

**Trabajo de investigación**  
**Master en Economía Industrial**  
**Universitat de València**

DECISIONES DE COMPATIBILIDAD  
EN UN MODELO DE  
DIFERENCIACIÓN VERTICAL Y  
EXTERNALIDADES DE RED

Ignacio Nadal Moriana

**Directores: Amparo Urbano Salvador y**  
**Rafael Moner Colonques**

## **RESUMEN**

En este trabajo se va a estudiar el papel que juegan las expectativas, la intensidad de la externalidad de red y la diferenciación de producto en las decisiones estratégicas de las empresas en cuanto a la compatibilidad e intensidad de la competencia. El problema de decisión de las empresas se modeliza como un juego en dos etapas. En la primera etapa las empresas eligen simultánea y no cooperativamente el grado de compatibilidad de su producto con el producto de la empresa rival. En la segunda etapa del juego las empresas compiten en precios.

Las externalidades de red vienen representadas por las expectativas que tienen los consumidores sobre el tamaño de la red de cada producto. Aunque las calidades son exógenas, la elección del grado de compatibilidad endogeniza en cierto modo la diferenciación vertical ya que afecta a la disposición a pagar por el producto.

Cuando las expectativas sobre el tamaño de red son simétricas, la empresa del bien de calidad alta siempre elige mayor grado de compatibilidad y precio que la empresa rival. Los resultados cambian cuando dichas expectativas son asimétricas. Entonces si la diferencia en calidad es mínima, solo la empresa cuyas expectativas de tamaño de la red son mayores venderá en el mercado, independientemente de si es la del bien de alta o baja calidad. Si los productos están mínimamente diferenciados verticalmente, la calidad deja de tener importancia, y las externalidades pasan a ser determinantes. Para estudiar con más detalle lo que ocurre con aumentos en la diferencia entre calidades se recurre a un ejemplo numérico. Éste revela que, en un modelo sencillo, puede abarcarse una taxonomía de equilibrios en los que ninguna empresa elige compatibilidad, solamente una de ellas lo hace o ambas escogen cierto grado de compatibilidad. Además, la compatibilidad supone ganancias de bienestar a pesar de que disminuya la intensidad de la competencia.

# 1. INTRODUCCIÓN

En industrias con externalidades de red, éstas pueden generar un elemento de diferenciación vertical cuando los consumidores perciben que productos incompatibles con distintas cuotas de mercado representan distintos niveles de calidad. Este trabajo es una contribución teórica en el que se estudian decisiones estratégicas sobre compatibilidad e intensidad de la competencia en un contexto con externalidades de red positivas<sup>(1)</sup> en el consumo, los consumidores son heterogéneos en la valoración de la calidad, y los productos que ofrecen las empresas están diferenciados verticalmente.

Un ejemplo real sobre los temas que se van a abordar en este trabajo es el de los proveedores de internet, en concreto los proveedores de correo electrónico. En un momento determinado America Online, CompuServer y Delphi intentaron poner en marcha sistemas propios de correo electrónico. Resultaba muy complicado enviar correos electrónicos entre sistemas de distintas compañías y los consumidores acabaron decidiéndose por los sistemas que más consumidores utilizaban teniendo en cuenta la calidad de los servicios prestados, los consumidores valoraron el ratio calidad/externalidades de red<sup>(2)</sup>.

Las externalidades de red juegan un papel crucial a la hora de decidir qué sistema elegir, sin obviar que la calidad también ejerce fuerza en esta decisión. Si los sistemas de correo hubieran sido totalmente compatibles, como ocurre hoy en día, los consumidores se hubieran centrado más en la calidad de los servicios, ya que, todos ellos no tendrían por qué preocuparse por las externalidades de red al pertenecer todos a la misma red.

Ahora bien, un producto con mayor calidad puede no llegar a imponerse y terminar con una red relativamente pequeña. Esto puede ser así si los consumidores tienen unas expectativas menores de que dicho producto triunfe, a pesar de que sea de una calidad superior a la de sus competidores. Esto le ocurrió a Digital con su microprocesador Alpha. El chip Alpha disponía de una mayor calidad que los de la empresa rival Intel, eran más rápidos. A pesar de esto Digital solo vendió 300000 chips, mientras que Intel vendió 65 millones, esto dejaba a Digital con un producto superior pero una red menor, a partir de aquí los esfuerzos de Digital se centraron en buscar la compatibilidad con Intel y lograr beneficiarse de la amplia red que este poseía.

---

<sup>1</sup> Existen distintos tipos de externalidades que no se analizan en este trabajo; indirectas y de aprendizaje.

<sup>2</sup> Las externalidades de red se pueden definir como aquellos efectos que hacen que el valor de un producto o servicio para un usuario no dependa únicamente del producto en si mismo ni de su nivel de calidad, sino también del número de usuarios que utilicen dicho producto o servicio.

Otro buen ejemplo son los procesadores de texto. Traspasar ficheros de WordPerfect a Word es un proceso donde abundan los errores, en estos productos existe claramente una compatibilidad parcial, ya que la mayoría, pero no todo, de lo que puede escribirse en WordPerfect también puede visionarse en Word y viceversa. El tamaño de la red de la que dispone Word es ciertamente muy superior a la que tiene WordPerfect y su calidad es bastante superior. Si Word acabará con la compatibilidad de su producto con el WordPerfect seguramente este último acabaría desapareciendo del mercado. Finalmente, se puede tomar como ejemplo el propio aprendizaje del uso de un procesador de textos. Es normal utilizar uno con mayor participación en el mercado o el que se espera que acabe adoptando la mayoría de los consumidores, pues permitirá realizar intercambios de archivos y será más fácil trabajar con documentos de otros autores<sup>(3)</sup>.

Una red está formada por un grupo de consumidores de un mismo bien o de un bien compatible. La red otorga beneficios o externalidades positivas si la utilidad que disfruta cada individuo es mayor cuanto mayor sea el número de usuarios de dicha red. Cuando esto ocurre se habla de efectos directos en contraposición a los efectos indirectos, cuando los usuarios valoran alguna característica del producto que seguramente mejorará con una red de mayor tamaño<sup>(4)</sup> (como el número de aplicaciones desarrolladas para un sistema operativo).

La modelización en un mercado con efectos directos de red requiere la consideración de que la disposición a pagar por el bien depende del número de usuarios<sup>(5)</sup>. Es decir, la demanda cambiará cada vez que cambie el precio porque un precio distinto implica un número distinto de usuarios y la disposición a pagar es función del número de usuarios. Por lo tanto, las expectativas que tienen los consumidores sobre el número de usuarios (y otras características como la disponibilidad, calidad, etc) constituyen uno de los aspectos distintivos de los mercados con efectos de red. La coordinación entre las empresas es otro elemento importante: la introducción de un nuevo microprocesador no servirá de nada si no se facilita software que funcione con él. Precisamente la coordinación proporciona valor a los consumidores si tienen la expectativa de que dicha coordinación va a producirse. Así, la combinación de hardware y software permite obtener un bien compuesto o sistema; los sistemas son sustitutivos entre sí. Finalmente, la compatibilidad entre componentes de sistemas permite a los usuarios aprovechar la complementariedad y beneficiarse de facto de una red más amplia. La decisión sobre la compatibilidad – nula,

---

<sup>3</sup> Estos y otros ejemplos ilustrativos pueden encontrarse en Shapiro y Varian (1999), “El dominio de la información; una guía estratégica para la economía de red”.

<sup>4</sup> Una red también puede crearse mediante un estándar: este trabajo no trata sobre estándares.

<sup>5</sup> Esto se conoce como Ley Metcalfe: el valor de una red aumenta con el cuadrado del número de usuarios.

parcial o total -, tiene que ver con la intensidad de la competencia y afectará a la variedad de productos disponibles para el consumidor.

En este trabajo se va a estudiar el papel que juegan las expectativas, la intensidad de la externalidad de red y la diferenciación de producto en las decisiones estratégicas de las empresas en cuanto a la compatibilidad e intensidad de la competencia. Más concretamente, se resuelve un juego en dos etapas en el que inicialmente los duopolistas deciden, simultánea y no cooperativamente, el grado de compatibilidad entre sus productos y, en la segunda etapa, compiten en precios. Se sigue el enfoque de localización en la modelización de la demanda y las empresas ofrecen productos que están diferenciados verticalmente. La resolución del juego, de atrás hacia delante, nos permite obtener los siguientes resultados. Cuando las expectativas sobre el tamaño de red son simétricas, la empresa del bien de calidad alta siempre elige mayor grado de compatibilidad y precio que la empresa rival. Estos resultados cambian cuando los consumidores tienen mayores expectativas de tamaño de red de un producto que del otro. Si la diferencia entre calidades es mínima, solo la empresa cuyas expectativas de tamaño de la red son mayores venderá en el mercado, independientemente de si es la del bien de alta o baja calidad. Esto pone de relieve la importancia que ejercen las expectativas en los mercados de productos tecnológicos con externalidades de red. Si los productos están mínimamente diferenciados verticalmente, la calidad deja de tener importancia, y las externalidades pasan a ser determinantes.

Cuando la diferencia entre calidades aumenta, puede que el grado de compatibilidad elegido por la empresa que vende el bien de calidad alta no necesariamente sea mayor que el elegido por la empresa con el bien de calidad baja, y viceversa. Un ejemplo numérico muestra, además, que si la diferencia entre calidades aumenta, la empresa que dispone de las mayores expectativas de tamaño de la red (independientemente de si es la del bien de alta o baja calidad) reaccionará disminuyendo su grado de compatibilidad, mientras que la empresa rival lo aumentará; el efecto final es un aumento en los precios, una disminución de la intensidad de la competencia. A pesar del aumento de los precios, los consumidores se benefician de las mejoras en la calidad y de la compatibilidad (que les lleva a beneficiarse de la red rival), las empresas aumentarán sus beneficios, y el resultado final es un aumento del bienestar total. Estos resultados indican que las características de los mercados con externalidades de red hacen que identificar precios mayores con que la compatibilidad es anticompetitiva puede ser equívoco.

