



Munich Personal RePEc Archive

## **Network externalities and demand estimation**

Merino Troncoso, Carlos

UNED

1 March 2012

Online at <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/110277/>

MPRA Paper No. 110277, posted 13 May 2022 13:29 UTC

## Network externalities and demand estimation

### Abstract

*The aim of this article is to theoretically build a demand curve characterized by network externalities and study whether empirical evidence supports the theoretical form of it. Secondly, several possible equilibriums are analyzed assuming different behaviors of companies in the presence of these externalities.*

### 1.- Introducción

El estudio es aplicable a multitud de mercados con externalidades de red, especialmente todos aquellos asociados a internet (incluyendo teléfono, e-mail, Internet, hardware, software, video, tarjetas de crédito).

De acuerdo con Baraldi (2008) se pueden definir mercados con externalidades de red como aquellos donde la utilidad derivada del consumo o suscripción a una red depende del número de consumidores que consumen ese producto (o están suscritos a una red). (véase Liebowitz y Margolis, 1995a<sup>1</sup>). Así, nadie se suscribiría a una red de telefonía, fax, email o internet por ejemplo si no hay ningún usuario dado de alta en ese servicio.

En estos mercados los productores suelen operar con economías de escala (así la producción de software conlleva enormes inversiones iniciales si bien el coste de

---

<sup>1</sup> Estos autores consideran la definición anterior como efecto de red, mientras que externalidad de red es un caso particular donde además se produce un fallo de mercado consistente en que los participantes en el mercado no son capaces de internalizar el beneficio generado por un nuevo actor. En mercados donde se logra internalizar estos beneficios no existirían externalidades, sólo efectos de red.

producir un CD ROM o distribuirlo por internet es casi nulo), y los consumidores se pueden ver atrapados en una tecnología concreta (un sistema operativo por ejemplo, Windows, Unix, Apple, etc.) dados los elevados costes que les supondría cambiarse a otra tecnología (costes conocidos como switch costs).

La presencia de externalidades y rendimientos crecientes a escala implica que en estos mercados no se cumple el primer teorema fundamental de la economía del bienestar (un equilibrio general competitivo es un óptimo de Pareto).

## **2.- Contribuciones de la teoría económica a los mercados con externalidades de red**

La existencia de interdependencias entre consumidores ha sido analizada ya desde hace tiempo en economía Veblen (1899) y Leibenstein (1950), al ser la economía tradicional incapaz de explicar determinados comportamientos de los consumidores, concretamente que algunos consumidores tenían en cuenta a la hora de consumir un producto si otros consumidores también consumían o no ese producto.

Con el desarrollo de las telecomunicaciones y la informática surge el estudio de las externalidades que provocan a un consumidor el que otros consumidores se adhieran a una red (externalidad directa de red). Rohlfs, (1974), fue el primero en modelizar una curva de demanda en presencia de externalidades de red. Katz y Shapiro, (1985) la aplicaron para analizar un oligopolio de Cournot con externalidades de red, y definieron un punto de Equilibrio conocido como FECE (Equilibrio de Cournot en el que todos los agentes cumplen sus expectativas).

La literatura sobre externalidades de red ha distinguido las externalidades de red directas, como las que tienen lugar en cualquier red de telecomunicaciones (p.ej. las redes de fax, teléfono, internet, son útiles y más demandadas cuantos más usuarios estén conectados) de las indirectas cuando no afectan directamente a los usuarios pero si incentivan la inversión y el desarrollo de nuevas

aplicaciones (p.ej. si más usuarios utilizan un hardware determinado se desarrollarán más aplicaciones de software para este hardware), véase Katz y Shapiro (1985). Hay numerosos mercados en el que se observa la existencia de estas externalidades (TV, telecomunicaciones, redes sociales, sistemas operativos, etc.)

En ellos, la compatibilidad es esencial para aprovechar estas externalidades y muchos de los comportamientos anticompetitivos observados en el mercado se concentran en limitar esta compatibilidad por medio por ejemplo de licencias restrictivas que permiten a las empresas disfrutar de situaciones monopolísticas (el caso de las licencias end-user de los fabricantes de Software).

Desde un punto de vista dinámico, la competencia es agresiva en los momentos iniciales, pero una vez adoptada un tipo de tecnología es difícil el trasvase de usuarios hacia otras tecnologías (por ejemplo, el teclado QWERTY una vez adoptado por una base extensa de usuarios hace casi imposible su sustitución por otro más eficiente como el DVORAK) Por tanto, los oferentes compiten en un primer momento por lograr una base extensa de usuarios que utilicen su tecnología (puede ser un sistema operativo, por ejemplo) una vez lograda es muy difícil que los usuarios cambien a otra tecnología por los costes de aprendizaje que conllevan.

En este contexto, una vez logrado una base de usuarios crítica, el incentivo del propietario de la red es que su tecnología sea incompatible (el caso del software Microsoft, por ejemplo) evitando así la competencia de otros posibles oferentes.

Otro efecto que se manifiesta en estos mercados son los switch costs o costes de cambio de una tecnología a otra, véase Farrel y Klemperer (2007). Los usuarios una vez acostumbrados a un paquete de software, por ejemplo, serán reacios a cambiar a otra tecnología por los costes de aprendizaje que suponen (los consumidores se encuentran cautivos o “locked-in”). En este contexto, el

propietario de esta tecnología fijará precios mayores y obtendrá mayores beneficios ante la escasa competencia existente.

La presencia de estas externalidades de red, y efectos lock-in llevan a que los mercados resultantes no sean competitivos sino *imperfectos o oligopolísticos*.

