

## **Desarrollo y validación por simulación numérica de un modelo de competencia tecnológica en presencia de efectos de red**

**José Ignacio López Sánchez<sup>1</sup>, José Luis Arroyo Barrigüete<sup>1</sup>,**

<sup>1</sup> Dpto. de Organización de Empresas. Universidad Complutense de Madrid. Campus de Somosaguas, 28223 Madrid. [jilopez@ccee.ucm.es](mailto:jilopez@ccee.ucm.es), [jarroyo@ccee.ucm.es](mailto:jarroyo@ccee.ucm.es)

### **Resumen**

*El objetivo de esta ponencia es proponer un modelo de competencia entre estándares tecnológicos sujetos a efectos de red. Partiendo del modelo de Lotka-Volterra se introducirán algunas mejoras que permiten reflejar de forma más precisa la naturaleza de los efectos de red. La validación del modelo, que se ha realizado por simulación numérica, confirma que su comportamiento coincide en gran medida con el observado en mercados reales.*

**Palabras clave:** Externalidades de Red, competencia, tecnología, sistemas dinámicos.

### **1. Introducción**

La extraordinaria presencia de las denominadas externalidades de red en los mercados electrónicos ha provocado un espectacular incremento de la investigación en este campo, aunque la mayoría de los trabajos adoptan un enfoque muy teórico que limita su aplicación práctica a la organización de empresas.

Por este motivo se pretende definir un modelo de competencia tecnológica que recoja la esencia del fenómeno desde una perspectiva empresarial. Puesto que este tipo de sistemas evoluciona según un proceso realimentado positivamente, la teoría de sistemas dinámicos surge de forma natural como una técnica de modelización muy adecuada en este contexto (ver Arroyo Barrigüete y López Sánchez, 2004), y éste será el enfoque adoptado en el presente trabajo.

### **2. Externalidades de Red: conceptos generales**

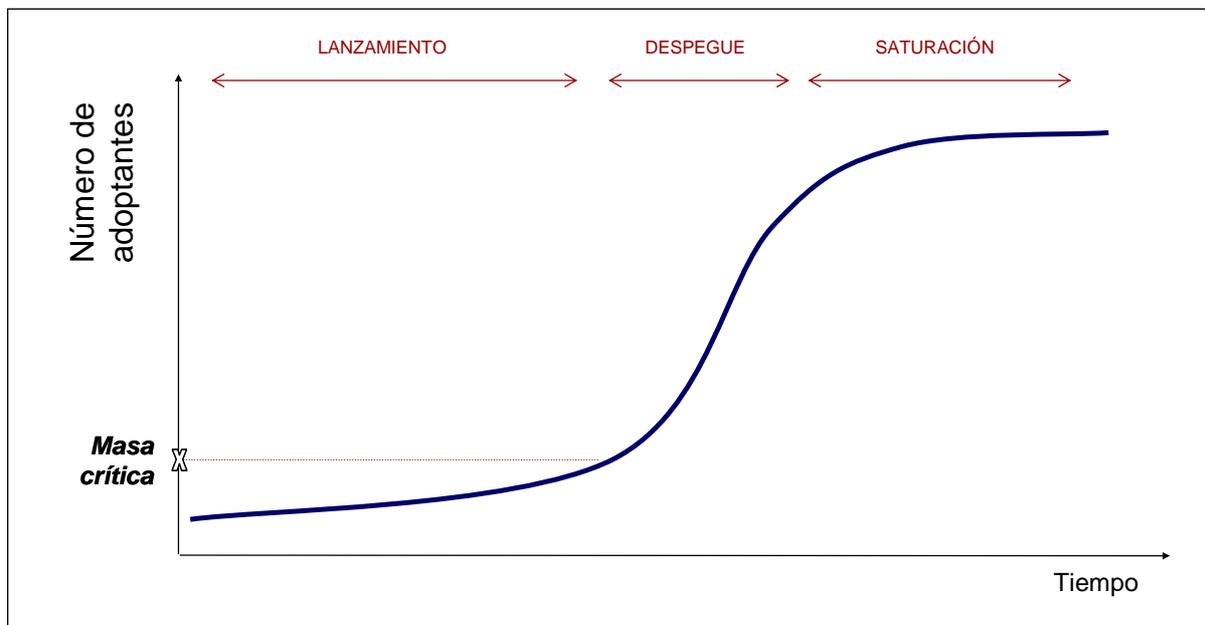
Una de las características más relevantes en el contexto de la Economía Digital son las denominadas externalidades o efectos de red (ver por ejemplo McGee y Sammut, 2002; Amit y Zott, 2001; Besen y Farrell, 1994) que Katz y Shapiro (1985) definen como “el incremento de utilidad que obtiene un usuario del consumo de un producto a medida que se incrementa el número de usuarios que consumen ese mismo producto”. Aunque dichas externalidades no son exclusivas de los mercados electrónicos, es en éstos en los que se manifiestan con una frecuencia mucho mayor que en otro tipo de mercados. Como afirman Shapiro y Varian (1999: 165) “Hay una diferencia fundamental entre la “nueva” y la “antigua” economía: la vieja economía industrial estaba impulsada por las economías de escala; la nueva economía de la información está impulsada por la economía de las redes”.

Puesto que en otra ponencia presentada en este mismo congreso se tratarán en detalle las características y consecuencias de los efectos de red, nos limitaremos en este caso a plantear muy sucintamente los elementos más característicos de los mercados de redes.

