

EXTERNALIDADES DE RED
EN LA ECONOMÍA DIGITAL

Introducción a la modelización de mercados de redes
mediante la teoría de sistemas dinámicos

JOSÉ LUIS ARROYO BARRIGÜETE

**EXTERNALIDADES DE RED
EN LA ECONOMÍA DIGITAL**

**Introducción a la modelización
de mercados de redes mediante
la teoría de sistemas dinámicos**

FUNDACIÓN RAFAEL DEL PINO

MARCIAL PONS, EDICIONES JURÍDICAS Y SOCIALES, S. A.
MADRID 2007 BARCELONA

Quedan rigurosamente prohibidas, sin la autorización escrita de los titulares del «Copy-right», bajo las sanciones establecidas en las leyes, la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio o procedimiento, comprendidos la reprografía y el tratamiento informático, y la distribución de ejemplares de ella mediante alquiler o préstamo públicos.

© José Luis Arroyo Barrigüete

© Fundación Rafael del Pino

© MARCIAL PONS
EDICIONES JURÍDICAS Y SOCIALES, S. A.

San Sotero, 6 - 28037 MADRID

☎ (91) 304 33 03

ISBN: 978-84-9768-380-7

Depósito legal: 2007

Diseño de la cubierta: Álvaro Reyero

Fotocomposición: JOSUR TRATAMIENTO DE TEXTOS, S. L.

Impresión: ELECÉ, INDUSTRIA GRÁFICA, S. L.

Polígono El Nogal

Río Tiétar, 24 - 28110 Algete (Madrid)

MADRID, 2007

*«La naturaleza interdisciplinar de los conceptos, modelos
y principios aplicados a sistemas proporciona una posible
aproximación hacia la unificación de la ciencia»*

*Ludwig Von BERTALANFFY
Academy of Management Journal (1972)*

A mis padres

ÍNDICE

	<u>Pág.</u>
PRESENTACIÓN	19
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN	
ESTRUCTURA DEL LIBRO	24
CAPÍTULO II	
EXTERNALIDADES DE RED: CONCEPTOS BÁSICOS	
1. INTRODUCCIÓN	27
2. REALIMENTACIÓN EN ECONOMÍA: CONCEPTOS GENERALES	28
3. QUÉ SON LAS EXTERNALIDADES DE RED	31
A) Consecuencias de la existencia de Externalidades de Red	32
4. TIPOS DE EXTERNALIDADES DE RED	37
5. CONCLUSIONES	40
CAPÍTULO III	
EXTERNALIDADES DE RED: CONCEPTOS AVANZADOS	
1. INTRODUCCIÓN	41
2. LA LEY DE METCALFE	42
3. LA CURVA DE DEMANDA DE UNA TECNOLOGÍA SUJETA A EFECTOS DE RED	45
A) El concepto de masa crítica de usuarios	48

	<u>Pág.</u>
4. EVOLUCIÓN TEMPORAL DE UNA TECNOLOGÍA SUJETA A EFECTOS DE RED	49
5. FACTORES DETERMINANTES DEL ÉXITO DE UNA TECNOLOGÍA SUJETA A EFECTOS DE RED	51
A) Precio	51
B) Expectativas de éxito	52
C) Productos complementarios	55
D) Recapitulación: Factores clave para el éxito de una tecnología sujeta a Efectos de Red.....	56
6. ESTRATEGIAS EN MERCADOS SUJETOS A EFECTOS DE RED	57
A) Transición controlada.....	60
B) Apuesta por las prestaciones.....	61
C) Innovación controlada.....	61
D) Transición abierta	61
E) Discontinuidad	62
F) Innovación abierta.....	62
G) Selección de estrategias	62
7. EL PROBLEMA DE LA MODELIZACIÓN DE MERCADOS DE REDES	63
8. CONCLUSIONES.....	65

CAPÍTULO IV

INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS DINÁMICOS

1. INTRODUCCIÓN	67
2. SISTEMAS DINÁMICOS: CONCEPTOS GENERALES	68
3. ATRACTORES	71
4. SISTEMAS CAÓTICOS	75
5. MÉTODOS DE RESOLUCIÓN NUMÉRICA DE ECUACIONES DIFERENCIALES ORDINARIAS	80
A) El Método de la Serie de Taylor.....	81
B) El Método de Euler.....	82
C) Los métodos de Runge-Kutta	82
a) Runge-Kutta de segundo orden ($p = 2$)	83
b) Runge-Kutta de cuarto orden ($p = 4$)	83
D) Otros métodos.....	84
6. CONCLUSIONES.....	85

CAPÍTULO V

MODELOS UNIDIMENSIONALES (DIFUSIÓN)