Antes de presentar el modelo se hace una breve revisión de la literatura (sección 2). La sección 3 describe detalladamente los supuestos del modelo. La segunda etapa del juego mencionado y la estática comparativa se presentan en la sección 4. A continuación se

resuelve la primera etapa del juego y los resultados correspondientes – sección 5. La sección 6 presenta un ejemplo numérico para aclarar las principales conclusiones obtenidas y la última sección resume brevemente las principales conclusiones.

## 2. LITERATURA PREVIA

La literatura que estudia la competencia entre sistemas que combinan bienes o componentes complementarios es bastante extensa y ha estudiado cuestiones referidas a decisiones de adopción de tecnología así como de elección de producto por los consumidores. Una parte de la literatura, que es la relevante para el presente trabajo, es la que se ha dedicado a estudiar decisiones de compatibilidad.<sup>(6)</sup>

Katz y Shapiro (1985) y Farrell y Saloner (1985) figuran entre los primeros trabajos que modelizan competencia entre sistemas. Cada empresa ofrece un solo producto o componente, de modo que los consumidores los combinan para formar un sistema existiendo así externalidades positivas en el consumo. El efecto red está presente ya que la utilidad que obtiene cada consumidor crece con el número de otros consumidores que consumen el sistema. Estos trabajos llaman la atención sobre la característica de “exceso de inercia”<sup>(7)</sup>: la tendencia natural del mercado es hacia la supervivencia de un sistema o tecnología. En cuanto a la decisión de compatibilidad, Katz y Shapiro (1985) encuentran que las empresas con buena reputación o con un tamaño de red suficientemente grande no quieren la compatibilidad. Así, estos mercados pueden “estandarizarse”, lo que puede reducir la variedad de elección para los consumidores además de la posible ineficiencia en que incurre industria por utilizarse una tecnología inferior o de menor calidad.

Otros trabajos se centran en situaciones en las que cada empresa fabrica todos los componentes, como en Matutes y Regibeau (1988) y Economides (1989). Ambos artículos caracterizan los precios de equilibrio y los beneficios bajo compatibilidad e incompatibilidad en un modelo de localización. En este contexto debe observarse que los consumidores disfrutan de mayor variedad porque pueden combinar los componentes de distintas empresas y formar mayor número de sistemas (mix-and-match). A diferencia de los trabajos citados en el párrafo anterior, este tipo de empresas (integradas pues ofrecen todos los componentes) prefieren la compatibilidad pues genera precios y beneficios más altos que la incompatibilidad. Esto es así incluso en

---

<sup>6</sup> Los artículos de Besen y Farrel (1994) y de Katz y Shapiro (1994) ofrecen una buena panorámica de la temática sobre la competencia y compatibilidad entre sistemas con efectos de red.

<sup>7</sup> En Katz y Shapiro (1992) se analizan situaciones donde no se da exceso de inercia, sino, que una nueva tecnología es capaz de hacerse con todo el mercado pese a que no constituya la mejor opción desde un punto de vista social; este efecto se denomina fricción insuficiente.

ausencia de externalidades de red, y los incentivos privados y sociales coincidirían si el efecto variedad domina al efecto precio. Nuestro trabajo contribuye a esta línea de investigación al proponer un juego en dos etapas con decisiones sobre compatibilidad primero y sobre precios después – como en Matutes y Regibeau (1988). Se considerará un mercado de sistemas (y no de componentes) y un enfoque de diferenciación vertical en el que hay externalidades de red positivas caracterizando equilibrios con compatibilidad total, nula o parcial.

La incorporación de la diferenciación de producto en modelos de elección tecnológica es más reciente. Belleflamme (1998) desarrolla un modelo de consumidor representativo (non-address approach); las empresas eligen entre dos tecnologías que muestran externalidades de red (el coste marginal decrece con el número de empresas que adoptan la misma tecnología) y compiten en cantidades. Concluye que es más probable que las empresas adopten la misma tecnología cuanto más diferenciados estén los productos. Este resultado contrasta con el obtenido en contextos en los que la diferenciación de producto sigue un enfoque de localización (address approach). Así, el trabajo de Baake y Boom (2001) demuestra que cuando el grado de diferenciación vertical es bajo las empresas acordarán la provisión de un adaptador que haga sus tecnologías compatibles y acentúe la externalidad. En su modelo la calidad es endógena y, en equilibrio, siempre se opta por la compatibilidad. Sarkar (2005) también desarrolla un modelo de diferenciación vertical, donde la calidad puede ser alta o baja, en el que la estandarización es la única forma de alcanzar la compatibilidad; ésta no se da siempre en equilibrio. Por otra parte, el artículo de Sääskillathti (2006) es de diferenciación horizontal y estudia decisiones de inversión en I+D cuando hay externalidades de red en el consumo. Se centra en la interacción de las externalidades del I+D y la compatibilidad, aunque ésta no se decide estratégicamente; cuando la inversión en I+D tiene y el efecto de red son bastante importantes entonces el precio puede bajar, aumentando la intensidad de la competencia.<sup>8</sup> Por lo tanto, se revierten resultados anteriores, bastante comunes en la literatura, que apuntan a que la compatibilidad es anti-competitiva (véase p.ej. Shy, 2001). No obstante, y por lo que conocemos, no hay ningún trabajo que combine las decisiones de compatibilidad y competencia en un mismo modelo que incorpore externalidades de red, expectativas sobre el tamaño de la red, la intensidad de la externalidad entre redes y diferenciación vertical. Pasamos seguidamente a presentar el modelo.

---

<sup>8</sup> Otros trabajos con diferenciación de producto, aunque referidos en contextos distintos a los de nuestro trabajo, son los de Bental y Spiegel (1995, Kim (2002) y Chou (2007).

### 3. EL MODELO.

Consideramos un mercado formado por 2 empresas diferenciadas verticalmente, la empresa A y la empresa B. Cada empresa produce un bien de calidad  $s_a$  y  $s_b$ , respectivamente; vamos a suponer que  $s_a > s_b > 0$ .

Cada empresa produce un bien con unas determinadas características, que pueden hacerlo compatible con el producto rival o no, las empresas eligen la compatibilidad de los productos determinada por los valores de  $\{t_a, t_b\}$ , donde  $t_a, t_b \in [0, 1]$ .

$t_a$  mide el grado de compatibilidad del producto A con el B.

$t_b$  mide el grado de compatibilidad del producto B con el A.

Tendremos por tanto dos casos extremos;

$\{t_a = 0, t_b = 0\}$  que supone productos totalmente incompatibles y

$\{t_a = 1, t_b = 1\}$  que supone productos totalmente compatibles.

Si los productos son totalmente compatibles  $\{t_a = 1, t_b = 1\}$ , las empresas van a competir dentro del mercado. En este caso los consumidores obtienen beneficios de toda la red, y las expectativas sobre las cuotas de mercado de las empresas son irrelevantes.

Si los productos son totalmente incompatibles  $\{t_a = 0, t_b = 0\}$ , la red rival no aporta ningún tipo de utilidad. En este caso las empresas van a competir por el mercado, las expectativas sobre las cuotas de mercado de las empresas van a ser importantes para los consumidores.

Esta presentación permite recoger la posibilidad de compatibilidad parcial en el caso de que una de las empresa elija  $t_i$ ,  $i=A,B$ , igual a cero. Existe un continuo de consumidores heterogéneos en la disposición a pagar por la calidad. Suponemos que los consumidores están distribuidos uniformemente en  $\theta \in [0, 1]$  con densidad  $f(\theta) = 1$ , y por lo tanto el tamaño del mercado es igual a uno. Cada consumidor solo consume una unidad de uno de los dos productos.

Todos los consumidores tienen unas expectativas comunes sobre el número de consumidores de cada uno de los productos, que están representadas por:

$$n_i \in (0, 1), \text{ donde } i \in \{A, B\} \text{ } i \neq j \text{ y } n_i + n_j = 1$$

La utilidad (indirecta) que obtiene el consumidor  $\theta$  al comprar uno de los bienes viene determinada por

$$U_{\theta} = \begin{cases} V + n_a v + n_b t_a v + s_a \theta - p_a & \text{si compra el bien de la empresa A} \\ V + n_b v + n_a t_b v + s_b \theta - p_b & \text{si compra el bien de la empresa B} \end{cases} \quad [1]$$

Siendo;

$V$  un nivel de utilidad de reserva dado,

$n_a$  es la expectativa del número de consumidores del bien A,

$n_b$  es la expectativa de el número de consumidores bien B,

$v$  es la intensidad de la externalidad de red positiva, con  $v \in [0,1]$ ,

$p_a$  y  $p_b$  el precio de cada producto.

Supondremos que  $V$  es suficientemente grande para asegurar que todos los consumidores van a comprar uno de los bienes – el mercado está cubierto-. Para un consumidor  $\theta$  la disposición a pagar aumenta si la calidad es mayor y también aumenta con las expectativas del tamaño de la red. Obsérvese que esta especificación permite distinguir el efecto de las externalidades procedentes de la misma red (intranet externalities) de aquellas procedentes de la otra red (Internet externalities) a través del parámetro  $t$ , que recoge el grado de compatibilidad elegido. Es lógico suponer que más consumidores en la propia red conceden más utilidad que los de la red competidora. Resumiendo, los consumidores son heterogéneos en la valoración de la calidad aunque son idénticos en sus expectativas acerca del número de usuarios de cada red y, por tanto, respecto a las externalidades.