### **3.- Curva de demanda en presencia de externalidades de red<sup>2</sup>**

Katz y Shapiro desarrollan un modelo estático con 2 empresas que compiten en cantidades y producen bienes idénticos con un coste marginal constante e idéntico. El bien genera externalidades de red para los demandantes. De forma resumida podemos explicar este modelo:

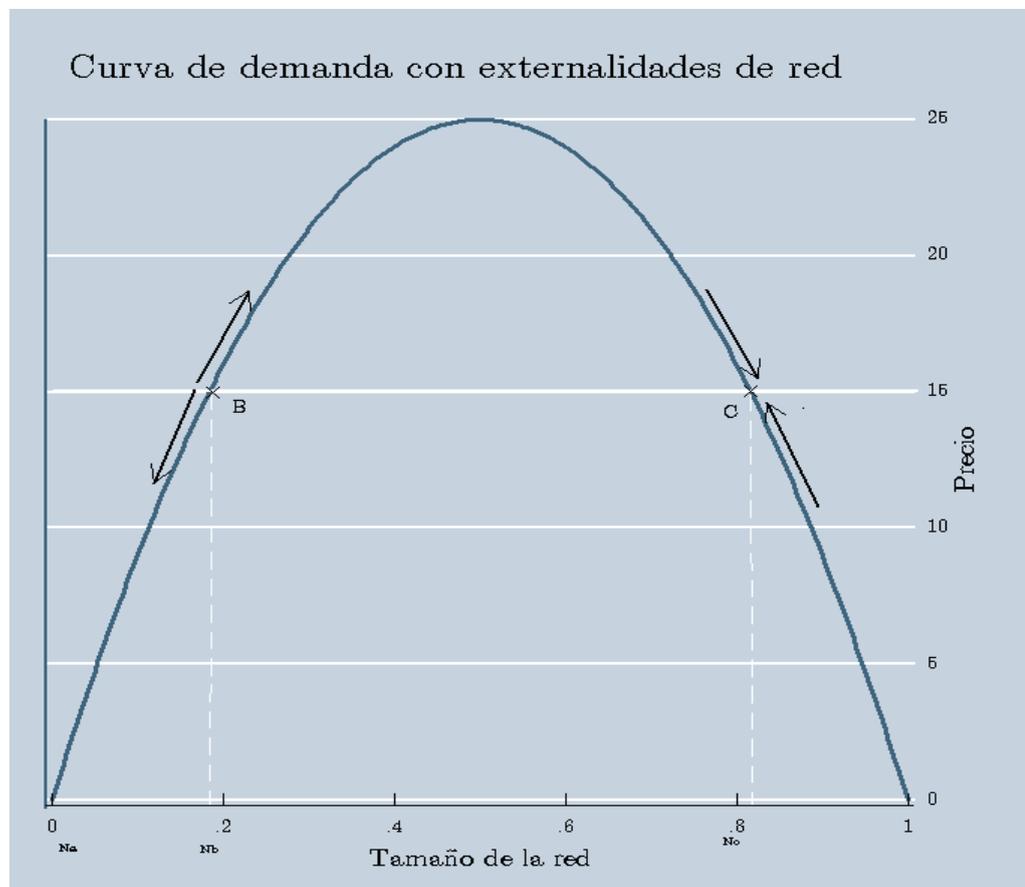
La curva de demanda con externalidades de red (obtenida inicialmente por Rohlfs, 1974) se diferencia de una curva de demanda habitual en que incluye una nueva variable que es la expectativa del consumidor sobre el tamaño de la red ( $n$ ). Incluyendo esta variable, la relación precio cantidad de la curva de demanda tradicional se quiebra, ya no será decreciente en toda la curva, sino que tendrá segmentos crecientes (los usuarios esperan un aumento del tamaño de la red) y decrecientes (a partir de un determinado tamaño de red los usuarios no esperan crecimientos en la red).

Veamos un ejemplo para construir esta demanda con 100 consumidores. El precio que un consumidor estaría dispuesto a pagar por un bien con

---

<sup>2</sup> Véase Varian, (1998) y Shy (2007).

externalidades de red sea  $p = vn$ , donde  $n = 100 - v^3$  siendo  $v$  la valoración del consumidor del bien. Se puede representar la demanda de un bien en presencia de externalidades como a continuación:



Si consideramos la oferta con rendimientos constantes a escala tendríamos varios equilibrios:

- ✓  $N_a$ : Equilibrio estable: Intersección de la recta de oferta en el eje OY. Se puede interpretar como un punto donde al no haber ningún consumidor en la red la valoración del bien será nula y nadie lo adquirirá.
- ✓  $N_b$ : Equilibrio inestable: A la izquierda del equilibrio la demanda está por debajo de la oferta, la valoración del consumidor es inferior al coste por lo que no se incorporará a la red. A la derecha la valoración es superior al coste por lo que se incorporará siempre a la red.

Este punto es también el mínimo tamaño de la red o masa crítica o aquel

---

<sup>3</sup>Consideramos que hay 100 consumidores y que cada uno tiene una valoración del bien  $v = 1, \dots, 100$ , el número de personas dispuestos a comprar el bien sería igual a  $100 - v$ , si  $p = vn$  en presencia de externalidades de red, entonces  $p = v(100 - v)$

tamaño de la red mínimo para que a los potenciales usuarios les compense incorporarse a la misma. A la izquierda del mismo la tecnología acabará fracasando y a la derecha comenzaría un proceso de expansión hasta alcanzar el tamaño de equilibrio estable.