## 2.1. Evolución temporal de tipo sigmoïdal

Los mercados de redes suelen seguir una evolución temporal en forma sigmoïdal (ver por ejemplo Pérez Prado y Passás Ogallar, 2004; Economides, 2003; Shapiro y Varian, 1999: página 170; Loch y Huberman, 1999). En una primera fase el crecimiento es bastante lento y está representado por una curva prácticamente plana. En una segunda fase, cuando la red alcanza la denominada masa crítica, se produce un crecimiento brusco debido a que empieza a manifestarse la realimentación positiva como consecuencia de los efectos de red. En la tercera fase, el crecimiento se ralentiza y el número de usuarios se estabiliza, llegando el mercado a la madurez.

Por tanto la masa crítica, que puede definirse como el tamaño mínimo de la red para que a los potenciales usuarios les compense incorporarse (Rohlf's, 1974; Oren y Smith, 1982; Oren *et al.*, 1982), resulta un elemento clave para comprender la evolución de este tipo de mercados.



**Figura 1.** Evolución temporal de un producto sujeto a efectos de red (Fuente: Adaptado de Shapiro y Varian, 1999: página 170)

## 2.2. Tendencia a la adopción de un único estándar

Otra característica de los mercados de redes en los que los distintos competidores adoptan estándares o plataformas tecnológicas incompatibles, es que existe una tendencia natural a la formación de posiciones marcadamente desiguales en cuanto a cuota de mercado y beneficios (*the winner takes all*). Son mercados en los que el ganador se lleva todo, o casi todo (Economides, 2003 y 2000; McGee y Sammut, 2002; Varadarajan y Yadav, 2002; Amit y Zott, 2001). Este fenómeno económico es conocido como *tipping*.

Por tanto la tecnología ganadora evolucionará según una curva de tipo sigmoïdal mientras que las demás serán eliminadas por completo o quedarán reducidas a una cuota de mercado residual.

### 2.3. Sensibilidad a las condiciones iniciales

Debido precisamente a la realimentación positiva, los mercados de redes presentan sensibilidad a las condiciones iniciales: pequeñas diferencias en las cuotas de mercado iniciales pueden suponer una gran diferencia en la evolución de cada una de las tecnologías (Schilling, 2002 y 1998; Wade, 1995; Arthur, 1989 y 1990). Esto, unido a otra serie de factores, hace que un determinado producto pueda hacerse con la totalidad del mercado eliminando a otros tecnológicamente superiores, como ocurrió por ejemplo en el caso de los vídeos VHS y Betamax (McGee y Sammut, 2002).

### 2.4. Externalidades de congestión

Otro elemento a considerar es que en estos mercados pueden aparecer problemas de congestión, de modo que a partir de un cierto tamaño el valor que aporta cada nuevo usuario sea negativo, ya que dificulta al resto de usuarios sus actividades con los recursos compartidos (Zodrow, 2003). Algunos autores como Westland (1992) han denominado a este tipo de efectos externalidades de congestión, y distintos investigadores (Sohn *et al.*, 2002; Gupta *et al.*, 2000; Westland, 1992) han estudiado la necesidad de introducir una adecuada política de precios por el uso de las redes de comunicación (p.e. Internet) para evitar precisamente dichos problemas.

## 3. Planteamiento de un modelo de competencia tecnológica en presencia de efectos de red

Las ecuaciones de Lotka-Volterra, empleadas anteriormente para modelizar esquemas de competencia en presencia de efectos de red (ver Arroyo Barrigüete y López Sánchez, 2004), presentan buenas propiedades matemáticas, aunque también adolecen de ciertos defectos que es posible subsanar. Estas ecuaciones presentan la siguiente estructura:

$$\frac{dx_i}{dt} = r_i \cdot x_i \cdot (1 - x_i) - x_i \cdot \sum_{j \neq i} a_{ij} \cdot x_j$$
$$r_i, a_{ij} > 0 \quad \forall i, j$$
$$i = 1, 2, \dots, n$$
(1)

donde  $x_i$  representa la cuota de mercado en tanto por uno de cada uno de los estándares tecnológicos en competencia. Siguiendo a Arroyo Barrigüete y López Sánchez (2004) los parámetros  $r_i$  recogen las características internas de las tecnologías, de modo que su valor depende del precio, expectativas de éxito generadas y fortaleza de sus productos complementarios. Por otra parte los parámetros  $a_{ij}$  reflejan la intensidad de la competencia. Puesto que estudiar las propiedades analíticas del modelo general resulta sumamente complejo, nos centraremos en el caso de competencia entre dos tecnologías. Las ecuaciones de Lotka-Volterra en este caso quedan expresadas del siguiente modo:

$$\frac{dx_1}{dt} = r_1 \cdot x_1 \cdot (1 - x_1) - a_{12} \cdot x_1 \cdot x_2$$
$$\frac{dx_2}{dt} = r_2 \cdot x_2 \cdot (1 - x_2) - a_{21} \cdot x_1 \cdot x_2$$
(2)
$$r_1, r_2, a_{12}, a_{21} > 0$$