Igualando las dos ramas de la función indirecta de utilidad

$$V + n_a v + n_b t_a v + s_a \theta - p_a = V + n_b v + n_a t_b v + s_b \theta - p_b \quad [2]$$

se obtiene el consumidor indiferente,

$$\bar{\theta} = \frac{p_a - p_b - n_a v + n_b v - n_b t_a v + n_a t_b v}{s_a - s_b} \quad [3]$$

Las demandas del mercado vienen dadas por:

$$D_a = 1 - \bar{\theta} = 1 - \frac{p_a - p_b - n_a v + n_b v - n_b t_a v + n_a t_b v}{s_a - s_b} \quad [4]$$

$$D_b = \bar{\theta} = \frac{p_a - p_b - n_a v + n_b v - n_b t_a v + n_a t_b v}{s_a - s_b} \quad [5]$$

Debe señalarse que la elección del grado de compatibilidad  $t$  endogeniza en cierto modo la diferenciación vertical entre las empresas: dada una diferencia en calidades, si la empresa A aumenta  $t_a$  el consumidor indiferente estará más a la izquierda del intervalo con lo que  $D_a$  sería mayor.

Los costes de compatibilidad son cuadráticos con el nivel de compatibilidad que elija una empresa y lineales con el output,

$$C(D_i) = cD_i, \text{ siendo } c \geq 0, D_i \in \{A, B\} \quad [6]$$

$$C(t_i) = \gamma \frac{t_i^2}{2} \text{ donde } t_i \in \{A, B\} \text{ y vamos a suponer que } \gamma > \frac{4}{9} \nu^{(9)} \quad [7]$$

Por tanto, las funciones de beneficios de las empresas quedan

$$\pi_a = (p_a - c)D_a - \gamma \frac{t_a^2}{2} \quad [8]$$

$$\pi_b = (p_b - c)D_b - \gamma \frac{t_b^2}{2} \quad [9]$$

El problema de competencia entre las empresas se modeliza como un juego no cooperativo en dos etapas:

En la primera etapa, las empresas van a elegir su nivel de compatibilidad y en la segunda el nivel de precios. El concepto de solución es, por tanto, el de equilibrio de Nash perfecto en subjuegos, resolviéndose de atrás hacia delante.

## 4. LA ETAPA DE ELECCIÓN DE LOS PRECIOS

En la segunda etapa las empresas eligen simultánea y no cooperativamente los precios que maximizan sus beneficios, dados por [8] y [9].

Las condiciones de primer orden son las siguientes:

---

<sup>9</sup> Esta condición nos garantizará que las elecciones de los grados de compatibilidad están efectivamente entre 0 y 1.

$$\frac{\partial \pi_a}{\partial p_a} = 1 - \frac{p_a - p_b - n_a v + n_b v - n_b t_a v + n_a t_b v}{s_a - s_b} - \frac{p_a - c}{s_a - s_b} = 0 \quad [10]$$

$$\frac{\partial \pi_b}{\partial p_b} = \frac{p_a - p_b - n_a v + n_b v - n_b t_a v + n_a t_b v}{s_a - s_b} - \frac{p_b - c}{s_a - s_b} = 0 \quad [11]$$

y las condiciones de segundo orden

$$\frac{\partial^2 \pi_a}{\partial p_a^2} = -\frac{2}{s_a - s_b} < 0 \quad \text{y} \quad \frac{\partial^2 \pi_b}{\partial p_b^2} = -\frac{2}{s_a - s_b} < 0 \quad [12]$$

garantizan un máximo, ya que,  $s_a > s_b$ .

Por tanto las funciones de mejor respuesta vienen dadas por

$$p_a(p_b) = \frac{1}{2}(c + p_b + s_a - s_b + v(n_a(1 - t_b) - n_b(1 - t_a))) \quad [13]$$

$$p_b(p_a) = \frac{1}{2}(c + p_a + s_a - s_b + v(n_b(1 - t_a) - n_a(1 - t_b))) \quad [14]$$

Donde es fácil establecer que los precios son complementos estratégicos. El equilibrio de Nash en precios es

$$p_a^* = \frac{1}{3}(3c + 2s_a - 2s_b + v(n_a(1 - t_b) - n_b(1 - t_a))) \quad [15]$$

$$p_b^* = \frac{1}{3}(3c + s_a - s_b + v(n_b(1 - t_a) - n_a(1 - t_b))) \quad [16]$$

Podemos efectuar la diferencia entre  $p_a^*$  y  $p_b^*$  obteniendo

$$p_a^* - p_b^* = \frac{1}{3}(s_a - s_b + 2v(n_a(1 - t_b) - n_b(1 - t_a)))$$

De modo que si la diferencia en calidades<sup>(10)</sup>,  $\Delta$ , es mayor que un límite el precio de la empresa con el bien de calidad alta es superior al de la empresa con el bien de calidad baja. Dicho límite realza, una vez más, la relevancia de la interacción entre las expectativas sobre el tamaño de red y el grado de compatibilidad. Al contrario que en un modelo estándar de diferenciación vertical, el precio del bien de calidad alta no

---

<sup>10</sup> En adelante se usará que  $(s_a - s_b) = \Delta$ .

es necesariamente mayor que el de calidad baja, tal y como quedará de manifiesto más adelante.

De los precios de equilibrio se obtienen fácilmente los siguientes resultados de estática comparativa;

**LEMA 1:**

**(1.1)** *Si los productos no son totalmente compatibles, un aumento en las expectativas del tamaño de la red de un bien aumentará el precio de dicho bien:*

$$\frac{\partial p_a^*}{\partial n_a} = \frac{1}{3}v(1 - t_b) > 0$$

$$\frac{\partial p_b^*}{\partial n_b} = \frac{1}{3}v(1 - t_a) > 0$$

La valoración del bien aumenta conforme más usuarios lo hayan adquirido: cuanta más gente hay consumiendo el bien, más está cada potencial consumidor dispuesto a pagar por adquirirlo. Si aumentan las expectativas del tamaño de red de uno de los dos productos por parte de los consumidores, más está cada potencial consumidor dispuesto a pagar por dicho producto.

**(1.2)** *Si los productos no son totalmente compatibles, un aumento de la expectativa del tamaño de la red de la empresa rival provoca un descenso del propio precio.*

$$\frac{\partial p_a^*}{\partial n_b} = \frac{1}{3}v(t_a - 1) < 0 \quad \frac{\partial p_b^*}{\partial n_a} = \frac{1}{3}v(t_b - 1) < 0$$

Cuanto más pequeña es la red de la que dispone una empresa, más tiene que reducir los precios para compensar el efecto de la externalidad y captar consumidores.

**LEMA 2:** *Bajo compatibilidad total, el tamaño de la red de cada empresa no afecta a los precios.*

$$\frac{\partial p_a^*}{\partial n_a} = \frac{\partial p_b^*}{\partial n_b} = \frac{\partial p_a^*}{\partial n_b} = \frac{\partial p_b^*}{\partial n_a} = 0. \text{ Además, siempre ocurre que } P_a^* > P_b^*.$$

Este caso implica que los consumidores perciben una única red a efectos de las externalidades, la única diferencia entre ellas vendrá determinada por los niveles de calidad.

Al disponer de total compatibilidad en los productos, el tamaño de la red pasa a ser la suma de  $n_a + n_b = 1$ , las externalidades de red ya no tienen importancia a la hora de decidir en qué empresa adquirir el producto. Si la expectativa del tamaño de red para el producto que vamos a comprar es prácticamente cero, pero es totalmente compatible con el rival, las externalidades de red no tienen efecto alguno.

Los precios de equilibrio variarán en función de la intensidad de la externalidad.

**LEMA 3:** *La intensidad de la externalidad no afecta a los precios si: i) las expectativas difieren pero los productos son totalmente compatibles, o ii) si las expectativas son iguales ( $n_a = n_b = 1/2$ ) y los productos son totalmente compatibles o totalmente incompatibles.*

$$\frac{\partial p_a^*}{\partial v} = \frac{1}{3}(n_a(1-t_b) - n_b(1-t_a)) \quad \frac{\partial p_b^*}{\partial v} = \frac{1}{3}(n_b(1-t_a) - n_a(1-t_b)).$$

**LEMA 4:** *Las variaciones en el nivel de compatibilidad de un producto provocan un aumento en el precio del propio producto y una disminución exactamente igual en el precio del rival*

$$\frac{\partial p_a^*}{\partial t_a} = \frac{n_b v}{3} > 0; \quad \frac{\partial p_b^*}{\partial t_a} = -\frac{n_b v}{3} < 0$$

$$\frac{\partial p_a^*}{\partial t_b} = -\frac{n_a v}{3} < 0; \quad \frac{\partial p_b^*}{\partial t_b} = \frac{n_a v}{3} > 0$$

Si una empresa aumenta el grado de compatibilidad de su producto entonces está aumentando la disposición a pagar por su producto. Ceteris paribus, la empresa puede fijar un precio más alto sin perder consumidores. Si es la empresa rival la que aumenta el grado de compatibilidad entonces la externalidad entre redes (internet) es mayor forzando así una disminución del precio para hacer el consumo de su producto más atractivo. Como las empresas deciden estratégicamente los grados de compatibilidad, es claro que el efecto final sobre los precios dependerá de las expectativas sobre el tamaño de las redes.

Quisiéramos añadir el siguiente comentario. Los precios en este tipo de mercados, por lo general, no van a ser un factor determinante, aunque sí clave, en las decisiones de los usuarios. Para productos nuevos no sujetos a externalidades se suele recomendar una estrategia de descremado, con precios altos que resulten aceptables para los

consumidores menos sensibles a los precios, y así permitir una recuperación rápida de la inversión. No obstante, en presencia de externalidades de red, dicha estrategia puede ser contraproducente porque ralentiza el desarrollo de la base de clientes. Es más recomendable una estrategia de precios de penetración (pudiéndose incluso llegar a regalar el producto) que maximice la creación de valor ligado a la base instalada. En estos mercados incluso un monopolista tiene fuertes incentivos para lanzar un producto a precio bajo, incluso por debajo de costes, a fin de atraer a un número de usuarios suficientemente elevado.