- ✓  $N_c$ : Equilibrio estable: Cuando la demanda está por encima de la oferta el beneficio para el consumidor de entrar en la red está por encima del coste por lo que se producirán más entradas en la red hasta un punto de equilibrio “estable”. A la derecha el coste supera al beneficio de adherirse por lo que los consumidores dejarán de consumir el bien o no se adherirán a la red.

En general, si hay  $n$  consumidores conectados a una red, cada usuario puede comunicarse potencialmente con  $n(n-1)$  usuarios (Metcalfe, 1973), un consumidor adicional añadiría  $2n$  comunicaciones potenciales en el sistema. En general, la función de demanda tendría la siguiente forma en presencia de externalidades de red:

$$P = (1 - n) n^k$$

### 3.1. Equilibrio con Monopolio

Estudiemos ahora el equilibrio en el caso de un monopolista cuyo objetivo es maximizar su beneficio enfrentado a una demanda con externalidades de red (suponemos que los costes marginales son constantes e iguales a 15). Las condiciones de primer orden en equilibrio a partir de la función de demanda con externalidades de red con la anterior forma serían:

$$\frac{\partial \pi}{\partial n} = P + n \frac{\partial p}{\partial n} - C_n = n^k(1 - n)(k + 1) - n^{k+1} - C_n = 0$$

En nuestro ejemplo, ( $k=1$ ,  $C_n = 15$ ) equivaldría a  $100(2n - 2n^2) = 15$ , lo cual despejando equivale a  $n=0,9625$ , con un precio igual a 3,609.

### 3.2. Equilibrio con Oligopolio

Si ahora suponemos dos empresas que toman la producción de la otra comodada (oligopolio de Cournot) la demanda tendría la siguiente forma:

$P = (1 - n) n^k$  donde  $n = n_1 + n_2$  y maximizando el beneficio llegaríamos a las siguientes condiciones de primer orden:

$$\frac{\partial \pi}{\partial n} = P + n[kn^{k-1} - (k+1)n^k] - C'$$

En un equilibrio simétrico donde  $n_1 = n_2$  esta ecuación se resume en:

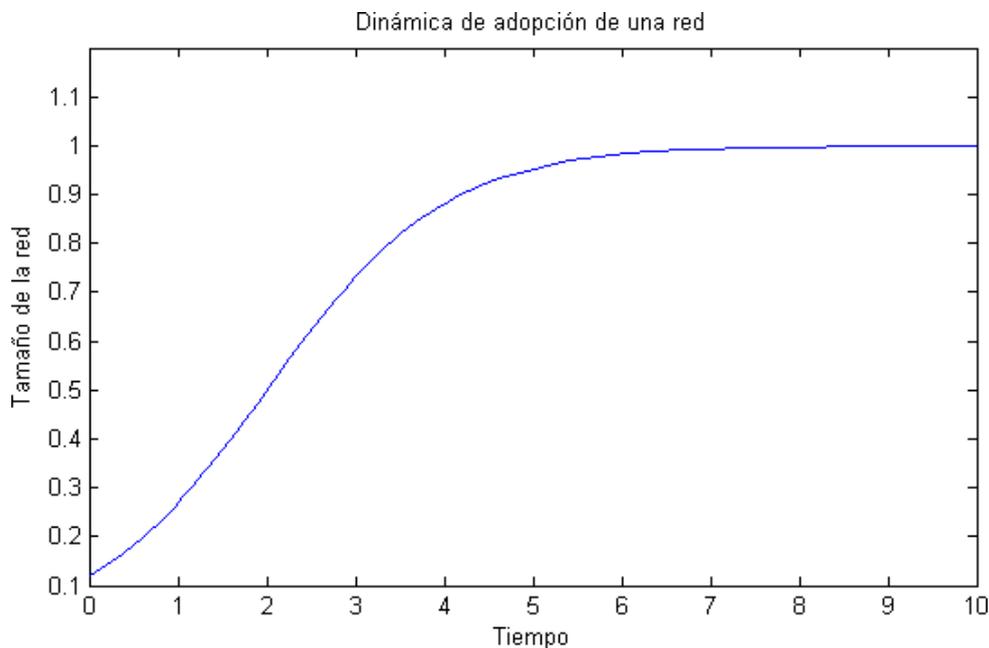
$$(1+k)n^k - (1-k)n^{k+1} - C' = 0$$

En nuestro ejemplo, con  $k=1$ , 2 empresas y  $C = 15$  equivaldría a:

$$2n - n^2 - 15 = 0$$

### 3.3. Equilibrio Dinámico

Desde un punto de vista dinámico desde el punto de partida donde no hay ningún usuario, el avance tecnológico hará reducir los costes desplazando la curva de coste hacia abajo, hasta que se adhieran usuarios que poco a poco y a medida que se reduce el coste de adhesión a la red se producirá una entrada masiva que hará aumentar la red hasta un nuevo punto de equilibrio esta vez estable  $N_c$ . Gráficamente, puede aproximarse de acuerdo a un gráfico similar a este<sup>4</sup>:



Podemos utilizar datos de adopción de internet (nº de Hosts de internet a nivel mundial) entre 2000 y 2013 y vemos que se comportan de forma similar a lo enunciado en el apartado anterior.

<sup>4</sup> Economides (2006)

Numerosos autores, entre ellos, Varian (1998), Shapiro, (1999a), Economides (2003) sostienen que el comportamiento dinámico de una tecnología sujeta a externalidades de red sigue una evolución temporal en forma sigmoideal.