### 3.1. Mejoras básicas al modelo

Sin embargo este modelo presenta ciertos problemas de interpretación. En primer lugar estas ecuaciones permiten, en función de los valores de sus parámetros ( $r_1 > a_{12}, r_2 > a_{21}$ ), situaciones de baja competencia en las que los distintos estándares alcanzan una situación de equilibrio competitivo. En estos casos, varios estándares pueden mantener, a largo plazo y de forma simultánea, cuotas de mercado elevadas, lo que no coincide con lo observado en mercados reales. Por otra parte bajo determinadas circunstancias ( $r_1 > a_{12}, r_2 < a_{21}$  o  $r_1 < a_{12}, r_2 > a_{21}$ ) no aparece la ya mencionada sensibilidad a las condiciones iniciales, puesto que el estado final de equilibrio no depende en absoluto de las cuotas iniciales de mercado. Todos estos problemas pueden solucionarse de forma relativamente sencilla mediante una reparametrización del modelo:

$$\begin{aligned}\frac{dx_1}{dt} &= r_1 \cdot x_1 \cdot (1 - x_1 - x_2) - a_{12} \cdot x_1 \cdot x_2 \\ \frac{dx_2}{dt} &= r_2 \cdot x_2 \cdot (1 - x_1 - x_2) - a_{21} \cdot x_1 \cdot x_2\end{aligned}\tag{3}$$

$r_1, r_2, a_{12}, a_{21} > 0$

Este modelo, que de hecho es equivalente al original de Lotka-Volterra imponiendo condiciones de competencia intensa ( $r_1 < a_{12}, r_2 < a_{21}$ ), presenta ya un comportamiento del tipo *winner takes all*, la suma de cuotas de mercado es siempre menor o igual a 1 y exhibe sensibilidad a las condiciones iniciales, ya que el estado final de equilibrio viene determinado tanto por los valores de los parámetros (características propias de cada estándar) como por las cuotas de mercado iniciales.

### 3.2. Incorporación de los efectos de la congestión

Otro problema de las ecuaciones empleadas por Arroyo Barrigüete y López Sánchez (2004) es que no incorporan en modo alguno la posibilidad de que aparezcan externalidades de congestión. Las ecuaciones de Lotka-Volterra modificadas (3) incluyen el término,  $r_1 \cdot x_1 \cdot (1 - x_1 - x_2)$ , en la velocidad de difusión de la tecnología  $x_1$ , y una expresión equivalente aparece en el caso de la tecnología  $x_2$ . Este término supone un crecimiento de tipo logístico de la cuota de mercado de la tecnología, e indica que la velocidad de crecimiento es proporcional a la cuota de mercado en el instante considerado,  $x_1$ , y al mercado potencial que todavía no ha sido satisfecho,  $(1 - x_1 - x_2)$ . Precisamente el término  $x_1$  puede ser modificado para incorporar los efectos de la congestión.

En lugar de considerar que la velocidad de difusión es proporcional al número de adoptantes en cada instante considerado, es posible emplear una función convexa que recoja de este modo el hecho de que a partir de un cierto tamaño, el valor que aporta cada nuevo usuario es negativo. La función más simple que puede formularse en este sentido es un polinomio de segundo grado del tipo  $x_1 - c \cdot x_1^2$ , de modo que a partir del punto  $x_c = 1/(2 \cdot c)$ , cada usuario adicional hace disminuir el valor para el resto de usuarios al dificultar el acceso a los recursos compartidos. Por otra parte, hasta alcanzar dicho punto, la función es creciente pero con incrementos marginales decrecientes, lo que es compatible con la literatura teórica

desarrollada sobre la creación de valor en redes (ver por ejemplo Odlyzko y Tilly, 2005; Zodrow, 2003; Odlyzko, 2000).

### 3.3. Formulación del modelo

El nuevo modelo, incorporando las modificaciones indicadas, puede formularse del siguiente modo:

$$\begin{aligned}\frac{dx_1}{dt} &= r_1 \cdot (x_1 - c_1 \cdot x_1^2) \cdot (1 - x_1 - x_2) - a_{12} \cdot x_1 \cdot x_2 \\ \frac{dx_2}{dt} &= r_2 \cdot (x_2 - c_2 \cdot x_2^2) \cdot (1 - x_1 - x_2) - a_{21} \cdot x_1 \cdot x_2\end{aligned}\quad (4)$$

$$r_1, r_2, c_1, c_2, a_{12}, a_{21} > 0$$

Generalizando dichas ecuaciones al caso  $n$ -dimensional (competencia entre  $n$  estándares tecnológicos) obtenemos la siguiente expresión.

$$\frac{dx_i}{dt} = r_i \cdot (x_i - c_i \cdot x_i^2) \cdot \left(1 - \sum_{j=1}^n x_j\right) - x_i \cdot \sum_{j \neq i} a_{ij} \cdot x_j$$

$$i = 1, 2, \dots, n \quad (5)$$

$$r_i, c_i, a_{ij} > 0 \quad \forall i, j$$

Incluso en el caso más sencillo de dos estándares diferentes, que se analizarán a continuación, es sumamente complejo estudiar analíticamente las propiedades del modelo. Por ello se hace necesario recurrir a la simulación numérica para verificar que, efectivamente, presenta las características propias de los esquemas de competencia reales en presencia de efectos de red. En este sentido a continuación se mostrarán los resultados obtenidos en diferentes simulaciones para validar las propiedades identificadas en el apartado 2.

