

Crecimiento de firmas entrantes tardías en la industria de software: un modelo desde la difusión multigeneracional de productos con efectos de red

Growth of late entrant firms of the software industry: a model of multigenerational product diffusion with network effects

Ana Lucía Pérez Patiño¹, Jorge Robledo Velásquez²*

¹ Departamento de Ingeniería de Sistemas. Universidad de Antioquia. Calle 67 N.º 53-108. Medellín, Colombia.

² Facultad de Minas. Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín. Avenida 80 N.º 65-223. Medellín, Colombia.

(Recibido el 24 de mayo de 2012. Aceptado el 7 de octubre de 2012)

Resumen

En este artículo se presenta un modelo de crecimiento de dos firmas –Pionera y Entrante tardía– (en adelante ET) en mercados de software estandarizado. El modelo propuesto está definido en función del comportamiento dinámico de las ventas de múltiples generaciones de producto, sujetas a efectos de red. En la validación se comparan las simulaciones del modelo con los históricos de dos Pioneras: *ANSYS INC.* y *SYMANTEC Corp.* y dos ET: *CIMATRON Group* y *Check Point Software Technologies Ltd.*. Se concluye que las estrategias para que una Entrante Tardía sobreviva en el mercado son: i) invertir en I&D para difundir generaciones sucesivas de productos; ii) aumentar la base instalada mediante el fortalecimiento de los efectos de red; y iii) controlar los retardos en la entrada de sus productos frente a los del Pionera.

----- *Palabras clave:* Modelamiento de sistemas, simulación, difusión multigeneracional, efectos de red, crecimiento de firmas de software, ingreso tardío

Abstract

This article presents a growth model of two companies –Pioneer and Late Entrant– in markets of standardized software. The model proposed is defined

* Autor de correspondencia: teléfono: + 57 + 4 + 219 85 32, correo electrónico: nanaluperez@gmail.com (A. Pérez)

in terms of the dynamic behavior of sales of multiple product generations subject to network effects. The validation compares model simulations with historical data from two pioneer companies ANSYS INC. and SYMANTEC Corp. and from two late entrants CIMATRON Group and *Check Point Software Technologies Ltd.* It is finally concluded that the strategies for a late entrant to survive in the market are as follows: i) investing in R&D to spread and replace successive product generations; ii) increasing the installed base by reinforcing network effects; and iii) Controlling the timing of the market entry of its products with regards to those of pioneer companies.

----- **Keywords:** Systems modeling, simulation, multigenerational diffusion, network effects, software firm growth, late entry

Introducción

Según el orden de entrada al mercado, las firmas se clasifican como Pioneras, Seguidoras Tempranas y Entrantes Tardías –en adelante, estas últimas se denominarán ET– [1]. En la industria de software, existe abundante evidencia de que las firmas Pioneras pueden gozar de una posición ventajosa frente a las seguidoras, cuando bloquean el mercado beneficiándose por los efectos de red [2].

Sin embargo, la incertidumbre tecnológica y de mercado puede hacer que una Pionera quede en condición de desventaja frente a las seguidoras [3]. Como en el caso Microsoft Corp. y Google Inc. [4], la Pionera enfrentó el riesgo de seguir una trayectoria tecnológicamente inferior ante la llegada de una ET, capaz de introducir en el mercado nuevas generaciones de producto compatibles con el estándar.

El fenómeno del crecimiento de firmas ET es un desafío que ha venido ganado atención por más de una década, tanto en la literatura de pronóstico tecnológico [5], como en economía [6] y política [7]. Sin embargo, si las ET pueden sostener o no sus tasas de crecimiento, sigue siendo una cuestión que se ha abordado empíricamente.

Dadas las características del crecimiento de firmas en mercados de software, dos instrumentos teóricos parecen promisorios para el modelamiento del fenómeno. Por un lado, la teoría de los efectos de red que considera una dinámica en la que los adoptadores potenciales se benefician por comprar el producto de la firma que cuente

con mayor base instalada -externalidades de red directas- y compatibilidad con múltiples productos—externalidades de red indirectas-[8-9]. Por otro la teoría de difusión de la innovación, enfocada en la explicación y el pronóstico del proceso de adopción de productos por una población de adoptadores potenciales de la firma [10].

Se dispone de abundante literatura para el modelado de la difusión de la innovación [11, 12] y el modelado de los efectos de red [13]. También existen algunas contribuciones modelamiento de mercados de software [14-15]. Sin embargo la literatura disponible no considera la difusión de múltiples generaciones de productos, en un ambiente de competencia con efectos de red [16].