## 5. DECISIONES DE COMPATIBILIDAD.

En la primera etapa las empresas van a elegir los niveles de compatibilidad que maximicen sus beneficios, en cuyas expresiones se han sustituido los precios [15]-[16]:

$$\pi_a = \frac{(2\Delta + v(n_a(1-t_b) - n_b(1-t_a)))^2}{9\Delta} - \gamma \frac{t_a^2}{2} \quad [17]$$

$$\pi_b = \frac{(\Delta + v(n_b(1-t_a) - n_a(1-t_b)))^2}{9\Delta} - \gamma \frac{t_b^2}{2} \quad [18]$$

Las condiciones de primer orden son:

$$\frac{\partial \pi_a}{\partial t_a} = \frac{2n_b v(2\Delta + v(n_a(1-t_b) - n_b(1-t_a)))}{9\Delta} - \gamma t_a = 0 \quad [19]$$

$$\frac{\partial \pi_b}{\partial t_b} = \frac{2n_a v(\Delta + (n_b(1-t_a) - n_a(1-t_b))v)}{9\Delta} - \gamma t_b = 0 \quad [20]$$

Las condiciones de segundo orden:

$$\frac{\partial^2 \pi_a}{\partial t_a^2} = -\gamma + \frac{2n_b^2 v^2}{9\Delta} < 0 \quad \text{y} \quad \frac{\partial^2 \pi_b}{\partial t_b^2} = -\gamma + \frac{2n_a^2 v^2}{9\Delta} < 0 \quad [21]$$

El imponen

$$s_a > s_b + \frac{2v^2}{9\gamma} \text{Max}\{n_a^2, n_b^2\} \quad [22]$$

Las funciones de mejor respuesta:

$$t_a(t_b) = \frac{2n_b v(2\Delta - (n_b - n_a(1 - t_b))v)}{9\gamma\Delta - 2n_b^2 v^2} \quad [23]$$

$$t_b(t_a) = \frac{2n_a v(\Delta - (n_a - n_b(1 - t_a))v)}{9\gamma\Delta - 2n_a^2 v^2} \quad [24]$$

El equilibrio de Nash viene dado por:

$$t_a^* = \frac{6n_b v(2\Delta + (n_a - n_b)v)\gamma - 4n_a^2 n_b v^3}{3\gamma(9\Delta\gamma - 2(n_a^2 + n_b^2)v^2)} \in [0,1] \quad [25]$$

$$t_b^* = \frac{6n_a v(\Delta + (n_b - n_a)v)\gamma - 4n_a n_b^2 v^3}{3\gamma(9\Delta\gamma - 2(n_a^2 + n_b^2)v^2)} \in [0,1] \quad [26]$$

Se comprueba la naturaleza de las variables estratégicas escogidas por las empresas, ya que, son de vital importancia para el análisis; comprobaremos si se trata de sustitutos o complementos estratégicos. Las curvas de reacción para los complementos estratégicos tienen pendiente positiva, mientras que para los sustitutos pendiente negativa

$$\frac{\partial^2 \pi_a}{\partial t_a \partial t_b} = -\frac{2n_a n_b v^2}{9\Delta} < 0 \quad \text{y} \quad \frac{\partial^2 \pi_b}{\partial t_b \partial t_a} = -\frac{2n_a n_b v^2}{9\Delta} < 0$$

Se trata de sustitutos estratégicos, las funciones de reacción tienen pendiente negativa.

Los niveles de expectativas de los individuos que definimos a continuación:

$$n_a = \frac{4v - 9\gamma + \sqrt{(2v - 9\gamma)(4v - 9\gamma)}}{2v} \quad \text{y} \quad n_b = 1 - \frac{4v - 9\gamma + \sqrt{(2v - 9\gamma)(4v - 9\gamma)}}{2v} \quad [27]$$

nos marcan el punto exacto que hace que la elección de la compatibilidad de las empresas sea constante para cualesquiera de los valores de las calidades <sup>(11)</sup>.

---

<sup>11</sup> Para los límites superiores e inferiores de la intensidad de la externalidad los valores de

$n_a$ ;  $\lim_{v \rightarrow 0} \frac{4v - 9\gamma + \sqrt{(2v - 9\gamma)(4v - 9\gamma)}}{2v} = \frac{1}{2}$  y

$\lim_{v \rightarrow 1} \frac{4v - 9\gamma + \sqrt{(2v - 9\gamma)(4v - 9\gamma)}}{2v} = \frac{1}{2}(4 - 9\gamma + \sqrt{8 - 54\gamma + 81\gamma^2})$ .

Para que exista equilibrio en el rango correspondiente las condiciones son,

$$1^{\circ}: s_a \geq s_b + \frac{1}{3\gamma}(2n_b^2v^2 + 3v\gamma(n_a - n_b)) \quad [28]$$

en el caso en que las expectativas del tamaño de red del bien de calidad alta son relativamente grandes,  $n_a > \frac{4v - 9\gamma + \sqrt{(2v - 9\gamma)(4v - 9\gamma)}}{2v}$ , casi siempre  $n_a$  va ser mayor que  $n_b$ , pero para valores muy altos de la intensidad de la externalidad,  $v$ , puede darse el caso que  $n_b > n_a$ . Además, esta condición es la que se aplica en el caso particular de  $n_a = n_b = 1/2$ .

$$2^{\circ}: s_a \geq s_b + \frac{1}{6\gamma}(2n_a^2v^2 - 3v\gamma(n_a - n_b)) \quad [29]$$

Cuando dichas expectativas son relativamente pequeñas,  $n_a < \frac{4v - 9\gamma + \sqrt{(2v - 9\gamma)(4v - 9\gamma)}}{2v}$ . En este caso  $n_b$  siempre va a ser mayor que  $n_a$ .

Estas condiciones son las encargadas de garantizar que los niveles de compatibilidad que eligen ambas empresas estén acotados entre 0 y 1.

Si se cumplen estas condiciones se cumplirán tanto las condiciones de segundo orden como la condición de estabilidad, esta última nos dice que:

$$\frac{\partial t_a(t_b)}{\partial t_b} \cdot \frac{\partial t_b(t_a)}{\partial t_a} < 1$$

$$\frac{4n_a^2n_b^2v^4}{(\gamma(9s_b - 9s_a) + 2n_a^2v^2)(\gamma(9s_b - 9s_a) + 2n_b^2v^2)} < 1$$

## 5.1. ESTÁTICA COMPARATIVA.

Vamos a analizar cómo varía la elección de los grados de compatibilidad dependiendo de cómo sean las expectativas de los consumidores sobre el tamaño de red y la diferencia entre calidades. También mostraremos cómo se ven afectados los precios y las demandas de equilibrio. Distinguiremos dos casos distintos atendiendo a que los consumidores esperen que los tamaños de red sean iguales o distintos. Además, en este último caso, el análisis separará dos escenarios, según la expectativa sobre el tamaño de la red del bien de calidad alta sea relativamente grande o pequeña.

### 5.1.1 Si $n_a = n_b = 1/2$ .

Si los consumidores tienen la expectativa de que los tamaños de las redes son iguales entonces las expresiones [15], [16], [25] y [26], quedan como sigue

$$t_a^* = \frac{v(12\gamma\Delta - v^2)}{6\gamma(9\gamma\Delta - v^2)} \quad t_b^* = \frac{v(6\gamma\Delta - v^2)}{6\gamma(9\gamma\Delta - v^2)}$$

$$p_b^* = c + \frac{1}{6}\left(2\Delta - \frac{\Delta v^2}{9\gamma\Delta - v^2}\right) \quad p_a^* = c + \frac{1}{6}\left(4\Delta + \frac{\Delta v^2}{9\gamma\Delta - v^2}\right)$$

$$D_a^* = \frac{1}{6}\left(4 + \frac{v^2}{9\gamma\Delta - v^2}\right) \quad D_b^* = \frac{1}{6}\left(2 - \frac{v^2}{9\gamma\Delta - v^2}\right)$$

En este caso es fácil ver que la ordenación tanto de los grados de compatibilidad como de los precios de equilibrio y las demandas viene determinada por la diferenciación vertical, ya que

$$t_a^* - t_b^* = \frac{6v\gamma\Delta}{6\gamma(9\gamma\Delta - v^2)}, \quad p_a^* - p_b^* = \frac{1}{3}\Delta \quad \text{y} \quad D_a^* - D_b^* = \frac{1}{3}\left(1 + \frac{v^2}{9\gamma\Delta - v^2}\right)$$

Que son positivas porque siempre  $\Delta > 0$ . Así, la empresa con el bien de calidad alta elige un grado de compatibilidad y un precio mayores que las elecciones de la empresa con el bien de calidad baja. Mirando a [3] puede verse que la fijación de  $p_a^*$  por encima de  $p_b^*$  hace que el consumidor indiferente esté más a la derecha; sin embargo, la fijación de  $t_a^*$  por encima de  $t_b^*$  lo desplaza hacia la izquierda. Podemos deducir que el efecto del grado de compatibilidad es más importante pues la demanda del bien de calidad alta es mayor que la del de calidad baja. Estos resultados quedan recogidos en el siguiente lema.

**LEMA 5:** *Para el mismo nivel de expectativas ( $n_a = n_b = 1/2$ ), la empresa de alta calidad siempre fijará un precio y un nivel de compatibilidad superior al de la empresa de baja calidad. Además, su demanda será mayor que la del bien de calidad baja, es decir,*

$$t_a^* > t_b^*; \quad p_a^* > p_b^*; \quad D_a^* > D_b^*.$$

Merece señalarse que si la diferencia en calidades no es muy grande, es posible que la empresa con el bien de calidad baja decida hacerlo incompatible. Es decir, el numerador en  $t_b^*$  se anularía si la intensidad de la externalidad de red,  $v$ , es relativamente grande y/o el parámetro que mide la convexidad de los costes de compatibilidad,  $\gamma$ , es relativamente grande. Con poca diferenciación de producto la

competencia entre empresas va a ser más intensa. La combinación de parámetros en el caso que estamos comentando conduce a la empresa con el bien de calidad baja a fijar precio igual a coste marginal. La elección de un cierto grado de compatibilidad por parte de la empresa con el bien de calidad alta impulsa la externalidad dentro de la red que incluso el consumidor con menor disposición a pagar puede permitirse adquirir el bien de calidad alta. Estaríamos ante un caso particular de compatibilidad en una sola dirección en el que una empresa no está presente en el mercado.

