) > \frac{d_m}{2} \right\} \end{aligned}$$

El profesor Jared Diamond en su Obra traducida al castellano “Armas, Gérmenes y Acero” escribió: “Uno de los hechos fundamentales de la historia humana es la temprana importancia de la parte de Asia suroccidental llamada Creciente Fértil... Esta zona parece haber sido el escenario más antiguo de una cadena de avances, como las ciudades, la escritura, los imperios y lo que llamamos (para bien o mal) civilización...”

después explicó unas ventajas iniciales del Creciente Fértil:

⁸Véase la sección 2.3.10

1. El Creciente Fértil está situado en una zona del llamado clima mediterráneo, donde muchas plantas se han adaptado de manera que las hace útiles para los humanos.
2. En la flora del Creciente Fértil fueron pocos los cambios que fue necesario introducir en la mayoría de las plantas silvestres cuando pasaron a ser cultivos.
3. La flora del Creciente Fértil incluye un alto porcentaje de “autosuficiencia”, es decir plantas que suelen polinizarse a sí mismas aunque ocasionalmente sean polinizadas por otras.
4. La diversidad biológica del Creciente Fértil en pequeñas distancias
5. Una última ventaja de la primitiva producción de alimentos en el Creciente Fértil es que podría haber tenido que enfrentarse a menos competencia de la forma de vida de los cazadores-recolectores que en otras zonas.

Podemos modelar la ventaja inicial del Creciente fértil, dando valor inicial ($natal^0$) a $F(U, N)$ con valor máximo en el subsistema social el más vecino de $\frac{3NP}{4}$ (centro de la zona oriental) y valor mínimo en el subsistema social el más vecino de $\frac{NP}{4}$ (centro de la zona occidental)

$$natal^0(N) = natal_{min} + 161 \frac{d(\frac{NP}{4}, N)}{NP}$$

donde $natal_{min} = 5$

Ahora bien, la ventaja inicial del Creciente fértil se ha reducido muchísimo con el tiempo debido a la degradación ecológica en la zona oriental, como señaló asimismo Jared Diamond: “En la antigüedad, sin embargo, gran parte del Creciente fértil y de la región mediterránea oriental, incluida Grecia, estaba cubierta de bosques. La transformación de la región de bosques fértiles a maleza erosionada o desierto ha sido aclarada por paleobotánicos y arqueólogos... así las sociedades del creciento fértil y el mediterráneo oriental tuvieron la desgracia de surgir en un medio ecológicamente frágil.”

Concordantemente, expresamos la evolución del *natal* y *ntl* con

$$\begin{aligned} \text{si } \frac{E}{E_0} < 1 &\implies \begin{cases} ntl^t = 2 + \frac{natal^t(N)}{\left(-20\left(\frac{E}{E_0}\right)^2 + 25\right)} \\ natal^{t+\Delta t}(N) = natal^t(N) + \frac{\left(ntl^t(N) - natal^t(N)\right)}{K_m} \end{cases} \\ \text{si } \frac{E}{E_0} = 1 &\implies natal^{t+\Delta t}(N) = natal^t(N) \end{aligned}$$

donde

$$K_m = \frac{T_m}{\Delta t}$$

Observemos que, mientras $T_m = \Delta t$ y $\frac{E}{E_0} < 1$, entonces $K_m = 1$, y por lo tanto $natal^{t+\Delta t}(N) = ntl^t(N)$. El caso $K_m > 1$ y $\frac{E}{E_0} < 1$ expresa la presencia del retardo

E representa el valor actual de la ecología y E_0 su valor inicial. De modo que, $\frac{E}{E_0} < 1$ representa una degradación ecológica.

2.3.4. Sistema de Impacto

La influencia que tiene un subsistema N sobre otro M lo afectaremos por un factor al que llamamos impacto, determinado por la siguiente función:

$$IMP(N, M) = \sum_U P(U, N) imp(U, M, N)$$

donde $imp(U, M, N)$ expresa el impacto del comportamiento social U en el subsistema social N sobre el subsistema social M .

En trabajos anteriores el impacto $imp(U, M, N)$ del comportamiento social U decrecía linealmente con la distancia $d(M, N)$, y era máximo cuando $M = N$, es decir en el propio subsistema social. Ahora y con el fin de modelar las diferencias entre la evolución “occidental” y “oriental” del comportamiento social introducimos la oposición Gregarismo/Individualismo de los comportamientos sociales. Suponiendo que los comportamientos occidentales y orientales han sido diferentes desde el principio haremos depender esta diferencia de la primera dimensión del comportamiento social (U_0) de la siguiente forma:

- Si $U_0 = 0$ (comportamientos sociales gregarios), el impacto $imp(U, M, N)$ del comportamiento social $U = (U_{m_{max}-1}, \dots, U_1, 0)$ es máximo cuando $M = N$, decrece con la distancia circular entre M y N y crece con $natal(N)$, pero

- Si $U_0 = 1$ (comportamientos sociales individualistas), el impacto $imp(U, M, N)$ del comportamiento social $U = (U_{m_{max-1}}, \dots, U_1, 1)$ es igual a cero cuando $M = N$, alcanza su máximo en dos de los sistemas vecinos de N y decrece más allá de ellos con la distancia⁹.

En la sección 2.3.7 explicaremos cómo la represión del comportamiento social U crece con $imp(U, M, N)$ y veremos que el comportamiento social individualista no sólo busca satisfacer su propio interés, sino que “abusa” de los intereses de los otros comportamientos. En la practica trabajamos con una población de 50 subsistemas sociales ($NP = 50$) y mediante un proceso de exploración y calibración de prámetros hemos llegado a las siguientes funciones que nos permiten obtener una simulación satisfactoria de la evolución dual:

$$\left\{ \begin{array}{l} imp(U, M, N) = \exp(-0,5c^2) \cdot gre(U, N) \cdot ind(U, M, N) \quad \forall U \neq 0 \\ imp(0, L, L) = 10 \quad \forall L \\ imp(0, M, N) = 0 \quad \forall M \neq N \end{array} \right.$$

⁹Véase la figura 2.2

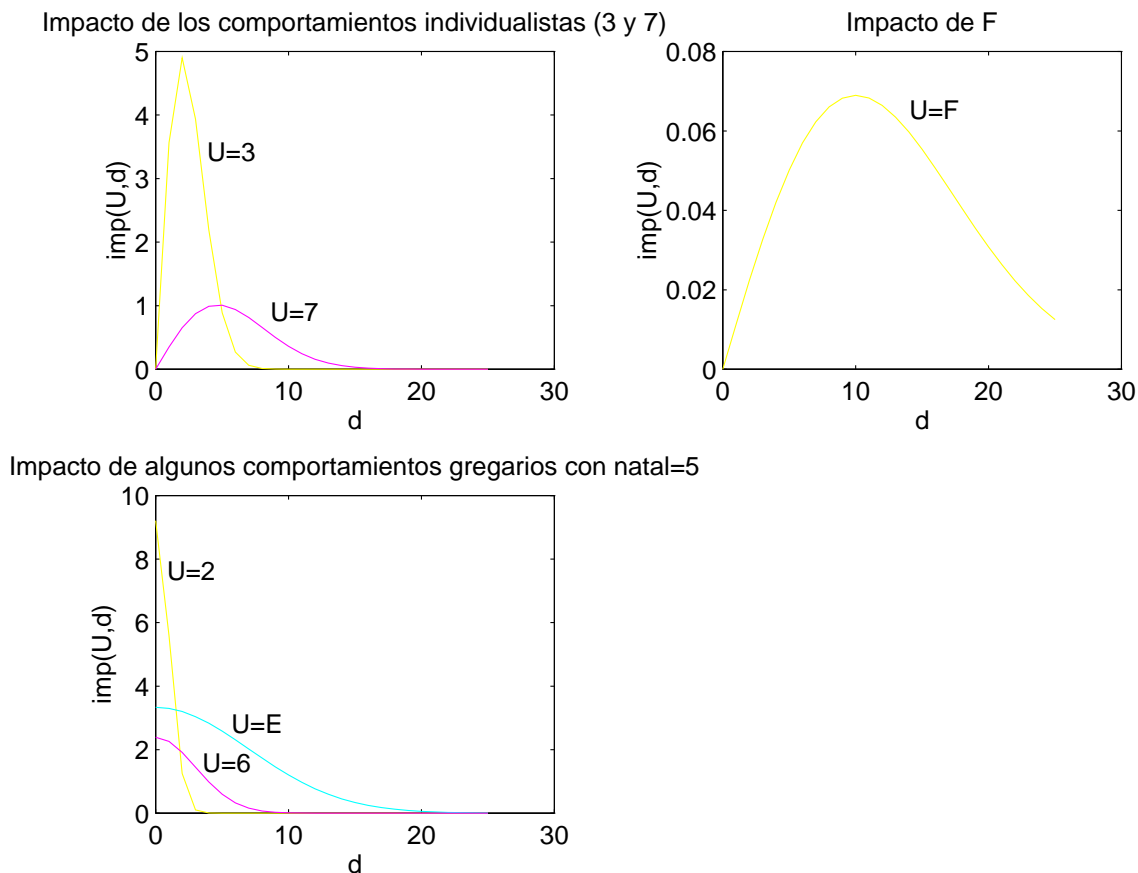


Figura 2.2: El impacto de algunos comportamientos sociales

donde

$$\text{gre}(U, N) = \left(\text{natal}(N) \left[2,3019 \exp\left(\frac{-0,5U^2}{7,25}\right) + \frac{U}{21} \right] \right)^{1-U_0}$$

$$\text{ind}(U, M, N) = \left(\frac{c}{1,32} \left[U \exp\left(\frac{-0,5U^2}{8,064}\right) 6,124 + 0,15 \right] \right)^{U_0}$$

$$c = \frac{d(M, N)}{\left(\frac{U}{2}\right)^{1-U_0} \cdot \left(\frac{2U}{3}\right)^{U_0}}$$

2.3.5. Sistema de Ciencia

El Sistema de Ciencia simula el proceso de la comunicación científica determinando la tasa de aprendizaje P_L de cada comportamiento social en cada subsistema social teniendo

en cuenta tanto su propia experiencia como la de los otros subsistemas sociales que “comunican” con él de modo que la probabilidad derivada de la experiencia de los otros subsistemas sociales, ponderada por factores de emisión EMI , de recepción REC y de impacto IMP , es añadida a su propia experiencia.

Este sistema expresa así las relaciones de “comunicación intelectual” entre diferentes subsistemas sociales:

- Si no hay comunicación entre los subsistemas sociales, entonces

$$P_L(U, N) = P(U, N)$$

- En el caso contrario (con el aprendizaje por difusión) será:

$$P_L(U, N) = P(U, N) + REC(N) \sum_{M \neq N} P(U, M) EMI(M) IMP(M, N)$$

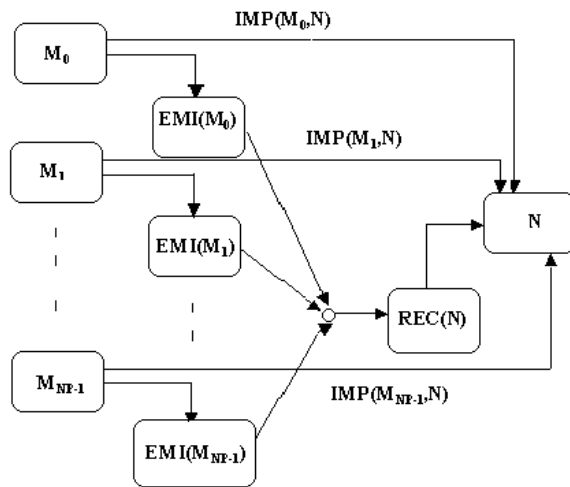


Figura 2.3: El proceso de aprendizaje por difusión

donde

$$EMI(N) = \sum_U P(U, N) emi(U)$$

$$REC(N) = \sum_U P(U, N) rec(U)$$

siendo $emi(U)$ y $rec(U)$, respectivamente, la capacidad de emisión y de recepción del comportamiento social U , y viniendo dados por su vez por

$$emi(U) = \sum_j emi_j(U_j)$$

$$rec(U) = \sum_j rec_j(U_j)$$

de modo que asignamos a cada uno de los atributos de un comportamiento social un factor de emisión y de recepción proporcional a su contribución a la fuerza de ese comportamiento social. En particular, tomaremos

$$rec_j(U_j) = emi_j(U_j) = \frac{2^j U_j}{2^{m_{max}} - 1}$$

observemos que

$$rec(1, 1, \dots, 1) \simeq rec(1, \dots, 1, 0) > rec(U) \text{ para todo } U \neq (1, 1, \dots, 1) \text{ y } U \neq (1, \dots, 1, 0)$$

$$emi(1, 1, \dots, 1) \simeq emi(1, \dots, 1, 0) > rec(U) \text{ para todo } U \neq (1, 1, \dots, 1) \text{ y } U \neq (1, \dots, 1, 0)$$

motivo adicional a $\kappa(1, 1, \dots, 11, 1) = 0$ y $\kappa(1, \dots, 1, 0) = 0$ por el cual llamamos a $(1, 1, \dots, 11, 1)$ y $(1, \dots, 11, 1, 0)$ sociedades científicas libres.

2.3.6. Sistema Histórico

Con el Sistema Histórico queremos simular la posibilidad del progreso a través del aumento de la dimensión nativa $m(N)$ de un subsistema social N , y por lo tanto, del número de los comportamientos sociales disponibles. Suponemos que este progreso tiene dos causas que actúan aditivamente:

1. La probabilidad del incremento de la dimensión nativa aumentará linealmente con la memoria acumulada en el subsistema social N , expresada por $B(N)$, de modo que si $B(N) \geq prg^{10}$ se produce con seguridad el aumento de la dimensión nativa en una unidad.

¹⁰*prg* (progreso) es una cota que se mantiene constante

2. También puede aumentar por la difusión de tecnología¹¹, que expresaremos por la acumulación de información procedente de otros subsistemas sobre comportamientos sociales con dimensión superior a su dimensión nativa.

Así, se aumenta la dimensión nativa de N cuando se cumple la siguiente condición

$$\delta = \beta + b(N) + \frac{B(N)}{prg} \geq 1$$

donde β es una variable aleatoria uniforme en el intervalo $[0,1]$ y

$$b(N) = \sum_{U > 2^{m(N)} - 1} P(U, N)$$

2.3.7. Sistema de Represión

Con este sistema queremos simular la represión $\sigma(U, N)$ sufrida por un comportamiento social U en un subsistema social N . En las versiones anteriores se consideraba que la represión sufrida dependía de la represión producida sts por los comportamientos sociales diferentes de U , del impacto de los distintos subsistemas sociales sobre N y del peso ϕ de cada comportamiento social en cada subsistema según la siguiente relación

$$\sigma(U, N) = \sum_{V \neq U} \sum_M \phi(V, M) sts(V, M) IMP(M, N) \quad (2.3.2)$$

donde

$sts(V, M)$ es la represión producida¹² por V desde el subsistema social M

$\phi(V, M)$ es el peso de V en el subsistema social M , que se expresa por

$$\phi(V, M) = \frac{P^2(V, M)}{S} \quad (2.3.3)$$

donde S representa el número de los subsistemas sociales activos.

La relación 2.3.3 se justifica en la tesis de Vicent Castellar Busó¹³

¹¹Caracterizamos una sociedad tecnológicamente avanzada por una mayor capacidad de elección entre distintos comportamientos sociales

¹²Véase la sección 2.3.8

¹³Véase la referencia 17

En este trabajo, considerando que en la realidad ningún comportamiento social en ningún subsistema social se reprime a sí mismo, evitaremos el efecto del impacto $IMP(M, N)$ provocado por U sobre $\sigma(U, N)$. Substituyendo $IMP(M, N)$ en la ecuación 2.3.2 por el impacto ($imp(V, M, N)$) de los comportamientos sociales diferentes de U llegamos a la siguiente expresión de la represión sufrida $\sigma(U, N)$

$$\sigma(U, N) = \frac{1}{S} \sum_{V \neq U} \sum_M P^2(V, M) sts(V, M) imp(V, M, N)$$

Por lo tanto, el factor $1 - \sigma$ determinado por el contexto social se define en nuestro Modelo como

$$1 - \sigma(U, N) = 1 - \frac{1}{S} \sum_{V \neq U} \sum_M P^2(V, M) sts(V, M) imp(V, M, N)$$

2.3.8. Sistema de Adaptación

Con la Adaptación queremos caracterizar el proceso por el cuál la represión producida $sts(U, N)$ evoluciona desde un valor inicial $\kappa(U)$ cuando un subsistema social es un subsistema neófito, hacia la represión sufrida $\sigma(U, N)$ con un retardo $T_a(N)$. Así, tendremos

$$\begin{cases} sts^{t+\Delta t}(U, N) = sts^t(U, N) + \frac{\Delta t}{T_a(N)} (\sigma^t(U, N) - sts^t(U, N)) & \text{cuando } \gamma < 1 \\ sts^0(U, N) = \kappa(U) & \text{cuando } \gamma \geq 1 \quad (\text{inicialización}) \end{cases}$$

donde $T_a(N)$ viene dado por

$$T_a(N) = \Delta t \cdot K_a \frac{\mu_{max}}{\sum_U \mu(U) P(U, N)}$$

donde

μ_{max} es la fuerza máxima (en la práctica $\mu_{max} = \frac{15}{7}$)

K_a es un parámetro constante al que damos distintos valores

Queremos modelar una adaptación más rápida cuando el subsistema disponga de una tecnología más avanzada¹⁴. Así, si $P(U, N) = 1$ se cumplirá $T_a(N) = \Delta t \cdot K_a \frac{\mu_{max}}{\mu(U)}$ y en el caso $U = 2^{m_{max}} - 1$, dado que $\mu(U) = \mu_{max}$, tendremos que $T_a(N) = \Delta t \cdot K_a$ toma el valor mínimo.

¹⁴La tecnología avanzada se refleja en valores grandes de la fuerza

2.3.9. Sistema de Resignación

Con el Sistema de Resignación queremos simular la evolución dinámica de la referencia P_R con la cual se compara el éxito y el fracaso del cumplimiento del objetivo. En la evolución social tal referencia no se da de forma absoluta, sino es necesario considerar la influencia del factor subjetivo.

Si la resignación fuera instantánea y total la referencia P_R sería igual a la satisfacción media P_{GM} . Para mantener una evolución coherente, dividimos la diferencia $P_G(U) - P_{GM}$ por la desviación típica σ_G realizando una normalización estadística. En la práctica, la resignación se producirá con un retardo T_r . Así, expresaremos este proceso restando de la satisfacción P_G un valor P_R que evolucionará linealmente hacia la satisfacción media P_{GM} en cada instante y dividiendo la diferencia por un valor $S_R(N)$ que evolucionará linealmente hacia la desviación típica $\sigma_G(N)$ actual de las satisfacciones.

$$\begin{cases} P_R^{t+\Delta t}(N) = P_R^t(N) + \frac{\Delta t}{T_r} \left(P_{GM}^t(N) - P_R^t(N) \right) & \text{cuando } \gamma < 1 \\ P_R^0(N) = P_R^0(m(N)) = \sum_{U < 2^{m_{max}} - 1} \frac{\pi(U)}{2^{m_{max}}} & \text{cuando } \gamma \geq 1 \quad (\text{inicialización}) \end{cases}$$

donde $P_{GM}^t(N)$ es la satisfacción media en el instante t para N

$$P_{GM}^t(N) = \frac{\sum_U P_G^t(U, N) P_L^t(U, N)}{\sum_U P_L^t(U, N)}$$

Queremos modelar una situación en la que la resignación sea más lenta cuanto mayor sea la ferocidad, y por ello tomaremos

$$T_r(N) = \Delta t \cdot K_r \left(\sum_U \nu(U) P(U, N) + 1 \right)$$

donde K_r es un parámetro constante al que damos distintos valores

y también expresamos

$$\begin{cases} S_R^{t+\Delta t}(N) = S_R^t + \frac{\Delta t}{T_r} \left(\sigma_G^t(N) - S_R^t(N) \right) & \text{cuando } \gamma < 1 \\ S_R^0(N) = \sqrt{\sum_{U < 2^{m_{max}} - 1} \frac{\pi^2(U)}{2^{m_{max}}} - \left(P_R^0(N) \right)^2} & \text{cuando } \gamma \geq 1 \quad (\text{inicialización}) \end{cases}$$

donde $\sigma_G^t(N)$ es la desviación típica en el instante t para N

$$\sigma_G^t(N) = \sqrt{\frac{\sum_U (P_G^t(U, N))^2 P_L^t(U, N)}{\sum_U P_L^t(U, N)} - \left(P_{GM}^t(N) \right)^2}$$

Observemos que para el cálculo de la media y la desviación típica no utilizamos la probabilidad $P(U, N)$ sino la tasa de aprendizaje (incluyendo al efecto de la “comunicación científica” externa), que es lo que determina el factor subjetivo.

En estas condiciones, $\lambda^t(N) = 2 \frac{S_R^0(N)}{S_R^t(N)}$. Así, expresamos el cambio de la función acumuladora de memoria mediante

$$\left\{ \begin{array}{l} F^{t+\Delta t}(U, N) = F^t(U, N) + \max \left\{ 2\Delta t \left[P_G^t(U, N) - P_R^t(N) \right] P_L^t(U, N) \frac{S_R^0(N)}{S_R^t(N)}, -F^t(U, N) \right\} \\ F(U, N) = natal(N) \quad \forall U \leq m(N) \quad \text{cuando } \gamma \geq 1 \quad (\text{inicialización}) \end{array} \right.$$

2.3.10. Sistema Ecológico

Con la ecología deseamos representar la degradación del entorno como consecuencia del consumo en satisfacción y de la represión. También tiene asociada una disminución en la posibilidad de consumo, tanto en satisfacción como en represión, para poder recuperar el entorno mediante el reciclaje.

Representaremos la ecología mediante una variable global E no negativa, la cual partirá de un valor inicial máximo E_0 suficientemente elevado como para que sea posible mantener durante toda la evolución un consumo en satisfacción o un consumo en represión tan alto como sean capaces de tener la totalidad de los sistemas activos. Incluso las sumas de estos consumos pueden llegar al nivel máximo simultáneamente, pero no podrán permanecer así por la degradación que sufriría el entorno. Esta variable puede llegar al valor cero, situación que denominaremos hecatombe ecológica y que determina el fin de la evolución. Un valor que permite esta situación corresponde a $E_0 = 2 \cdot NP$

Como el consumo en satisfacción y el consumo en represión contribuyen a la disminución de los recursos, es decir de la ecología, es necesario definir y caracterizar los procesos mediante los cuales sea posible también el aumento de esta variable, siempre entre sus valores extremos 0 y E_0 . Estos procesos son la reutilización y el reciclaje.

Diferenciamos la reutilización del reciclaje en que la primera no conlleva un coste que sí caracteriza al segundo. Este coste ocasiona una disminución en el consumo en satisfacción, en represión o en ambos.