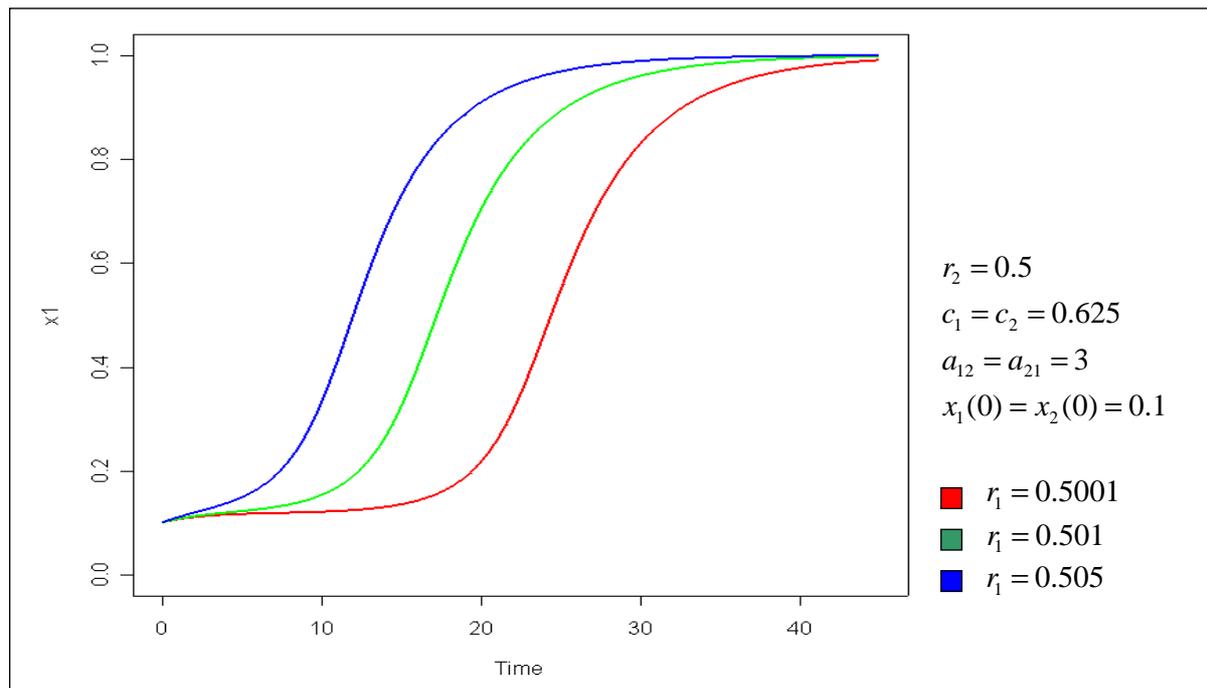
## 4. Validación empírica del modelo

Aunque lógicamente los algoritmos de simulación son diferentes en cada caso, en todos ellos se ha empleado el método de Runge-Kutta de orden 4 con paso  $h = 0.001$  para la resolución numérica de las ecuaciones. Dadas las limitaciones de espacio, nos centraremos en el modelo de competencia entre dos estándares (4), dejando a investigaciones posteriores el estudio de modelos más complejos.

### 4.1. Evolución temporal de tipo sigmoïdal

Como ya se ha indicado anteriormente, la evolución temporal del estándar tecnológico vencedor ha de ser de tipo sigmoïdal, y cuanto mayor sea la diferencia entre los estándares rivales, más rápido deberá ser el proceso de adopción. La figura 2 muestra los resultados obtenidos tras resolver el modelo (4) para diferentes valores de los parámetros, considerando que las externalidades de congestión aparecen cuando la cuota de mercado alcanza el 80% (de modo que  $c_1 = c_2 = 0.625$ ). Se observa que efectivamente la evolución del estándar tecnológicamente superior es de tipo sigmoïdal y que el proceso de adopción es más rápido cuanto mayor sea la diferencia respecto al estándar rival.

Aunque en esta figura se muestran los resultados para unos valores determinados, cualquier otra combinación de parámetros en torno a los valores considerados genera resultados similares en cuanto a la evolución sigmoide de la cuota de mercado, aunque obviamente la velocidad de adopción será diferente. Por ejemplo, si el nivel de competencia disminuye (menores coeficientes  $a_{ij}$ ) el proceso de monopolización será más lento, permitiendo que ambos estándares coexistan durante un mayor periodo de tiempo. Es decir, la etapa de lanzamiento hasta que una de las tecnologías alcanza la masa crítica es, en este caso, mayor. Por tanto queda comprobado que la evolución temporal que predice el modelo coincide con la que cabría esperar según lo recogido en la literatura.