Las comparaciones anteriores sugieren la importancia de la diferencia entre calidades. Se comprueba como varían los grados de compatibilidad, los precios y las demandas en función de  $\Delta$  si existen las mismas expectativas de tamaño de red.

$$\frac{\partial t_a^*}{\partial \Delta} = -\frac{v^3}{(2v^2 - 9\gamma\Delta)^2} < 0 ; \quad \frac{\partial t_b^*}{\partial \Delta} = \frac{v^3}{(2v^2 - 9\gamma\Delta)^2} > 0$$

$$\frac{\partial p_a^*}{\partial \Delta} = \frac{2}{3} - \left(\frac{v^4}{6(v^2 - 9\gamma\Delta)^2}\right) > 0 ; \quad \frac{\partial p_b^*}{\partial \Delta} = \frac{1}{3} + \left(\frac{v^4}{6(v^2 - 9\gamma\Delta)^2}\right) > 0$$

$$\frac{\partial D_a^*}{\partial \Delta} = -\frac{3\gamma v^3}{(2v^2 - 9\gamma\Delta)^2} < 0 ; \quad \frac{\partial D_b^*}{\partial \Delta} = \frac{3v^2}{(2v^2 - 9\gamma\Delta)^2} > 0$$

Los efectos de cambios en la diferencia entre calidades vienen enumerados en el siguiente lema;

**LEMA 6:** *Para el mismo nivel de expectativas ( $n_a = n_b = 1/2$ ): Un aumento de  $s_a - s_b$  provoca:*

*i) una disminución de la compatibilidad de la empresa A,  $t_a^*$ , ii) provoca un aumento de la compatibilidad de la empresa B  $t_b^*$ , iii) una disminución de la cantidad vendida por la empresa A, iv) un aumento de la cantidad vendida por la empresa B, y v) aumentos en los precios de ambos bienes.*

Recordemos que las variables de grado de compatibilidad son sustitutos estratégicos. Aumentos de la diferencia entre calidades suponen desplazamientos hacia fuera de las funciones de reacción. De hecho, podemos deducir que la magnitud del desplazamiento es más importante para la empresa con el bien de calidad baja; solamente así puede entenderse que el efecto sobre  $t_a^*$  sea negativo y el efecto sobre  $t_b^*$  sea positivo. Los precios de los bienes terminan aumentando por el efecto directo de la diferencia entre calidades <sup>(12)</sup>. En todo caso, la

<sup>12</sup> En [15]-[16] puede verse que la diferencia entre calidades entra directamente y también indirectamente a través de  $t_a^*$  y  $t_b^*$ . De hecho, el precio  $p_a^*$  depende positivamente de  $t_a^* - t_b^*$ . Como  $t_a^* > t_b^*$ , el precio  $p_a^*$  aumenta. Sin embargo, el precio  $p_b^*$  depende negativamente de  $t_a^* - t_b^*$ . Así pues el efecto directo termina dominando.

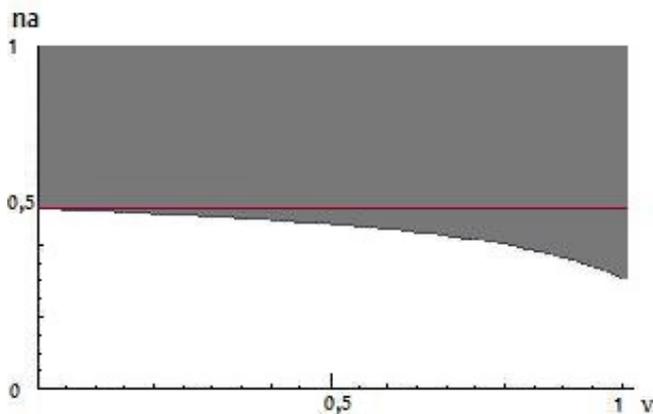
apertura del diferencial de calidad permite que ambas empresas disfruten de cuotas de mercado positivas.

### 5.1.2. $n_a \neq n_b$ .

La discusión en las páginas 15 y 16 nos permite distinguir dos escenarios según la expectativa del tamaño de la red del bien de calidad alta sea relativamente grande o no.

5.1.2.1 Si  $n_a > \frac{4v - 9\gamma + \sqrt{(2v - 9\gamma)(4v - 9\gamma)}}{2v}$

El gráfico siguiente ilustra una expectativa de tamaño relativamente grande respecto a la intensidad de la externalidad para el caso de  $\gamma = 1/2$ . Puede observarse que los valores de  $n_a$  van a ser casi siempre superiores a los de  $n_b$ , pero para niveles muy altos de la externalidad puede que no.



### Mínima diferencia entre calidades

Sabemos que [28] es la condición que debe cumplirse para que los grados de compatibilidad estén entre 0 y 1.

Vamos a definir el límite inferior:

$$s_b + \frac{1}{3\gamma}(2n_b^2v^2 + 3v\gamma(n_a - n_b)) = s^*$$

para estudiar, mediante límites, cómo responden los grados de compatibilidad de equilibrio cuando la diferencia entre calidades es mínima:

$$\lim_{s_a \rightarrow s^*} t_a = \frac{2n_b v}{3\gamma} ; \lim_{s_a \rightarrow s^*} t_b = 0$$

La empresa con el bien de alta calidad establece un nivel de compatibilidad que depende de las expectativas del tamaño de red rival, de la intensidad de la externalidad y del coste de la compatibilidad. Si la diferencia entre calidades es mínima, cuanto mayor sean las expectativas del tamaño de red del bien de calidad baja mayor será el grado de compatibilidad que escogerá la empresa con la calidad alta. Esta es la respuesta estratégica de la empresa A: aumentar la disposición a pagar por su bien impulsando el efecto de la externalidad entre redes (internet).

Al ser las expectativas de los consumidores favorables a la empresa de alta calidad y la diferencia entre calidades mínima, la empresa de baja calidad escoge nula compatibilidad y, además, como vemos a continuación no produce en el mercado; los consumidores ante mínima diferenciación vertical se decantan por la empresa con mayores expectativas de tamaño de red, en este caso la A.

Además,

$$\lim_{s_a \rightarrow s^*} p_a = c + n_a v + \frac{n_b v (2n_b v - 3\gamma)}{3\gamma} ; \lim_{s_a \rightarrow s^*} p_b = c$$

$$\lim_{s_a \rightarrow s^*} D_a = 1 ; \lim_{s_a \rightarrow s^*} D_b = 0$$

Este caso límite lleva a las mismas conclusiones que las obtenidas para expectativas de tamaño de red simétricas, bajo las condiciones allí especificadas.

### Aumentos de la diferencia entre calidades

Puede llegarse en este caso a un resultado llamativo. Si la diferencia entre calidades es importante, el nivel de compatibilidad elegido por la empresa que vende la variedad de calidad alta no necesariamente es mayor que el elegido por la otra empresa. Concretamente, ocurrirá que  $t_b^* > t_a^*$  si

$$s_a > \frac{3(n_a s_b + n_a^2 v - n_b (2s_b + n_b v))\gamma - 2n_a (n_a - n_b) n_b v^2}{3(n_a - 2n_b)\gamma} > s^*$$

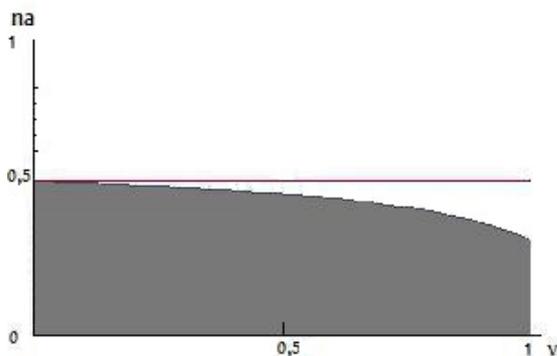
Además, como se verá más adelante, aumentos de la diferencia entre calidades lleva a la empresa de alta calidad a disminuir su grado de compatibilidad, mientras que la de baja calidad lo aumenta.

De la discusión precedente podemos concluir:

**LEMA 7:** *Si las expectativas sobre el tamaño de la red del bien de calidad alta son lo suficientemente elevadas, entonces la empresa que ofrece el bien de calidad baja elige no compatibilidad cuando la diferencia entre calidades es mínima. Sin embargo, elegirá cierto grado de compatibilidad cuando la diferencia entre calidades aumenta, pudiendo llegar a ser superior al elegido por la empresa rival.*

$$5.1.2.2 \text{ Si } n_a < \frac{4v - 9\gamma + \sqrt{(2v - 9\gamma)(4v - 9\gamma)}}{2v}$$

Aquí se analiza el caso en el que la expectativa del tamaño de red del bien de calidad alta es relativamente baja. El gráfico (para  $\gamma = 1/2$ ) muestra que  $n_a$  va a tomar valores en la franja inferior. Concretamente, los valores de  $n_a$  siempre van a ser inferiores a los de  $n_b$  independientemente del valor que tome la intensidad de la externalidad,  $v$ .



### Mínima diferencia entre calidades

Sabemos que debe cumplirse la condición [29].

Vamos a definir

$$s_b + \frac{1}{6\gamma}(2n_a^2 v^2 - 3v\gamma(n_a - n_b)) = s^{**}$$

para estudiar, mediante límites, cómo responden los grados de compatibilidad de equilibrio cuando la diferencia entre calidades es mínima:

$$\lim_{s_a \rightarrow s^{**}} t_a = 0 \quad ; \quad \lim_{s_a \rightarrow s^{**}} t_b = \frac{2n_a v}{3\gamma}$$

En este caso, al igual que en el anterior, la empresa con el bien de baja calidad establece un nivel de compatibilidad que depende de las expectativas del tamaño de red rival, de la intensidad de la externalidad y del coste de la compatibilidad. Si la diferencia entre calidades es mínima, cuanto mayores sean las expectativas, mayor será el grado de compatibilidad que escogerá la empresa B.