Denominaremos a la reutilización y al reciclaje por r y ρ respectivamente. Las expresiones de los consumos en satisfacción y en represión y del coste del reciclaje serán respectivamente

$$\begin{cases} K_1^t = \frac{E^t}{E_0} \sum_{U,N} (\pi^t(U) - \rho^t(U, N)) P^t(U, N) \\ K_1^o = 0 \\ K_2^{t+\Delta t} = \frac{E^t}{E_0} \sum_{U,N} sts^t(U, N) P^t(U, N) \\ K_2^o = 0 \\ K_3^{t+\Delta t} = \sum_{U,N} \rho^t(U, N) P^t(U, N) \\ K_3^o = 0 \end{cases}$$

Además, como los efectos del consumo sobre la ecología son globales consideraremos que la influencia sobre el entorno se expresa de la misma forma para cualquier comportamiento social y en cualquier sistema.

Como la reutilización está asociada a los ciclos naturales, está acotada por una fracción según un factor C_l de los recursos disponibles. También consideramos que está acotada por los consumos en satisfacción y en represión y no puede ser negativa. La expresión

$$\begin{cases} r^{t+\Delta t} = \max \left\{ 0, \min \left\{ C_l E^t, E_0 - E^t + K_1^t + K_2^{t+\Delta t} \right\} \right\} \\ r^0 = 0 \end{cases}$$

nos da el valor de la reutilización.

C_l es un parámetro constante al que damos distintos valores

El reciclaje se calcula respecto a un valor ideal, el cuál corresponde a los recursos consumidos y no reutilizados y tampoco puede ser negativo. Así, expresamos el reciclaje ideal mediante

$$\begin{cases} (\rho^I)^{t+\Delta t} = \max \left\{ 0, \min \left\{ E_0, E_0 - E^t - r^{t+\Delta t} + K_1^t + K_2^{t+\Delta t} \right\} \right\} \\ (\rho^I)^0 = 0 \end{cases}$$

aplicaremos un retardo T_e dado por

$$\frac{1}{T_e(N)} = \frac{1}{\Delta t \cdot K_e} \frac{E_0 - E}{E_0} \sum_U \mu(U) (1 - \nu(U)) P(U, N)$$

K_e es un parámetro constante al que damos distintos valores

Finalmente, también consideramos que el máximo coste posible en reciclaje correspondiente

a cada componente social está acotado por sus posibilidades de consumo. Así,

$$\begin{cases} \rho^{t+\Delta t}(U, N) = \min\left\{\pi^t(U), \frac{(\rho^t)^{t+\Delta t}}{S \cdot T_e(N)}\right\} \\ \rho^0(U, N) = 0 \end{cases}$$

$$y \ E^{t+\Delta t} = E^t + r^{t+\Delta t} + K_3^{t+\Delta t} - (K_1^t + K_2^t)$$

Además, las relaciones con el entorno hacen variar la satisfacción, representada como $P_G(U, N)$, para cada comportamiento social en cada sistema, aumentando con la recuperación del entorno pero disminuyendo con el coste del reciclaje producido, según

$$P_G(U, N) = \frac{E}{E_0} \left(\pi(U) - \rho(U, N) \right) \left(1 - \sigma(U, N) \right)$$

2.3.11. Sistema de Retardo

Finalmente, un Sistema de Retardo expresa la disminución del tiempo de Adaptación de la represión $T_a(N)$ con la fuerza, el aumento del tiempo de resignación $T_r(N)$ con la ferocidad y el aumento de tiempo de reciclaje $T_e(N)$ con la fuerza y su disminución con la ferocidad, con unos parámetros K_a , K_r y K_e respectivamente.

$$\begin{aligned} T_a(N) &= \Delta t \cdot K_a \frac{\mu_{max}}{\sum_U \mu(U) P(U, N)} , \\ T_r(N) &= \Delta t \cdot K_r \left(\sum_U \nu(U) P(U, N) + 1 \right) \quad y \\ \frac{1}{T_e(N)} &= \frac{1}{\Delta t \cdot K_e} \frac{E_0 - E}{E_0} \sum_U \mu(U) \left(1 - \nu(U) \right) P(U, N) \end{aligned}$$

Recordemos que altos valores de K_a y K_r implican lenta adaptabilidad a la represión y resignación, respectivamente. Así, un Pacifismo adaptativo (desarme frente a la falta de enemigos) puede ser expresada por bajos valores de K_a . Y la Insumisión frente a la resignación puede ser expresada por altos valores de K_r .

La siguiente figura muestra gráficamente la estructura global del Modelo:

2.4. Programación

Nuestro Modelo ha sido programado en el lenguaje \mathcal{C} , y ejecutado en el ordenador *Cray-Silicon Graphics Origin 2000* con 64 procesadores (MIPS R1200 A 300 MHz), 16 GBytes

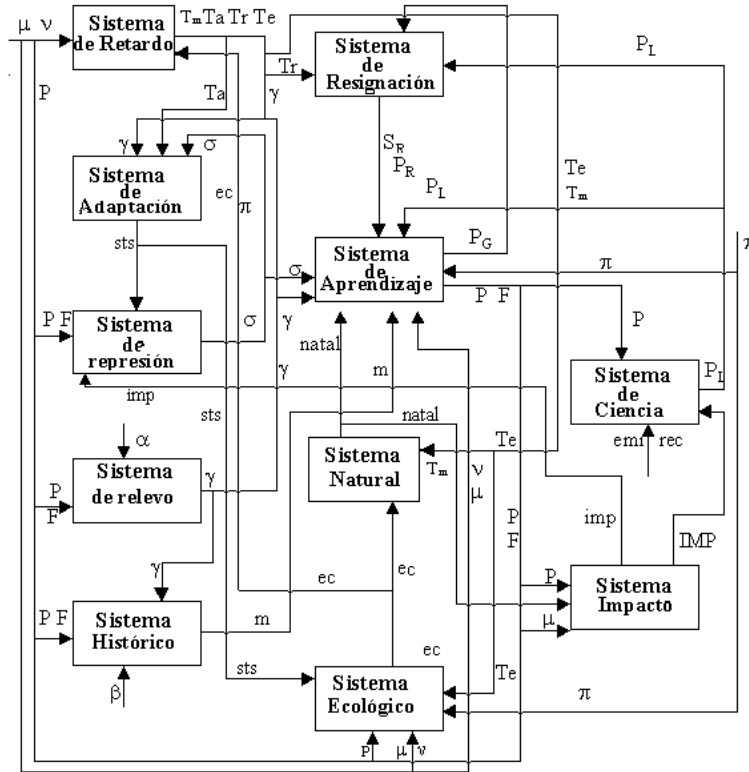


Figura 2.4: Estructura Global del Modelo

de memoria central y 390 GBytes en disco (Servicio de Informática Universitat de València). El sistema operativo que emplea es el IRIX 6.5.5, el cual es una variante del *Unix* desarrollada por *Silicon Graphics*.

2.5. Especificación del Modelo

En la práctica trabajamos con $NP = 50$ subsistemas sociales, $a_0 = 0,09$ y dimensión máxima $m_{max} = 4$. Con dicha especificación, $U = (0, 0, 0, 0)$ puede corresponder a una sociedad primitiva con poca posibilidad técnica de satisfacción, sin comunicación científica, la cual tiene ferocidad pero no fuerza, y por lo tanto no tiene capacidad represiva.

Hablamos de predominio de un estado U en el subsistema social N si su probabilidad es mayoritaria, es decir, $P(U, N) > 0,5$. Y hablamos de predominio fuerte si además su

probabilidad de satisfacción es la máxima $P_G(U, N) = \max_V P_G(V, N)$. Los valores que usamos de *tnt* y *prg* son 20000 y 10000 respectivamente.

2.6. Interpretación y Validación

Con nuestro Modelo hemos obtenido evoluciones¹⁵ con los comportamientos sociales 1 – 3 – 7 – *F* (individualistas) en la zona occidental y 0 – 2 – 6 (gregarios) en la zona oriental. Lo que refleja una representación satisfactoria de la Evolución Social Dual con la siguiente posible interpretación de los comportamientos sociales:

- dimensión $m = 0$ (inicialización): Sociedad Primitiva
- dimensión $m = 1$: Revolución Agrícola
 - $U = (0, 0, 0, 0) = 0$: Imperio Oriental
 - $U = (0, 0, 0, 1) = 1$: Esclavitud Occidental
- dimensión $m = 2$: Incremento Tecnológico
 - $U = (0, 0, 1, 0) = 2$: Feudalismo Oriental
 - $U = (0, 0, 1, 1) = 3$: Feudalismo Occidental
- dimensión $m = 3$: Revolución Industrial
 - $U = (0, 1, 1, 0) = 6$: Socialismo Real
 - $U = (0, 1, 1, 1) = 7$: Capitalismo
- dimensión $m = 4$: Revolución Tecnológica
 - $U = (1, 1, 1, 1) = F$, $U = (1, 1, 1, 0) = E$: Sociedad Científica Libre

¹⁵Véase la figura 2.6

Los otros valores de U pueden representar anomalías sociales (Fascismo, Estalinismo...). Esta posible interpretación de los resultados se representa en la figura 2.5

De los resultados obtenidos se deduce que el Modelo puede representar evoluciones que pasan por distintas fases con predominio de diversos estados globales. Hemos validado de forma cualitativa el Modelo en relación a los esquemas históricos planteados por M.Godelier. Los resultados del Modelo muestran una representación satisfactoria del planteamiento de referencia y genera muchos rasgos que buscamos a explicar.

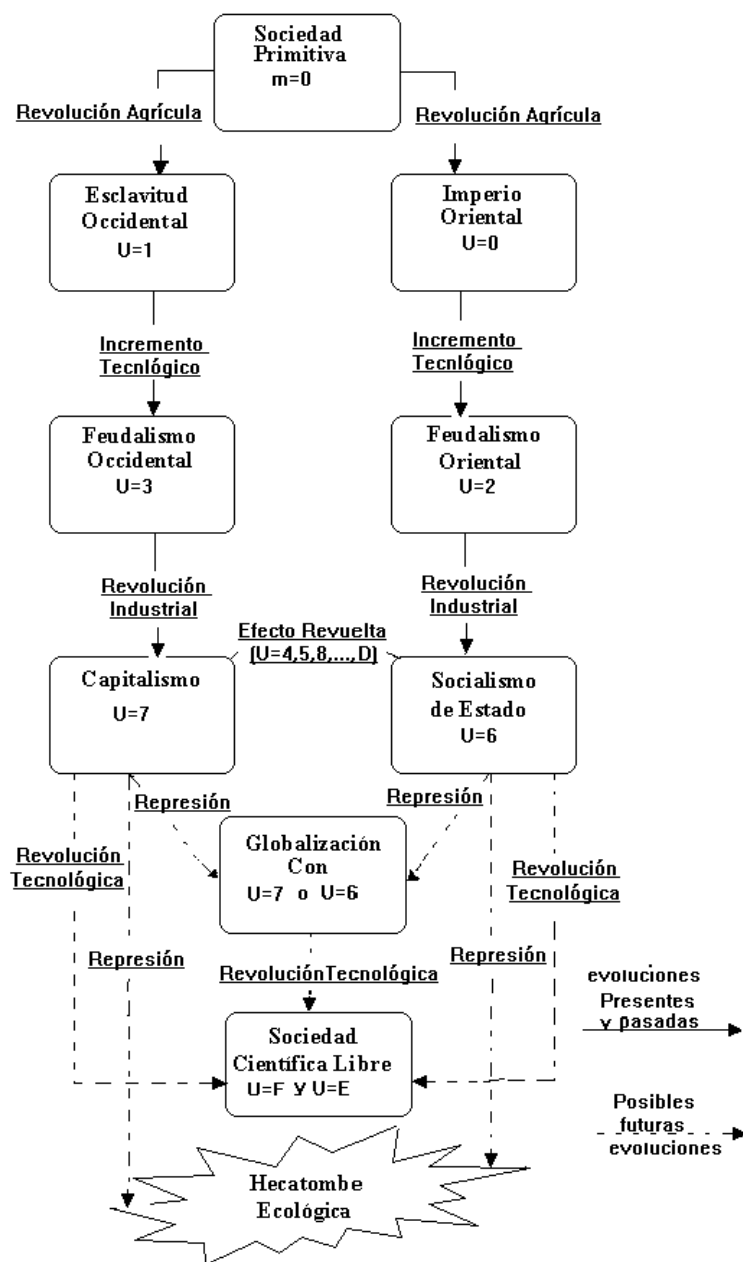


Figura 2.5: Esquema de la Evolución Dual y sus algunas posibles futuras evoluciones según el Modelo

2400 11 1111-1111-11 1 11 11 1111 1111111111 -1-111 1.00 38
 2500 1- - 111111-11111 1 11 11 11-1 1111111111 11-111 1.00 39
 2600 11 - 111111-11111 1 11 1- 1111 11111-11- 11-111 1.00 39
 2700 11 - 111-1111111- 1 11 11 1111 11111111- 11--11 1.00 39
 2800 11 - 1111111111111 1 11 1- 1111 1111-1111 11--11 1.00 39
 2900 11 - 111111111111- 1 11 11 1111- 1111111111 11--11 1.00 41
 3000 1- - -11111111111- 1 11 11 11111 -11111111 1---11 1.00 41
 3100 11 - -11111111111- 1 11 11 11111 111111111 1---11 1.00 41
 3200 11 ---11-1111111111 1-11-11 11111 11-1111-1 11--11 1.00 44
 3300 11 3--111111111111 1111111 11111 1-11111-1 11--11 1.00 44
 3400 11 3-31-1111111111 1111-11 111-- 1111111-1 11---1 1.00 44
 3500 11 3--1-1111111111 1111-11- 11-11 11111-1-1 ----31 1.00 45
 3600 1- 33--31111111111 111111-1 11111 1-1-111-1 ----31 1.00 45
 3700 -3 33-3311111-11-1 11111111 -1111 1-1--1--- ----3- 1.00 45
 3800 -3 3-3333111111111 111-1111 -1111 1-1----- --2-3- 1.00 45
 3900 -3 3--33311111111 11111111 11111 111----- --2-3- 1.00 45
 4000 -3 3--3-33-1111-11 111-1111 1-111 1-1----- --223- 1.00 45
 4100 -3 3333--311111111 111111-1 11111 1-----223- 1.00 46
 4200 -3 3333--3--111111 11-11111 11111 1-----2233 1.00 46
 4300 -- 3333--333111111 11111-11 1111- 1-----22233 1.00 46
 4400 -- --33--3331111-1 11111-11 1-111 -----22233 1.00 46
 4500 -- --3--3-33-11111 11111-11 1111- -----222-- 1.00 46
 4600 -- --3----33331111 11111-11 1-1-- -----7---2222- 1.00 46
 4700 -- ----7--3333-311 11111-11 1-1-- ---6---7---222-- 1.00 46
 4800 -- ----7-7-3-3---1 11111-11 1---- ---6---6--222-- 1.00 46
 4900 -- ---77-7-----1 -1111--- 1---- ---66-66---22--- 1.00 46
 5000 -- ----7-7-----7- -1111--1 1---- ---66-66---22--- 1.00 46
 5100 -- ----777-----77 7-111--1 ----- --66-666-6222--- 1.00 46
 5200 -7 -7--777-----777 77-1---- ----- -666-666-6222--- 1.00 46
 5300 -7 -777777---7-7-7-7777---- ----- 6--6-666-6222 -- 0.99 46
 5400 -7 77777777-77---7-7777---- --666 6--6-66666222 -7 0.95 46
 5500 -7 77777777-777--7-77777-7- -6666 6--6--6666222 -7 0.87 46
 5600 -7 77777777-7777777777777- -6666 6-66--6666222 -7 0.77 46
 5700 -7 7--77777-77-7777--77777- -6666 666---6666222 -7 0.65 46
 5800 -7 7--77777--7-7777--77777- -6666 666-6-6666-22 -7 0.54 46
 5900 -7 - 77777 7 F-77 777777--6-66 6-6- -6-66-22 -7 0.44 39

6000	-7	-	777777	7	77	77777-7-66-66	6-6	6-66	22	-7	0.41	34			
6100	-7		777777		77	-777---6-	66	6	6-66	22	7	0.41	28		
6200	-7		777777		-7	-777	-6-	66	6	6	66	22	-	0.46	25
6300	F7		77-77			-77	-6	66	6	6	6	22	-	0.57	20
6400	7		77-77			-77	6	66	6	6	6	-2		0.73	18
6500	7		-7 77			77	6	66	6	6	6	-2		0.96	15
6600	7		-7 77			-7	-	66	6	6	6	72		1.00	15
6700	7		77 77			-7	-	66	6	6	6	72		1.00	15
6800	7		77 77			-7	-	66	6	6	6	72		1.00	15
6900	7		77 77			-7	-	66	6	6	6	72		1.00	15
7000	7		77 77			-7	-	66-6	-	-	6	72		1.00	17
7100	7		77 77			-7	-	66-6	-	-	6-72			1.00	18
7200	7		77 77		-	-7	-	66-6	-	-	6-72			1.00	19
7300	7		77 77		-	77	-	66-6	-	-	6-72			1.00	19
7400	7		77 77		-	77	-	66-6	-	-	6--2			1.00	19
7500	7		77 77		7	77	-	66-6	-	-	67-2			1.00	19
7600	7		77 77		7	77	7	6-66	-	-	6772			1.00	19
7700	-		7- 77		7	77	7	6-66	-	-	-772			1.00	19
7800	--		7- 77		7	77	7	6-66	-	-	-772			1.00	20
7900	7-		-7 77		7	7-	7	6-66	-	-	-77-			1.00	20
8000	7-		-7 7-		7	7-	7	6--6	-	-	-77-			1.00	20
8100	7-		77 7-		7	7-	7	6--6	-	-	-77-			1.00	20
8200	7-		77 77		7	--	7	6--6	-	-	-77-			1.00	20
8300	7-		77 77		7	--	7	6---	-	-	7777			1.00	20
8400	7-		77 77		7	--	7	6---	-	7	7777			1.00	20
8500	7-		77 77		7	-7	7	----	-	7	7777			1.00	20
8600	7-		77 77		7	-7	-	----	-	7	7777			1.00	20
8700	7-		77 77		7	-7	-	----	-	7	7777			1.00	20
8800	7-		77 77		7	77	-	----	-	7	77-7			1.00	20
8900	77		77 77		7	77	-	----	-	7	77-7			1.00	20
9000	77		77 77		7	77	-	----	-	7	7--7			1.00	20
9100	77		77 77		7	77	-	---7	-	7	7-77			1.00	20
9200	77		77 77		7	77	-	---7	-	7	7-77			1.00	20
9300	77		77 77		7	77	-	---7	-	7	7-77			1.00	20
9400	77		77 -7		7	77	-	---7	-	7	7-77			1.00	20
9500	77		77 -7		7	77	-	---7	-	7	7-77			1.00	20

9600	77	77	77	7	77	-	---	7	7	7-77	1.00	20	
9700	77	77	77	7	77	-	---	7	-	7-7777	1.00	21	
9800	-7	77	77	7	77	-	---	7	-	7-7777	1.00	21	
9900	-7	77	77	7	77	-	---	7	-	7-777-	1.00	21	
10000	77	77	77	7	77	-	---	7	-	7-777-	1.00	21	
10100	7-	77	77	7	77	-	---	7	-	7-777-	1.00	21	
10200	7-	77	77	-	77	-	---	7	-	7-7777	1.00	21	
10300	7-	77	77	-	77	-	---	7	-	7-7777	1.00	21	
10400	7-	77	77	-	77	-	---	7	-	7-7777	1.00	21	
10500	7-	-7	77	-	77	-	---	7	-	7-7777	1.00	21	
10600	7-	-7	77	-	--	-	---	7	-	7-7777	1.00	21	
10700	7-	-7	77	-	--	-	----	-	7-	7-7777	1.00	21	
10800	7-	77	77	-	--	-	----	-	7-	7-7777	1.00	21	
10900	7-	77	77	-	--	-	----	-	7-	7-7777	1.00	21	
11000	7-	77	77	-	--	-	----	-	7-	7-7777	1.00	21	
11100	7-	77	77	-	--	-	----	-	7-	7-7777	1.00	21	
11200	7-	77	77	-	--	-	----	-	7-	7-7777	1.00	21	
11300	7-	77	77	-	--	-	----	--	7-	7-777-	1.00	22	
11400	7-	77	77	-	--	-	----	--	7-	7-777-	1.00	23	
11500	7-	77	77	-	--	-	----	--	7-	7-777-	1.00	23	
11600	7-	77	77	-	--	-	----	--	7-	7-777-	1.00	23	
11700	7-	-7	77	-	--	-	----	--	7-	7-77--	1.00	23	
11800	7-	-7	77	-	--	-	----	--	7-	7-77--	1.00	23	
11900	7-	-7	77	-	--	-	----	--	7-	--7--	1.00	23	
12000	7-	-7	77	-	--	-	----	--	--	--7--	1.00	23	
12100	7-	-7	77	-	--	-	----	--	--	--7--	1.00	23	
12200	7-	-7	77	-	--	-	----	--	--	--7--	1.00	23	
12300	7-	-7	77	-	--	F	----	--	--	--7--	1.00	23	
12400	7-	-7	77	-	F-	F	----	--	--	--7--	1.00	23	
12500	7-	--	77	-	F-	-	F	----	--	--	----	1.00	24
12600	--	--	77	-	FF	-	F	F----	--	--	----	1.00	24
12700	--	--	-7	-	FF	-	F	FF--	--	--	----	1.00	24
12800	--	--	-7	-	FF	-	F	FF--	--	--	----	1.00	24
12900	--	--	-7	-	FF	-	F	FF-F	--	F-	F----	1.00	24
13000	--	--	-7	F	FF	F	F	FF-F	--	F-	F----	1.00	24
13100	--	-F	-7	F	FF	F	F	FF-F	F-	F-	F----	1.00	24

13200	F-	-F -7	-	FF F F	FF-F FF	FF F----	1.00	24
13300	F-	-F -7	-	FF F F	FF-F FF	FF F----	1.00	24
13400	F-	-F F7	-	FF F F	FF-F FF	FF F-FF-	1.00	24
13500	F-	-F F7	F	FF F F	FF-- FF	FF F-FF-	1.00	24
13600	F-	-F F7	F	FF F F	FF-- FF	F- FFFF-	1.00	24
13700	F-	-F F-	F	FF F F	FF-- FF	F- FFFF-	1.00	24
13800	F-	FF F-	F	FF F F	FF-F FF	F- FFFF-	1.00	24
13900	F-	FF FF	F	FF F F	FF-F -F	F- FFFF-	1.00	24
14000	F-	FF FF	F	FF F F	FF-F -F	FF FFFF-	1.00	24
14100	F-	FF FF	F	FF F F	FF-F -F	FF -FFF-	1.00	24
14200	F-	FF FF	F	FF F F	F--F -F	FF -FFF-	1.00	24
14300	F-	FF FF	F	FF F F	F--F -F	-F -FFF-	1.00	24
14400	F-	FF FF	F	FF F F	FFFF FF	-F FFFFF	1.00	24
14500	F-	FF FF	F	FF F F	FFFF FF	FF FFFF-	1.00	24
14600	FF	FF FF	F	FF F -	FFFF FF	FF FFFF-	1.00	24
14700	FF	FF FF	F	FF F -	FFFF FF	FF FFFF-	1.00	24
14800	FF	FF FF	F	FF F F	FFFF FF	FF FFF--	1.00	24

Figura 2.6: Un ejemplo de una evolución dual del Modelo. El espacio en blanco indica la muerte del subsistema, - indica un estado intermedio ($P(U, N) < 0,5$ para todo U), y los hexadecimales indican los estados predominantes.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Caselles A, (1998) Regint: A Tool for Discovery by Complex Function Fitting.(ed.) Cybernetics and Systems'98. Austrian Society for Cybernetic Studies. Vienna, pp 787-792.
- [2] Castellar-Busó V and Pla-López R (1997) “Un modelo de desarrollo sostenible opuesto a la hecatombe ecológica” in 14th International Conference of WACRA-Europe on Sustainable Development, Madrid. Published in Revista Iberoamericana de Autogestión y Acción Comunal, 32, pp 151-162.
- [3] Engels F, (1884) Der Ursprung aus der Familie, der Privateigentum und der Staat. Zurich (translated to Spanish as “El Origen de la Familia, la Propiedad Privada y el Estado”, Fundamentos, Madrid, 1970).
- [4] Godelier M, (1970) Schéms d' evolution des sociétés. (translated to Spanish as “Esquemas de evolución de las sociedades”, Miguel Castellote Editor, aprox. in 1970).
- [5] Nemiche M and Pla-López R (2000) A Model of Dual Evolution of the Humanity. in 2nd International Conference on Sociocybernetics, Panticosa, 25-30 juny (2000).
- [6] Nemiche M and Pla-López R (2002) A Learning Model for the Dual Evolution of the Human Social Behaviours. 12th International WOSC Congress And The 4th IIGSS Workshop, Pittsburgh, Pennsylvania, USA, 24-26 marzo 2002 (artículo premiado) Kybernetes: The International Journal of Systems and Cybernetics (in press).
- [7] Pla-López R, (1988) Introduction to a Learning General Theory. in Cybernetics and Systems: An International Journal, 19, 411-429, Hemisphere Publishing Corporation, The Austrian Society for Cybernetic Studies, 1988.