Dentro de los numerosos modelos teóricos que representan esta evolución, escogemos dos de ellos (modelo Logístico y Gompertz) y estudiamos si los datos empíricos de que disponemos se ajustan a estos modelos. Utilizando regresión no lineal vemos que los datos reales se ajustan a ambos modelos teóricos: a una función logística como a una función de Gompertz<sup>3</sup>, concluyendo que su comportamiento dinámico es el de una tecnología sujeta a externalidades de red.

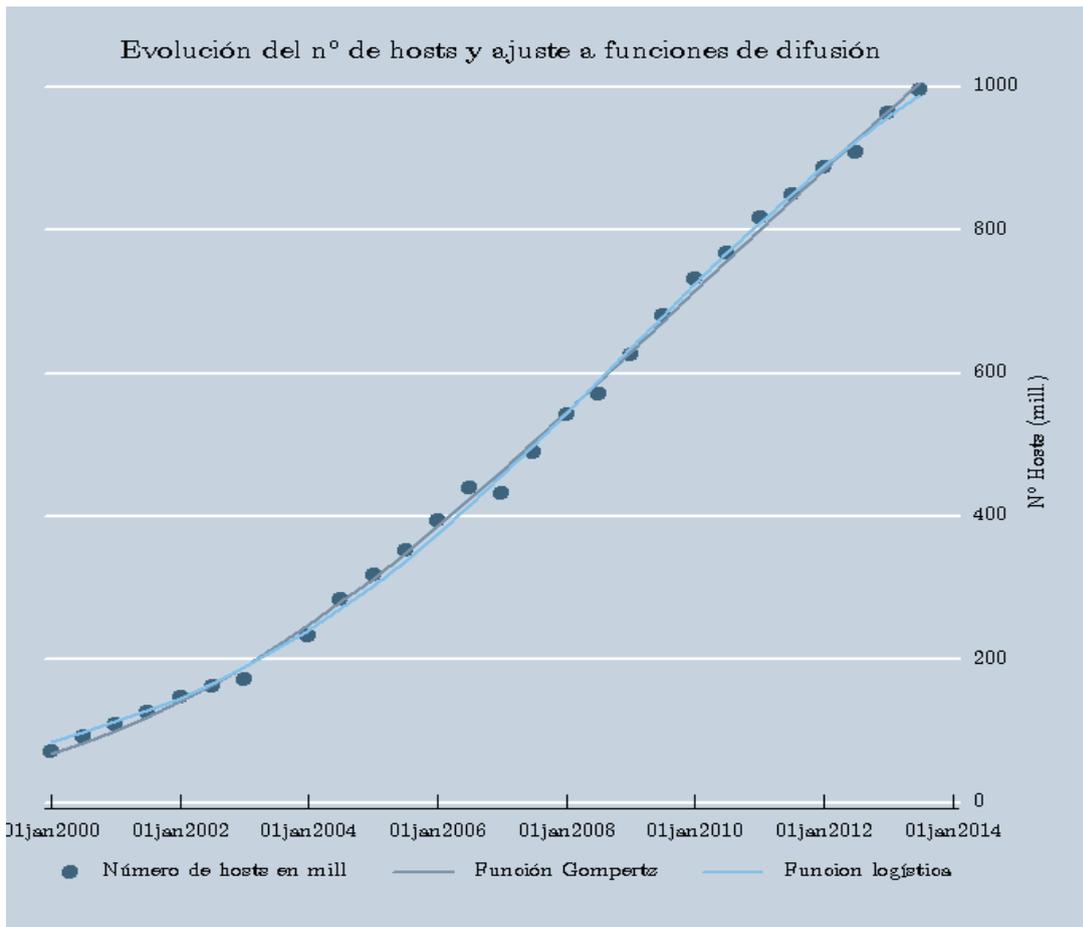
Tabla de resultados de regresiones no lineales (Logística y Gompertz)

	(1)		(2)	
	hosts (mill)		hosts (mill)	
b1				
Constant	1239.5***	(40.59)	1905.3***	(16.89)
b2				
Constant	0.000805***	(37.57)	0.000334***	(20.08)
b3				
Constant	17837.3***	(244.30)	18202.0***	(97.61)
Observations	27		27	
Adjusted R-squared	1.000		1.000	