Esta investigación se enmarca en seis postulados para explicar el crecimiento de ET en mercados de software estandarizado, a saber: i) el indicador de crecimiento de las firmas es la venta anual [16]; ii) el mercado potencial es dinámico en función de los efectos de red (β) [9-13]; iv) una firma de software sale del mercado cuando no difunde nuevos productos después de dos años de la introducción del producto anterior [17]; v) en la fabricación de software estandarizado, los principales costos para el desarrollo del producto ocurren en la fase de I&D [18]; la inversión en I&D es un indicador de capacidad de innovación[19]. La entrada necesaria para acumular capacidad de I&D es el porcentaje anual de ventas destinado a inversión en I&D y la salida se mide en número de nuevas generaciones de producto que se difunden en el mercado [19].

En este artículo analizamos el fenómeno de crecimiento de firmas ET, en un ambiente de competencia contra un Pionera, mediante un modelo matemático y sus simulaciones. Adicionalmente, evaluamos la sensibilidad del comportamiento de las ventas, a la inversión en I&D y al tiempo de entrada de sucesivas generaciones del producto.

Revisión de la literatura y evidencia empírica

La investigación en difusión de innovación se ha enfocado en la explicación y el pronóstico de la propagación productos en el mercado. Los principales modelos de difusión de innovación se establecieron a finales de los años sesenta y sus múltiples modificaciones y aplicaciones confirman su vigencia como tema de investigación [12].

Fourt y Woodlock [20] basan su modelo en el supuesto de que la cantidad acumulada de adoptadores en un tiempo t , depende de la cantidad de adoptadores potenciales. En su modelo, x representa la cantidad de usuarios que han adoptado el producto en el tiempo t , N , el mercado adoptadores potenciales en el tiempo t (constante) y α el coeficiente de innovación; entonces la tasa de adopción será de la forma:

$$\frac{dx}{dt} = \alpha(N - x)$$

Por otra parte, Mansfield [21] supone que los nuevos usuarios adoptan imitando a los innovadores; de modo que si β representa el coeficiente de imitación, entonces la tasa de adopción se expresa como:

$$\frac{dx}{dt} = \beta \frac{x}{N}(N - x)$$

Bass [10] propone un modelo de difusión de la innovación que incluye los supuestos de [20

y 21], considerando una población constante de adoptadores que adquiere un producto en función de una tasa de innovación e imitación. El modelo propuesto en [10] se puede expresar por la ecuación 1.

$$\frac{dx}{dt} = \alpha(N - x) + \beta \frac{x}{N}(N - x) \quad (1)$$

La ecuación 1 representa la variación de las ventas en el tiempo t . Nótese que la tasa de ventas es proporcional a la cantidad de adoptadores potenciales: inicialmente, la tasa de ventas alcanza su máximo al poco tiempo de difusión de la innovación, impulsado por los innovadores y luego disminuye a medida que la cantidad de adoptadores potenciales decrece, tendiendo a cero cuando la demanda se va agotando. En la figura 1 se presenta el comportamiento de las ventas acumuladas de acuerdo con la ecuación 1.

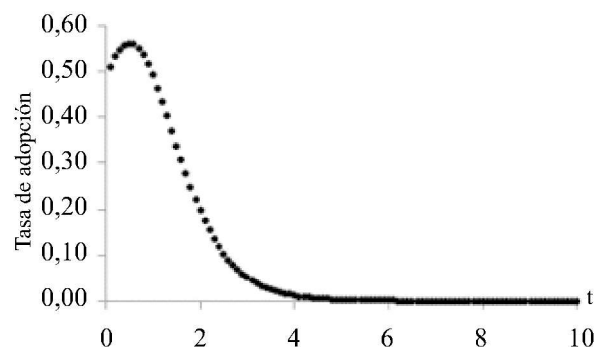


Figura 1 Comportamiento de las ventas acumuladas de acuerdo con la simulación del modelo de Bass [10]

La dinámica descrita aplica bien para la difusión de una única generación de producto en una red de usuarios. Sin embargo, tal como lo muestra la figura 2, el crecimiento de las firmas de software está caracterizado por la difusión de múltiples generaciones de productos [22] (líneas discontinuas mostradas en la figura 2). Por lo tanto, el modelo presentado en Bass [10] es insuficiente para explicar la difusión competitiva multigeneracional, presente en el crecimiento a largo plazo de firmas de software.

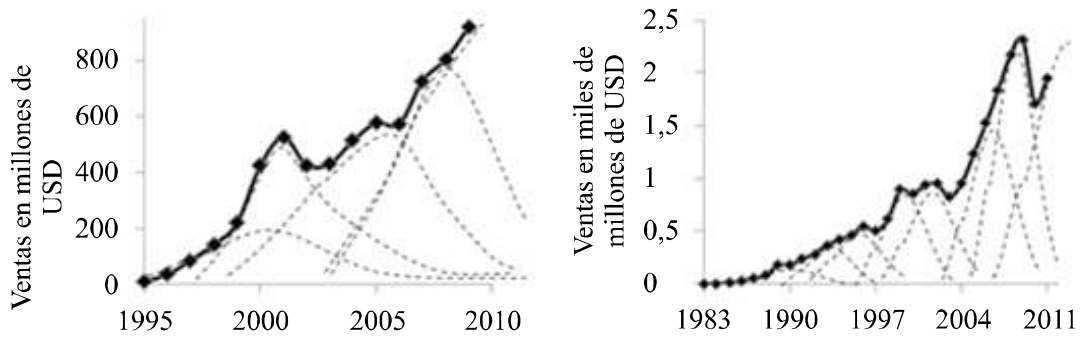


Figura 2 Evidencia del comportamiento de las ventas de Check Point Software Technologies y Autodesk Inc. Las múltiples generaciones de productos están representadas por las líneas discontinuas). Fuente: autores basados en informes financieros [23 - 24]