- [8] Pla-López R, (1989) Models of Historical Evolution: alternating ends. Congrès Européen de Syst mique, Lausanne.
- [9] Pla-López R, (1990) Models of Multidimensional Historical Evolution. in R.Trappl ed., Cybernetics and Systems'90, World Scientific, Singapore, 575-582.
- [10] Pla-López R, (1992) Model of Adaptive, Historical and Multidimensional Social Learning. in R.Trappl ed., Cybernetics and Systems Research'92, World Scientific, Singapore, 1005- 1012.
- [11] Pla-López R, (1993) The Role of Subjective Factor in Social Evolution. in Second European Congress on Systems Science, Prague.
- [12] Pla-López R, and V.Castellar-Bus  (1994) Model of Historical-Geographical Evolution. in R.Trappl ed., Cybernetic and Systems'94, World Scientific, Singapore, vol. 1, 1049-1056.
- [13] Pla-López R, (1996a) Cuánto puede perdurar una revuelta?. in 1 Reunión Española de Ciencias de Sistemas, València. Published in Revista Internacional de Sistemas, vol.8, Nro.1-3, 1996, pp 59-73.
- [14] Pla-López R, (1996b). Social and Ecological Consequences of Adaptive Pacifism and Unsubmission. in 3rd.European Congress of Systems (CES3), Roma.
- [15] Pla-López R, and V.Castellar-Bus  (1999) Models of Dual Social Evolution. In 4 me Systems Science European Congress, València.
- [16] Jared Diamond (1997) Armas, G rmenes y Acero. I.S.B.N.:84-8306-114-7.
- [17] Castellar-Bus  V (1998), un model sistèmic d' evolució social sostenible. Tesis Doctoral. Universidad de valència.

- [18] Ricard Solé V, and C. Susanna Maurubia (1993), Orden y Caos en Sistemas Complejos. Universitat Politècnica de Catalunya.
- [19] Rosaria Conte and Mario Paolucci (2001), Intelligent Social Learning. Journal of Artificial Societies and Social Simulation vol. 4, no. 1.
- [20] Nigel Gilbert and Klaus Troitzsch G. (1998), Simulation for the Social Scientist. ISBN 0 335 19744 2 by Open University Press.

Capítulo 3

INFLUENCIA DE LAS CONDICIONES INICIALES EN LA EVOLUCIÓN DUAL

Una vez pensamos que nuestro modelo parece estar validado, es necesario realizar un análisis de sensibilidad para generar distribuciones de resultados variando los parámetros iniciales. En este capítulo exploraremos de forma cualitativa y cuantitativa, mediante técnicas de estimaciones, las clases de evoluciones duales del modelo presentado en el capítulo anterior.

Recordemos que un estado U predomina en un subsistema social N cuando su probabilidad es mayoritaria, es decir, $P(U, N) > 0,5$. Y hablamos de predominio fuerte si además su probabilidad de satisfacción es la máxima, $P_G(U, N) = \max_V P_G(V, N)$. Llamamos hecatombe ecológica a la terminación de la evolución causada por la imposibilidad de continuar consumiendo recursos cuando $E = 0$.

3.1. Clasificación Cualitativa

Hemos clasificado las evoluciones duales del modelo en dos grandes categorías:

Categoría 1. Queremos estudiar las evoluciones que muestran una dualidad completa, donde aparece el predominio del comportamiento social $(0, 0, 1, 0)$ y el predominio fuerte de $(0, 1, 1, 0)$ en la zona oriental y predominio del comportamiento social $(0, 0, 1, 1)$ y el predominio fuerte de $(0, 1, 1, 1)$ en la zona Occidental. Las clases de evoluciones que podemos encontrar dentro de esta categoría son:

- **Fase I.1:** aparece el estado $(0, 0, 1, 0)$ (feudalismo oriental) en la zona oriental y el estado $(0, 0, 1, 1)$ (feudalismo occidental) en la zona occidental.
- **Fase II.1:** cuando se supera el estado $(0, 0, 1, 0)$ con el predominio fuerte de $(0, 1, 1, 0)$

(socialismo real) en la zona oriental y el estado $(0, 0, 1, 1)$ con el predominio fuerte del estado $(0, 1, 1, 1)$ (capitalismo) en la zona occidental.

- **Clase I.1:** la evolución se termina con hecatombe ecológica durante el dominio fuerte del $(0, 1, 1, 0)$ y $(0, 1, 1, 1)$
- **Clase II.1:** aparece una globalización con el estado $(0, 1, 1, 1)$ (capitalismo) sin superarlo ni llegar a la hecatombe ecológica
- **Clase III.1:** se supera la globalización capitalista o la dualidad con una sociedad científica libre $(1, 1, 1, 1)$.

Con los parámetros utilizados no se han encontrado evoluciones que terminen con la hecatombe ecológica durante la globalización capitalista, ni evoluciones que se globalicen con el socialismo real¹ En la figura siguiente están representadas las transiciones correspondientes

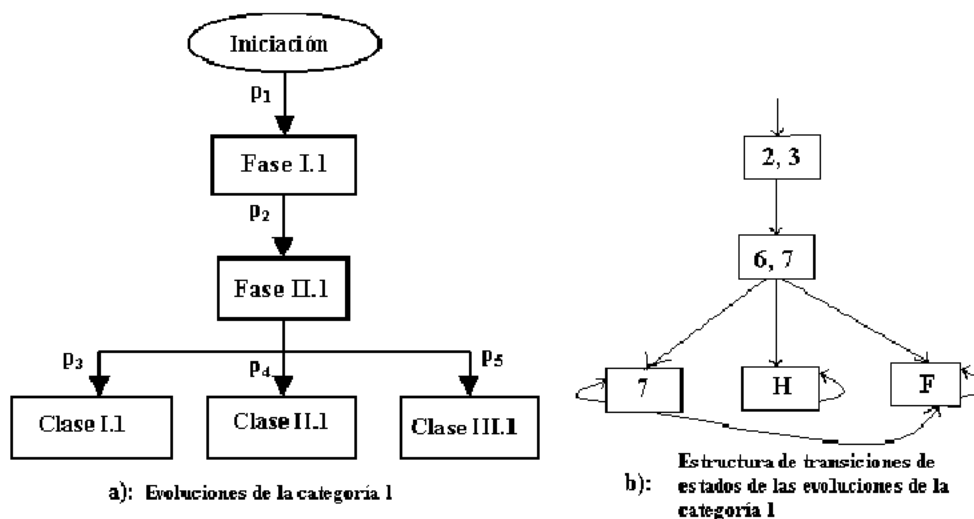


Figura 3.1: Evoluciones de la categoría 1 y su estructura de transiciones de estados

¹Lenta adaptación del *natal* al natal ideal *ntl* permitirían simular evoluciones duales que se globalizan con el socialismo real lo que no es realista en la evolución real de humanidad en el planeta tierra.

Categoría 2. Llamamos evolución dual simple cuando aparece el estado $(0, 1, 1, 0)$ (socialismo real) en la zona oriental y el estado $(0, 1, 1, 1)$ (capitalismo) en la zona occidental con dominio fuerte de solamente uno de ellos. Las clases de evoluciones que podemos encontrar dentro de esta categoría son:

- **Fase I.2:** aparece una dualidad simple con el estado $(0, 1, 1, 0)$ en la zona oriental y el estado $(0, 1, 1, 1)$ en la zona occidental.
- **Clase I.2:** después de la dualidad simple se globaliza el sistema con el estado $(0, 1, 1, 1)$.
 - **Subclase I.a.2:** no se supera la globalización del estado $(0, 1, 1, 1)$ con otra globalización científica libre.
 - **Subclase I.b.2:** se supera la globalización del estado $(0, 1, 1, 1)$ con otra globalización científica libre $(1, 1, 1, 1)$.
 - **Subclase I.c.2:** la evolución se termina con hecatombe ecológica durante la globalización con el estado $(0, 1, 1, 1)$.
- **Clase II.2:** la evolución se termina con hecatombe ecológico durante el predominio del $(0, 1, 1, 0)$ y $(0, 1, 1, 1)$.
- **Clase III.2:** después de una dualidad simple con los estados $(0, 1, 1, 0)$ y $(0, 1, 1, 1)$ con el dominio fuerte del estado $(0, 1, 1, 0)$ en más subsistemas sociales, llega una globalización científica libre $(1, 1, 1, 1)$.

En la figura siguiente están representadas las transiciones correspondientes

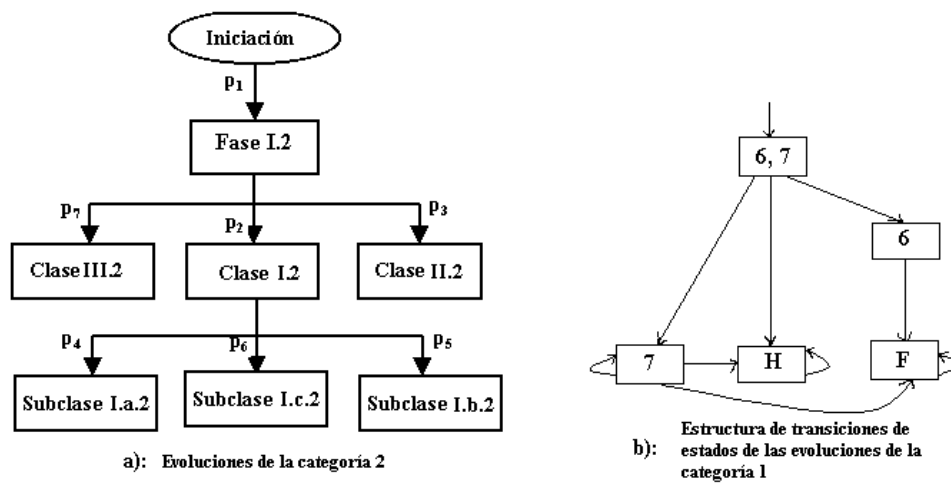


Figura 3.2: Evoluciones de la categoría 2 y su estructura de transiciones de estados

3.2. Reducción de los Parámetros de Control

Recordemos que $K_a = 1$, $K_r = 1$ y $K_m = 1$ implican la ausencia de retardo en la adaptación de la represión, la resignación y el *natal* respectivamente. Y $K_e = 1$ significa una concienciación instantánea frente a la degradación ecológica. Por otro lado, $K_a = 100$, $K_r = 100$ y $K_m = 100$ implican unos retardos en la adaptación de la represión, de la resignación y de natal de un orden similar a la longitud del intervalo temporal en el que estudiamos las evoluciones. Además, con $K_e > 10$ obtenemos cantidades máximas de reciclaje de orden de 10^{-2} unidades, es decir similar a la precisión aceptada por la variable ecológica. Los parámetros C_l y C_e son porcentajes. De acuerdo con ellos tomaremos los parámetros de control en el conjunto

$$(K_a, K_r, K_e, K_m, C_l, C_e) \in \{1, 2, \dots, 100\}^2 \times \{1, 2, \dots, 10\} \times \{1, 2, \dots, 100\}^3$$

Queremos simular evoluciones con rápida adaptación del *natal* al natal ideal (*ntl*) en caso de degradación ecológica, lo que provoca un aprendizaje más rápido en subsistemas sociales jóvenes nacidos en situación de crisis ecológica como una reacción para la supervivencia. Para ello, en este trabajo hemos fijado K_m en 4

Con valores de C_e superiores a 10 es imposible la superación de la globalización capitali-

sta con una “sociedad científica libre” debido al decrecimiento del valor de $\pi(F)$ muy por debajo de $\pi(7)$, así trabajamos con $C_e \in \{1, 2, \dots, 10\}$.

Hemos ejecutado nuestro modelo 2160 veces con

$$(K_a, K_r, K_e, K_m, C_l, C_e) \in \{10, 20, 30, 40\}^2 \times \{2, 4, 6\} \times \{4\} \times \{30, 40, 50, 60, 70\} \times \{1, 2, \dots, 9\}$$

En las tres siguientes tablas damos las frecuencias de aparición de las clases de evoluciones II.1, I.a.2, I.b.2, III.1, I.1 y II.2 para distintas combinaciones de C_l y C_e .

		C_l				
		30	40	50	60	70
C_e	1	0	0	0	0	0
	2	0	0	1	0	0
	3	0	0	1	0	0
	4	2	1	7	5	3
	5	1	7	13	11	7
	6	0	5	12	14	9
	7	1	2	10	11	7
	8	1	3	8	13	8
	9	0	2	6	15	9

Tabla.3.1: Frecuencias de aparición de la clase unión de evoluciones II.1 ó I.a.2 (aparece la globalización capitalista sin superarse ni llegar a la hecatombe ecológica)

Como vemos en la tabla.3.1, las frecuencias de las clases de evoluciones II.1 ó I.a.2 son comparativamente raras cuando $C_e < 4$ (Se halla casi ausencia de estas clases). Así, para que el modelo pueda simular las evoluciones en las que se perpetúa la globalización capitalista, tal como sostiene una parte significativa de los actuales teóricos sociales es necesario trabajar con valores de C_e superiores o iguales a 4

$$C_e \geq 4 \tag{3.2.1}$$

		C_t				
		30	40	50	60	70
C_e	1	0	5	6	3	1
	2	1	5	1	10	1
	3	2	5	4	7	0
	4	0	1	4	6	1
	5	1	0	0	0	0
	6	0	0	0	0	0
	7	0	0	0	0	0
	8	0	0	2	0	0
	9	0	0	0	0	0

Tabla.3.2 Frecuencias de aparición de la clase unión de evoluciones I.b.2 ó III.1 (se supera la globalización capitalista con una sociedad científica libre)

Hallamos casi ausencia de las clases de I.b.2 ó III.1 cuando $C_e > 4$. Con el fin que el modelo pueda simular también la superación del sistema capitalista por una sociedad científica libre tal como propugnarían otros teóricos sociales que al considerarlo injusto y desigual cuestionan su perdurabilidad es preciso trabajar con valores de C_e inferiores o iguales a 4

$$C_e \leq 4 \quad (3.2.2)$$

Vemos de las relaciones (3.2.1) y (3.2.2), que $C_e = 4$ es el único valor que permite simular esas distintas clases de evoluciones.

		C_l				
		30	40	50	60	70
C_e	1	0	3	0	0	0
	2	2	1	1	0	0
	3	1	3	1	0	0
	4	3	4	2	0	0
	5	2	2	2	1	0
	6	4	8	6	3	0
	7	5	7	7	0	0
	8	5	6	8	5	0
	9	4	8	10	5	0

Tabla.3.3: Frecuencias de aparición de las clases de evoluciones I.1 ó II.2 (la evolución se termina con la hecatombe ecológica durante el dominio del (0,1,1,1)y (0,1,1,0))

La revolución industrial, iniciada a mediados del siglo XVIII, supone la aparición de los comportamientos sociales (0, 1, 1, 0) y (0, 1, 1, 1) en varios subsistemas sociales. El mantenimiento de estos comportamientos sociales ha llevado a la existencia de una degradación ecológica $\frac{E}{E_0} < 1$, hasta un punto que buena parte de los ecólogos consideran que supone una amenaza de hecatombe ecológica.

Con $C_e = 4$ observamos que, cuando $C_l \geq 60$ ninguna evolución termina con hecatombe ecológico. Así, un valor realista de C_l debería ser inferior a 60. Además valores superiores a 50 permiten simular evoluciones duales sostenibles. En la practica hemos trabajado con $C_e = 52$ que posibilita tanto la hecatombe como la recuperación ecológica.

3.3. Clasificación Cuantitativa

En esta sección, una vez fijados los valores de C_e y C_l , estudiaremos la influencia de los parámetros K_a , K_r y K_e en la conducta global del modelo. Un instrumento estadístico que resulta adecuado para los modelos probabilísticos es la regresión, con el cual conseguimos las distribuciones de probabilidades de K_a , K_r y K_e asociadas a cada clase de evolución.

Después de considerar una familia amplia de transformaciones lineales, cuadráticas, inversas, logarítmicas, exponenciales, trigonométricas, hemos buscado el mejor ajuste, median-

te el programa “REGINT”, de las distintas distribuciones de probabilidades en las dos categorías.

3.3.1. Estudio Cuantitativo de la Categoría 1

Hemos ejecutado nuestro modelo 3125 veces con

$$(K_a, K_r, K_e, K_m, C_e, C_l) \in \{1, 5, \dots, 97\}^2 \times \{1, 3, \dots, 9\} \times \{4\} \times \{4\} \times \{52\}$$

Llamaremos

p_1 a la probabilidad de la aparición de la Fase I.1

p_2 a la probabilidad de la aparición de la Fase II.1

p_3 a la probabilidad de la aparición de la Clase I.1

p_4 a la probabilidad de la aparición de la Clase II.1

p_5 a la probabilidad de la aparición de la Clase III.1

Con los resultados hemos estimado las distribuciones de probabilidades correspondientes a que aparezca cada fase y clase de la categoría 1 en función de K_a , K_r y K_e de forma independiente.

Ahora evaluamos las distintas evoluciones en función de K_a ,

$$p_1 = 0,686891 - \frac{0,420046}{K_a} + 0,017904 \log(K_a)$$

con el coeficiente de correlación $R_1 = 0,828205$

$$p_2 = -0,056168 - 0,000041K_a^2 + 0,000009 \exp(0,1K_a) + 0,051254\sqrt{K_a}$$

con el coeficiente de correlación $R_2 = 0,8286643$

$$p_3 = 0,015199 + 0,000003 \exp(-0,1K_a) - 0,015602 \cos(0,0625K_a)$$

con el coeficiente de correlación $R_3 = 0,693814$

$$p_4 = -0,044751 - 0,000036K_a^2 + 0,000007 \exp(0,1K_a) + 0,043222\sqrt{K_a}$$

con el coeficiente de correlación $R_4 = 0,831534$

$$p_5 = 0,035582 - 0,000003K_a^2 - \frac{0,091535}{K_a} + 0,06191 \exp(-0,1K_a)$$

con el coeficiente de correlación $R_5 = 0,83663$

Observemos que existe una correlación fuerte de las evoluciones de tipo Fase I.1, Fase II.1, Clase II.1 y Clase III.1 con K_a . Para determinar el grupo de parámetros que facilitan o dificultan la aparición de las evoluciones anteriores, representamos gráficamente las distribuciones de probabilidades. Observamos que bajos valores de K_a (rápida adaptación a la

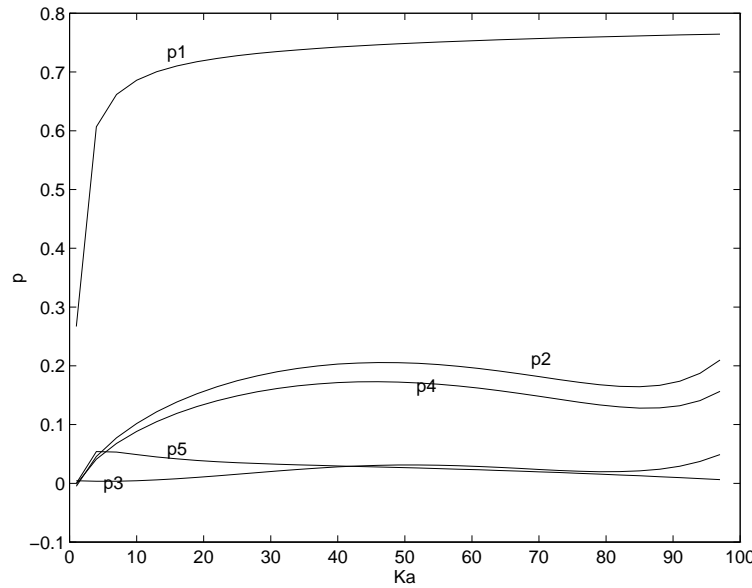


Figura 3.3: distribución de probabilidad en función de K_a

represión) facilitan la aparición de la clase III.1 (es decir, la superación de la globalización capitalista o la dualidad con una sociedad científica libre).

Nuevamente, evaluamos las distintas evoluciones en función de K_r

$$p_1 = 0,695407 + 0,000006K_r^2 - \frac{0,119897}{K_r} + 0,194476 \exp(-0,1K_r)$$

con el coeficiente de correlación $R_1 = 0,381090$

$$p_2 = 0,405072 - \frac{0,259922}{K_r} - 0,089528 \log(K_r) + 0,015044 \sqrt{K_r}$$

con el coeficiente de correlación $R_2 = 0,60239$

$$p_3 = 0,006503 + 0,147729 \exp(-0,1K_r)$$

con el coeficiente de correlación $R_3 = 0,924124$

$$p_4 = -0,090991 + 0,00009K_r^2 - 0,019123K_r - 0,000007 \exp(0,1K_r) + 0,13504\sqrt{K_r}$$

con el coeficiente de correlación $R_4 = 0,6125882$

$$p_5 = 0,038877 + 0,000015K_r^2 - 0,001066K_r - 0,000004 \exp(0,1K_r)$$

con el coeficiente de correlación $R_5 = 0,47813$

Observemos que existe una correlación fuerte entre la clase I.1 y K_r . Para determinar el grupo de parámetros que facilitan o dificultan la aparición de las clases anteriores, representamos gráficamente las distribuciones de probabilidades

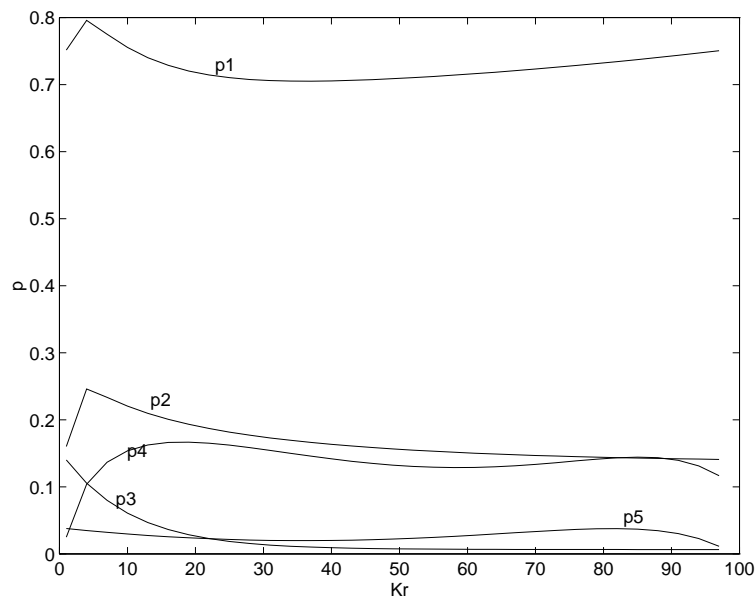


Figura 3.4: distribución de probabilidad en función de K_r

Como vemos, altos valores de K_r (lenta adaptación a la resignación) dificultan la aparición de la evolución de clase I.1 (es decir, que la dualidad se termine con hecatombe ecológica).