Al ser las expectativas de los consumidores favorables a la empresa de baja calidad y la diferencia entre calidades mínima, la empresa de alta calidad escoge nula compatibilidad y, además, como vemos a continuación no produce en el mercado, los consumidores ante calidades prácticamente iguales se decantan por la empresa con mayores expectativas de tamaño de red, en este caso la B.

Además,

$$\lim_{s_a \rightarrow s^{**}} p_a = c \quad ; \quad \lim_{s_a \rightarrow s^{**}} p_b = c + \frac{v(2n_a^2 v - 3\gamma(n_a - n_b))}{6\gamma}$$

$$\lim_{s_a \rightarrow s^{**}} D_a = 0 \quad ; \quad \lim_{s_a \rightarrow s^{**}} D_b = 1$$

En esta situación la empresa de baja calidad se apodera de todo el mercado<sup>(13)</sup> estableciendo incluso un alto grado de compatibilidad. Esta situación, si se sostiene a lo largo del tiempo, puede llevar a posibles pérdidas de eficiencia del tipo de las asociadas a una mala elección del estándar, ya que se trata del producto de baja calidad, aunque en este caso la diferencia entre calidades sea mínima. Las expectativas del tamaño de red de la empresa B son superiores a las de su rival; si la diferencia entre calidades es pequeña los consumidores, ante dos productos poco diferenciados, eligen el que dé mayores expectativas. De hecho, en los mercados sujetos a externalidades de red no resulta extraño que una determinada tecnología sea superada por otra técnicamente inferior si las expectativas del tamaño de la red por parte de los consumidores juegan a su favor. La clave de esta adopción ineficiente es la dependencia de las condiciones iniciales; pequeñas diferencias en las cuotas de mercado iniciales (que señalizan las expectativas) pueden suponer una gran diferencia en la evolución posterior del mercado. En este caso pequeñas diferencias de las expectativas suponen una gran diferencia en la evolución del mercado, ya que, la empresa B lo monopolizará.

---

<sup>13</sup> Existe una regla establecida por Andy Grove, que establece, que para superar al estándar instalado es necesario que el nuevo producto ofrezca unas prestaciones diez veces superiores.

## Aumentos de la diferencia entre calidades

Merece destacarse el caso complementario al escenario con  $n_a$  relativamente grande. En esta ocasión, el grado de compatibilidad elegido por la empresa que vende el bien de calidad baja no necesariamente es mayor que el elegido por la otra empresa. Concretamente, ocurrirá que  $t_a^* > t_b^*$  si:

$$s_a > \frac{3(n_a s_b + n_a^2 v - n_b(2s_b + n_b v))\gamma - 2n_a(n_a - n_b)n_b v^2}{3(n_a - 2n_b)\gamma} > s^{**}$$

Además, aumentos de la diferencia entre calidades lleva a la empresa de baja calidad a disminuir su grado de compatibilidad, mientras que la de alta calidad lo aumenta.

**LEMA 8:** *Si las expectativas sobre el tamaño de la red del bien de calidad alta son lo suficientemente pequeñas, entonces dicha empresa elige no compatibilidad cuando la diferencia entre calidades es mínima. Sin embargo, elegirá cierto grado de compatibilidad cuando la diferencia entre calidades aumenta, pudiendo llegar a ser superior al elegido por la empresa rival.*

Se deduce de los lemas 7 y 8 que; si la diferencia entre calidades es mínima, solo la empresa cuyas expectativas de tamaño de red sean mayores venderá en el mercado, independientemente de si es la de alta o baja calidad. Esto pone de relieve la importancia que ejercen las externalidades de red en las decisiones de los consumidores en los mercados de productos tecnológicos, si los productos están mínimamente diferenciados verticalmente, la calidad deja de tener importancia, lo que realmente marca la elección son las externalidades de red.

Con el mínimo grado de diferenciación vertical, las externalidades de red convertirán a la empresa de mayores expectativas en el monopolista del mercado. Aumentos en los niveles de calidad abren la competencia. No está claro cuál puede ser el efecto final en el bienestar dada tanto la estructura de mercado como el hecho de que los consumidores valoran otras características del bien además del precio.

En cambio, si la diferencia entre calidades aumenta, la empresa que dispone de mayores expectativas (independientemente de si es la de alta o baja calidad) reacciona disminuyendo su nivel de compatibilidad, mientras que la empresa rival lo aumentará, y ambas participarán en el mercado.

Como se puede ver, incluso existiendo externalidades de red, la valoración de los distintos tipos de tecnologías por parte de los consumidores, así como la diferenciación vertical de los productos, puede hacer que varias redes coexistan al mismo tiempo. Distintos consumidores pueden preferir las ventajas intrínsecas de un producto a pesar de pertenecer a una red menor. Estos mercados suelen desencadenar en la adopción de un único estándar, sobre todo si los productos son totalmente incompatibles. Los efectos de red generan un proceso de realimentación positiva que suele llevar a situaciones prácticamente monopolísticas: como afirma Economides (2000), en presencia de externalidades de red, y especialmente si existe incompatibilidad entre los productos en competencia, la situación natural es la existencia de cuotas de mercado muy distintas. Esta es una de las razones por las que el sistema operativo Windows de Microsoft ostenta en la actualidad una cuota de mercado cercana al 95%.

En el caso en el que existe mínima diferenciación vertical, la presencia de externalidades de red trae consigo una serie de inconvenientes; se produce una reducción de la variedad de productos disponibles en el mercado, aunque si diferentes consumidores tienen distintas necesidades, el mercado será menos propenso a decantarse solo por uno de los dos productos, esto es lo que ocurre cuando el diferencial en calidades aumenta.

En el caso que sea la empresa de baja calidad la que acabe monopolizando el mercado, se produce una pérdida de eficiencia por la elección del producto con peor calidad.

## 6. EJEMPLO NUMÉRICO.

A continuación se van a clarificar los resultados obtenidos en la sección anterior mediante ejemplos numéricos.

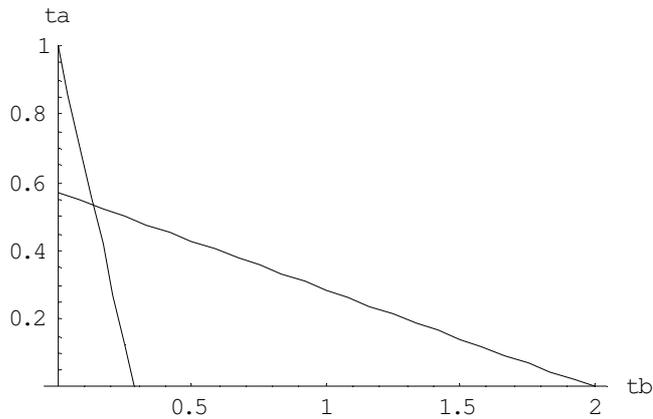
Suponemos un conjunto de parámetros dados:  $\gamma = 1/2$ ,  $v = 1$ ,  $s_b = 1$ ,  $c = 0$ . Comprobaremos como varían las decisiones de las empresas en función de los valores que le asignemos a las expectativas del tamaño de la red de los productos por parte de los consumidores y en función de la diferencia entre calidades.

### 6.1. Expectativas simétricas ( $n_a = n_b = 1/2$ )

Por la ecuación [28]

$$s_a \geq \frac{4}{3}; \text{ suponemos que } s_a = \frac{3}{2}$$

El espacio de funciones de reacción quedará



Obteniendo los siguientes resultados:

$$t_a = 8/15 \quad p_a = 2/5 \quad D_a = 4/5$$

$$t_b = 2/15 \quad p_b = 1/10 \quad D_b = 1/5$$

Si la diferencia entre calidades es bastante pequeña entre las dos empresas, la empresa de alta calidad elegirá un grado elevado de compatibilidad mientras que la de baja calidad escogerá menor compatibilidad.

Para distintos valores de  $S_a$ , distintas diferencias entre calidades:

	$t_a$	$t_b$	$p_a$	$p_b$	$D_a$	$D_b$	$\pi_a$	$\pi_b$	$\Delta W$
$S_a = 4/3$	0,667	0	0,333	0	1	0	0,222	0	
$S_a = 2$	0,476	0,19	0,714	0,286	0,714	0,286	0,454	0,073	0,2
$S_a = 10$	0,447	0,219	6	3	0,671	0,329	4	0,963	3,54
$S_a = \infty$	0,444	0,222	$\infty$	$\infty$	0,667	0,333	$\infty$	$\infty$	

Si los consumidores tienen las mismas expectativas del tamaño de red de los dos productos, la empresa de alta calidad elige un grado de compatibilidad superior, unos precios mayores y obtiene una mayor demanda.

Si la diferencia entre calidades es mínima, los consumidores comprarán solamente el producto de mayor calidad y el de baja calidad no participará en el mercado.

Conforme la diferencia en calidades aumenta ambas redes coexisten, la empresa de baja calidad produce a un precio más bajo que su rival, y con un cierto grado de compatibilidad atrae consumidores.

Al aumentar la diferencia entre calidades la empresa A tiene cada vez su producto más diferenciado y disminuye e grado de compatibilidad con el producto rival, aumenta los precios y el aumento del grado de compatibilidad del rival le hace perder consumidores.

## 6.2. Expectativas diferentes ( $n_a > n_b$ ).

Suponemos que  $n_a = 1$  y  $n_b = 0$ .