1. INTRODUCCIÓN	87
2. MODELOS DE DIFUSIÓN DE TIPO SIGMOIDAL: ELEMENTOS BÁSICOS	89
3. MODELOS DE DIFUSIÓN DE TIPO SIGMOIDAL: UNA REVISIÓN TEÓRICA	92
A) Modelo Gompertz	93
B) Modelo Gaussiano	96
C) Modelo Log-Normal	97
CH) Modelo Weibull	97
D) Modelo Log-Recíproco	98
E) Modelo Gamma	99
F) Modelo Beta	100
G) Modelo de Singh y Maddala.....	100
H) Modelo Adaptativo Polinómico	101
I) Modelo Logístico Básico.....	101
J) Modelo Logístico Local.....	103
K) Modelo Logístico de Chow.....	104
L) Modelo de Paloheimo y Dickie	105
M) Modelo de Bass	105
N) Modelo de Bass con deserciones	108
Ñ) Modelo de Bass con tres etapas.....	109
O) Modelo de Bass con efectos publicitarios	109
P) Modelo de Floyd.....	111
Q) Modelo de Sharif y Kabir	111
R) Modelo Stanford	112
S) Modelo de Jeuland.....	112
T) Modelo FLOG	113
U) Modelo NUI.....	114
V) Modelo NSRL.....	115
W) Modelo de Bertalanffy	115
X) Modelo de Birch	116
Y) Modelo de Michaelis-Mentel Generalizado.....	117
Z) Otros modelos.....	117
a) Modelo KKKI.....	117
b) Modelo de Harvey	118
c) Modelo de Nicholson	118
d) Modelo de De Cesare y Di Liddo	120
4. CLASIFICACIÓN Y SÍNTESIS DE MODELOS DE DIFUSIÓN ...	122
5. EXTENSIONES DE LOS MODELOS DE DIFUSIÓN	131
6. CONCLUSIONES.....	131

CAPÍTULO VI
MODELOS MULTIDIMENSIONALES
(COMPETENCIA)

1. INTRODUCCIÓN.....	133
2. MODELOS DEPREDADOR-PRESA.....	136
A) Modelo Lotka-Volterra depredador-presa sin competencia intraespecífica.....	136
B) Modelo Lotka-Volterra depredador-presa con competencia intraespecífica.....	138
C) Modelos depredador-presa avanzados.....	139
3. MODELOS DE COMPETENCIA INTERESPECÍFICA.....	140
A) Modelo Lotka-Volterra de competencia interespecífica.....	140
B) Modelo de Mahajan y Peterson.....	146
C) Modelo de Altinkemer <i>et al.</i>	146
4. MODELOS DE MUTUALISMO.....	147
A) Lotka-Volterra de simbiosis sin competencia intraespecífica....	148
B) Lotka-Volterra de simbiosis con competencia intraespecífica...	148
C) Otros modelos.....	149
5. MODELOS DE INFECCIÓN.....	150
A) El modelo SI con transmisión dependiente de la densidad.....	150
B) El modelo SIR.....	151
C) El modelo SIR con transmisión dependiente de la densidad.....	153
D) El modelo dependiente de la edad.....	153
6. OTROS MODELOS.....	154
7. CONCLUSIONES.....	155

CAPÍTULO VII
ALGUNOS EJEMPLOS

1. INTRODUCCIÓN.....	157
2. MODELO BASE.....	158
A) Generalización del modelo Gompertz.....	158
B) Generalización del modelo logístico: ecuaciones de Lotka-Volterra.....	162
3. EJEMPLO 1: ALGUNAS MEJORAS AL MODELO DE LOTKA-VOLTERRA.....	163
A) Incorporación de los efectos de la congestión.....	166
B) Evolución sigmoïdal.....	167
C) Tendencia a la adopción de un único estándar.....	169
D) Sensibilidad a las condiciones iniciales.....	170
E) Efectos de la congestión.....	172
F) Conclusiones del modelo.....	174

	<u>Pág.</u>
4. EJEMPLO 2: EFECTO DE LOS PRODUCTOS COMPLEMENTARIOS	174
A) Característica 1	176
B) Característica 2	177
C) Característica 3	178
D) Característica 4	180
E) Conclusiones del modelo	181
5. CONCLUSIONES.....	182

CAPÍTULO VIII

CONCLUSIONES

1. IMPLICACIONES ACADÉMICAS Y DIRECTIVAS	184
A) Implicaciones directivas.....	184
B) Implicaciones académicas.....	184
2. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.....	185
A) Marco teórico.....	185
B) Desarrollo de modelos explicativos/predictivos.....	186
BIBLIOGRAFÍA	187
ANEXOS	209

ANEXO 1

TRABAJANDO CON «R»