Por último, evaluamos las distintas evoluciones en función de K_e

$$p_1 = 4,875047 + 0,01956K_e^2 - 1,956964 \exp(0,1K_e) - 2,271176 \exp(-0,1K_e)$$

con el coeficiente de correlación $R_1 = 0,98772$

$$p_2 = 5,28796 + 0,02811K_e^2 - 2,587476 \exp(0,1K_e) - 2,555235 \exp(-0,1K_e)$$

con el coeficiente de correlación $R_2 = 0,99213$ (R_2)

$$p_3 = -0,523937 - 0,003813K_e^2 - 0,047725K_e + 0,530948 \exp(0,1K_e)$$

con el coeficiente de correlación $R_3 = 0,914072$

$$p_4 = 3,189116 + 0,015755K_e^2 - 1,513678 \exp(0,1K_e) - 1,544209 \exp(-0,1K_e)$$

con el coeficiente de correlación $R_4 = 0,75466$

$$p_5 = 0,05842 - 0,000441K_e^2 - \frac{0,052729}{K_e} + 0,017277 \cos(0,75K_e)$$

con el coeficiente de correlación $R_5 = 0,972099$

Existe así una correlación muy fuerte de las evoluciones de tipo Fase I.1, Fase II.1, Clase I.1 y Clase III.1 con K_e . Para determinar el grupo de parámetros que facilitan o dificultan la aparición de las clases anteriores, representamos ahora gráficamente las distribuciones de probabilidades

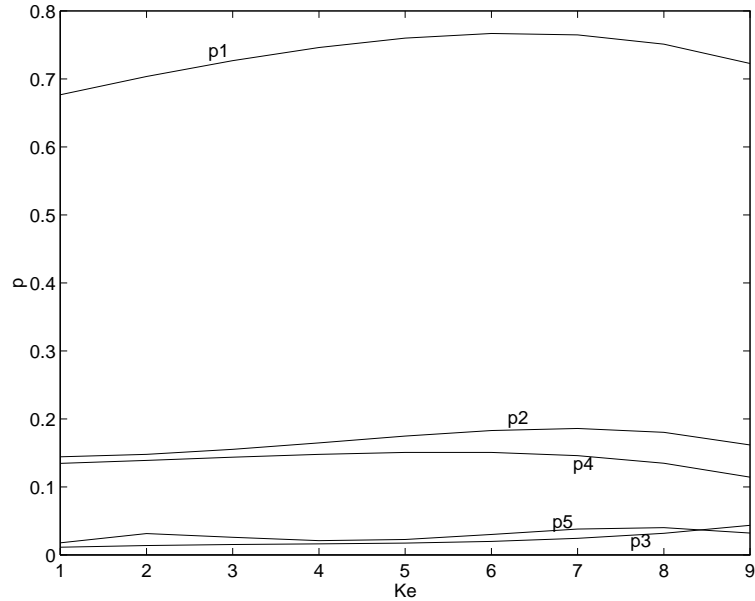


Figura 3.5: distribución de probabilidad en función de K_e

Como se puede observar en la figura 3.5, altos valores de K_e (lenta adaptación ecológica) facilitan la terminación de la dualidad completa con el hecatombe ecológico

3.3.2. Estudio Cuantitativo de la Categoría 2

Estudiamos ahora las aproximaciones de las distribuciones asociadas a cada clase de evolución (categoría 2) en función de (K_a, K_r, K_e) de forma conjunta. Por ello hemos ejecutado nuestro modelo 10890 veces con

$$(K_a, K_r, K_e, K_m, C_e, C_l) \in \{1, 4, \dots, 97\}^2 \times \{1, 2, \dots, 10\} \times \{4\} \times \{4\} \times \{52\}$$

Para cada $(K_a, K_r, K_e) \in \{1, 4, \dots, 97\}^2 \times \{1, 2, \dots, 10\} = W$ asignamos los valores $a_{K_a K_r K_e}^i = 1$ o $a_{K_a K_r K_e}^i = 0$ a la aparición o no de la clase .

Estimación de la Probabilidad a posteriori

Hemos usado el método del vecino más cercano para estimar las probabilidades a posteriori de la aparición de cada tipo de evoluciones de la categoría 2

Llamaremos

p_1 a la probabilidad de la aparición de la Fase I.2

p_2 a la probabilidad de la aparición de la Clase I.2

p_3 a la probabilidad de la aparición de la Clase II.2

p_4 a la probabilidad de la aparición de la Subclase I.a.2

p_5 a la probabilidad de la aparición de la Clase I.b.2

p_6 a la probabilidad de la aparición de la Clase I.c.2

p_7 a la probabilidad de la aparición de la Clase III.2

El método del vecino más cercano ha sido objeto de numerosos estudios en esta última década. Su criterio de aprendizaje se basa en que los miembros de una población suelen convivir rodeados de individuos similares, con propiedades parecidas. Bajo esta hipótesis toda información descriptiva (adicional o desconocida) que quiera extraerse de un individuo puede observarse en otras circunstancias cercanas, en sus vecinos más cercanos. Consecuencia directa es la aplicación de este método como técnica de estimación de la probabilidad a posteriori de la aparición de cada clase de evoluciones.

El código que hemos usado es el siguiente

Algoritmo del vecino más cercano

Inicializacion

numero de capas $\leftarrow 3$

$K_a \leftarrow 1$

Mientras ($K_a \leq 97$) **Hacer**

$K_r \leftarrow 1$

Mientras ($K_r \leq 97$) **Hacer**

$K_e \leftarrow 1$

Mientras ($K_e \leq 10$) **Hacer**

$numenador \leftarrow 0$

$denominador \leftarrow 0$

$W = W \setminus \{(K_a, K_r, K_e)\}$

$i \leftarrow -3(\text{numero de capas})$

Mientras ($i \leq 3$) **Hacer**

$j \leftarrow -3$

Mientras ($j \leq 3$) **Hacer**

$k \leftarrow -3$

Mientras ($k \leq 3$) **Hacer**

Si $W \neq \emptyset$ **Entonces**

$peso \leftarrow \max\{abs(i), abs(j), abs(k)\}$

Si ($peso=0$) **Entonces** $peso \leftarrow 1$

$numenador \leftarrow numenador + a_{K_a K_r K_e}^i / peso^2$

$denominador \leftarrow denominador + 1$

$k \leftarrow k + 1$

Fin de mientras

$j \leftarrow j + 1$

Fin de mientras

$i \leftarrow i + 1$

Fin de mientras

Si $denominador > 0$ **Entonces** $p_i \leftarrow numenador / denominador$

Sino ($p_i \leftarrow 0$)

$K_e \leftarrow K_e + 1$

Fin de mientras

$K_r \leftarrow K_r + 3$

Fin de mientras

$K_a \leftarrow K_a + 3$

Fin de mientras

Fin del algoritmo del vecino mas cercano

Como puede verse, con estas reglas este programa proporciona una estimación directa de la probabilidad a posteriori de cada una de las clases de evoluciones.

Hemos ajustado mediante “REGINT” la proporción en que aparece una dualidad simple y el resultado es

$$p_1 = 0,558857 + 0,000077K_a \cdot K_e - 0,344747 \exp(-0,1K_a) - 0,01231\sqrt{K_r}$$

con el coeficiente de correlación $R_1 = 0,918632$

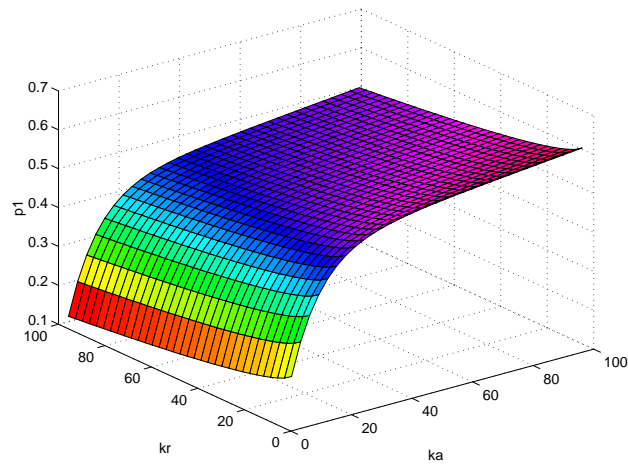


Figura 3.6: representación (K_a, K_r, p_1) con $K_e = 10$

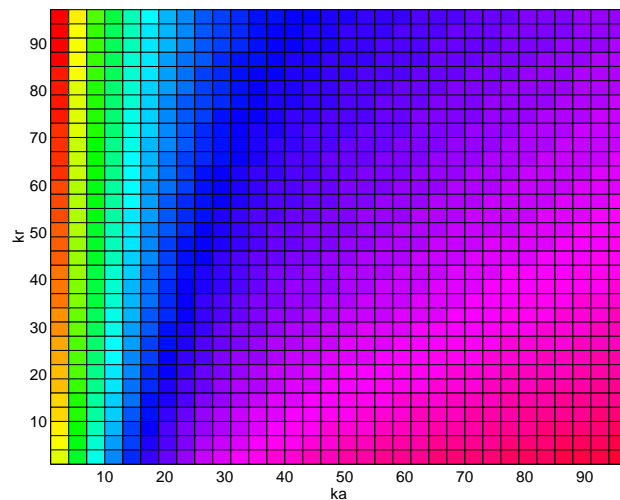


Figura 3.7: Las coordenadas de los elementos de superficie en el plano (K_a, K_r) con $K_e = 10$

Vemos que una rápida adaptación a la represión (bajos valores de K_a) dificulta la aparición

de la dualidad simple. Y una combinación de altos valores de K_e y valores de K_a superiores a 20 facilitan la aparición de la dualidad simple con una probabilidad máxima próxima a 0,6.

Es interesante estudiar en qué medida la variación de los parámetros facilita o dificulta la aparición de la globalización capitalista según el modelo. El ajuste de la probabilidad de la aparición de la globalización capitalista es

$$p_2 = 0,404803 - 0,000633K_e^2 - 0,256798 \exp(-0,1K_a) - 0,146984 \exp(-0,1K_r)$$

con el coeficiente de correlación $R_2 = 0,862242$

Una rápida adaptación a la represión o a la resignación (bajos valores de K_a o bajos valores de K_r) dificulta la aparición de la globalización capitalista.

El alto consumo en represión y satisfacción durante la dualidad simple puede llevar a la hecatombe ecológica con una probabilidad p_3

$$p_3 = 0,015827 - 0,000009K_a \cdot K_r + 0,000222K_a \cdot K_e + 0,244917 \exp(-0,1K_r)$$

con el coeficiente de correlación $R_3 = 0,924484$

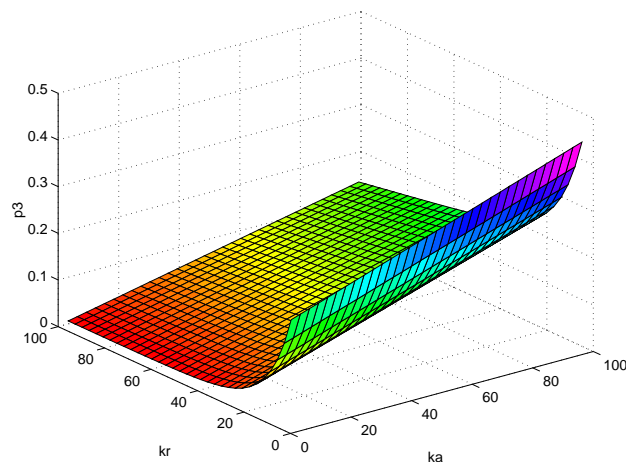


Figura 3.8: representación (K_a, K_r, p_3) con $K_e = 10$

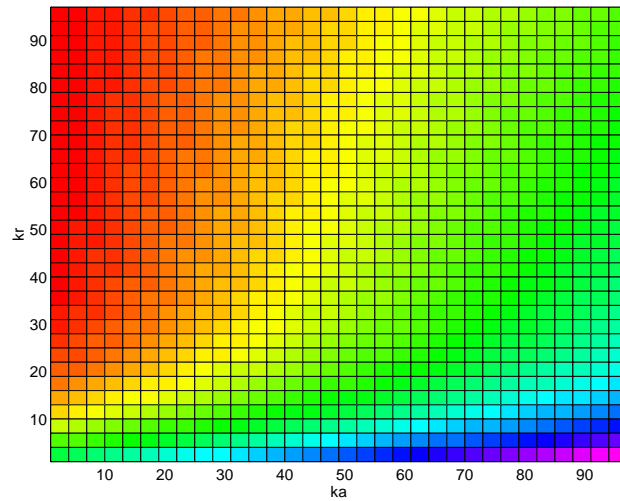


Figura 3.9: Las coordenadas de los elementos de superficie en el plano (K_a, K_r) con $K_e = 10$

Una combinación de altos valores de K_a , K_e , y bajos de K_r facilita la aparición de la hecatombe ecológica durante la dualidad simple con una probabilidad máxima próxima a 0,4.

Ahora, estudiamos la probabilidad de resistencia de la globalización capitalista frente a la hecatombe ecológica y de su superación con una sociedad científica libre

$$p_4 = 0,451163 - 0,071287 \exp(0,1K_e) - 0,280236 \exp(-0,1K_a) - 0,121324 \exp(-0,1K_r)$$

con el coeficiente de correlación $R_4 = 0,886139$

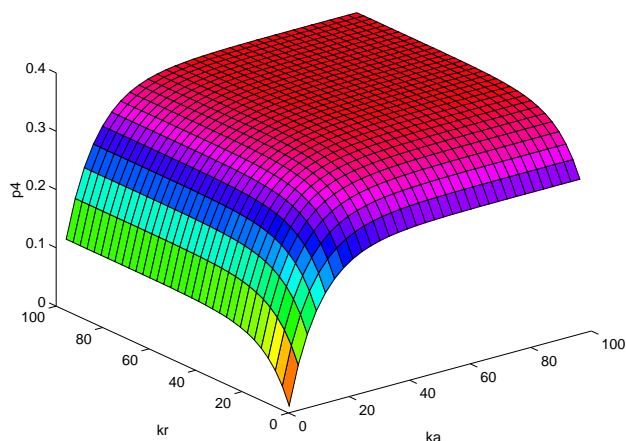


Figura 3.10: representación (K_a, K_r, p_4) con $K_e = 1$

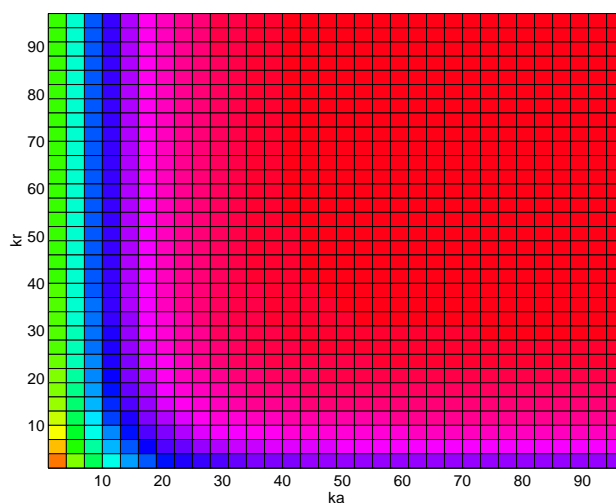


Figura 3.11: Las coordenadas de los elementos de superficie en el plano (K_a, K_r) con $K_e = 1$

Bajos valores de K_a o K_r o de K_e dificultan la resistencia de la globalización capitalista frente a la hecatombe ecológica y la superación por una sociedad científica libre.

Uno de los objetivos importantes de este capítulo es el estudio de la posibilidad de la superación de la globalización capitalista por otra globalización Científica Libre. El estudio de los pocos casos de este proceso nos dan

$$p_5 = 0,101781 + 0,000037K_a \cdot K_e - 0,00033K_a - 0,064675 \exp(-0,1K_e)$$

con el coeficiente de correlación $R_5 = 0,783303$

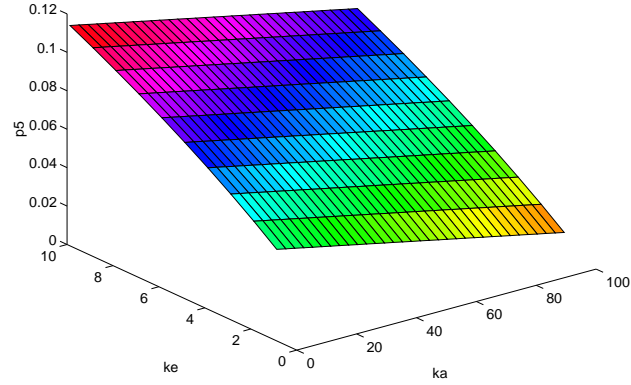


Figura 3.12: representación (K_a, K_e, p_5) con $K_r = 97$

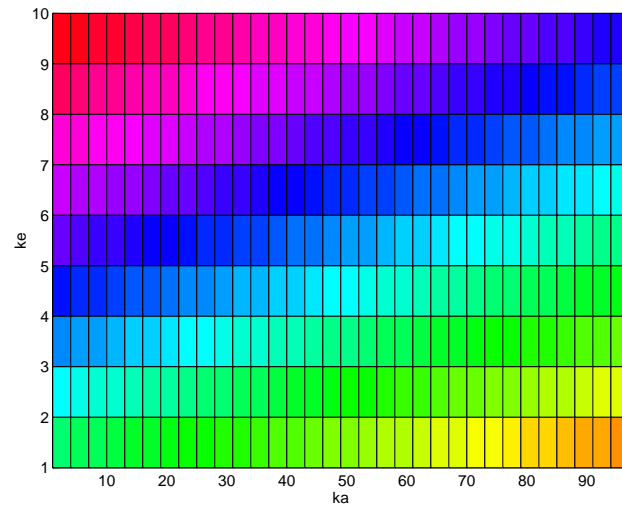


Figura 3.13: Las coordenadas de los elementos de superficie en el plano con (K_a, K_e) con $K_r = 97$

La probabilidad de la superación de la globalización con la sociedad científica libre crece cuando se aumenta K_r . Una combinación de valores altos de K_e , K_r y bajos de K_a facilita la superación de la globalización capitalista por una sociedad científica libre con una probabilidad máxima próxima a 0,12.

Algunas evoluciones terminan con la hecatombe ecológica durante la globalización capitalista con una probabilidad p_6

$$p_6 = 0,010302 - 0,000006K_a \cdot K_r + 0,000162K_a \cdot K_e + 0,185429 \exp(-0,1K_r)$$

con el coeficiente de correlación $R_6 = 0,911197$

una combinación de valores bajos de K_r y altos de K_a , K_e facilita la terminación de la globalización capitalista con hecatombe ecológica con una probabilidad máxima próxima a 0,35, una combinación de bajos valores de K_e y K_r también facilita la aparición de esta clase de evoluciones

Y por último, estudiamos la probabilidad de la aparición de la clase III.2 de evoluciones, donde aparece una globalización con una sociedad científica libre después de una dualidad con el dominio del socialismo real en más subsistemas sociales que el capitalismo

$$p_7 = 0,060272 + 0,00001K_a^2 + 0,000019K_r \cdot K_e - 0,00113K_a - 0,037455 \exp(-0,1K_a)$$

con el coeficiente de correlación $R_7 = 0,461776$

Podemos concluir que una lenta adaptación a la represión (valores altos de K_a) facilitaría la aparición de esta clase con una probabilidad máxima próxima a 0,1.

3.4. Conclusiones y Posibles Interpretaciones

Aunque en este capítulo nos hemos concentrado en las evoluciones duales del modelo, señalemos que el modelo presenta otras líneas evolutivas, algunas de las cuáles han sido ya estudiadas en trabajos anteriores de Rafael Pla López con Vicent Castellar Busó.

Las caracterizaciones cuantitativas anteriores permiten localizar los valores de los parámetros iniciales y sus posibles combinaciones que favorecen la aparición de las distintas evoluciones duales del modelo. En el caso de las evoluciones de la categoría 1 (dualidad completa) hemos encontrado:

- Bajos valores de K_a (rápida adaptación a la represión) facilitan la superación de la globalización capitalista o la dualidad con una sociedad científica libre con una probabilidad máxima inferior estrictamente a 0,1. Podemos interpretar un Pacifismo

adaptativo (desarme frente a la falta de enemigos) por bajos valores de K_a . Así, una situación de Pacifismo adaptativo facilitaría la superación de la globalización capitalista con una sociedad científica libre.

- Altos valores de K_r (lenta resignación) dificultan la aparición de la hecatombe ecológica durante la dualidad completa. La Insumisión puede ser expresada por altos valores de K_r . Así, una situación de Insumisión dificultaría la terminación de la dualidad completa con el hecatombe ecológico
- Altos valores de K_e (lenta adaptación ecológica) facilitan la terminación de la dualidad completa con la hecatombe ecológica. Es natural que una situación con lenta respuesta frente a los problemas ecológicos favorezca la aparición de tal hecatombe ecológica.