t statistics in parentheses

\* p<0.05, \*\* p<0.01, \*\*\* p<0.001

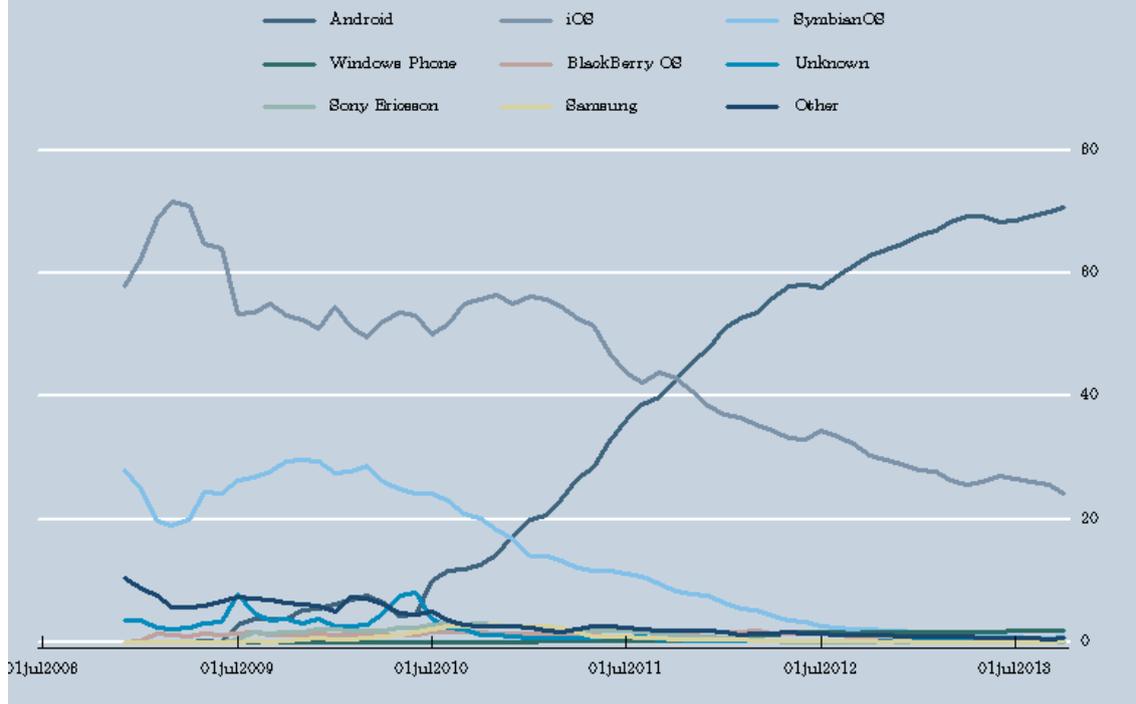
<sup>3</sup> La ecuación de Gompertz  $y = e^{-e\beta t + ky}$  y la ecuación logística  $\ln((x(t))/(1-x(t))) = ba + bt$  son dos de los modelos más empleados para explicar procesos de difusión tecnológica de acuerdo con Barrigüete (2007).



Fuente: Internet World Stats

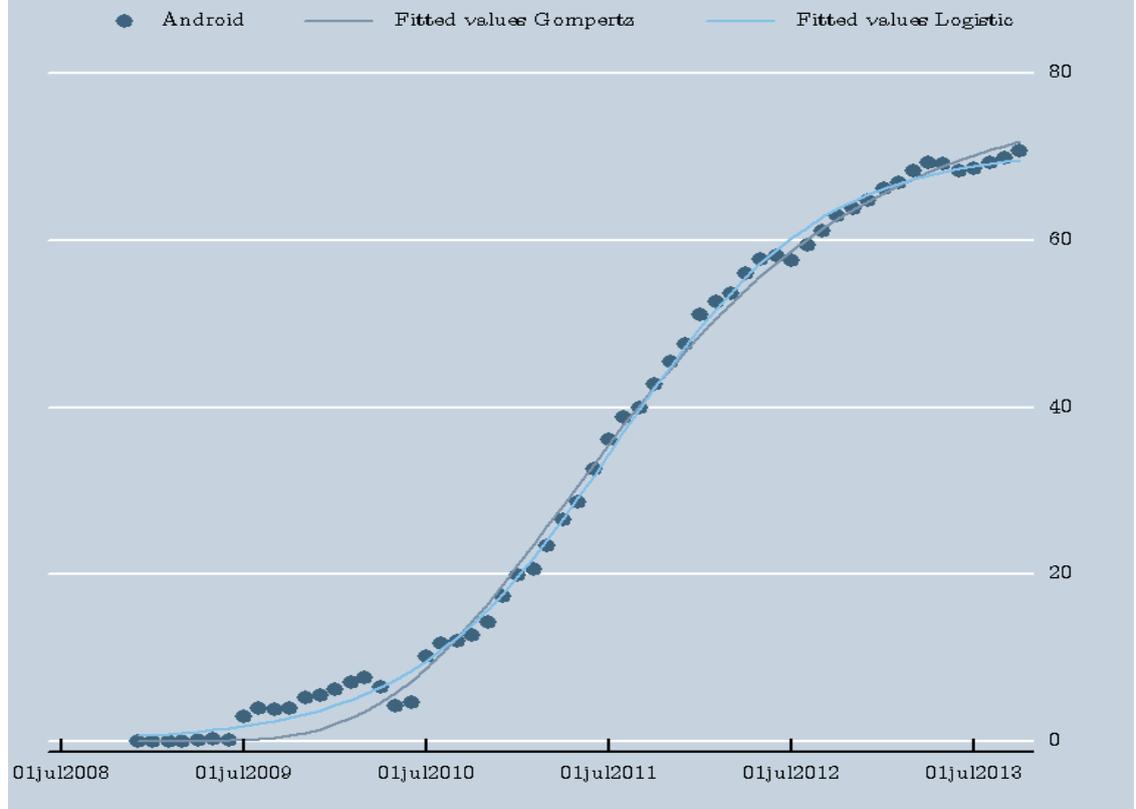
Otro ejemplo corrobora lo dicho anteriormente. A partir de los datos de cuota de mercado de los principales sistemas operativos para móviles en España en los últimos cuatro años, observamos que la evolución del sistema operativo Android en los últimos años parece seguir el mismo comportamiento dinámico en el que estarían presentes las externalidades de red. Volvemos a ajustar los datos empíricos de que disponemos con modelos matemáticos teóricos que tienen un comportamiento sigmoideal o con forma de S y nuevamente observamos un ajuste casi total de los datos empíricos con los modelos teóricos lo que viene a probar la presencia de externalidades de red en ese mercado.