De [28] sabemos que:

$$s_a \geq 2$$

Para distintos valores de  $s_a$ , distintas diferencias entre calidades:

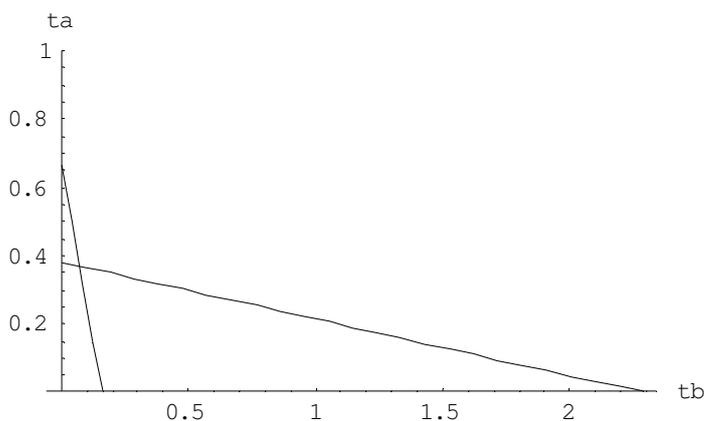
	$t_a$	$t_b$	$p_a$	$p_b$	$D_a$	$D_b$	$\pi_a$	$\pi_b$	$\Delta W$
$s_a = 2$	0	0	1	0	1	0	1	0	
$s_a = 4$	0	0,348	2,217	0,783	0,739	0,261	1,639	0,174	0,69
$s_a = 10$	0	0,416	6	3	0,688	0,312	4	0,831	2,63
$s_a = \infty$	0	0,444	$\infty$	$\infty$	0,667	0,333	$\infty$	$\infty$	

Suponemos que  $n_a = 0.7$  y  $n_b = 0.3$ .

De [28] sabemos que:

$$s_a \geq 1.52, \text{ suponemos que } s_a = 1.6$$

El espacio de funciones de reacción:



Obteniendo los siguientes resultados:

$$\begin{aligned}
 t_a &= 0.368831 & p_a &= 0.5532 & D_a &= 0.922077 \\
 t_b &= 0.072722 & p_b &= 0.0467 & D_b &= 0.077922
 \end{aligned}$$

Para distintos valores de  $S_a$ , distintas diferencias entre calidades:

	$t_a$	$t_b$	$p_a$	$p_b$	$D_a$	$D_b$	$\pi_a$	$\pi_b$	$\Delta W$
$S_a = 1,52$	0,4	0	0,52	0	1	0	0,48	0	
$S_a = 2$	0,314	0,201	0,784	0,216	0,784	0,216	0,591	0,036	0,12
$S_a = 10$	0,271	0,302	6	3	0,677	0,323	4	0,918	3,52
$S_a = \infty$	0,267	0,333	$\infty$	$\infty$	0,667	0,333	$\infty$	$\infty$	

Cuando las expectativas del tamaño de red son  $n_a=1$  y  $n_b=0$ , la empresa con el bien de alta calidad siempre escoge nula compatibilidad (independientemente de la diferencia entre calidades), en cambio, la del bien de baja calidad elige cierto grado de compatibilidad que irá aumentando conforme más se diferencien verticalmente las empresas. Al ser  $n_b=0$ , la empresa A escoge siempre nula compatibilidad, los usuarios de esta red no se verían beneficiados de ciertos grados de compatibilidad con la red rival, ya que no les reportaría aumentos en su función de utilidad y a la empresa le supondría un mayor coste. <sup>(14)</sup>

Si las expectativas del tamaño de red son  $n_a=0.7$  y  $n_b=0.3$ , la empresa con el bien de alta calidad escoge cierto grado de compatibilidad al igual que su rival. La diferenciación vertical conduce a la empresa de mayor calidad a ir disminuyendo su nivel de compatibilidad y a la de baja a aumentarlo, llegando incluso esta última a elegir un grado de compatibilidad superior.

En este ejemplo se observa un patrón común por parte de la empresa de baja calidad; la empresa con menores expectativas de tamaño de red por parte de los consumidores debe recurrir a precios menores a los del rival para compensar su menor tamaño.

Para comprenderlo desde un punto de vista más realista; a mediados de los años 80 surgió la videoconsola Nintendo (A), en poco tiempo salió al mercado una videoconsola de calidad muy inferior denominada Nasa (B), cuya apariencia era exactamente igual a la Nintendo. Claramente las expectativas del tamaño de la red eran favorables a Nintendo (se puede suponer sin temor a equivocarse mucho  $n_a=1$ ,  $n_b=0$ ). Tanto los juegos como otros componentes de la videoconsola Nintendo eran totalmente incompatibles con la Nasa, pero no al revés, los juegos y los mandos de la Nasa eran compatibles con los de Nintendo. Este simple ejemplo nos muestra que ante diferencias en calidad elevadas, la empresa de alta calidad prefiere nula compatibilidad, mientras que la de baja calidad intenta beneficiarse de las expectativas del tamaño de la red rival estableciendo ciertos grados de compatibilidad, y por supuesto, estableciendo un precio mucho menor, como fue el caso de la Nasa.

---

<sup>14</sup> Si las expectativas del tamaño de la red de una de las dos empresas es cero, la función indirecta de utilidad para consumidores del producto rival queda:  $U_i = V + n_i v + s_i \theta - p_i$ .

### 6.3. Expectativas diferentes ( $n_b > n_a$ ).

Suponemos que  $n_a = 0$  y  $n_b = 1$ .

De [29] sabemos que:

$$s_a \geq \frac{2}{3}$$

Para distintos valores de  $s_a$ , distintas diferencias entre calidades:

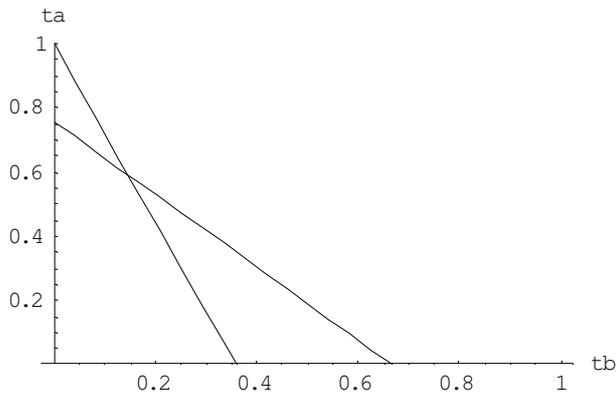
	$t_a$	$t_b$	$p_a$	$p_b$	$D_a$	$D_b$	$\pi_a$	$\pi_b$	$\Delta W$
$s_a = 3/2$	0	0	0	0,5	0	1	0	0,5	
$s_a = 2$	0,8	0	0,6	0,4	0,6	0,4	0,2	0,16	0,14
$s_a = 10$	0,883	0	6	3	0,662	0,338	4	1,026	3,57
$s_a = \infty$	0,889	0	$\infty$	$\infty$	0,667	0,333	$\infty$	$\infty$	

Suponemos que  $n_a = 0.3$  y  $n_b = 0.7$ .

De [29] sabemos que

$$s_a > 1.26, \text{ le asignamos el valor } s_a = 1.3$$

El espacio de funciones de reacción vendrá dado por:



Obteniendo los siguientes resultados:

$$t_a = 0.589474 \quad p_a = 0.189474 \quad D_a = 0.631579$$

$$t_b = 0.147368 \quad p_b = 0.110526 \quad D_b = 0.368421$$

Para distintos valores de  $s_a$ , distintas diferencias entre calidades:

	$t_a$	$t_b$	$p_a$	$p_b$	$D_a$	$D_b$	$\pi_a$	$\pi_b$	$\Delta W$
$s_a = 63/50$	0	0,4	0	0,26	0	1	0	0,22	
$s_a = 2$	0,62	0,134	0,665	0,335	0,666	0,335	0,346	0,108	0,3
$s_a = 10$	0,622	0,133	6	3	0,666	0,334	4	0,997	3,56
$s_a = \infty$	0,622	0,133	$\infty$	$\infty$	0,667	0,333	$\infty$	$\infty$	

Cuando  $n_a=0$  y  $n_b=1$  la empresa B cuenta con todas las expectativas del tamaño de red por parte de los consumidores. Si la diferencia entre calidades es mínima, monopolizará el mercado. Ante mínima diferenciación vertical priman las externalidades y/o la compatibilidad. Se observa como al aumentar la diferencia entre calidades, la tecnología con mayor calidad va desplazando a la de baja calidad debido a su elevado grado de compatibilidad, muy cercano al completo. A pesar de ello, la empresa con el bien de baja calidad escoge siempre nula compatibilidad debido a que  $n_b=1$ , y al ser  $n_a=0$  no ve necesario hacer su producto compatible, ya que, como se ha comentado anteriormente, un aumento del grado de compatibilidad solo se vería reflejado en un aumento en el coste.

Podría citarse el ejemplo de las versiones más actuales de los procesadores de textos, las versiones de menor calidad (las antiguas) eran totalmente incompatibles con las nuevas, mientras que las de mayor calidad (las más recientes) eran casi o totalmente compatibles con las de baja calidad. Esto es lo que se puede observar en este ejemplo numérico. También es sabido que el precio de la versión de menor calidad (la antigua) va a ser menor que la de alta calidad ( la moderna), así también su demanda.

Si  $n_a=0.3$  y  $n_b=0.7$  y la diferencia entre calidades es mínima, la empresa B al igual que antes monopoliza el mercado. Este sería el caso de mínima diferenciación vertical, los consumidores observan dos productos con calidades prácticamente iguales y compran el que tiene unas mayores expectativas del tamaño de red.

Conforme el producto de la empresa A se va diferenciando verticalmente, los consumidores tienen más en cuenta la calidad y al escoger un grado de alta compatibilidad puede frenar el efecto negativo de las expectativas del tamaño de la red.