En el caso de las evoluciones de la categoría 2 (dualidad simple), y con las fuertes correlaciones encontradas podemos concluir que

- Bajos valores de K_a (rápida adaptación a la represión) dificultan la aparición de la dualidad simple. Es decir, dificulta la aparición de los comportamientos represivos $(0, 1, 1, 0)$ y $(0, 1, 1, 1)$.
- Una combinación de altos valores de K_e y valores de K_a superiores a 20 (lenta adaptación a la represión, lenta respuesta frente a los problemas ecológicos) facilita la aparición de la dualidad con una probabilidad máxima próxima a 0,6.
- Una situación de Pacifismo adaptativo dificulta la aparición de los comportamientos represivos, y por lo tanto una rápida adaptación de la represión dificulta la aparición de la globalización capitalista.
- Podemos esperar la terminación de la dualidad con la hecatombe ecológica con valores altos de K_a , K_e y bajos de K_r (lenta adaptación a la represión, lenta respuesta frente a los problemas ecológicos, y rápida resignación)

- Bajos valores de K_a , o K_e , o de K_r desfavorecen la estabilidad de la globalización capitalista frente a la hecatombe ecológica o su superación con una sociedad científica libre.
- La posibilidad de la superación de la globalización capitalista con una sociedad científica libre crece con valores altos de K_e , K_r y bajos de K_a (lenta resignación, lenta respuesta frente a los problemas ecológicos, y rápida adaptación a la represión)
- Combinaciones de valores altos de K_a , K_e y bajos de K_r facilitan la terminación de la globalización capitalista con la hecatombe ecológica, en una situación de altos gastos ecológicos y con poca capacidad de reciclar.
- Lenta adaptación a la represión puede favorecer la aparición de pocas evoluciones duales con ventaja del socialismo real en cuanto al número de subsistemas sociales en que predomina y que se globalizarían después con una sociedad científica libre
- Podemos concluir que rápida adaptación a la represión dificulta la aparición de la dualidad, y en caso que aparezca dificulta el proceso de la globalización capitalista, y por ultimo si llega este proceso a su fin facilita su superación con una sociedad científica libre. Así, una situación de pacifismo adaptativo dificulta la aparición de los comportamientos represivos.
- Finalmente, notamos que las evoluciones de la categoría 1 puedan representar la evolución real de la humanidad sobre la tierra, como completitud a efectos teóricos la categoría 2 representa otras evoluciones sociales virtuales que pueden servir para simular la evolución de sociedades en otros planetas(en caso de existir).

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Caselles A, (1998) REGINT: A Tool for Discovery by Complex Function Fitting.(ed.) Cybernetics and Systems'98. Austrian Society for Cybernetic Studies. Vienna, pp 787-792.
- [2] Castellar-Busó V and Pla-López R (1997) Un modelo de desarrollo sostenible opuesto a la hecatombe ecológica in 14th International Conference of WACRA-Europe on Sustainable Development, Madrid. Published in Revista Iberoamericana de Autogestión y Acción Comunal, 32, pp 151-162.
- [3] Pla-López R, (1996b). Social and Ecological Consequences of Adaptive Pacifism and Unsubmission. in 3rd.European Congress of Systems (CES3), Roma.
- [4] Nemiche M and Pla-López R (2002) A Learning Model for the Dual Evolution of Human Social Behaviors. Kybernetes: The International Journal of Systems and Cybernetics (in press).
- [5] Cortijo, F.J. (1995), Un estudio comparativo de métodos de clasificación de imágenes multibanda. Tesis Doctoral. Universidad de Granada.
- [6] Geva, S. and Sitte, J. (1991), Adaptative Nearest Neighbor Pattern Classification, en IEEE Transactions on Neural Networks, vol. 2 (2), págs. 318-322.
- [7] Castellar-Busó V (1998), un model sistèmic d' evolució social sostenible Tesis Doctoral. Universidad de valència.

Capítulo 4

EFECTO REVUELTA

Las ejecuciones del modelo muestran claramente que cada uno de los subsistemas sociales parte del comportamiento social inicial $U = (0, 0, 0, 0)$ y pasa por los estados más probables (alto grado de satisfacción del objetivo) a través del aumento de la dimensión nativa (con $P(U, N) > 0,5$)

dimensión	Estados más probables
$m = 1$	$U=(0,0,0,0)$ $U=(0,0,0,1)$
$m = 2$	$U=(0,0,1,0)$ $U=(0,0,1,1)$
$m = 3$	$U=(0,1,1,0)$ $U=(0,1,1,1)$
$m = 4$	$U=(1,1,1,0)$ $U=(1,1,1,1)$

Tabla.4.1: Los estados más probables

También pueden aparecer estados intermedios con $P(U, N) < 0,5$ para todo U disponible. Pero en situación de crisis aparecen de forma efímera, en el lugar adecuado y el momento oportuno, estados previamente improbables con un grado bajo de satisfacción del objetivo. Este proceso, al que denominamos “Efecto Revuelta”, conduce normalmente en el paso siguiente $\Delta t = 100$ a la destrucción del Sistema involucrado.

Para analizar en qué medida un “Efecto Revuelta” puede perdurar durante un período más o menos largo, adaptamos el modelo para que cuando aparece un tal efecto se estudie la evolución de forma “ralentizada”, con transiciones en pasos más cortos ($\Delta t = 5$). Encontramos que en la mayoría de los casos el “Efecto Revuelta” sigue desapareciendo en el paso siguiente, pero en algunos casos perdura durante dos o más pasos. En lo que sigue, estudiaremos su distribución geográfica (Este/Oeste) y por último trataremos en qué medida el número de aparición del “Efecto Revuelta” puede depender de K_a , K_r y K_e .

4.1. Fundamentos Teóricos del Efecto Revuelta

Para explicar la aparición de un Efecto Revuelta en un subsistema social N , debemos partir de la influencia de un comportamiento social U en el aumento de su peso $P(U, N)$. Recordamos que el núcleo del aprendizaje es

$$\Delta F^t(U, N) = \max \left\{ 2\Delta t \cdot \lambda^t(N) \left[P_G^t(U, N) - P_R^t(N) \right] P_L^t(U, N), -F^t(U, N) \right\}$$

- si $\Delta F^t(U, N) = -F^t(U, N)$ entonces $F^{t+\Delta t}(U, N) = 0$, en cuyo caso el comportamiento social U no podrá aparecer en el instante $t + \Delta t$ en el subsistema N
- En otro caso, si $\Delta F^t(U, N) = 2\Delta t \cdot \lambda^t(N) \left[P_G^t(U, N) - P_R^t(N) \right] P_L^t(U, N)$ la influencia del comportamiento U en el incremento de $\Delta F^t(U, N)$ reside así en

$$\left[P_G^t(U, N) - P_R^t(N) \right] P_L^t(U, N).$$

Por construcción, $P_L^t(U, N)$ es positivo y crece de forma proporcional a $P^t(U, N)$ para todo t

$P_R^t(N)$ es un valor de referencia que se adapta con un retraso determinado por un parámetro K_r a la media de las satisfacciones P_G proporcionadas por los distintos comportamientos sociales

$$P_R^{t+\Delta t}(N) = P_R^t(N) + \frac{\Delta t}{T_r} \left(P_{GM}^t(N) - P_R^t(N) \right)$$

$$P_{GM}^t(N) = \frac{\sum_U P_G^t(U, N) P_L^t(U, N)}{\sum_U P_L^t(U, N)}$$

Cuando la satisfacción disminuye rápidamente para todos los comportamientos sociales, si la referencia $P_R(N)$ se adapta lentamente a la media de las satisfacciones (altos valores de K_r) puede producirse insatisfacción para todos los comportamientos sociales disponibles, se produce una “situación de crisis” y por lo tanto

$$\Delta F^t(U, N) < 0 \quad \forall U \text{ disponible}$$

con lo que

$$B^{t+\Delta t}(N) < B^t(N) \tag{4.1.1}$$

en esta situación de crisis un comportamiento social U_R poco probable (con $P_L^t(U_R, N)$ pequeño) puede llevar a que

$\left(P_G^t(U_R, N) - P_R^t(N)\right)P_L^t(U_R, N)$ sea menos negativo para todo $U \neq U_R$
 es decir $0 > \left(P_G^t(U_R, N) - P_R^t(N)\right)P_L^t(U_R, N) > \left(P_G^t(U, N) - P_R^t(N)\right)P_L^t(U, N)$
 y como $2\Delta t \cdot \lambda^t(N) > 0$ entonces

$$0 > 2\Delta t \cdot \lambda^t(N) \left(P_G^t(U_R, N) - P_R^t(N)\right)P_L^t(U_R, N) > 2\Delta t \cdot \lambda^t(N) \left(P_G^t(U, N) - P_R^t(N)\right)P_L^t(U, N)$$

o lo que es lo mismo $0 > \Delta F^t(U_R, N) > \Delta F^t(U, N)$ para todo $U \neq U_R$

Así, si este proceso dura bastante tiempo puede llegar un instante $t + \eta\Delta t$ ($\eta > 0$) en el que

$$F^{t+\eta\Delta t}(U_R, N) > F^{t+\eta\Delta t}(U, N) > 0 \quad \forall U \neq U_R \quad (4.1.2)$$

y

$$0 < B^{t+\eta\Delta t}(N) < B^t(N) \quad (4.1.3)$$

de las relaciones (4.1.2) y (4.1.3) concluimos que

$$P^{t+\eta\Delta t}(U_R, N) > P^{t+\eta\Delta t}(U, N) \quad \forall U \neq U_R$$

la relación (4.1.3) facilita el predominio del comportamiento social U_R en el instante $t + \eta\Delta t$ o en un instante posterior si sigue la situación de crisis en el subsistema N .

Explicamos ahora las condiciones que favorecen la disminución de la satisfacción para todos los comportamientos sociales

4.2. Las Condiciones que Favorecen la Disminución de $P_G(U, N)$ para todo U

Recordemos que

$$P_G(U, N) = \frac{E}{E_0} \left(\pi(U) - \rho(U, N) \right) \left(1 - \sigma(U, N) \right)$$

Observemos que la satisfacción $P_G(U, N)$ disminuye para todo U cuando disminuye la ecología ($E < E_0$) o cuando se aumenta $\sigma(U, N)$ para todo U

En caso de degradación ecológica se disminuye la satisfacción $P_G(U, N)$ para todo U debido a la disminución del valor de E/E_0 y al aumento del valor de $\rho(U, N)$.

Cuando se aumenta la represión sufrida $\sigma(U, N)$ para todo U provoca la disminución del $P_G(U, N)$ para todo U y si la referencia $P_R(N)$ se adapta lentamente a la media de las satisfacciones (altos valores de Kr) puede llevar a una situación de crisis que favorezca la posibilidad de la aparición de un Efecto Revuelta sin necesidad de degradación ecológica.

4.3. *¿Cuánto Puede Perdurar un Efecto Revuelta?*

Las cuatro siguientes condiciones favorecen de forma adicional la duración de un Efecto Revuelta U_R en un subsistema social N durante varios pasos de tiempo $\Delta t = 5$

1. Cuando $F(U, N) = 0$ para todo $U \neq U_R$
2. Cuando los subsistemas sociales vecinos de N están predominado por algún comportamiento social poco represivo, se han destruido o están en un estado intermedio.
3. En ausencia de degradación ecológica o en proceso de recuperación de la misma.
4. Con valores intermedios de la resignación.

Observemos que la primera condición favorece la duración de U_R por ausencia de comportamientos diferentes¹ de U_R , la segunda condición hace que $\sigma(U_R, N)$ no aumente de forma rápida y por lo tanto dificulta la rápida disminución de $P_G(U, N)$; la tercera condición evita la posibilidad de la disminución de $P_G(U, N)$ por motivos ecológicos. Y por último valores altos de resignación permiten la aparición de Efecto Revuelta y valores bajos favorecen su duración. Así, los valores ideales que favorecen la duración del Efecto Revuelta son los valores intermedios de K_r .

En la figura siguiente aparece el B como Efecto Revuelta en el subsistema social $N = 28$ y perdura más de 10 pasos completos de tiempo (1025 unidad de tiempo)

¹Este caso expresa la falta de sociodiversidad en el subsistema N , otro comportamiento social diferente de U_R puede llegar a predominar en N directamente después del U_R sólo por difusión

3400	----	3-111-	11-	3333--	11111	----	222-2-22-	2-6-----	1.00	46								
3500	-----	1-1	113	33333--	1111	----	222-2-2---	2-6-----	1.00	47								
3600	-----	1	1-3	3-333-	311-1	----	222-222---	2-6-----	1.00	47								
3700	-----		333	3-333331111		----	222-222-----	6-----	1.00	47								
3800	-----		333	3-333333-11		----	222	2222----	6-----	1.00	46							
3900	-----		3-3	3-333333-11		----	6222	2-22----	6-----	1.00	46							
4000	-----		---	3-333333---		----	222	2-22F---	6-----	0.99	45							
4100	-----		---	3-333333---		----	22-	2222---	6-----	0.99	44							
4200	-----		77	---	37--33-3---	----	2--	2222---	6-----	0.97	44							
4300	-----		77	-7-	-7--33-----	----	2--	-222---	6-----	0.94	44							
4400	-----		77	777	-----	----	2--	-22-	---	6-----	0.87	44						
4500	-----		77	777	7-7-----	----	2--	-22-	---	6-----	0.78	44						
4600	--7--7--	77	777	777-7-7----		----	2--	-22-	---	6-----	0.66	44						
4700	--7--7-777	777	777-7-7-----			----	2--	-22-	---	6-----	0.54	45						
4800	--7	-7	777	77-	777-7	7	-	-7--	27-	--27	---	6-----	0.44	39				
4900	--7	7	77-77-	7	7	7	-	-	2	-	3-	F-	6	---	-	0.39	28	
5000	7-7	7	77-77	7	7	7	-	-	2	-	-	-	6	6--	-	0.44	24	
5100	7-7		77	77	7		-	-	F-	2	7		-	6	66-	-	0.52	20
5200	-7		77	77	-		-	-	-	-			-	6	66-	-	0.66	17
5300	-7		77	77			-	-	F	-			-	6	66-		0.84	16
5400	F7		-7	77			-	B	F	-			-	6	66-		1.00	15
5405	F7		-7	77			-	B	F	-			-	6	66-		1.00	15
5410	F7		-7	77			-	B	F	-			-	6	66-		1.00	15
5415	F7		-7	77			-	B	F	-			-	6	66-		1.00	15
5420	F7		-7	77			-	B	F	-			-	6	66-		1.00	16
5425	F7		-7	77			-	B	F	-			-	6	66-		1.00	16
5430	F7		-7	77			-	B	F	-			-	6	66-		1.00	16
5435	F-		-7	77			-	B	F	-			-	6	66-		1.00	16
5440	F-		-7	77			-	B	F	-			-	-	66-		1.00	16
5445	F-		-7	77			-	B	F	-	-	-	-	-	66-		1.00	17
5450	F-		-7	77			-	B	F	-	-	-	-	-	66-		1.00	17
5455	F-		-7	77			-	B	F	-	-	-	-	-	66-		1.00	17
5460	F-		-7	77			-	B	F	-	---	-	-	-	66-		1.00	18
5465	F-		-7	77			-	B	F	-	---	-	-	-	66-		1.00	18
5470	F-		7-	7-			-	B	F	-	---	-	-	-	66-		1.00	18
5475	F-		7-	7-			-	B	F	-	---	-	-	-	66-		1.00	18

5480	F-	7- 7-	- B F - - - -	- - 66-	1.00 18
5485	F-	7- 7-	- B F - - - -	- - 66-	1.00 18
5490	F-	7- 7--	- B F - - - -	- - 66-	1.00 19
5495	F-	7- 7--	- B F - - - -	- - 66-	1.00 19
5500	F-	7- 7--	- B F - - - -	- - 66-	1.00 19
5505	F-	7- 7--	- B F - - - -	F - 66-	1.00 19
5510	F-	7- 7--	- B F - - - -	F - 66-	1.00 19
5515	F-	7- 7--	- B F - - - -	F - 66-	1.00 19
5520	F-	7- 7--	- B F - - - -	F - 66-	1.00 19
5525	F-	7- 7--	- B F - - - -	F - 66-	1.00 19
5530	F-	7- 7--	- B F - - - -	F - 66-	1.00 19
5535	F-	7- 7--	- B F - - - -	F - 66-	1.00 19
5540	F-	7- 7--	- B F - - - -	F - 66-	1.00 19
5545	F-	7- 7--	- B F - - - -	F - 66-	1.00 19
5550	F-	7- 7--	- B F - - - -	F - 66-	1.00 19
5555	F7	7- 7--	- B F - - - -	F - 66-	1.00 19
5560	F7	7- 7--	- B F - - - -	F - 66-	1.00 19
5565	F7	7- 7--	- B F - - - -	F - 66-	1.00 19
5570	F7	7- 7--	- B F - - - -	F - 66-	1.00 19
5575	F7	7- 7--	- B F - - - -	F - 66-	1.00 19
5580	F7	7- 7-7	- B F - - - -	F - -6-	1.00 19
5585	F7	7- 7-7	- B F - - - -	F - -6-	1.00 19
5590	F7	77 7-7	- B F - - - -	F - -6--	1.00 19
5595	F7	77 7-7	- B F - - - -	F - -6--	1.00 20
5600	F7	77 7-7	- B F - - - -	F - -6--	1.00 20
5605	F7	77 777	- B F - - - -	F - -6--	1.00 20
5610	F7	77 777	- B F - - - -	F - -6--	1.00 20
5615	F7	77 777-	- B F - - - -	F - -6--	1.00 21
5620	-7	77 777--	- B F - - - -	F - -6--	1.00 22
5625	-7	77 777--	- B F - - - -	F - -6--	1.00 22
5630	-7	77 777--	- B F - - - -	F - -6--	1.00 22
5635	-7	77 777--	- B F - - - -	F - -6--	1.00 22
5640	-7	77 777--	- B F - - - -	F - -6--	1.00 22
5645	-7	77 777--	- B F - - - -	F - -6--	1.00 22
5650	-7	77 777--	- B F - - - -	F - -6--	1.00 22
5655	-7	77 777--	- B F - - - -	F - -6--	1.00 22

5660	-7	77 777-7	- B F - - - -	F - -6--	1.00	22
5665	-7	77 777-7	- B F - - - -	F - -6--	1.00	22
5670	-7	77 777-7	- B F - - - -	F - -6--	1.00	22
5675	-7	77 777-7	- B F - - - -	F - -6--	1.00	22
5680	-7	77 777-7	- B F - - - -	F - -6--	1.00	22
5685	-7	77 777-7	- B F - - - -	F - -6--	1.00	22
5690	-7	77 777-7	- B F - - - -	F - -6--	1.00	22
5695	-7	77 777-7	- B F - - - -	F - -6--	1.00	22
5700	-7	77 777-7	- B F - - - -	F F -6--	1.00	22
5705	77	77 777-7	- B F - - - -	F F ----	1.00	22
5710	77	77 777-7	- B F - - - -	F F ----	1.00	22
5715	77	77 777-7	- B F - - - -	F F ----	1.00	22
5720	77	77 777-7	- B F - - - -	F F ----	1.00	22
5725	77	77 777-7	- B F - - - -	F F ----	1.00	22
5730	77	77 777-7	- B F - - - -	F F ----	1.00	22
5735	77	77 777-7	- B F - - - -	F F ----	1.00	22
5740	77	77 -77-7	- B F - - - -	F F ----	1.00	22
5745	77	77 -77-7	- B F - - - -	F F ----	1.00	22
5750	77	77 -77-7	- B F - - - -	F F ----	1.00	22
5755	77	77 -77-7	- B F F -- -	F F ----	1.00	22
5760	77	77 -77-7	- B F F -- -	F F ----	1.00	22
5765	77	77 -77-7	- B F F -- -	F F ----	1.00	22
5770	77	77 -77-7	- B F F -- -	F F ----	1.00	22
5775	77	77 777-7	- B F F -- -	F F ----	1.00	22
5780	77	77 77777	- B F F -- -	F F ----	1.00	22
5785	77	77 77777	- B F F -- -	F F ----	1.00	22
5790	77	77 77777	- B F F -- -	F F ----	1.00	22
5795	77	77 77777	- B F F -- -	F F ----	1.00	22
5800	77	77 77777	- B F F -- -	F F ----	1.00	22
5805	77	77 77777	- B F F -- -	F F ----	1.00	22
5810	77	77 77777	- B F F -- -	F F ----	1.00	22
5815	77	77 77777	- B F F -- -	F F ----	1.00	22
5820	77	77 77777	- B F F -- -	F F ----	1.00	22
5825	77	77 77777	- B F F -- -	F F ----	1.00	22
5830	77	77 77777	- B F F -- -	F F F---	1.00	22
5835	77	77 77777	- B F F -- -	F F F---	1.00	22

5840	77	77 77777	- B F F -- - F F F---	1.00 22
5845	77	77 77777	- B F F -- - - F F F---	1.00 23
5850	77	77 77777	- B F F -- - - F F F---	1.00 23
5855	77	77 77777	- B F F--- - - F F F---	1.00 24
5860	77	77 77777	- B F F--- - - F F F---	1.00 24
5865	77	77 77777	- B F F--- - - F F F---	1.00 24
5870	77	77 77777	- B F F--- - - F F F---	1.00 24
5875	77	77 77-77	- B F F--- - - F F F---	1.00 24
5880	77	77 77-77	- B F F--- - - F F F---	1.00 24
5885	77	77 77-77	- B F F--- --- F F F---	1.00 25
5890	77	77 77-77	- B F F--- F-- F F F---	1.00 25
5895	77	77 77-77	- B F F--- F-- F F F---	1.00 25
5900	77	77 77-77	- B F F--- F-- F F F---	1.00 25
5905	77	77 77-77	- B F F--- F-- F F F---	1.00 25
5910	77	77 7-777	- B F F--- F-- F F F---	1.00 25
5915	77	-7 7-777	- B F F--- F-- F F F---	1.00 25
5920	77	-7 7-777	- B F F--- F-- F F F---	1.00 25
5925	77	-7 7-777	- B F F--- F-- F F F---	1.00 25
5930	77	-7 7-777	- B F F--- F-- F F F---	1.00 25
5935	77	-7 7-777	- B F F--- F-- F F F---	1.00 25
5940	77	-7 7-777	- B F F--- F-- F F F---	1.00 25
5945	77	77 7-777	- B F F--- F-- F F F---	1.00 25
5950	77	77 77777	- B F-F--- F-- F F F---	1.00 26
5955	77	77 77777	- B F-F--- F-- F F F---	1.00 26
5960	77	77 77777	- B F-F--- F-- F F F---	1.00 26
5965	77	77 77777	- B F-F--- F-- F F F---	1.00 26
5970	77	77 77777	- B F-F-F- F-- F F F---	1.00 26
5975	77	77 77777	- B F-F-F- F-- F F F---	1.00 26
5980	77	77 77777	F B F-F-F- F-- F F F---	1.00 26
5985	77	77 77777	F B F-F-F- F-- F F F---	1.00 26
5990	77	77 77777	F B F-F-F- F-- F F F---	1.00 26
5995	77	77 77777	F B F-F-F- F-- F F F---	1.00 26
6000	77	77 77777	F B F-F-F- F-F F F F---	1.00 26
6005	77	77 77777	F B F-F-F- FFF F F F---	1.00 26
6010	77	77 77777	F B F-F-F- FFF F F F---	1.00 26
6015	77	77 77777	F B F-F-F- FFF F F FF--	1.00 26