## Cuotas de Mercado para Sistemas Operativos en España



Fuente: <http://gs.statcounter.com/>

## Evolución real y ajustada de la cuota de mercado del S. O. Android



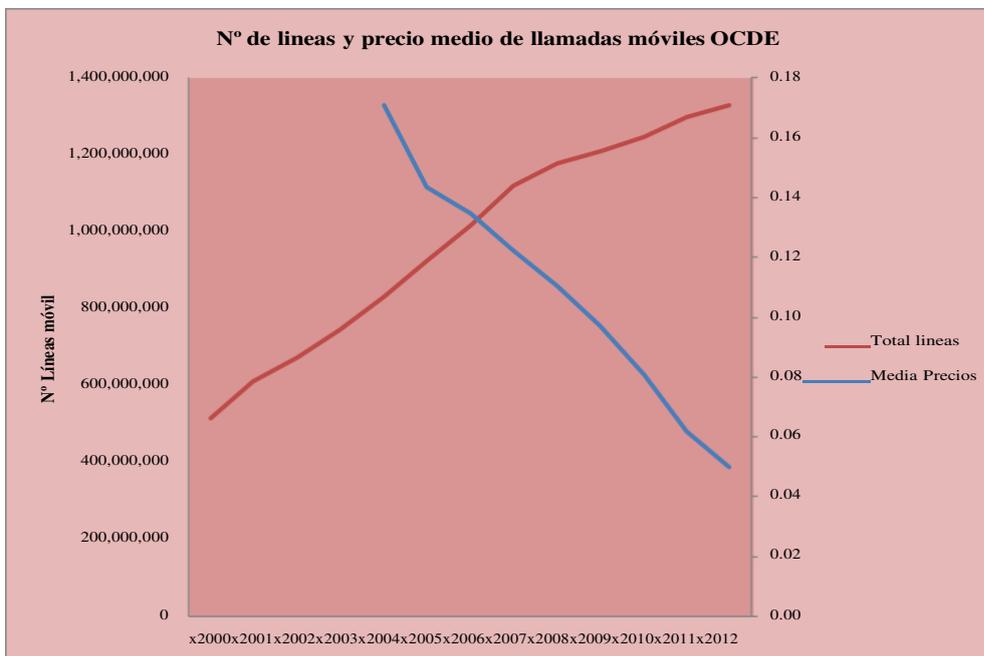
#### **4. Evidencia empírica de la presencia de externalidades de red**

Múltiples autores han analizado la presencia de externalidades de red en mercados: los más citados son Greenstein (1993), Gandal (1994, 1995) y Saloner y Shepard (1995) que se centran en la compatibilidad y las externalidades de red para demostrar empíricamente que el valor del hardware depende de la variedad de software compatible existente. El primero estudia las externalidades de red y compatibilidad de los primeros servidores de IBM, el segundo en el mercado de hojas de cálculo y el tercero se centra en la compatibilidad de las redes de cajeros automáticos. Rysman (2004) desarrolla un modelo estructural para examinar la importancia de los efectos de red en el mercado de las páginas amarillas. En otro ámbito, bienes diferenciados y desde un punto de vista dinámico, Clements y Ohashi (2005), utilizan un modelo logit para comprobar si hay externalidades de red indirectas en el mercado de videojuegos de los EEUU.

En general, el principal problema que encuentra la investigación de externalidades de red es la disponibilidad de datos. Otro problema es distinguir si el incremento del número de usuarios de una red es fruto de los efectos de red o son derivados de una reducción de precios y costes. Para distinguir estos dos efectos Gandal (2000) dispone de datos sobre títulos de CD publicados en cada momento, conocen además los costes fijos de la industria de CD y asumen que el mercado de lectores de CD se comporta como competitivo por lo que los precios son exógenos. Park (2004) desarrolla un modelo dinámico de competencia en industrias de red, para lectores-grabadores de video donde se analiza la fijación de precios en el tiempo donde en un principio las empresas bajan los precios para subvencionar a los primeros usuarios y construir así una red que le permitirá cargar mayores precios después.

Nosotros vamos a aplicar el modelo teórico de Economides y Himmelberg, (1995) al mercado de líneas móviles utilizando un panel de datos de suscripciones a

líneas móviles y precios (media de 1 minuto de una llamada móvil) en los últimos 12 años en 30 países de la OCDE.



Fuente: OECD Communications Outlook 2013

Partimos de una función de utilidad siguiente:  $U(y, n^e) = y + h(n^*)$  donde  $y$  es la cantidad máxima que pagaría por 1 unidad de ese bien en una red de tamaño  $n^e$ , y  $h(n^*)$  es la función de externalidades que captura la influencia del tamaño esperado de la red en la disposición al pago de ese bien por parte de un consumidor donde  $h' > 0$  y  $h'' < 0$  es decir la utilidad del individuo crece con el tamaño esperado de la red pero de forma decreciente. En equilibrio:  $y + h(n^*) = p$  y dado que  $n = 1 - y$  (los consumidores están uniformemente distribuidos entre 0 y 1 e indexados en  $y$ , véase Katz y Shapiro, 1985) llegamos a:

$P = (1 - n) + h(n)$  donde realizamos la hipótesis de que el número de líneas futuro es una función aproximada de las líneas en el periodo  $t-1$  es decir los consumidores utilizan la información que disponen del tamaño de la red en  $t-1$  para predecir el tamaño futuro de la red. A partir de ello suponemos que la función tiene la siguiente forma matemática:  $h(n) = k + b_1 n_{t-1} + b_2 \log(n_{t-1})$  sustituyendo:

$$P_t = 1 - n_t + k + b_1 n_{t-1} + b_2 \log(n_{t-1})$$

En equilibrio,  $n_t = n_{t-1}$ , por lo que podemos estimar p usando la siguiente función:

$$P_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 n_{i,t} + \beta_2 \log n_{i,t} + \beta_3 X_{i,t} + \varepsilon_{i,t}$$