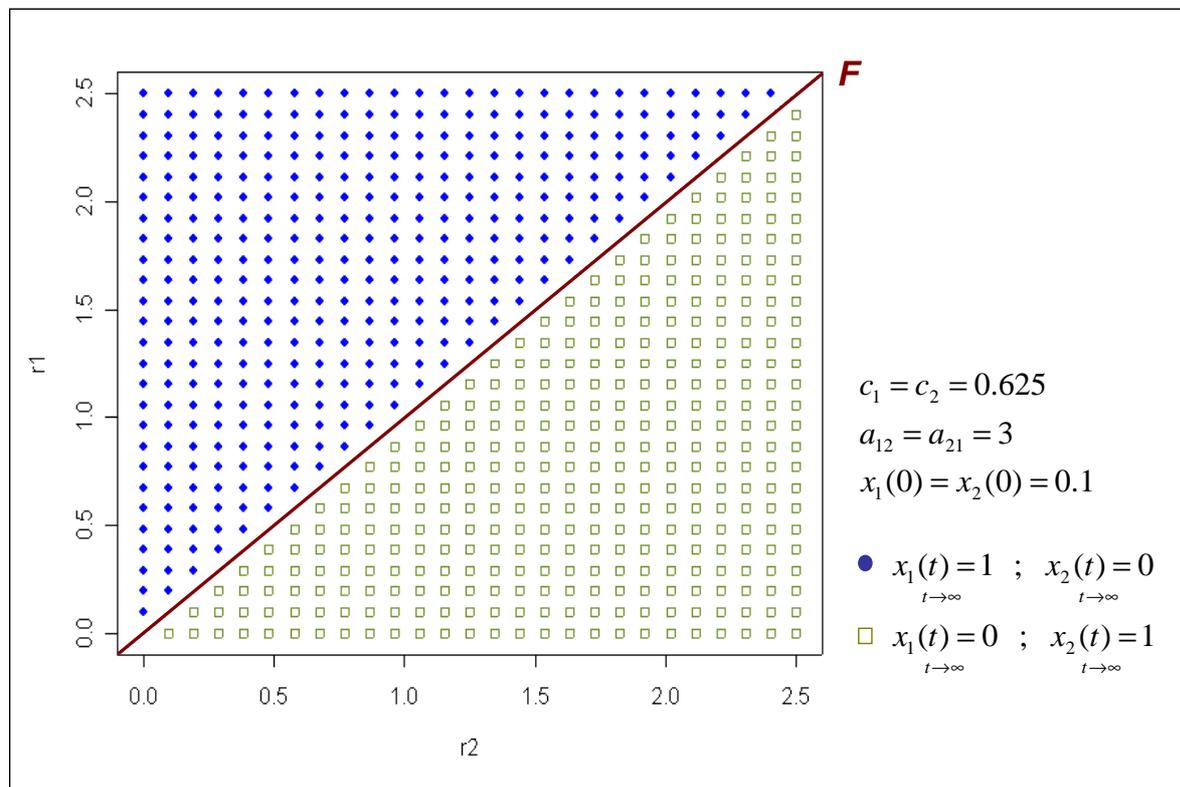
**Figura 2.** Evolución temporal del estándar 1 para determinados valores de sus parámetros (Fuente: Elaboración propia. Algoritmo programado en “R”)

#### 4.2. Tendencia a la adopción de un único estándar

El modelo ha de exhibir a largo plazo un comportamiento del tipo *winner takes all*. Por tanto, cualquier diferencia en los valores de los parámetros debe dar lugar, tras un tiempo suficientemente largo, a la adopción de un único estándar. Para verificar que el modelo muestra este comportamiento, se ha programado un algoritmo que resuelve el sistema (4) para distintos valores de los coeficientes  $r_i$ , calculándose la cuota de mercado de cada uno de los estándares tras un tiempo suficientemente largo. La figura 3 representa el estado final que predice el modelo en función de los coeficientes  $r_i$  de cada una de las tecnologías. En los casos en que el estándar  $x_1$  logra eliminar al  $x_2$  se muestra un círculo, dibujando un cuadrado en el caso contrario.

Como puede observarse, la menor diferencia entre los valores de  $r_1$  y  $r_2$  hace que el estándar con mayor coeficiente elimine al estándar rival. Sólo las combinaciones de parámetros situadas sobre la línea  $F$ , que muestra el conjunto de estados en los que ambos estándares tienen parámetros idénticos, dan lugar a situaciones de equilibrio en las que es posible una coexistencia de los dos a largo plazo.

Aunque la figura 2 muestra una comparación entre los parámetros  $r_i$ , idénticos resultados se obtienen para los parámetros  $a_{ij}$  y para las cuotas de mercado iniciales. Por tanto queda probado que el modelo efectivamente muestra un comportamiento en el que, a largo plazo, se produce la adopción de una única tecnología, tal y como sucede en los mercados en los que aparecen efectos de red. Sólo sería posible una coexistencia en el caso de que los dos estándares sean exactamente iguales en todas sus características, algo que en la práctica es sumamente improbable.



**Figura 3.** Equilibrio final del modelo para distintos valores de sus coeficientes  $r_i$  (Fuente: Elaboración propia. Algoritmo programado en “R”)