1. UTILIZANDO LOS MODELOS DE DIFUSIÓN EN LA PRÁCTICA	210
--	-----

ANEXO 2

ALGUNOS EJEMPLOS

1. MENSAJERÍA INSTANTÁNEA	217
2. SISTEMAS OPERATIVOS.....	218
A) Windows y Linux.....	219
3. TECNOLOGÍAS DE VÍDEO.....	220
A) Betamax vs. VHS.....	220
4. EL FAX.....	222

ÍNDICE DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
Figura 1.1: Esquema del libro	25
Figura 2.1: Esquema de un Sistema con Realimentación Negativa.....	28
Figura 2.2: Esquema de un Sistema con Realimentación Positiva.....	30
Figura 2.3: Sistema con feedforward y feedforward con feedback.....	31
Figura 2.4: Realimentación positiva en los mercados de redes.....	34
Figura 2.5: Home de neurona.com	38
Figura 2.6: Home de linkedin.com	38
Figura 3.1: Curva de demanda de una tecnología sujeta a Efectos de Red	45
Figura 3.2: Construcción de la curva de demanda de una tecnología sujeta a Efectos de Red	46
Figura 3.3: Diferentes curvas de demanda de una tecnología sujeta a Efectos de Red	48
Figura 3.4: Masa crítica de usuarios	49
Figura 3.5: Difusión de una tecnología sujeta a Realimentación Positiva	50
Figura 3.6: Interdependencia entre fabricantes y proveedores de productos complementarios.....	56
Figura 3.7: Factores clave del éxito de una tecnología sujeta a Efectos de Red	56
Figura 3.8: Estrategias en mercados con Efectos de Red.....	57
Figura 3.9: Proceso de selección de estrategias	63
Figura 3.10: Estrategias en mercados con Efectos de Red: Dificultad Vs Beneficios potenciales.....	64
Figura 4.1: Ejemplo de punto fijo	72
Figura 4.2: Ejemplo de atractor periódico.....	72
Figura 4.3: Atractor Cuasi Periódico o Toro	73
Figura 4.4: Atractor extraño de Rössler.....	75

	<u>Pág.</u>
Figura 4.5: Sensibilidad a las condiciones iniciales en sistemas caóticos	76
Figura 4.6: Comportamiento de la ecuación de Mackey-Glass para distintos valores de uno de sus parámetros.....	79
Figura 5.1: Categorías de adoptantes para un proceso de difusión de tipo sigmooidal según Rogers (1962: 162).....	90
Figura 5.2: Distribución de frecuencias no acumuladas para un proceso de difusión según el modelo de Bass	91
Figura 5.3: Modelo Gompertz Básico	95
Figura 5.4: Comportamiento de distintos modelos de difusión.....	99
Figura 5.5: Velocidad de difusión de las ecuaciones logística y Gompertz	103
Figura 5.6: Distintos comportamientos de la ecuación de Nicholson	120
Figura 5.7: Relaciones entre los modelos estudiados (I).....	126
Figura 5.8: Relaciones entre los modelos estudiados (II)	127
Figura 5.9: Unificación de los modelos estudiados (I).....	128
Figura 5.10: Unificación de los modelos estudiados (II)	129
Figura 5.11: Unificación de los modelos estudiados (III)	130
Figura 6.1: Diferentes tipos de relación entre estándares tecnológicos...	134
Figura 6.2: Comportamiento de la ecuación de Lotka-Volterra depredador-presa sin competencia intraespecífica ($a = 0.9$, $b = 0.1$, $c = 0.05$, $d = 0.6$).....	137
Figura 6.3: Formulaciones alternativas para la respuesta de los depredadores a cambios en la densidad de presas.....	139
Figura 6.4: Modelo Lotka-Volterra de competencia interespecífica: escenario 1	142
Figura 6.5: Modelo Lotka-Volterra de competencia interespecífica: escenario 2	143
Figura 6.6: Modelo Lotka-Volterra de competencia interespecífica: escenario 3	143
Figura 6.7: Modelo Lotka-Volterra de competencia interespecífica: escenario 4	144
Figura 6.8: Comportamiento del sistema Lotka-Volterra de competencia interespecífica para cierta combinación de parámetros y 3 tecnologías	145
Figura 6.9: Esquema de un proceso SI con transmisión dependiente de la densidad	150
Figura 6.10: Evolución de un sistema SIR	152
Figura 6.11: Proceso SIR con transmisión dependiente de la densidad...	153
Figura 7.1: Evolución sigmooidal del modelo de competencia tipo Gompertz (I)	160
Figura 7.2: Evolución sigmooidal del modelo de competencia tipo Gompertz (II)	161
Figura 7.3: Evolución sigmooidal del modelo de competencia tipo Gompertz (III).....	161