(Para que la función tenga una forma de U invertida los parámetros deben ser  $\beta_1 < 0$  y  $\beta_2 > 0$ )

donde  $P_{i,t}$  es la variable dependiente que representa el precio medio de una llamada nacional de móvil de 3 minutos para el país i en el año t;  $n_{i,t}$  es el número de líneas móviles para el país i en el año t,  $\log n_t$  es el logaritmo del número de líneas y  $X_{i,t}$  contiene un conjunto de variables de control (PIB per cápita, población, n de llamadas):

Tabla de resultados de regresiones

	(1) Precio	(2) Precio	(3) Precio
Precio1		0.00205 (0.46)	-0.00320 (-1.02)
Líneas	-4.94e-08*** (-58.44)	-6.13e-08*** (-55.43)	-4.98e-08*** (-51.74)
Log Líneas	1.642*** (50.77)	2.042*** (51.94)	1.657*** (46.42)
PIB	0.000000222** (3.13)	0.000000684* (6.22)	-7.01e-09 (-0.48)
Población	1.60e-10 (1.99)	1.31e-10 (1.01)	3.54e-13 (0.08)
Log llamadas	-0.00167 (-1.55)	-0.00386* (-2.44)	-0.000116 (-0.58)
L.pm		-0.297*** (-14.22)	
Constant	-26.64*** (-49.81)	-33.10*** (-51.89)	-26.92*** (-45.88)
Observations	150	125	150
r2	0.990		0.990

t statistics in parentheses

Fuente: OCDE

\*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ , \*\*\*  $p < 0.001$

Realizamos varias regresiones con datos de panel para estimar el precio medio de una llamada de tres minutos en 30 países de la OCDE utilizando como variables independientes:

Precio1: la variable dependiente con un retardo,

Líneas m año: el nº de líneas (media anual),

Loglíneas: el logaritmo de esta variable,

PIBP: el PIB per cápita,

Población: Población,

Logllamadas: Logaritmo del nº de llamadas.

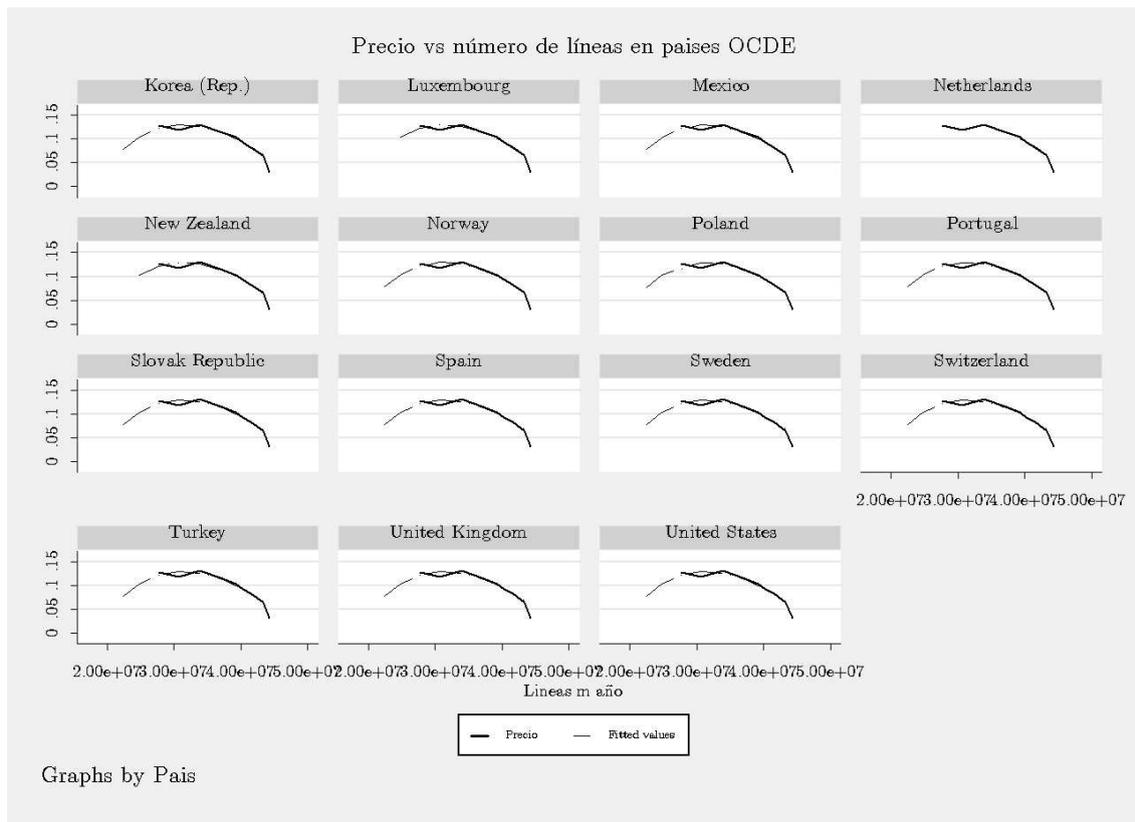
En la primera columna (1), hemos estimado el precio usando una regresión de efectos fijos cuyos resultados para las variables líneas (signo negativo) y loglíneas (signo positivo) son los esperados y significativos por lo que podemos decir que se cumple la hipótesis de que la cantidad máxima que están dispuestos a pagar los consumidores por llamadas móviles es creciente, llega a un máximo y luego decrece.