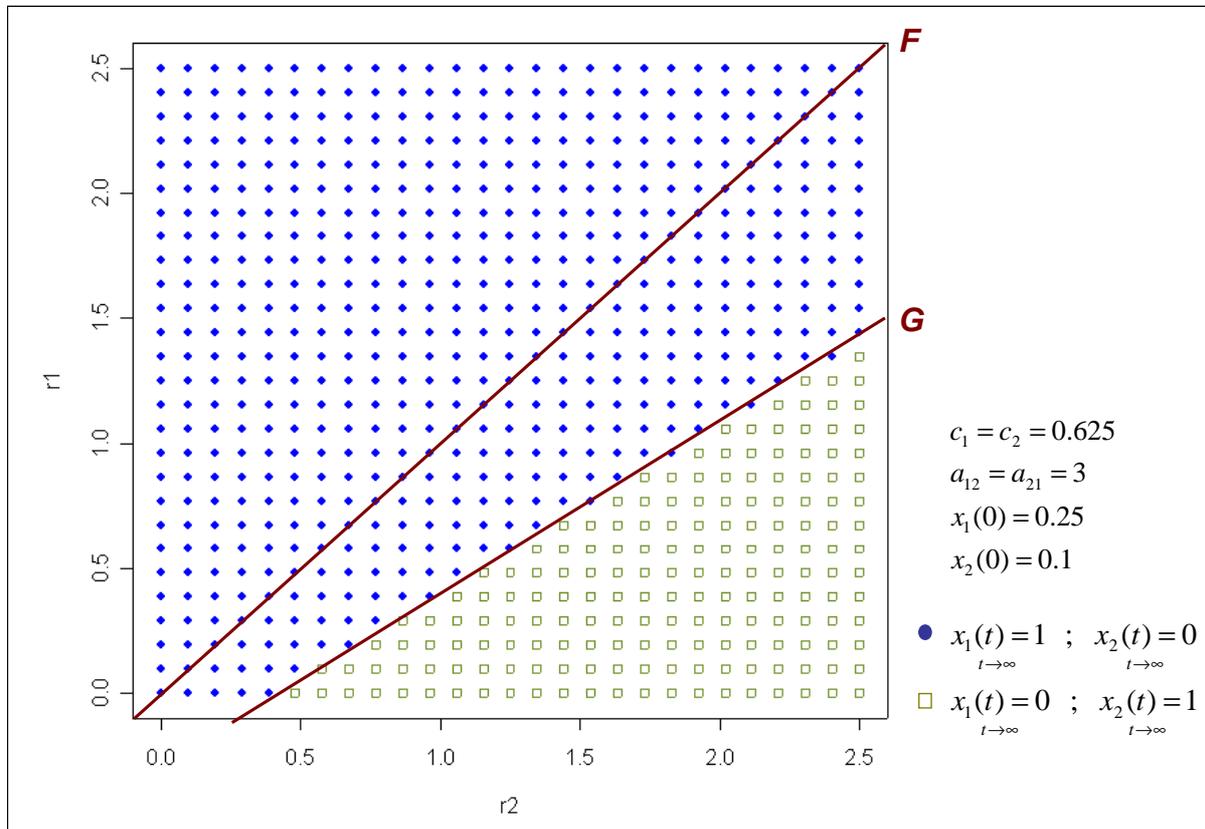
### 4.3. Sensibilidad a las condiciones iniciales

El modelo debe presentar sensibilidad a las condiciones iniciales, de modo que un estándar tecnológicamente inferior pueda resultar vencedor si parte de una mejor situación inicial. Esto también implica que cuanto más asentada esté una tecnología (mayor cuota de mercado) más difícil será que una nueva tecnología logre sustituirla.

Desde el punto de vista teórico cabría esperar que, cuando el estándar  $x_1$  cuenta con una cuota de mercado inicial superior a la de  $x_2$ , el primero podrá resultar vencedor en la batalla de estándares incluso en situaciones en las que sus parámetros son inferiores. Es decir, podría producirse la adopción de un estándar tecnológicamente inferior.

En la figura 4 se muestran los resultados obtenidos con la correspondiente simulación. La región entre las rectas  $F$  y  $G$  corresponde a situaciones en las que, pese a ser el estándar 1 inferior al 2 ( $r_1 < r_2$ ) resulta vencedor merced a una cuota de mercado inicial superior. Por tanto el comportamiento del modelo coincide con lo que cabría esperar desde un punto de vista teórico. Es preciso mencionar que aparece un efecto interesante: la recta  $G$  no sólo está

desplaza hacia abajo como era de esperar, sino que además presenta una menor pendiente que  $F$ . Es decir, el modelo predice que cuanto mayor sea el valor de los parámetros  $r_i$ , más acusado será el efecto de la cuota de mercado inicial. O expresado de otro modo, en una batalla de estándares cuanto mejores sean las tecnologías en competencia (mayores valores de los parámetros  $r_i$ ), más importante resulta la cuota de mercado inicial de cada una de ellas.