6020	77	77 77777	F B F-F-F- FFF F F FF--	1.00 26
6025	77	77 77777	F B F-F-F- FFF F F FF--	1.00 26
6030	77	77 77777	F B F-F-F- FFF F F FF--	1.00 26
6035	77	77 77777	F B F-F-F- FFF F F FF--	1.00 26
6040	77	77 77777	F B F-F-F- FFF F F FF--	1.00 26
6045	77	77 77777	F B F-F-F- FFF F F FF--	1.00 26
6050	77	77 77777-	F B F-F-F- FFF F F FF--	1.00 27
6055	77	77 77777-	F B F-F-F- FFF F F FF--	1.00 27
6060	77	77 77777-	F B F-F-F- FFF F F FF-7	1.00 27
6065	77	77 777-7-	F B F-F-F- FFF F F FF-7	1.00 27
6070	77	77 777-7-	F B F-F-F- FFF F F FF-7	1.00 27
6075	77	77 777-7-	F B F-FFF- FFF F F FF-7	1.00 27
6080	77	77 777-7-	F B F-FFF- FFF F F FF-7	1.00 27
6085	77	77 777-7-	F B F-FFF- FFF F F FF-7	1.00 27
6090	77	77 777-77	F B F-FFF- FFF F F FF-7	1.00 27
6095	77	77 777-77	F B F-FFF- FFF F F FF-7	1.00 27
6100	77	77 777-77	F B F-FFF- FFF F F FF-7	1.00 27
6105	77	77 777-77	F B F-FFF- FFF F F FF-7	1.00 27
6110	77	77 777-77	F B F-FFF- FFF F F FF-7	1.00 27
6115	77	77 777-77	F B F-FFF- FFF F F FF-7	1.00 27
6120	77	77 777-77	F B F-FFF- FFF F F FFF7	1.00 27
6125	77	77 777-77	F B F-FFF- FFF F F FFF7	1.00 27
6130	77	77 777-77	F B F-FFF- FFF F F FFF7	1.00 27
6135	77	77 777-77	F B F-FFF- FFF F F FFF7	1.00 27
6140	77	77 777-77	F B F-FFF- FFF F F FFF7	1.00 27
6145	77	77 777-77	F B F-FFF- FFF F F FFF7	1.00 27
6150	77	77 777-77	F B F-FFF- FFF F F FFF7	1.00 27
6155	77	77 777-77	F B F-FFF- FFF F F FFF7	1.00 27
6160	77	77 777-77	F B F-FFF- FFF F F FFF7	1.00 27
6165	77	77 77--77	F B F-FFF- FFF F F FFF7	1.00 27
6170	77	77 77--77	F B F-FFF- FFF F F FFF7	1.00 27
6175	77	77 77--77	F B F-FFF- FFF F F FFF7	1.00 27
6180	77	77 77--77	F B F-FFF- FFF F F FFF7	1.00 27
6185	77	77 7---77	F B F-FFF- FFF F F FFF7	1.00 27
6190	77	77 7---77	F B F-FFF- FFF F F FFF7	1.00 27
6195	77	77 7-7777	F B F-FFF- FFF F F FFF-	1.00 27

6200	77	77 7-7777	F B F-FFF- FFF F F FFF-	1.00 27
6205	77	77 7-7777	F B F-FFF- FFF F F FFF-	1.00 27
6210	77	77 7-7777	F B F-FFF- FFF F F FFF-	1.00 27
6215	77	77 777777	F B F-FFF- FFF F F FFF-	1.00 27
6220	77	77 777777	F B F-FFF- FFF F F FFF-	1.00 27
6225	7-	77 777777	F B F-FFF- FFF F F FFF-	1.00 27
6230	7-	77 -77777	F B F-FFF- FFF F F FFF-	1.00 27
6235	7-	77 -77777	F B F-FFF- FFF F F FFF-	1.00 27
6240	7-	77 -77777	F B F-FFF- FFF F F FFF-	1.00 27
6245	7-	77 -77777	F B F-FFF- FFF F F FFF-	1.00 27
6250	7-	77 -77777	F B F-FFF- FFF F F FFF-	1.00 27
6255	7-	77 -77777	F B F-FFF- FFF F F FFF-	1.00 27
6260	7-	77 777777	F B F-FFF- FFF F F FFF-	1.00 27
6265	7-	77 777777	F B F-FFFF FFF F F FFF-	1.00 27
6270	7-	77 777777	F B F-FFFF FFF F F FFF-	1.00 27
6275	7-	77 777777	F B F-FFFF FFF F F FFF-	1.00 27
6280	7-	77 777777	F B F-FFFF FFF F F FFF-	1.00 27
6285	7-	77 777777	F B F-FFFF FFF F F FFF-	1.00 27
6290	7-	77 777777	F B F-FFFF FFF F F FFF-	1.00 27
6295	7-	77 777777	F B F-FFFF FFF F F FFF-	1.00 27
6300	7-	77 777777	F B F-FFFF FFF F F FFF-	1.00 27
6305	7-	77 777777	F B F-FFFF FFF F F FFF-	1.00 27
6310	7-	77 777777	F B F-FFFF FFF F F FFFF	1.00 27
6315	7-	77 777777	F B F-FFFF FFF F F FFFF	1.00 27
6320	7-	77 777777	F B F-FFFF FFF F F FFFF	1.00 27
6325	7-	77 777777	F B F-FFFF FFF F F FFFF	1.00 27
6330	7-	77 777777	F B F-FFFF FFF F F FFFF	1.00 27
6335	7-	7- 777777	F B F-FFFF FFF F F FFFF	1.00 27
6340	7-	7- 777777	F B F-FFFF FFF F F FFFF	1.00 27
6345	7-	7- 7777-7	F B F-FFFF FFF F F FFFF	1.00 27
6350	7-	7- 7777-7	F B F-FFFF FFF F F FFFF	1.00 27
6355	7-	7- 7777-7	F B F-FFFF FFF F F FFFF	1.00 27
6360	7-	7- 7777-7	F B F-FFFF FFF F F FFFF	1.00 27
6365	7-	77 7777-7	F B F-FFFF FFF F F FFFF	1.00 27
6370	7-	77 7777-7	F B F-FFFF FFF F F FFFF	1.00 27
6375	7-	77 7777-7	F B F-FFFF FFF F F FFFF	1.00 27

6380	7-	77 777777	F B	F-FFFF	FFF	F F	FFFF	1.00	27
6385	7-	77 777777	F B	F-FFFF	FFF	F F	FFFF	1.00	27
6390	7-	77 777777	F B	F-FFFF	FFF	F F	FFFF	1.00	27
6395	7-	77 777777	F B	F-FFFF	FFF	F F	FFFF	1.00	27
6400	7-	77 777777	F B	F-FFFF	FFF	F F	FFFF	1.00	27
6405	7-	77 777777	F B	F-FFFF	FFF	F F	FFFF	1.00	27
6410	7-	77 777777	F B	F-FFFF	FFF	F F	FFFF	1.00	27
6415	7-	77 777777	F B	F-FFFF	FFF	F F	FFFF	1.00	27
6420	7-	77 777777	F B	F-FFFF	FFF	F F	FFFF	1.00	27
6425	7-	77 777777	F B	F-FFFF	FFF	F F	FFFF	1.00	27
6430	7-	77 777777	F F	F-FFFF	FFF	F F	FFFF	1.00	27
6530	F-	77 777777-	F F	F-FFFF	FFF	F F	FFFF	1.00	28
6630	F-	77 777777-	F F	F-FFFF	FFF	F F	FFFF	1.00	28
6730	F-	77 777777	F F	F-FFFF	FFF	F F	FFFF	1.00	28
6830	FF	77 777777	F F	F-FFFF	FFF	F F	FFFF	1.00	28
6930	FF	77 77777-7	F F	F-FFFF	FFF	F F	FFFF	1.00	28
7030	FF	77 77777-7	F F	F-FFFF	FFF	F F	FFFF	1.00	28
7130	FF	77 777777	F F	F-FFFF	FFF	F F	FFFF	1.00	28
7230	FF	77 777777	F F	F-FFFF	FFF	F F	FFFF	1.00	28
7330	FF	77 777777	F F	F-FFFF	FFF	F F	FFFF	1.00	28
7430	FF	77 777777	F F	FFFFFF	FFF	F F	FFFF	1.00	28
7530	FF	77 777777	F F	FFFFFF	FFF	F F	FFFF	1.00	28
7630	FF	77 777777	F F	FFFFFF	FFF	F F	FFFF	1.00	28
7730	FF	77 777777	F F	FFFFFF	FFF	F F	FFFF	1.00	28
7830	FF	77 777777	F F	FFFFFF	FFF	F F	FFFF	1.00	28
7930	FF	77 7777-77	F F	FFFFFF	FFF	F F	FFFF	1.00	28
8030	F-	-7 7777-7-	F F	FFFFFF	FFF	F F	FFFF	1.00	28
8130	F-	-7 7777-7-	F F	FFFFFF	FFF	F F	FFF-	1.00	28
8230	FF	F- -777F7-	F F	FFFFFF	FFF	F F	FFF-	1.00	28
8330	FF	F- -777F7F	F F	FFFFFF	FFF	- F	FFF-	1.00	28
8430	FF	FF F77-F7F	F F	FFFFFF	FFF	- F	FFFF	1.00	28
8530	-F	FF F77-F-F	F F	FFFFFF	FFF	F F	FFFF	1.00	28
8630	-F	FF F77-F-F	F F	FFFFF-	FFF	F F	FFFF	1.00	28
8730	FF	FF F77-F-F	F F	FFFFF-	FFF	F F	FFFF	1.00	28
8830	FF	FF F77FFFF	F F	FFFFF-	FFF	F F	FFFF	1.00	28
8930	FF	FF F7-FFFF	F F	FFFFF-	FFF	F F	FFFF	1.00	28

9030	FF	FF F7FFFFF	F F	FFFFF-	FFF	F F	FFFF	1.00	28
9130	FF	FF F7FFFFF	- F F	FFFFF-	FFF	F F	FFFF	1.00	29
9230	FF	FF F7FFFFF	- F F	FFFFF-	FFF	F F	FFFF	1.00	29
9330	FF	FF F7FFFFF	F F F	FFFFF-	FFF	F F	FFFF	1.00	29
9430	FF	F- F7FFFFF	F F F	FFFFF-	FFF	F F	FFFF	1.00	29
9530	FF	-F F7FFFFF-	F F F	FFFFF-	FFF	F F	FFFF	1.00	29
9630	FF	FF F-FFFFF-	F F F	FFFFF-	FFF	F -	FFFF	1.00	29
9730	FF	FF FFFFFF	F F F	FFFFF-	FFF	F -	FFFF	1.00	29
9830	FF	FF FFFFFF	F F F	FFFFF-	FFF	F F	-FFF	1.00	29
9930	FF	FF FFFFFF	F F F	FFFFF-	FFF	F F	-FFF	1.00	29
10030	FF	FF FFFFFF	F F F	FFFFF-	FFF	- F	FFFF	1.00	29
10130	F-	FF FFFFFF	F F F	FFFFF-	FFF	- F	F-FF	1.00	29
10230	F-	FF FFFFF-F	F F F	FFF-F-	FFF	F F	F-FF	1.00	29
10330	FF	FF FFFFF-F	F F F	FFF---	FFF	F F	FFFF	1.00	29
10430	FF	FF FFFFFF	F F F	FFF---	FF-	F F	FFFF	1.00	29
10530	FF	FF FFFFFF	F F F	FFFFF-	FF-	F F	FF-F	1.00	29
10630	FF	FF FFFFFF	F - F	FFFFF-	FF-	F F	FF-F	1.00	29
10730	FF	FF FFFF-FF	F - F	FFFFF-	FF-	F F	FFFF	1.00	29
10830	FF	FF FFFFFF	F F F	FFFFF-	FFF	F F	FFFF	1.00	29
10930	FF	FF FF-FFFF	F F F	FFFFF-	FFF	F F	FFF-	1.00	29
11030	FF	F- FFFFFF	F F F	FFFFF-	-FF	F F	FFF-	1.00	29

Figura 4.1: Un ejemplo de una evolución dual con Efecto Revuelta casi estable en un subsistema social

Observamos que algunas de las condiciones que favorecen la duración del Efecto Revuelta se han cumplido en el ejemplo de la Figura 4.1: primero, las condiciones que han favorecido la aparición del B (degradación ecológica) en el tiempo $T = 5400$ han desaparecido al cabo de su aparición; además, los subsistemas sociales vecinos están destruidos, están en un estado intermedio o están predominadas con el comportamiento social F (poco represivo). En el tiempo $T = 6430$ el comportamiento social B deja el predominio del subsistema social $N = 28$ por el comportamiento F por difusión.

4.4. Clasificación del Efecto Revuelta Según las Evoluciones

En esta sección nos limitamos a estudiar el número de ocurrencias de cada uno de los efectos revuelta detectados en las distintas evoluciones de la categoría² 2.

	Número de ocurrencias de cada uno de los efectos revuelta en cada clase de evoluciones de la categoría 2						
Efecto Revuelta	Fase I.2	Clase I.2	Clase II.2	Subclase I.a.2	Subclase I.b.2	Subclase I.c.2	Clase III.2
U=4	499	388	66	319	66	56	40
U=5	842	613	183	526	85	140	39
U=8	120	94	20	82	12	17	4
U=9	114	96	9	78	17	7	9
U=A	11	11	0	9	2	0	0
U=B	226	187	7	152	34	5	25
U=C	205	178	10	132	46	7	11
U=D	16	15	0	13	2	0	1
Total	2033	1582	295	1311	264	232	129
Número de evoluciones en cada clase	4974	3609	900	2997	599	652	412

Tabla.4.2 Número de efectos revuelta en cada clase de evoluciones

Observamos que en todas las evoluciones y para todos los comportamientos sociales de la categoría 2 se detectan Efectos Revuelta. En la figura siguiente podemos ver con más claridad los comportamientos “anómalos” con más frecuencia de aparición en cada evolución

²Véase capítulo 3

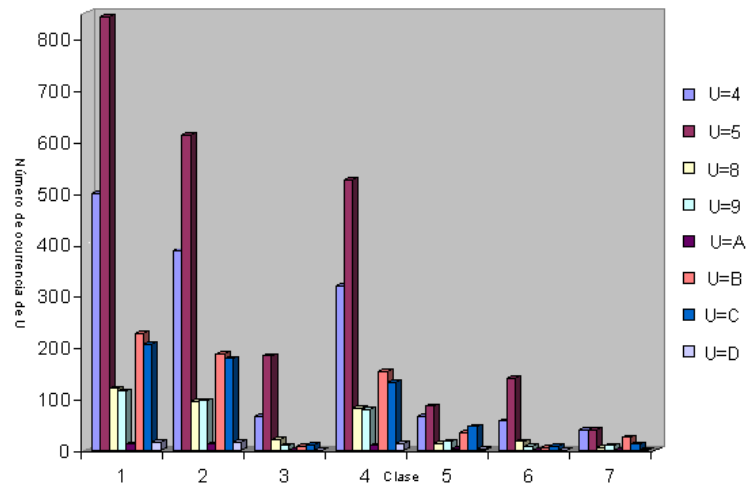


Figura 4.2: Número de ocurrencias de cada comportamiento “anómalo” en cada clase de la categoría 2

En todas las clases la mayoría de efectos revuelta se producen con $U = 5$ y con $U = B$ (sociedad “super-represiva”). Ello es coherente con las características de estos comportamientos sociales, con altas posibilidades técnicas de satisfacción y altas capacidades represivas³ entre los comportamientos “anómalos” correspondiente a $m = 3$ y $m = 4$ respectivamente.

4.5. Efecto Revuelta y Ecología

Estudiamos la ocurrencia del Efecto Revuelta en función de la ecología en la Fase I.2 (Raíz de todas la evoluciones duales simples)

³Véase las tablas: Tabla.2.1 y Tabla.2.2

Efecto Revuelta	$E/E_0 < 1$	$E/E_0 = 1$
U=4	130	369
U=5	809	33
U=8	98	22
U=9	101	13
U=A	11	0
U=B	219	7
U=C	193	12
U=D	16	0
Número de efectos revueltas en la Fase I.2	1577	456

Tabla.4.3 Número de efectos con y sin degradación ecológica

Los resultados de la tabla.4.3 eran previsible, dado que la degradación ecológica favorece la situación de crisis. Así, hemos encontrado un gran número de Efectos Revuelta cuando $E/E_0 < 1$ en comparación con condiciones ecológicas ideales $E/E_0 = 1$ para todos los comportamientos “anómalos” superiores o igual a 5. Podemos explicar la aparición del comportamiento social $U = 4$ con más ocurrencia en condiciones ecológicas ideales por su temprana aparición con un bajo “desarrollo tecnológico”

4.6. Distribución Geográfica (Este/Oeste) del Efecto Revuelta

Hemos ejecutado nuestro modelo 1350 veces con

$$(K_a, K_r, K_e) \in \{15, 20, \dots, 80\}^2 \times \{3, 4, \cdot, 8\}$$

Número de ficheros de la Fase I.2 es 676

	Zona Occidental		Zona Oriental	
Efecto Revuelta	Número de ocurencias del Efecto Revuelta	Duración media	Número de ocurencias del Efecto Revuelta	Duración media
$U = 4$	3	5	56	15,17
$U = 5$	49	5,71	84	7,79
$U = 8$	3	5	20	8,75
$U = 9$	4	5	20	8,75
$U = A$	3	8,33	4	6,42
$U = B$	21	5	25	46,2
$U = C$	0	0	20	5,52
$U = D$	0	0	5	5
Total	83	4,255	234	12,95

Tabla.4.4 Distribución geográfica del Efecto Revuelta y su duración media

Observamos que se detectan 83 Efectos revuelta en la zona occidental de 676 procesos (evoluciones) con una duración media igual a 4,255. La mayoría de revueltas(casi 60%) se producen con $U = 5$ y muchos (casi 24%) se producen con $U = B$ (sociedad “super-represiva”). Mientras que en la zona oriental se detectan 234 efectos revuelta de 676 procesos con una duración media igual a 12,95. También observamos que los comportamientos sociales $U = 5$ y $U = B$ son los que más producen Efecto Revuelta en sus dimensiones. Nos llama la atención en la Tabla.4.3 la gran diferencia en cuanto a número de ocurrencias de los efectos revuelta y su duración media total entre las zonas occidental y oriental.

4.7. Influencia de Algunos Parámetros en la Aparición de Efecto Revuelta

Los distintos comportamientos “anómalos” que emergen para distintos valores de K_a , K_r y K_e están representados en las figuras 4.2, 4.3 y 4.4 respectivamente. Mediante el “REGINT” hemos aproximado las distribuciones de probabilidades p_1 , p_2 y p_3 de la influencia de K_a , K_r y K_e respectivamente en la aparición del Efecto Revuelta en la Fase I.2 (categoría2).

La evaluación de p_1 nos da

$$p_1 = 0,346286 - \frac{0,199156}{K_a} - 0,160534 \exp(-0,1K_a)$$

con el coeficiente de correlación $R_1 = 0,947225$

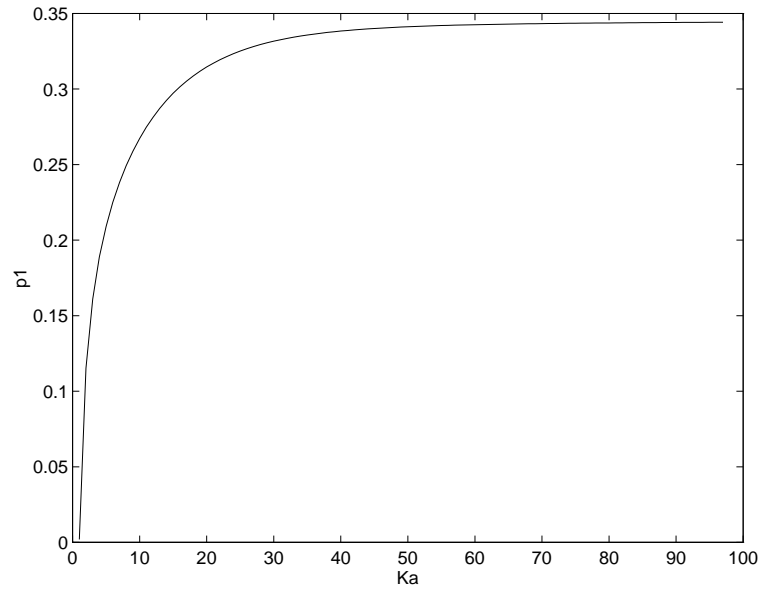


Figura 4.3: distribución de la probabilidad de la aparición del Efecto Revuelta en función de K_a

Observamos que altos valores de K_a (lenta adaptación a la represión) favorecen la aparición de efectos revuelta con una probabilidad máxima próxima a 0,35

Nuevamente, La evaluación de p_2 nos da

$$p_2 = 0,334891 - \frac{0,282806}{K_r}$$

con el coeficiente de correlación $R_2 = 0,819891$

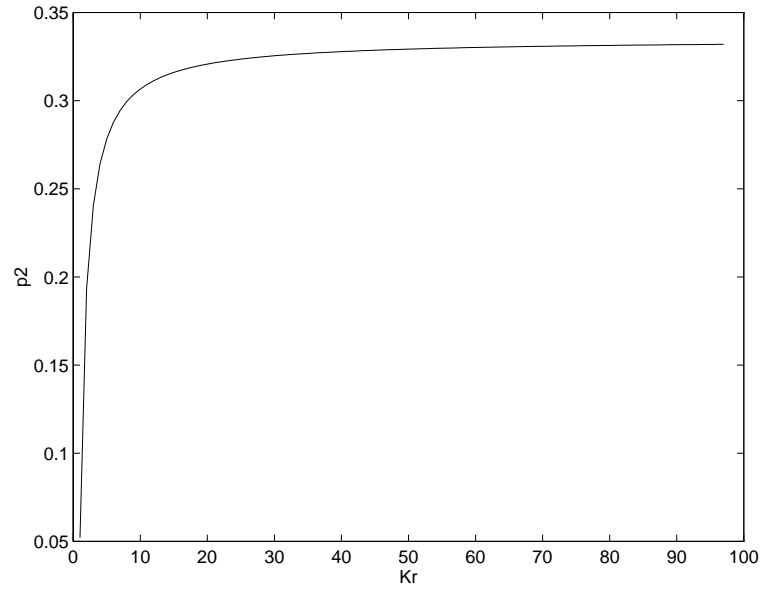


Figura 4.4: distribución de la probabilidad de la aparición del Efecto Revuelta en función de K_r

Como vemos, altos valores de K_r (lenta adaptación a la resignación) favorecen la aparición de efectos revuelta con una probabilidad máxima próxima a 0,35

Por último, La evaluación de p_3 nos da

$$p_3 = 0,234682 - 0,053817 \log(K_e)$$

con el coeficiente de correlación $R_3 = 0,978275$

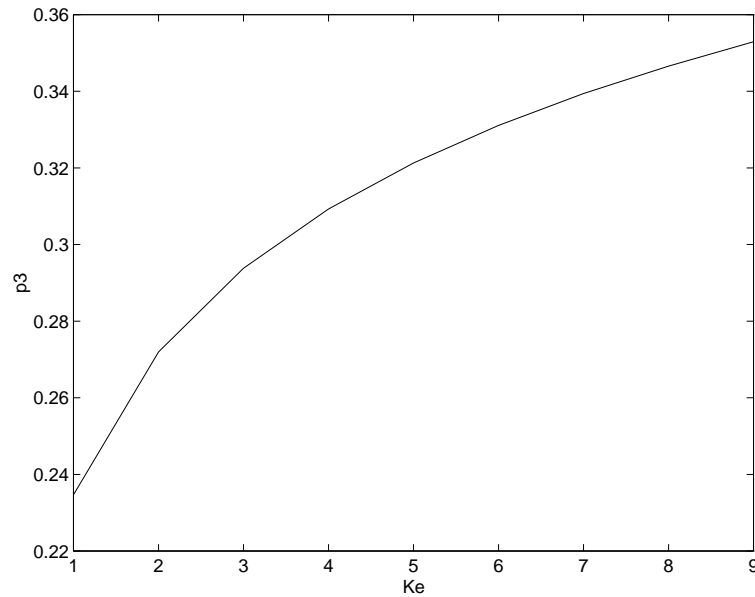


Figura 4.5: distribución de la probabilidad de la aparición del Efecto Revuelta en función de K_e

Como se puede observar en la Figura.4.5, altos valores de K_e (lenta adaptación ecológica) favorecen la aparición de efectos revuelta, pero con poca diferencia de sus valores bajos.