Tanto la variable líneas como log líneas son significativas y tienen el signo esperado lo que viene a corroborar que demanda o cantidad máxima que el usuario está dispuesto a pagar es creciente, llega a un máximo y después es decreciente. El coeficiente del logaritmo de llamadas no es significativo pero sí es correcto el signo negativo por lo que un incremento de un 1% en el número de llamadas supone una caída del precio de un 0,0017. El coeficiente del PIB per cápita es también significativo y con el signo positivo correcto, mientras que el de población también tiene el signo correcto pero no es significativo.

La presencia de autocorrelación de residuos nos obliga a cambiar la especificación de la ecuación a una dinámica utilizando un retardo del precio como variable exógena y utilizando la estimación Arellano-Bond (Columna 2). En la columna 3 aparecen los resultados de una regresión de mínimos cuadrados ordinarios.

En el gráfico inferior, aparece la representación gráfica del precio y el precio estimado utilizando la regresión (2) en función del número de líneas, en quince países OCDE lo que nos permite concluir que la estimación se aproxima mucho a la forma que la teoría predice para la demanda de un bien sujeto a externalidades de

red:



## 5.- Conclusión

En este artículo hemos construido una función de demanda en presencia de externalidades de red aplicado al caso de la red de teléfonos móviles. Hemos verificado la presencia de externalidades de red en la red de móviles y representado la función de demanda (o de valoración que realizan los usuarios de la misma) en forma de U invertida y hemos probado además que tiene esa forma en la práctica.

Hemos utilizado varios modelos de estimación a partir de un panel de datos obtenido de los 30 países OCDE en los 12 últimos años para demostrar la importancia de las externalidades de red en la demanda lo cual deberá ser tenido muy en cuenta a la hora de predecir el desarrollo futuro de una u otrared.

## 6.- Bibliografía

Arellano, M., and Bond, S. (1991). Some tests of specification for panel data: Monte Carlo evidence and an application to employment equations. *The review of economic studies*, 58(2), 277-297.

Baraldi, L. (2008). "Network externalities and critical mass in the mobile telephone network: a panel data estimation."

Clements, M., and H. Ohashi (2005). Indirect Network Effects and the Product Cycle: Video Games in the U.S., 1994-2002. Forthcoming, *Journal of Industrial Economics*.

Economides, N. (2006). Competition policy in network industries: an introduction. *The new economy and beyond: Past, present and future*, 5, 96.

Economides, N., & Himmelberg, C. P. (1995). Critical mass and network size with application to the US fax market. NYU Stern School of Business EC-95-11.

Edward E. (2006). Competition Policy in Network Industries: An Introduction, in Dennis Jansen *The New Economy and Beyond: Past, Present and Future* (ed.)

Ellison, G. and Ellison S. F. (2005), *Journal of Economic Perspectives*, 19(2), pp. 139-158.

Farrell and Klemperer (2007). Coordination and Lock-In: Competition with Switching Costs and Network Effects, in eds. Armstrong, M. and Porter, R. *Handbook of Industrial Organization*, Vol 3, North Holland, Amsterdam, The Netherlands.

Gandal, N. (1994). Hedonic price indexes for spreadsheets and an empirical test for network externalities, *the RAND Journal of Economics*, 160-170,

Gandal, N., M. Kende, and R. Rob 2000. The Dynamics of Technological Adoption in Hardware/Software Systems: The Case of Compact Disc Players. *RAND Journal of Economics*, 31: 43-61.

Greenstein, S. (1994). Did Computers Diffuse Quickly? Best versus Average Practice in Mainframe Computers, 1968-1983. *Working Paper* No. 4647, National Bureau of Economic Research, Cambridge, MA.

Leibenstein, H. (1950), "Bandwagon, Snob and Veblen Effects in the Theory of Consumers' Demand," *Quarterly Journal of Economics*, 64(2): 183-207.

Katz M. L. and Shapiro C. (1985). Network Externalities, Competition and Compatibility", *The American Economic Review*, Vol. 75, No. 3. pp. 424-440.

Rysman, M. (2004). Competition Between Networks: A Study of the Market for Yellow Pages. *Review of Economic Studies*, 71, 483-512

Liebowitz S. J. and Margolis S. E. (1994). "[Network Externality: An Uncommon Tragedy](#)," [Journal of Economic Perspectives](#), American Economic Association, vol. 8(2), pages 133-150, Spring.

López Sánchez, J. I. and Arroyo Barrigüete, J. L. (2006). "Externalidades de red en la economía digital: una revisión teórica". *Economía Industrial*, 361, 21-32.

Metcalf, R. (1973). Packet Communication. *MIT Project MAC Technical Report MAC TR-114*.

Rohlf's J. (1974). A Theory of Interdependent Demand for a Communications Service. *The Bell Journal of Economics and Management Science* Vol. 5, No. 1, pp. 16-37. Published by: RAND Corporation  
URL:<http://www.jstor.org/stable/3003090>

Saloner, G. and A. Shepard (1995). Adoption of Technologies with Network Externalities: An Empirical Examination of the Adoption of Automated Teller Machines. *RAND Journal of Economics* 26, 479-501.

Shy, O., *The Economics of Network Industries*, *Graduate Lecture Notes*.

Veblen, Thorstein (1899). *The theory of the leisure class: An economic study of institutions*. London: Unwin Books, reprinted New York: Dover Publications, 1994.