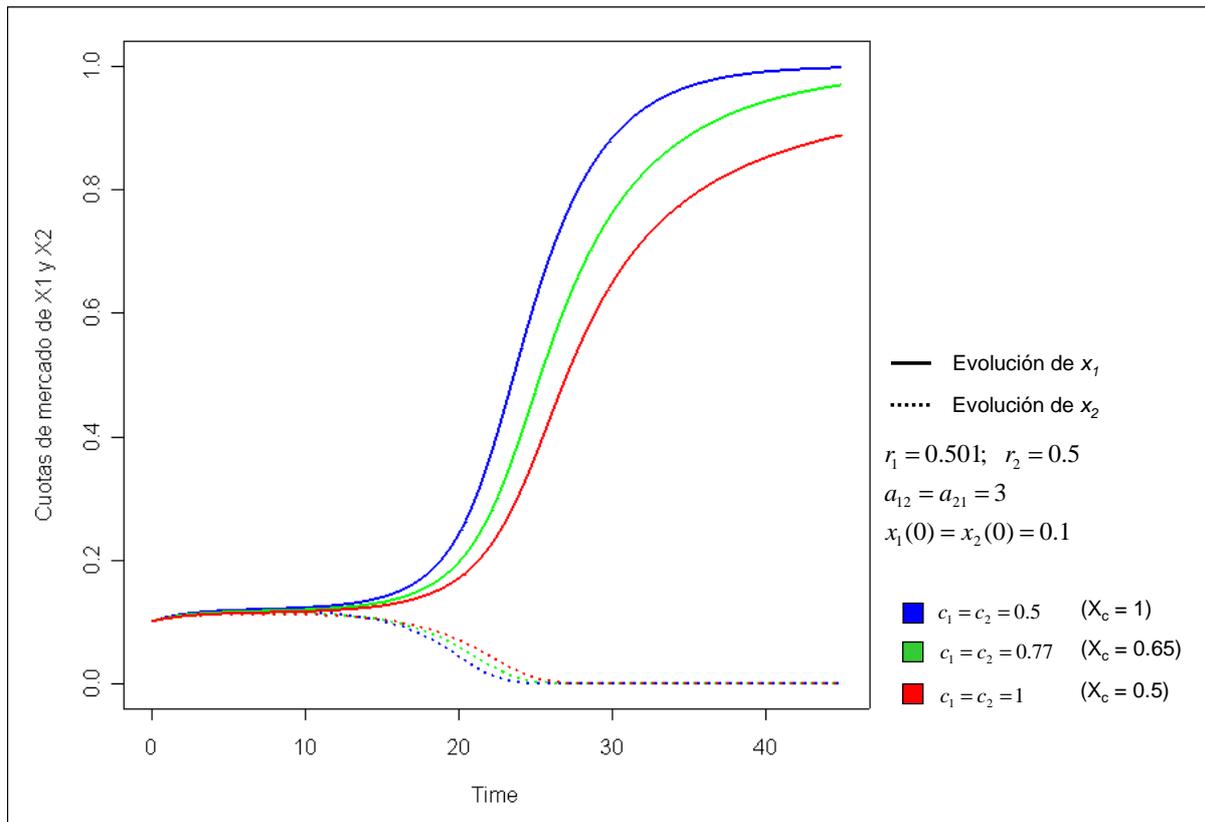
**Figura 4.** Equilibrio final del modelo para distintos valores de los coeficientes  $r_i$  partiendo de condiciones iniciales diferentes: predicción del modelo (Fuente: Elaboración propia. Algoritmo programado en “R”)

#### 4.4. Externalidades de congestión

Como ya se ha indicado, a partir del tamaño en que se producen externalidades de congestión, cada usuario adicional aporta un valor negativo. Esto hará que la velocidad de adopción en las etapas finales se ralentice considerablemente, que es cuando sus efectos son mayores. La figura 5 compara la evolución del modelo (4) en tres situaciones diferentes: no se producen externalidades de congestión ( $c_1 = c_2 = 0.5$ ), éstas aparecen al alcanzarse el 65% de la cuota de mercado ( $c_1 = c_2 = 0.77$ ), y la congestión se produce al alcanzarse el 50% de la cuota de mercado ( $c_1 = c_2 = 1$ ). Es preciso destacar dos aspectos de esta figura:

- Tal y como cabría esperar, el punto en el que aparecen las externalidades de congestión tiene una influencia mucho mayor en la evolución del estándar vencedor ( $x_1$ ) que en la del perdedor ( $x_2$ ), ya que este último desaparece del mercado antes de que los efectos de la congestión sean apreciables.
- En lo que respecta al estándar vencedor, el tamaño de la red para el que se inician las externalidades de congestión tiene una gran influencia en el proceso de adopción, especialmente en las etapas finales. Inicialmente las diferencias son mínimas, pero al

aumentar la cuota de mercado los efectos de la congestión empiezan a hacerse patentes, y las diferencias entre los tres escenarios estudiados se incrementa de forma progresiva.



**Figura 5.** Evolución temporal del modelo (4) para diferentes puntos de inicio de las externalidades de congestión (Fuente: Elaboración propia. Algoritmo programado en “R”)

Por tanto, el modelo propuesto mejora al sistema de Lotka-Volterra, ya que permite introducir de forma sencilla (con un único parámetro) los efectos de la congestión, que quedan reflejados en una ralentización del proceso de adopción en las etapas finales.

## 5. Conclusiones.

A lo largo de este trabajo hemos introducido un nuevo modelo de competencia tecnológica en presencia de efectos de red. Su validación por simulación numérica garantiza que, al menos dentro del rango de valores considerado, dicho modelo presenta las características más relevantes que aparecen en sistemas reales: evolución de tipo sigmoideal, tendencia hacia la adopción de un único estándar (*winner takes all*), sensibilidad a las condiciones iniciales y externalidades de congestión.

La principal limitación de este trabajo es que, dadas las restricciones de espacio, sólo ha podido validarse el caso particular de competencia entre dos estándares. Sin embargo, a fin de lograr una adecuada comprensión de las propiedades del modelo, es necesario que éste sea validado para dimensión mayor que dos. En estos casos el estudio puede ser más complicado ya que podrían aparecer ciclos límites y toros, y al no ser aplicable el teorema de Poincaré-Bendixon, el modelo podría incluso manifestar un comportamiento caótico. Algunas simulaciones, desarrolladas dentro de un rango de valores similar al empleado en el presente trabajo, indican que no aparece ninguno de estos elementos, pero es preciso un estudio más detallado para confirmarlo.