4.8. Conclusiones y Posibles Interpretaciones

El Efecto Revuelta podría proporcionar unas explicaciones satisfactorias para regímenes de corta duración como el nazismo en Alemania (aproximadamente 11 años), el fascismo en Italia, quizá el franquismo en España...

Por otro lado, hemos explicado los fundamentos teóricos de la aparición del Efecto Revuelta.

Y con estudios estadísticos hemos encontrado:

- Una mayoría de efectos revuelta se producen con $U = 5$ y con $U = B$ en todas las clases de la categoría 2 (evoluciones que parten de una dualidad simple). Ello es coherente con las características de estos comportamientos sociales, con posibilidades técnicas de satisfacción y capacidades represivas relativamente altas entre los comportamientos “anómalos” correspondiente a $m = 3$ y $m = 4$ respectivamente.

- Un gran número de efectos revuelta se detecta cuando $E/E_0 < 1$ en comparación con condiciones ecológicas ideales $E/E_0 = 1$ para todos los comportamientos “anómalos” superiores o igual a 5. Este resultado era previsible, dado que la degradación ecológica favorecería la situación de crisis. Mientras que hemos explicado la aparición del comportamiento social $U = 4$ con más ocurrencia en condiciones ecológicas ideales por su temprana aparición con un bajo “desarrollo tecnológico”.
- Altos valores de K_e (lenta adaptación ecológica) favorecen la aparición de efectos revuelta. Esperable por la degradación ecológica.
- Menos efectos revuelta se detectan en la zona occidental y con menos duración media en comparación con la zona oriental. Pendiente de explicación y de contrastación histórica.
- Altos valores de K_a (lenta adaptación a la represión) favorecen la aparición de efectos revuelta con una probabilidad máxima próxima a 0,35. Esperable por una mayor represión.
- Altos valores de K_r (lenta adaptación a la resignación) favorecen la aparición de efectos revuelta con una probabilidad máxima próxima a 0,35. Es coherente con lo que hemos explicado en la sección 4.1.
- En algunos pocos casos, un comportamiento previamente más probable predomina en un subsistema social después del predominio de un Efecto Revuelta sin que llegue el subsistema a destruirse.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Nemiche M and Pla-López R (2000) A Model of Dual Evolution of the Humanity. in 2nd International Conference on Sociocybernetics, Panticosa, 25-30 juny (2000).
- [2] Nemiche M and Pla-López R (2002) A Learning Model for the Dual Evolution of Human Social Behaviors. *Kybernetes: The International Journal of Systems and Cybernetics* (in press).
- [3] Castellar-Busó V (1998), un model sistèmic d' evolució social sostenible Tesis Universitat de València.
- [4] Pla-López R and Castellar-Busó V, "Model of Historical-Geographical Evolution" en R. Trappl ed., *Cybernetics and Systems'94*, World Scientific, vol. I, 1.049-1.056, Singapore (1994).
- [5] Pla-López R "¿Cuánto Puede Perdurar una Revuelta?", I Reunión Española de Ciencias de Sistemas, València, Ab. 17-19 (1996).
- [6] Harich W "Comunismo sin Crecimiento", Editorial Materiales, Barcelona(1978).
- [7] Caselles A, (1998) Regint: A Tool for Discovery by Complex Function Fitting.(ed.) *Cybernetics and Systems'98*. Austrian Society for Cybernetic Studies. Vienna, pp 787-792.

Capítulo 5

EVOLUCIÓN DEL CONSUMO

En este capítulo pretendemos estudiar la evolución del consumo¹ en represión y en satisfacción de algunos comportamientos sociales en tres grandes tipos de evoluciones:

- Tipo I: aparece una globalización capitalista después de una dualidad completa sin que se supere ni llegar a la hecatombe ecológica.
- Tipo II: Una dualidad completa que se globaliza con una sociedad científica libre sin que pase por la globalización capitalista.
- Tipo III: se supera la globalización capitalista después de una dualidad completa con una sociedad científica libre.

Llamaremos

$$K_1[U] = \frac{E}{E_0} \sum_N \left(\pi(U) - \rho(U, N) \right) P(U, N) \quad \text{al consumo en satisfacción de } U$$

$$\begin{cases} K_2^{t+\Delta t}[U] = \frac{E^t}{E_0} \sum_N stst(U, N) P^t(U, N) \\ K_2^0[U] = 0 \end{cases} \quad \text{al consumo en represión de } U$$

Hemos estudiado las características comunes de las trayectorias de $K_1[U]$, de $K_2[U]$ y de $\frac{E}{E_0}$ en cada tipo:

5.1. Evolución del Consumo en el Tipo I

Después de estudiar las características comunes del consumo en represión, y satisfacción de los comportamientos $6 = (0, 1, 1, 0)$, $7 = (0, 1, 1, 1)$ y $F = (1, 1, 1, 1)$ en este tipo hemos encontrado:

¹En este trabajo no representamos el consumo en reciclaje porque es muy pequeño en comparación con el consumo en satisfacción y represión

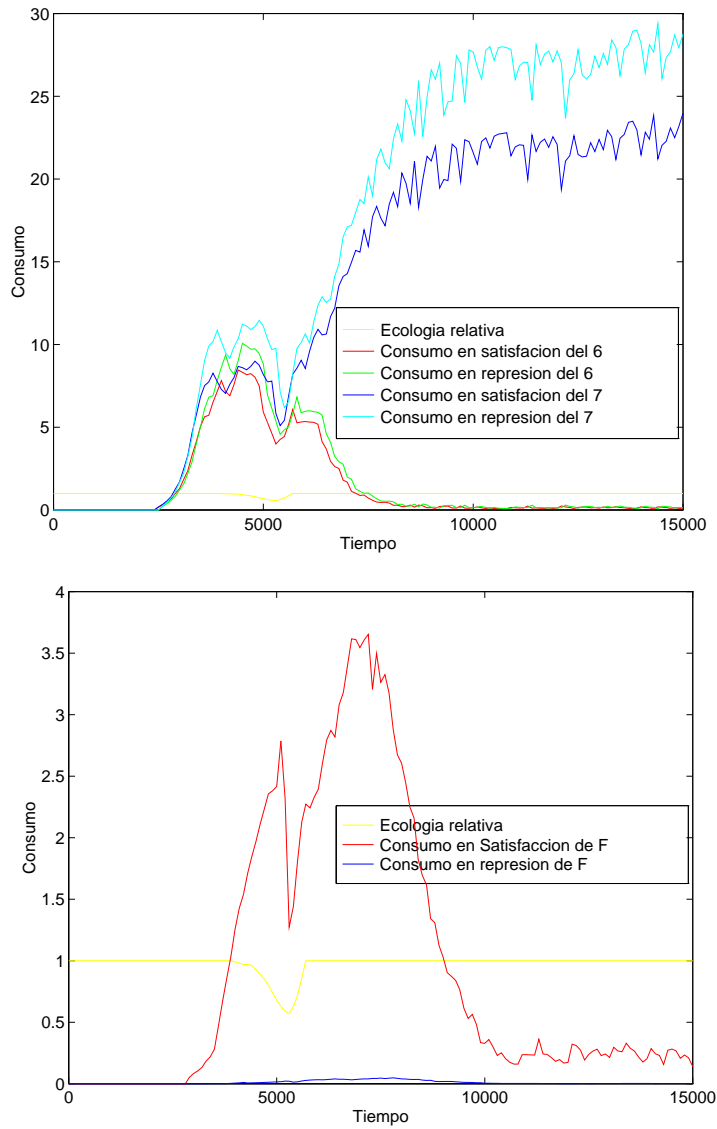


Figura 5.1: Evolución del consumo en evoluciones del tipo I

- Crecimiento exponencial del consumo en satisfacción y represión del socialismo real ($6 = (0, 1, 1, 0)$) y el capitalismo ($7 = (0, 1, 1, 1)$) entre el instante T_{dim} en el que por primera vez se aumenta la dimensión de un subsistema social a 3 y el instante T_{ec} en el que por primera vez $\frac{E}{E_0} < 1$.
- Decrece el consumo en satisfacción y represión del socialismo real ($6 = (0, 1, 1, 0)$) y

el capitalismo ($7 = (0, 1, 1, 1)$) entre los instantes T_{ec} y T_{ecmin} (el instante en el que la ecología alcanza su mínimo por primera vez).

- Entre T_{ecmin} y $T_{ec=1}$ (el instante en que la ecología se recupera totalmente por primera vez) se recupera el consumo de $6 = (0, 1, 1, 0)$ y de $7 = (0, 1, 1, 1)$ en satisfacción y represión.
- Entre $T_{ec=1}$ y T_{final} decrece rápidamente el consumo en satisfacción y represión de $6 = (0, 1, 1, 0)$, por el contrario el consumo de $7 = (0, 1, 1, 1)$ sigue aumentado de forma exponencial y después evoluciona con oscilaciones aparentemente sinusoidales que pueden expresar las crisis en el sistema capitalista
- Por otra parte el consumo en represión del capitalismo en esta clase es mayor que en satisfacción.
- El consumo de $F = (1, 1, 1, 1)$ (sociedad científica libre) en satisfacción crece lentamente y muy por debajo del consumo de $7 = (0, 1, 1, 1)$ y después evoluciona decreciendo mientras su consumo en represión es casi nulo.
- El consumo en represión de $6 = (0, 1, 1, 0)$ y $7 = (0, 1, 1, 1)$ es mayor que en satisfacción.

5.2. Evolución del Consumo en el Tipo II

Después de estudiar las características comunes del consumo en represión, y satisfacción de los comportamientos $6 = (0, 1, 1, 0)$, $7 = (0, 1, 1, 1)$ y $F = (1, 1, 1, 1)$ en este tipo hemos encontrado:

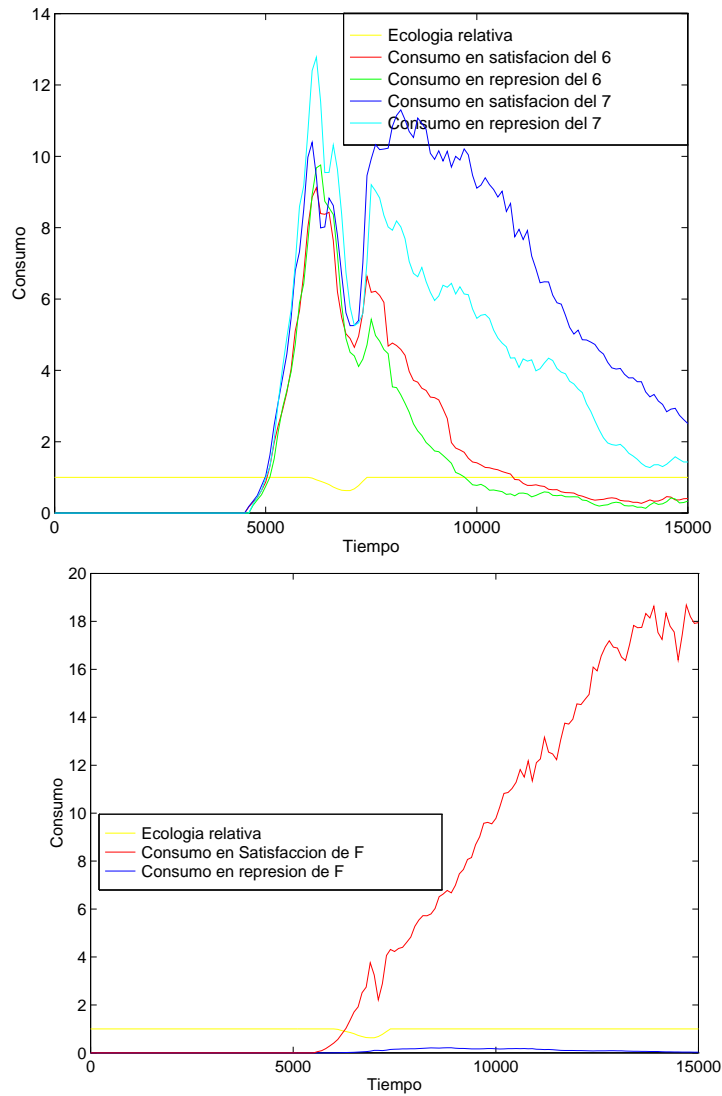


Figura 5.2: Evolución del consumo en evoluciones del tipo II

- Entre los instantes T_{dim} y $T_{ec=1}$ tienen casi las mismas características anteriormente señaladas pero a partir del instante $T_{ec=1}$ esta vez también el consumo de $7 = (0, 1, 1, 1)$ decrece aunque de forma más lenta que el del $6 = (0, 1, 1, 0)$, mientras aumenta el consumo de $F = (1, 1, 1, 1)$ en satisfacción.
- A partir de instante $T_{ec=1}$ El consumo de $7 = (0, 1, 1, 1)$ en satisfacción es mayor que

en represión.

- Entre los instantes T_{ec} y T_{ecmin} el consumo de $F = (1, 1, 1, 1)$ (sociedad científica libre) en satisfacción decrece, pero a partir del instante T_{ecmin} crece de forma exponencial.
- El consumo de $F = (1, 1, 1, 1)$ en represión es casi nulo.
- A partir del instante T_{sati} (el tiempo en que el consumo en satisfacción de $(0, 1, 1, 1) = 7$ es mayor que en represión) el consumo en satisfacción de $6 = (0, 1, 1, 0)$ y de $7 = (0, 1, 1, 1)$ es mayor que en represión.

5.3. Evolución del Consumo en el Tipo III

Después de estudiar las características comunes del consumo en represión, y satisfacción de los comportamientos $6 = (0, 1, 1, 0)$, $7 = (0, 1, 1, 1)$ y $F = (1, 1, 1, 1)$ en este tipo hemos encontrado:

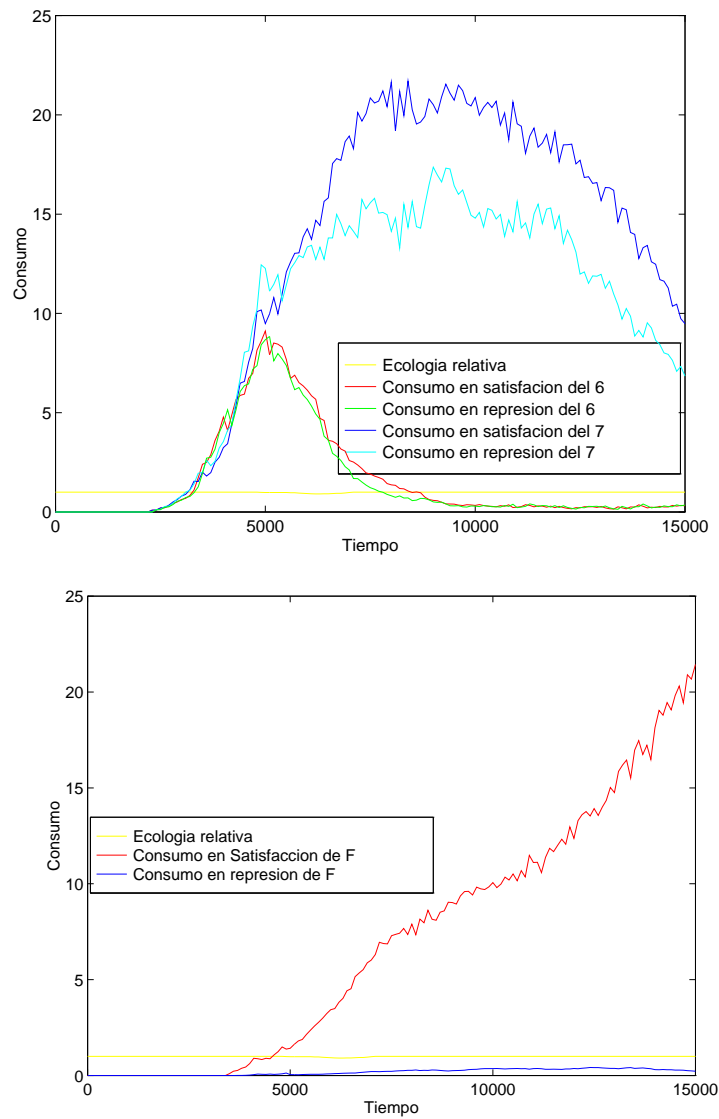


Figura 5.3: Evolución del consumo en evoluciones del tipo III

- Entre los instantes T_{dim} y T_{ec} reviste casi las mismas características que en el tipo anterior.
- A partir del instante T_{sati} el consumo en satisfacción de $6 = (0, 1, 1, 0)$ y $7 = (0, 1, 1, 1)$ es mayor que en represión.

- Decrece el consumo en satisfacción y represión de $\gamma = (0, 1, 1, 1)$ después de alcanzar su máximo pero de forma más lenta que en la clase anterior.
- El consumo en satisfacción de $F = (1, 1, 1, 1)$ (sociedad científica libre) crece rápidamente, mientras que su consumo en represión es casi nulo.

5.4. Conclusiones

Después de analizar los tres tipos concluimos que:

- la degradación ecológica aparece con la dimensión $m = 3$, característica del industrialismo.
- cuando el capitalismo reduce su consumo en represión por debajo de su consumo en satisfacción facilita la aparición de una sociedad científica libre.
- En los tres tipos el consumo en represión del F es muy pequeño (casi nulo), de modo que la superación de la dualidad o la globalización capitalista con una globalización Científica Libre en ningún caso se alcanza mediante la represión.
- La globalización capitalista se alcanza por represión de parte del capitalismo y para que se mantenga se aumenta el consumo en represión por encima de la satisfacción, lo que muestra el carácter represivo de dicho comportamiento social.
- La globalización capitalista resulta ser así una globalización con múltiples efectos negativos, basada en la represión, mientras que la globalización con una sociedad científica libre se basa en la satisfacción.
- Bajo algunas condiciones parece que en los tipos II y III el capitalismo puede llegar a su terminación y el resultado futuro de su transformación sea la globalización con una sociedad científica libre.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Nemiche M and Pla-López R (2002) A Learning Model for the Dual Evolution of Human Social Behaviors. *Kybernetes: The International Journal of Systems and Cybernetics* (in press).
- [2] Nemiche M and Pla-López R (2000) A Model of Dual Evolution of the Humanity. in 2nd International Conference on Sociocybernetics, Panticosa, 25-30 juny (2000).
- [3] Castellar-Busó V (1998), un model sistèmic d' evolució social sostenible Tesis Universitat de València.
- [4] Pla-López R and Vicent Castellar-Busó, "Model of Historical-Geographical Evolution" en R. Trappl ed., *Cybernetics and Systems'94*, World Scientific, vol. I, 1.049-1.056, Singapore (1994).
- [5] David Goldblatt, *Teoria Social e Ambiente Revista THEOMAI* 2001.
- [6] Antxon Mendizabal and sagra lopez, Algunos aspectos del desarrollo capitalista actual, Publicado en *Aldarika: observando de cerca al enemigo. Dossier FMI,BM, GATT. Seminario Erandio* 1,2,3 julio 1994, pp 3-17.
- [7] Carlos Antonio A R, Para una crítica del concepto de Globalización *Revista THEOMAI* 2000.

Capítulo 6

PERSPECTIVAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN Y CUESTIONES ABIERTAS

6.1. Validación Cuantitativa

El modelo simula de forma cualitativa la evolución social dual permitiendo dilucidar tendencias en la evolución que indiquen consecuencias plausibles de determinadas actitudes. Una validación cuantitativa de tipo experimental respecto al tiempo requiere abordar las siguientes dificultades:

1. el modelo incluye generadores de números aleatorios (modelo probabilístico), lo que significa la obtención de resultados diferentes en cada lanzamiento del modelo, y las evoluciones obtenidas son poco validadas respecto a la evolución real de la humanidad.
2. Los únicos datos con los que podemos validar el modelo son esquemas históricos que están sujetos a muchas interpretaciones en cuanto al tiempo que duraba cada comportamiento social.
3. el modelo es bastante abstracto por lo que resulta difícil saber qué datos podrían usarse para su validación cuantitativa.
4. el modelo requiere un nivel de desagregación más alto de algunas relaciones.

6.2. Dualidad Sur/Norte

Con nuestro modelo hemos conseguido una representación satisfactoria de la evolución social y su diversidad en el eje Este/Oeste. pero no representa la diversidad entre un Norte rico y un Sur pobre. Para ello deberemos partir de una población de subsistemas sociales

repartidos sobre la superficie de una esfera (bidimensional) en vez de un círculo. Así se reformularán las relaciones del modelo de forma más compleja y con más coste de computación.

6.3. *Solidaridad Global ante la Represión*

Recordamos que la adaptatividad de la represión en nuestro modelo es local, de modo que en cada subsistema la capacidad represiva de cada comportamiento tiende a adaptarse únicamente a la represión sufrida por dicho comportamiento en el mismo subsistema.

Ahora bien, la acción que produjo el derribo de las Torres Gemelas ha tenido como característica singular el haber sido una agresión local con efectos inmediatamente globales. Ello hace que no pueda ser descrita adecuadamente por nuestro modelo. En éste, en efecto, se trabaja con subsistemas que pueden representar comunidades locales o nacionales de una magnitud comparable, de modo que la respuesta solidaria frente a la represión sólo se produce en el seno del mismo subsistema.

Si aplicáramos nuestro modelo al derribo de las Torres Gemelas, cuyos efectos destructivos se produjeron en Manhattan dentro de la ciudad de New York, podría explicar la generación de una voluntad de respuesta militar entre la ciudadanía de New York o como mucho de los EE.UU. (que sufrieron también la agresión contra el Pentágono en la ciudad de Washington), pero en modo alguno la oleada de reacciones de signo bélico en todo el mundo, o por lo menos en el conjunto de lo que se considera como “Occidente”: aunque en casos como el de Pakistán su alineamiento con los EE.UU. puede haber estado motivado por el temor a sus represalias en caso contrario, en muchos otros casos, especialmente en los países occidentales, la agresión sufrida por la ciudadanía de New York se sintió como propia, moviendo a una reacción solidaria frente a ella. A tal efecto, hemos modificado nuestro modelo modelando este proceso. En la II Reunión Española de Ciencia de Sistemas (RECS-II), València, 12-14 Junio 2002 hemos presentado una nueva versión del modelo al que llamamos “Un modelo de solidaridad global ante la represión”, y que está pediente de un estudio más detallado de su aplicación.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Nemiche M and Pla-López R (2000) A Model of Dual Evolution of the Humanity. in 2nd International Conference on Sociocybernetics, Panticosa, 25-30 july (2000).
- [2] Nemiche M and Pla-López R (2002) A Learning Model for the Dual Evolution of Human Social Behaviors. *Kybernetes: The International Journal of Systems and Cybernetics* (in press).
- [3] Pla-López R and Nemiche M (2002) Consecuencias del ataque a las Torres Gemelas para la evolución de la humanidad. II Reunión Española de Ciencia de Sistemas (RECS-II), València, 12-14 Junio 2002.
- [4] Nemiche M and Caselles A and Lucas I L and Quintero L A and EL Kharraz J(2002) A Systemic Model to Simulate the Training and Employment in “LA COMA”. *Revista Internacional de Sistemas* (in press).
- [5] Quintero L A, Isaac D R, Garrido F G, Nemiche M (2000) Elementos Conceptuales para un Modelo de Usos y Potencialidades del Suelo, Mediante Simulación por Aútomatas Celulares. *Revista Internacional de Sistemas* Vol 10, pp 12-19.
- [6] Nigel Gilbert and Klaus Troitzsch G. (1998), *Simulation for the Social Scientist*. ISBN 0 335 19744 2 by Open University Press.
- [7] Pla-López R and Vicent Castellar-Busó, “Model of Historical-Geographical Evolution” en R. Trappl ed., *Cybernetics and Systems’94*, World Scientific, vol. I, 1.049-1.056, Singapore (1994).