Si consideramos el caso en el que  $s_a=2$ ; la empresa de alta calidad elige el grado de compatibilidad  $t_a=0,62$ , esto es como si las expectativas del tamaño de red para los que consumen este producto fueran de  $n_a+t_a n_b=0.734$ ; sumado a su mayor calidad le permite lograr una mayor cuota de mercado. Para entenderlo de un modo simple, el porcentaje de las

expectativas de la red rival que un producto puede hacer suyas viene representado por el grado de compatibilidad.

A diferencia del ejemplo anterior, en este caso la empresa con menores expectativas de tamaño de red por parte de los consumidores no debe recurrir a precios menores para compensar su menor tamaño. Por una parte, debido a su mayor calidad, y por otra, como acabamos de comentar, debido al elevado grado de compatibilidad que elige; al aumentar la compatibilidad de su producto sus consumidores se benefician de su propia red y de buena parte de la red rival.

En los casos esquina ( $n_a=1$  ó  $n_b=1$ ), la empresa con todas las expectativas del tamaño de red por parte de los consumidores siempre va a establecer nula compatibilidad, independientemente de la diferencia entre calidades. La empresa rival escogerá compatibilidad parcial siempre que la diferencia en calidades no sea mínima. Si la diferenciación vertical es mínima estaremos ante un caso de productos totalmente incompatibles,  $\{t_a=0, t_b=0\}$ .

En los casos donde  $n_a, n_b \in (0,1)$ , si la diferenciación vertical no es mínima, ambas empresas eligen grados de compatibilidad parcial.

Cuando  $n_a > n_b$ , la empresa de baja calidad compensa el efecto negativo de las externalidades de red mediante precios más bajos que los de la empresa de alta calidad.

Cuando  $n_b > n_a$ , la empresa de alta calidad compensa el efecto negativo de las externalidades de red mediante incrementos en su grado de compatibilidad.

En todos los ejemplos, se observa un resultado bastante llamativo cuando la calidad de la empresa A tiende a infinito. En este caso la demanda de la empresa de calidad alta tiende a  $2/3$  y la de calidad baja a  $1/3$ , independientemente de las expectativas del tamaño de red, de los niveles de compatibilidad y de los precios. Esto pone de manifiesto que las externalidades de red tienen límite, es decir, para diferencias entre calidades extremadamente grandes ( $\Delta = \infty$ ), se vuelve al equilibrio de un modelo simple de diferenciación vertical, en donde la presencia de externalidades de red no ejerce ninguna influencia en las decisiones de los consumidores. Para diferencias en calidades extremadamente grandes las expectativas del tamaño de la red son irrelevantes en las decisiones de compra de los consumidores.

También, en todos los ejemplos, a pesar del aumento en precios observamos aumentos en el bienestar total. Los aumentos en la diferencia entre calidades llevan a las empresas a aumentar sus precios. A pesar de esto, los consumidores se benefician del aumento de la calidad y de aumentos del grado de compatibilidad (al aumentar la compatibilidad se benefician de la red rival). Las empresas al subir los precios ven aumentados sus beneficios. Al final el efecto que domina es

un aumento del bienestar total. Elecciones de mayores grados de compatibilidad, al aumentar el grado de diferenciación de producto, genera ganancias de bienestar, esto contradice lo obtenido por Shy (2001) que apunta a que la compatibilidad es anti-competitiva

## **7. CONCLUSIONES.**

En este trabajo, a diferencia de la literatura existente sobre las externalidades de red, se ha supuesto que el nivel de expectativas de los consumidores sobre el tamaño de red de cada producto es exógeno. Dichas expectativas son un factor clave en la decisión de compra de los consumidores; en los modelos de red la tecnología<sup>(15)</sup> disponible se valora en atención a otras características además del precio.

Nuestros resultados apoyan los obtenidos por Katz y Shapiro (1985), donde las empresas con un elevado tamaño de red siempre prefieren incompatibilidad y por Sarkar (2005), que encuentra un equilibrio en estrategias mixtas donde las empresas se diferencian verticalmente y existe incompatibilidad. En concreto, en nuestro modelo, ante mínima diferenciación, solo la empresa cuyas expectativas de tamaño de la red son mayores venderá en el mercado, independientemente de si es la del bien de alta o baja calidad, estableciendo nula compatibilidad y si su tamaño de la expectativa de red es 1 y la diferencia en calidades mínima estamos en un caso de productos totalmente incompatibles.

Por el contrario, como encuentran Baake y Boom (2001), las empresas pueden preferir compatibilidad aunque optan por diferenciarse verticalmente. En nuestro modelo, si no existe mínima diferencia entre calidades y las expectativas no están centradas solamente en un producto, se encuentra que la empresa que dispone de las mayores expectativas de tamaño de la red (independientemente de si es la del bien de alta o baja calidad) reacciona disminuyendo su grado de compatibilidad, mientras que la empresa rival lo aumentará, pero ambas mantienen niveles de compatibilidad parcial.

Además, en el ejemplo numérico, ante aumentos de la diferencia entre calidades el bienestar total es mayor a pesar del incremento en precios. Estos aumentos en precios pueden justificar, por ejemplo, la regulación de los mercados de telecomunicaciones y especialmente de la interconexión entre las redes de los operadores, tanto telefónicos, como de los operadores de Internet. Por esto, la regulación relativa a la interconexión de redes constituye un factor de mucha importancia para incentivar el crecimiento de redes interconectadas y evitar el desarrollo

---

<sup>15</sup> Las externalidades de red, aunque raramente, pueden aparecer también en mercados no tecnológicos, como en el mercado del ancho de la vía de ferrocarril, o en el siglo XIX entre la corriente alterna y la corriente continua.

de estándares y redes paralelas que generen ineficiencias productivas. Aunque las externalidades de red parecen ser difícilmente resolubles a través de la defensa de la competencia, estas cuestiones merecerían ser analizadas.

Una modelización de la competencia en el contexto de hardware-software y efectos de red más precisa requeriría un modelo dinámico. La decisión de los usuarios sobre qué hardware adquirir en periodos iniciales les hace cautivos en los periodos posteriores porque la clave de reside en la dependencia de las condiciones iniciales; pequeñas diferencias en las cuotas de mercado iniciales suponen una gran diferencia en la evolución posterior del mercado. Este escenario permitiría una mejor valoración de las decisiones estratégicas de las empresas, ya que las externalidades de red provocan una realimentación positiva o feedback, que hace que la velocidad de penetración y crecimiento de la tecnología sea diferente a la de otro mercado no sujeto a estos efectos. El planteamiento de un modelo dinámico permitiría el estudio de la duración de cada fase del feedback, los mercados de la telecomunicación son mercados sujetos a estos efectos. Dichos productos suelen tener una fase larga de asentamiento, seguidas de una fase de crecimiento rápido a medida que aumenta el número de usuarios; mayor es el número de usuarios que desean adoptar esa tecnología, y con el tiempo el producto se hará con el mercado pudiendo incluso llegar a convertirse en el producto estándar.

Aunque este trabajo se ha abordado desde una perspectiva de equilibrio estático, es cierto que un entorno dinámico aportaría mayor información sobre el comportamiento de los agentes. Otra posible extensión sería considerar que los consumidores también estén diferenciados por su disposición a pagar por la externalidad de red. El estudio de la innovación en mercados de sistemas también es un campo de análisis prometedor. Otra línea de análisis interesante, sería considerar procesos de sustitución tecnológica de productos sujetos a externalidades de red, analizando si es conveniente ofrecer compatibilidad en un solo sentido o bien ofrecer compatibilidad total de los productos. Los resultados alcanzados nos animan a continuar en esta línea de investigación.

## **8. BIBLIOGRAFÍA.**

Baake, P y A. Boom (2001). Vertical product differentiation, network externalities, and compatibility decisions. *International Journal of Industrial Organization*, Vol. 19, Issues 1-2, pp. 267-284.

Belleflamme, P. (1998). Adoption of network technologies in oligopolies. *International Journal of Industrial Organization*, 16, pp. 415-444.

Bental, B. y Spiegel, M. (1995). Network Competition, Product Quality, and Market Coverage in the Presence of Network Externalities. *The Journal of Industrial Economics*, Vol 43 (2), pp. 197-208.

Besen, S. y J. Farrell (1994). Choosing How to Compete: Strategies and Tactics in Standardization. *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 8 (2), pp. 117-131.

Chou, C.H. (2007). Partial compatibility and vertical differentiation. *Economics Bulletin*, Vol 12 (21), pp. 1-8.

Economides, N. (1989). Desirability of Compatibility in the Absence of Network Externalities. *American Economic Review*, Vol. 79, No. 5, pp. 1165-1181.

Economides, N. (2000). "Notes on Network Economics and the New Economy". Lecture Notes, Stern School of Business

Farrell, J. y G. Saloner (1985). Standardization, compatibility, and innovation. *Rand Journal of Economics* Vol. 16, No. 1, pp. 70-83.

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

Katz, M. y C. Shapiro, (1992), Product Introduction with Network Externalities, *Journal of Industrial Economics*, vol. 40(1), pp. 55-84.

Katz, M. y C. Shapiro (1994). Systems Competition and Network Effects. *Journal of Economic Perspectives*, vol 8(2), pp. 93-115.

Kim, J.Y. (2002). Product compatibility as a signal of quality in a market with network externalities. *International Journal of Industrial Organization*, Vol 20, pp. 949-964.

Matutes, C. y P. Regibeau (1988). "Mix and Match": Product Compatibility without Network Externalities. *RAND Journal of Economics*, Vol. 19, No. 2, pp. 221-234.

Sääskillathti. P. (2006). Strategic R&D and Network Compatibility. *Economics of Innovation and New Technology*, vol 15 (8), pp. 711-733.

Sarkar, S. (2005). On Vertical Product Differentiation, Network Externalities and Compatibility Decisions: Existence of Incompatible Networks.

Shy, O. (2001). The Economics of Network Industries. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Shapiro, C. y Varian, H. (1999). “El dominio de la información; Una guía estratégica para la economía de la red”. Antoni Bosch.