Como futuras líneas de investigación, además de estudiar el comportamiento del modelo para escenarios de dimensión superior a dos, sería conveniente avanzar en la formulación del efecto de los productos complementarios, ya que el modelo actual lo incorpora a través de un coeficiente que permanece constante cuando su propia naturaleza sugiere un carácter dinámico.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a la Fundación Rafael del Pino la financiación de este trabajo.

## Referencias

- Amit, R.; Zott, C. (2001). Value Creation in e-Business. *Strategic Management Journal*, Vol. 22, pp. 493–520.
- Arroyo Barrigüete, J.L. ; López Sánchez, J.I. (2004). Externalidades de Red en la Economía Digital. *Comunicación oral en el XIV Congreso Nacional ACEDE*. Murcia, 19-21 de Septiembre.
- Arthur, B.W. (1990). Positive Feedbacks in the Economy. *Scientific American*, Vol. 262, pp. 92-99.
- Arthur, B.W. (1989). Competing Technologies, Increasing Returns and Lock-in by Historical Events. *The Economic Journal*, Vol. 99, pp. 116-131.
- Besen, M.S.; Farrell, J. (1994). Choosing How to Compete: Strategies and Tactics in Standardization. *The Journal of Economic Perspectives*, Vol. 8, No. 2, pp. 117-131.
- Economides, N. (2003). *Competition Policy in Network Industries: An Introduction*. En *The New Economy: Just How New Is It*. University of Chicago Press.
- Economides, N. (2000). Notes on Network Economics and the New Economy. Lecture Notes, Stern School of Business. (en <http://www.stern.nyu.edu/networks/exmba/netnotes2000.pdf> )
- Gupta, A.; Jukic, B.; Stahl, D.O.; Whinston, A.B. (2000). Extracting Consumer's Private Information for Implementing Incentive-Compatible Internet Traffic Pricing. *Journal of Management Information Systems*, Vol. 17, No. 1, pp. 9-29.
- Katz, M.L.; Shapiro, C. (1985). Network Externalities, Competition and Compatibility. *The American Economic Review*, Vol. 75, No. 3, pp. 424-440.
- Loch, C.H.; Huberman, B.A. (1999). A Punctuated-Equilibrium Model of Technology Diffusion. *Management Science*, Vol. 45, No. 2, pp. 160-177.
- McGee, J.; Sammut, T.A. (2002). Network Industries in the New Economy. *European Business Journal*, Vol. 14, No. 3, pp. 116-132.
- Oren, S.; Smith, S.; Wilson, R. (1982). Nonlinear Pricing in Markets with Interdependent Demand. *Marketing Science*, Vol. 1, No. 3, pp. 287-313.
- Oren, S.; Smith, S. (1982). Nonlinear Pricing and Network Externalities in Telecommunications. *6th International Conference on Computer Communication*.
- Odlyzko, M.; Tilly, B. (2005). A refutation of Metcalfe's Law and a better estimate for the value of networks and network interconnections. Working Paper (Disponible en <http://www.dtc.umn.edu/~odlyzko/doc/metcalfe.pdf>)
- Odlyzko, M. (2000). The history of communications and its implications for the Internet, Working Paper (Disponible en <http://www.dtc.umn.edu/~odlyzko/doc/recent.html>).
- Pérez Prado, J.M.; Passás Ogallar (2004), J. Efectos de red y competencia en mercados de nuevas tecnologías de la información, *Gaceta Jurídica de la Unión Europea y de la Competencia*, nº 230

- Rohlf, J. (1974). A Theory of Interdependent Demand for a Communication Service. *The Bell Journal of Economics and Management Science*, Vol. 5, No. 1, pp. 16-37.
- Schilling, M.A. (2002). Technology Success and Failure in Winner-Take-All Markets: the Impact of Learning Orientation, Timing and Network Externalities. *Academy of Management Journal*, Vol. 45, No. 2, pp. 387-398.
- Schilling, M.A. (1998). Technological Lockout: An Integrative Model of the Economic and Strategic Factors Driving Technology Success and Failure. *Academy of Management Review*, Vol. 23, No. 2, pp. 267-284.
- Shapiro, C.; Varian, H.R. (1999). *El Dominio de la Información. Una Guía Estratégica para la Economía de la Red*. Antoni Bosch.
- Sohn, Y.S.; Joun, H.; Chang, D.R. (2002). A Model of Consumer Information Search and Online Network Externalities. *Journal of Interactive Marketing*, Vol. 16, No. 4, pp. 2-14.
- Varadarajan, P.R.; Yadav, M.S. (2002). Marketing Strategy and the Internet: An Organizing Framework. *Academy of Marketing Science*, Vol. 30, No. 4, pp. 296-312.
- Wade, J. (1995). Dynamics of Organizational Communities and Technological Bandwagons: An Empirical Investigation of Community Evolution in the Microprocessor Market. *Strategic Management Journal*, Special Issue, Vol. 16, pp. 111-133.
- Westland, J.C. (1992). Congestion and Network Externalities in the Short Run Pricing of Information System Services. *Management Science*, Vol. 38, No. 7, pp. 992-1.009.
- Zodrow, G.R. (2003). Network Externalities and Indirect Tax Preferences for Electronic Commerce. *International Tax and Public Finance*, Vol. 10, No. 1, pp. 79-97.