	Pág.
Figura 7.4: Evolución sigmoïdal del modelo de Lotka-Volterra	163
Figura 7.5: Proceso de sustitución de un estándar instalado según las ecuaciones de Lotka-Volterra modificadas.....	165
Figura 7.6: Evolución sigmoïdal de las ecuaciones de Lotka-Volterra modificadas incorporando la Ley de Metcalfe Modificada.....	168
Figura 7.7: Equilibrio final del modelo para distintos valores de sus coeficientes r_i	169
Figura 7.8: Equilibrio final del modelo para distintos valores de los coeficientes r_i partiendo de condiciones iniciales diferentes: planteamiento teórico	170
Figura 7.9: Equilibrio final del modelo para distintos valores de los coeficientes r_i partiendo de condiciones iniciales diferentes: predicción del modelo.....	171
Figura 7.10: Comparación del modelo de Lotka-Volterra modificado y el modelo propuesto.....	173
Figura 7.11: Evolución temporal del modelo para diferentes puntos de inicio de las externalidades de congestión	173
Figura 7.12: Evolución temporal de un estándar sujeto a efectos de red (condiciones 1a y 1b).....	176
Figura 7.13: Equilibrio final del modelo para distintos valores de sus coeficientes EP (condición 2a).....	177
Figura 7.14: Equilibrio final del modelo para distintos valores de sus coeficientes (condiciones 2b a 2e)	179
Figura 7.15: Equilibrio final del modelo para distintos valores de los coeficientes EP partiendo de condiciones iniciales diferentes (condición 3).....	180
Figura 7.16: Equilibrio final del modelo para distintos valores de los coeficientes EP en el caso de productos complementarios diferentes (condición 4a)	181
Figura ANEXO 1. 1: Home de r-project	209
Figura ANEXO 2. 1: Reproductores de vídeo del formato Betamax y VHS.....	221

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 5.1: Síntesis de modelos de difusión estudiados (I)	122
Tabla ANEXO 1. 1: Evolución del número de Host de Internet	211
Tabla ANEXO 1. 2: Contraste de hipótesis para el modelo Bass	213
Tabla ANEXO 1. 3: Comparación de los diferentes modelos según el ER.	214

PRESENTACIÓN

La globalización de las modernas economías de mercado ha alterado de forma significativa las conductas empresariales y ha fomentado la utilización de las nuevas tecnologías. La competencia ha alcanzado una nueva dimensión y los mercados relevantes han ampliado su dimensión territorial. El mundo económico es más grande pero las distancias tienen una dimensión temporal menor. En este nuevo marco, las Tecnologías de la Información y de las Comunicaciones (TIC) revisten una importancia especial pues, al reducir de forma significativa el coste de obtención de la información y, en consecuencia, el coste de los procesos productivos, inciden directa o indirectamente en la competitividad empresarial. Poco a poco, las TIC van adquiriendo la característica de bienes básicos, tal como los definió P. SRAFFA.

Con este marco conceptual como referencia, José Luis ARROYO ha abordado un tema tan complejo como las Externalidades de Red. Es sabido que la existencia de redes ha tenido un impacto directo sobre el concepto de posición de dominio y su eventual abuso pues, con independencia de los beneficios que las redes compartidas por una gran proporción de usuarios puedan tener sobre los usuarios de las mismas, el eventual dominio de una red o de algunas redes con frecuencia es transitorio ya que resulta permanentemente amenazado por la posible irrupción en el mercado de una nueva red que pueda dejar sin opciones competitivas a los incumbentes menos eficientes.

El estudio de estas cuestiones no es sencillo y requiere conocimientos robustos y diversos. El autor las ha abordado con energía y con un sólido andamiaje teórico, alejándose de la tradición, tan cómoda pero, también, tan poco creativa. Los instrumentos habituales no han sido sufi-

cientes. Ha sido necesario aventurarse por los complejos vericuetos de las ciencias (la biología matemática, por ejemplo) para encontrar nuevos instrumentos de análisis que permitan adentrarse por el laberinto teórico de los Sistemas Dinámicos.

Al final, toda la estructura construida en las diversas secciones del libro permite abordar la apasionante cuestión de las interacciones competitivas y cooperativas, preludio de una modelización rica en matices y prometedora como referencia de un modo moderno de entender la actividad empresarial en un mundo nuevo. Como complemento necesario, la investigación discurre acompañada de una auténtica enciclopedia de referencias teóricas y modelos.

Todo ello hace que el trabajo realizado sea un claro ejemplo del tipo de investigación que debe realizarse en nuestras universidades: elegir un tema de actualidad y llevar a cabo una investigación valiente con aportaciones significativas.

Algo todavía escaso, que justifica la colaboración de la **Fundación Rafael del Pino** con el trabajo de José Luis ARROYO y pone de manifiesto que el camino iniciado por el investigador debe proseguir en busca de nuevos resultados.

Amadeo PETITBÒ

Director de la Fundación Rafael del Pino