Apéndice A

CÓDIGO DEL MODELO EN LENGUAJE C

```

#include <time.h>
#include <stdio.h>
#include <math.h>

#define mx0 1      /* dimensi inicial */
#define U0  0      /*valor inicial*/
#define mm  4      /* cota superior per a la dimensi mxima */
#define MM 15     /* cota superior per a l'estat mxim=(1<<mm)-1*/
#define FRS 7     /* 1<<(mm-1)-1 */
#define NP 50     /* Poblaci */

#define Dat  "med_.dat"
#define Out  "med_.out"
#define Tau  "med_.tau"
#define Out_ "%s.out"
#define Tau_ "%s.tau"

char imprmx,neonat[NP],peek(),fora,novatau=0; char
fnom[35],cap[31],estat[300],moments[300],fila[300],cr[2]; char
taufila[MM+7][124]; int mx,m[NP],MXz,Mz[NP],NM,S; int
tanatos=20000,progres=10000; int Ka,Kr,Ke,Qc,Ce,MOH; int
mKa,mKr,mKe,mQc,mCe,mMOH,MaKa,MaKr,MaKe; int
MaQc,MaCe,MaMOH,dKa,dKr,dKe,dQc,dCe,dMOH; int
actlMaxU[MM+1],MaxU[MM+1],actlDom[MM+1],MaxDom[MM+1],Smin; long
int T,Ti,dT,F[MM+1][NP],B[NP]; float
ntl[NP],natal[NP],P[MM+1][NP],PIO[MM+1],PI[MM+1][NP]; float
st[MM+1],gas[MM+1],gar[MM+1],rga[MM+1],rs[MM+1],em[MM+1], float
EMz[NP],a[NP],bz[NP]; float
sts[MM+1][NP],ferocitat[MM+1],PR[NP],SR[NP]; float
PRO[mm+1],SRO[mm+1],PG[MM+1][NP],acti[NP],PGM,SPG,mG,sG,mU, float
sU,rGU; float aT[NP],Tr[NP],eT[NP]; float gs,gr,rg; float
imp(int,int,int); float ec0=2*NP,ec,cl,r1,roI,ro[MM+1][NP]; float
ecmin,mGMax,mGmin,rGUmin; FILE *df,*pf,*rf,*tf,*uf;
main() {void

```

```

exit();
char fnomdades[35];
sprintf(cr, " ");
printf("%10s*** Programa MED_ en execuci... ***\n", " ");
sprintf(fnomdades,Dat);
if((df=fopen(fnomdades,"rb, recfm=f, lrecl=80"))==NULL)
    {printf("IMPOSSIBLE OBRIR EL FITXER DE LECTURA Med_ DAT\n");
exit(0);}
fscanf(df,"%d",&mKa); fscanf(df,"%d",&MaKa); fscanf(df,"%d",&dKa);
fscanf(df,"%d",&mKr); fscanf(df,"%d",&MaKr); fscanf(df,"%d",&dKr);
fscanf(df,"%d",&mKe); fscanf(df,"%d",&MaKe); fscanf(df,"%d",&dKe);
fscanf(df,"%d",&mCe); fscanf(df,"%d",&MaCe); fscanf(df,"%d",&dCe);
fscanf(df,"%d",&mQc); fscanf(df,"%d",&MaQc); fscanf(df,"%d",&dQc);
fscanf(df,"%d",&mMOH); fscanf(df,"%d",&MaMOH); fscanf(df,"%d",&dMOH);
fscanf(df,"%ld",&Ti);
fclose(df);
for(Qc=mQc;Qc<=MaQc;Qc+=dQc)
for(Ce=mCe;Ce<=MaCe;Ce+=dCe)
for(Ke=mKe;Ke<=MaKe;Ke+=dKe)
for(Kr=mKr;Kr<=MaKr;Kr+=dKr)
for(Ka=mKa;Ka<=MaKa;Ka+=dKa)
for(MOH=mMOH;MOH<=MaMOH;MOH+=dMOH)
mas();
fclose(tf); copiTAU();
printf("*** TERMINACI ADEQUADA. ***\n"); exit(0);
} /* main */
mas()
{
inici();
valors();
estadistica();
iteracio();
} /* mas */
inici()
{void srand(),exit(); time_t time(); char
fnomtipus[35];
int N,U; short int i;
srand((unsigned int)time(NULL)/2);
sprintf(fnom,"%lx",time(NULL));
sprintf(fnomtipus,Out);
if((pf=fopen(fnomtipus,"wb, recfm=v, lrecl=32756"))==NULL)
    {printf("IMPOSSIBLE OBRIR EL FITXER D'ESCRIPURA Med_ OUT");

```

```

exit(0);}
if(novatau==0)
    {sprintf(fnomtipus,Tau);
    if((tf=fopen(fnomtipus,"wb, recfm=v, lrecl=32756"))==NULL)
        {printf("IMPOSSIBLE OBRIR EL FITXER D'ESCRITURA Med_ TAU");
    exit(0);}
    }
novatau=1;
fora=0; T=0; dT=100; mx=mx0; imprmx=1; MXz=(1<<mx)-1;
ec=ec0; cl=.01*Qc; rl=0; roI=0;
gs=gr=rg=0;
S=NP; ecmin=ec0; mGMax=0; mGmin=1; rGUmin=1;
for(U=0;U<=MM;U++)
    {MaxU[U]=actlMaxU[U]=0; MaxDom[U]=actlDom[U]=0;
    gas[U]=gar[U]=rga[U]=rs[U]=0;}
for(N=0;N<NP;N++)
    {m[N]=mx; Mz[N]=MXz; bz[N]=0; B[N]=0; neonat[N]=1;
    natal[N]=5+161*(NP/2-abs(NP/2-abs(N-NP/4)))/NP;
    for(U=0;U<=MM;U++) {P[U][N]=0; B[N]+=(F[U][N]=natal[N]*(U==U0));}
    } /* N */
} /* inici */
valors() {int U,j,Uj,N;
float cost,forza;
for(U=0;U<=MM;U++)
    { PIO[U]=0; cost=1;
    for(j=0;j<mm;j++)
        {Uj=((U>>j)%2);
        PIO[U]+=Uj;
        if(!Uj) {cost*=mm-1-j; cost/=mm-1;}
    } /* j */
    if((U%2)==0) PIO[U]+=.8;
    PIO[U]/=mm;
    ferocitat[U]=1-cost; forza=(float)2*U/(MM-1);
    st[U]=forza*ferocitat[U];
    em[U]=(float)U/MM;
    PIO[U]-=.02*MM*Ce*forza*cost*PIO[U]/(MM-1);
    if(PIO[U]<0) PIO[U]=0;
    } /* U */
for(N=0;N<NP;N++)
    repressio(N);
} /* valors */
estadistica() {int mj,Mj,U;

```

```

double sqrt();
for(mj=0;mj<=mm;mj++)
  {Mj=(1<<mj)-1; PRO[mj]=0; SRO[mj]=0;
  for(U=0;U<=Mj;U++) {PRO[mj]+=PIO[U]; SRO[mj]+=PIO[U]*PIO[U];}
  PRO[mj]/=Mj+1; SRO[mj]/=Mj+1;
  SRO[mj]=sqrt((double)SRO[mj]-PRO[mj]*PRO[mj]);
  } /* mj */
} /* estadística */
repressio(N)
  int N;
{int U;
  for(U=0;U<=MM;U++) sts[U][N]=st[U];
} /* repressio */
iteracio() {int U;
  avaluacio();
  impressio(); if(fora) return;
  if(T+dT>Ti) {sortida(); return;}
  T+=dT;
  ciencia();
  aprenentatge(); if(fora) return;
  iteracio(); if(fora) return;
} /* iteracio */
avaluacio() {int ER=0,N,NN,U,V,d;
  gs=0;
  for(U=0;U<=MM;U++) {actlMaxU[U]=0; gas[U]=0;}
  for(N=0;N<NP;N++)
    if(B[N]!=0)
      {a[N]=.09; bz[N]=0; aT[N]=0; Tr[N]=0; eT[N]=0;
      for(U=0;U<=MXz;U++)
        {P[U][N]=(float)F[U][N]/B[N]; a[N]-=P[U][N]*U*.18/MM;
        if(P[U][N]>.5) actlMaxU[U]++;
        if((U!=7) && (U!=6) && (U!=MM-1)&&(U!=15)&&(U>3)&&(P[U][N]>.5)&&(.5*ec/NP==1))
          for(V=0;V<=MM;V++)
            {
              sprintf(estat,"%4d %2d %2d %2d %4.2f %2d %2d %2d %2d %2d %2d %4.2f
              %4.2f %4.2f",T,U,N,V,.5*ec/NP,S,Ka,Kr,Ke,Qc,Ce,MOH,P[V][N],PG[V][N],PR[N]);
              sprintf(moments,"%d %d",actlMaxU[U],actlDom[U]);
              sprintf(fila,"%s APA%X %s %s\n",cap,U,estat,moments);
              lTAU(fila);
            }
      aT[N]+=U*P[U][N]; Tr[N]+=(ferocitat[U]+1)*P[U][N];
      eT[N]+=(float)2*U/(MM-1)*(1-ferocitat[U])*(ec0-ec)*P[U][N];

```

```

        if(U>Mz[N]) bz[N]+=P[U][N];
        PI[U][N]=(PIO[U]-ro[U][N])*ec/ec0;
        gs+=PI[U][N]*P[U][N];
        gas[U]+=PI[U][N]*P[U][N];
    } /* U */
    if(m[N]<mm) increment(N);
    aT[N]/=Ka*dT*MM; Tr[N]**=Kr*dT; eT[N]/=Ke*dT;
} /* N */
/* EFECTE REVOLTA */
ER=actlMaxU[4];
for(U=4;U<MM;U++)
    if((U!=FRS) && (U!=6) && (U!=MM-1)) ER+=actlMaxU[U];
if(ER>0) dT=5; else dT=100;
for(U=2;U<=MM;U++)
{
    if(MaxU[U]==0 && actlMaxU[U]>0)
    {
        sprintf(estat,"%4.2f %2d %2d %2d %2d %2d %2d",.5*ec/NP,S,Ka,Kr,Ke,Qc,Ce,MOH);
        sprintf(moments,"%d %d",actlMaxU[U],actlDom[U]);
        sprintf(fila,"%s APA%X %s %s\n",cap,U,estat,moments);
        lTAU(fila);
    }
    if(actlMaxU[U]>=MaxU[U] && actlMaxU[U]>0)
    {
        MaxU[U]=actlMaxU[U];
        sprintf(estat,"%4.2f %2d %2d %2d %2d %2d %2d",.5*ec/NP,S,Ka,Kr,Ke,Qc,Ce,MOH);
        sprintf(moments,"%d %d",actlMaxU[U],actlDom[U]);
        sprintf(taufila[U],"%s MXI%X %s %s\n",cap,U,estat,moments);
    }
    if(MaxDom[U]==0 && actlDom[U]>0)
    {
        sprintf(estat,"%4.2f %2d %2d %2d %2d %2d %2d",.5*ec/NP,S,Ka,Kr,Ke,Qc,Ce,MOH);
        sprintf(moments,"%d %d",actlMaxU[U],actlDom[U]);
        sprintf(fila,"%s ADO%X %s %s\n",cap,U,estat,moments);
        lTAU(fila);
    }
    if(actlDom[U]>=MaxDom[U] && actlDom[U]>0)
    {
        MaxDom[U]=actlDom[U];
    }
    if(ec<=0 & ec==0)
    {
        ec=0; sprintf(estat,"%4.2f %2d %2d %2d %2d %2d %2d",.5*ec/NP,S,Ka,Kr,Ke,Qc,Ce,MOH);
        sprintf(moments,"%d %d",actlMaxU[U],actlDom[U]);
        sprintf(fila,"%s Heca %s %s\n",cap,estat,moments);
        lTAU(fila);
    }
}

```

```

        sortida(); return;
    }

    if(S<=0 && T>0) {S=0; sprintf(estat,"%4.2f %2d %2d %2d %2d %2d
%2d %2d",.5*ec/NP,S,Ka,Kr,Ke,Qc,Ce,MOH);
        sprintf(moments,"%d %d",actlMaxU[U],actlDom[U]);
        sprintf(fila,"%s MDSA %s %s\n",cap,estat,moments);
        lTAU(fila);
        sortida(); return;}

    }
} /* avaluacio */
increment(N)
int N;
{if(rand()+32767*bz[N]+32767*B[N]/progres>=32767)
    {++m[N]; Mz[N]=(1<<m[N])-1; repressio(N);
    if(m[N]>mx) {mx=m[N]; MXz=Mz[N]; imprmx=1;}
    }
} /* increment */
impressio() {int N,U; char linia[124],c[2];
    sprintf(cap,"%s ",fnom); lOUT(cap);
    sprintf(linia,"%4ld ",T); lOUT(linia);
    for(N=0;N<NP;N++)
        {if(B[N]!=0)
            {c[0]='-';
            for(U=0;U<=MXz;U++)
                if(P[U][N]>.5)
                    {sprintf(c,"%X",U);
                    break;
                } /* U */
            }
        else c[0]=' ';
        OUTch(c[0]);
    } /* N */
/*sprintf(estat,"%4.2f %2d %2d %2d %2d %2d %2d %2d",.5*ec/NP,S,Ka,Kr,Ke,Qc,Ce,MOH);*/
    sprintf(estat,"%4.2f %2d %2d %2d %2d %2d %2d %2d",.5*ec/NP,S,Ka,Kr,Ke,Qc,Ce,MOH);
    sprintf(fila,"%s\n",estat); lOUT(fila);
} /* impressio */
aprenentatge() {int U,V,N,NN,d,w;
    float AuxU;
    double sqrt();
    float sigma,cosigma,PL[MM+1],L,VUM,sign[MM+1],kk;
    gr=rg=0;
    mG=sG=mU=sU=rGU=0;

```

```

for(U=0;U<=MM;U++)
{
  act1Dom[U]=0;
  gar[U]=rga[U]=0;rs[U]=0; rs[U]=0;
}
for(N=0;N<NP;N++)
{if(B[N]!=0)
  {L=PGM=SPG=VUM=0;
  for(U=0;U<=MXz;U++)
    {/* REPRESSIO */
    sigma=0; S=0;
    for(NN=0;NN<NP;NN++) if(B[NN]!=0)
      {++S;
      for(V=0;V<=MXz;V++) if(V!=U)
        { d=NP/2-abs(NP/2-abs(NN-N));
        sigma+=P[V][NN]*P[V][NN]*sts[V][NN]*imp(V,NN,N);
        if(sigma<0) {printf("%.2f",sigma); sortida();
          return; }
        }
      } /* NN */
      rs[U]=NP*st[U];
      gr+=sts[U][N]*P[U][N]*ec/ec0;
      gar[U]+=sts[U][N]*P[U][N]*ec/ec0;
      rs[U]+=sts[U][N];
      if(S!=0) sigma/=S; else {sortida(); return;}
      cosigma=1-sigma; sigm[U]=sigma;
      sts[U][N]+=dT*(sigma-sts[U][N])*aT[N];
      PG[U][N]=PI[U][N]*cosigma; if(PG[U][N]<0) PG[U][N]=0;
      /* COMUNICACIO CIENTIFICA */
      PL[U]=P[U][N];
      for(NN=0;NN<NP;NN++) if(NN!=N)
        if(B[NN]!=0)
          { d=NP/2-abs(NP/2-abs(NN-N));
          for(V=0;V<=MXz;V++)
            PL[U]+=EMz[N]*P[U][NN]*EMz[NN]*P[V][NN]*imp(V,NN,N);}
      L+=PL[U]; PGM+=PG[U][N]*PL[U];
      SPG+=PG[U][N]*PG[U][N]*PL[U];
      AuxU=(float)U; VUM+=AuxU*P[U][N];
      /*printf("%ld %d %d %.2f \n",T,N,U,PG[U][N]); */
    }/* U printf("\n");*/
    acti[N]=PG[0][N];
    for(w=1;w<=MXz;w++)

```

```

if(PG[w][N]>acti[N]) acti[N]=PG[w][N];
for(U=2;U<=MXz;U++)
if(P[U][N]>0.5 && PG[U][N]==acti[N]) actlDom[U]++;
PGM/=L; SPG/=L; SPG-=PGM*PGM;
if(SPG<0) SPG=0;
SPG=sqrt((double)SPG);
mG+=PGM; sG+=PGM*PGM; mU+=VUM; sU+=VUM*VUM; rGU+=PGM*VUM;
B[N]=0;
/* RESIGNACIO */
if(neonat[N]) {PR[N]=PRO[m[N]]; SR[N]=SRO[m[N]]; neonat[N]=0;}
else {PR[N]+=dT*(PGM-PR[N])/Tr[N];
      SR[N]+=dT*(SPG-SR[N])/Tr[N];}
/*SISTEMA NATURAL */
if (ec/ec0<1)
{ntl[N]=2+(natal[N]/(-20*(ec/ec0)*(ec/ec0)+25));
natal[N]+=(ntl[N]-natal[N])/MOH;}
/* APRENTATGE INDIVIDUAL */
for(U=0;U<=MXz;U++)
  {if(SR[N]>.0001)
    F[U][N]+=2*dT*(PG[U][N]-PR[N])*PL[U]*SRO[m[N]]/SR[N];
    F[U][N]*=(F[U][N]>0);
    B[N]+=F[U][N];
  } /* U */
NM=N;
}
/* REPRODUCCIO */
if(rand()+32767*a[N]+32767*(1-a[N])*B[N]/tanatos>=32767)
  {if(B[N]==0)
    {short NN=N; while(B[NN]==0) NN=(NN+1)%NP;
    m[N]=m[NN]; Mz[N]=(1<<m[N])-1;
    }
  for(U=0;U<=MXz;U++) F[U][N]=natal[N]*(U<=Mz[N]);
  B[N]=natal[N]*(Mz[N]+1);
  repressio(N);
  neonat[N]=1;
}
} /* N */
if(S!=0)
{mG/=S; sG/=S; sG-=mG*mG;
mU/=S; sU/=S; sU-=mU*mU;
rGU/=S; rGU-=mG*mU;
if(sG<0) sG=0;

```

```

    sG=sqrt((double)sG);
    if(sU<0) sU=0;
    sU=sqrt((double)sU);
    if(sG*sU>0) {rGU/=sG; rGU/=sU;} else rGU=1;
}
/* RECICLATGE */
rl=(cl*ec<ec0-ec+gs+gr)?(cl*ec):(ec0-ec+gs+gr);
roI=(ec0-ec-rl+gs+gr); if(roI>ec0) roI=ec0;
if (roI<0 ) roI=0;
for(U=0;U<=MXz;U++)
    for(N=0;N<NP;N++)
        {if(S!=0) ro[U][N]=eT[N]*roI/(ec0*S);
        if(ro[U][N]<0) ro[U][N]=0;
        if(ro[U][N]>PIO[U]) ro[U][N]=PIO[U];
        if(B[N]!=0)
            { P[U][N]=(float)F[U][N]/B[N];
            rg+=ro[U][N]*P[U][N];
            rga[U]+=ro[U][N]*P[U][N];}
        } /* N */
ec+=rl+rg-gs-gr;
if(ec>ec0) ec=ec0;
if(ec<0) ec=0;
} /* aprenentage */
ciencia() {short N,U;
for(N=0;N<NP;N++) if(B[N]!=0)
    {EMz[N]=0;
    for(U=0;U<=MXz;U++) EMz[N]+=P[U][N]*em[U];
    } /* N */
} /* ciencia */
sortida() {char fnomtipus[35];
    taula();
    fora=1;
    fclose(pf);
    copiOUT();
    return;
} /* sortida */
copiOUT() {char fnomtipus[35];
    sprintf(fnomtipus,Out);
    if((pf=fopen(fnomtipus,"rb, recfm=v, lrecl=32756"))==NULL)
        {printf("IMPOSSIBLE OBRIR EL FITXER DE LECTURA Med_ OUT");
        exit(0);}
    sprintf(fnomtipus,Out_,fnom);

```

```

if((rf=fopen(fnomtipus,"wb, recfm=v, lrecl=32756"))==NULL)
    {printf("IMPOSSIBLE OBRIR EL FITXER D'ESCRITURA OUT"); exit(0);}
while(!feof(pf)) putc(getc(pf),rf);
fclose(pf); fclose(rf);
} /* copiOUT */
copiTAU() {char fnomtipus[35];
    sprintf(fnomtipus,Tau);
    if((tf=fopen(fnomtipus,"rb, recfm=v, lrecl=32756"))==NULL)
        {printf("IMPOSSIBLE OBRIR EL FITXER DE LECTURA Med_ TAU");
        exit(0);}
    sprintf(fnomtipus,Tau_,fnom);
    if((uf=fopen(fnomtipus,"wb, recfm=v, lrecl=32756"))==NULL)
        {printf("IMPOSSIBLE OBRIR EL FITXER D'ESCRITURA TAU"); exit(0);}
    while(!feof(tf)) putc(getc(tf),uf);
    fclose(tf); fclose(uf);
}
lOUT(filaa)
    char *filaa;
{int L;
    for(L=0;L<strlen(filaa);L++) OUTch(filaa[L]);
} /* lOUT */
lTAU(filaa)
    char *filaa;
{int L;
    for(L=0;L<strlen(filaa);L++) TAUch(filaa[L]);
} /* lTAU */
OUTch(c)
    char c;
{fputc(c,pf);} /* OUTch */
TAUch(c)
    char c;
{fputc(c,tf);}
float imp(U,M,N)
    int U,N,M;
{int d;
    float dis,c,dis1,c1;
    d=NP/2-abs(NP/2-abs(M-N));
    if (U==0) return 10*(!d);
    dis=(float)2*U/3;
    dis1=(float)U/2;
    c=(float)d/dis;c1=(float)d/dis1;
    if(U/2==1 && U<=15) return (c*exp(-.5*c*c)*(U*exp(-.5*U*U/8.064)*6.124+.15))/1.32;
}

```

```
    if(U%2==0 && U<=15) return (natal[N]*exp(-.5*c1*c1)*(2.3019*exp(-.5*U*U/7.25)+U/21));
}
taula() {int U;
for(U=1;U<=MM;U++)
{if(MaxU[U]>0 & MaxDom[U]>0 ) lTAU(taufila[U]);}
printf(estat,"%4ld",T);
printf(fila,"%s FINI  %s\n",cap,estat);
lTAU(fila);
} /* taula */
/* fin de MEEd .C */
```