La evidencia empírica muestra que los puntos de inflexión en la curva de crecimiento de las ventas de las firmas que no están incluidas en la curva de adopción suavizada de Bass [10], ni en la literatura de modelamiento de mercados

de software [14-15]. Según Peres et al. [16], los puntos de inflexión son consecuencia del despegue varias generaciones de productos y los puntos de silla se producen cuando coinciden la etapa final de la difusión de una generación y el comienzo de la siguiente (ver figura 3).

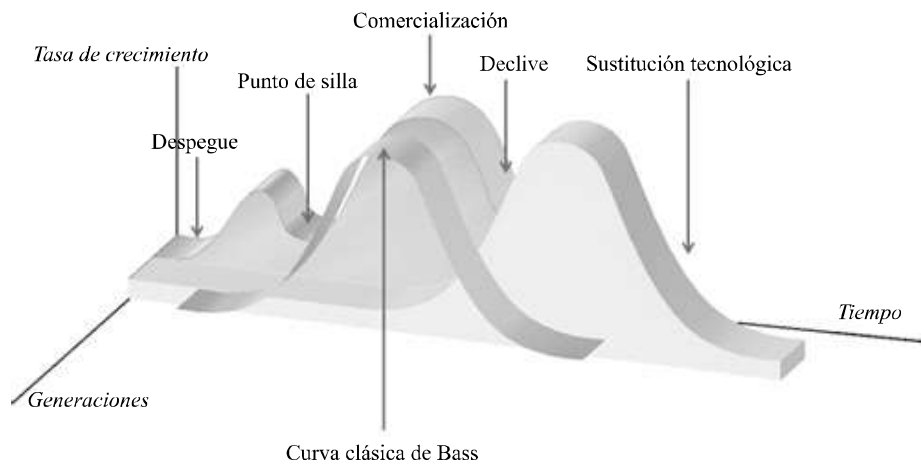


Figura 3 Puntos de inflexión en el ciclo de vida del producto. Fuente: [16]

Una de las aproximaciones para explicar los puntos de silla y despegue, proviene de la formulación propuesta por Chanda y Bardhan [22], quienes modelan la adopción de múltiples generaciones de productos. No obstante, la variable de salida de este modelo es ventas acumuladas, lo cual no permite detectar estas particularidades que solo se visualizan con la

derivada de las ventas, cuando dos generaciones de producto están lo suficientemente cercanas en su lanzamiento. A continuación, se propone un modelo que considera la difusión de múltiples generaciones de productos, sujetos a efectos de red, para dos firmas en competencia (una Pionera y una ET).

Resultados y discusión

Modelo propuesto

Liu et al.[13] coinciden con la literatura en que el coeficiente de innovación α , se refiere a los adoptadores influenciados por factores externos como la publicidad. Sin embargo, afirman que el coeficiente de imitación β , representa a los adoptadores que compran productos influenciados por las externalidades de red, como modo de imitación.

Supóngase dos firmas de software que venden hasta tres generaciones de productos que pueden o no ser compatibles. Los adoptadores compran una o más generaciones de productos, pero nunca repiten la misma generación. Tanto la firma Pionera como la ET, compiten por un mercado potencial dinámico $N(t)$, donde $t \in [0, T]$. Todas las generaciones de producto tienen un ciclo de vida dentro de este intervalo.

Siguiendo a Bass [10] y a Chanda y Bradhan [22], en el modelo se supone que la tasa de adopción de un producto es proporcional a la cantidad de adoptadores que ya han lo han comprado. Las ecuaciones 2 a 10 representan el modelo para las tres generaciones de productos de i firmas.

Primera generación

$$\frac{dx_{i1}}{dt} = \bar{N}_{i1} \frac{(\alpha_{i1} + \beta_{i1})^2}{\beta_{i1}} \frac{e^{-\alpha_{i1} + \beta_{i1}t}}{\left[1 + \left(\frac{\beta_{i1}}{\alpha_{i1}}\right) e^{-(\alpha_{i1} + \beta_{i1})t}\right]^2} \quad (2)$$

Con:

$\frac{dx_{i1}}{dt}$: tasa de adopción por unidad de tiempo del producto 1 de la firma i .

\bar{N}_{i1} : tamaño del mercado potencial de la firma i .

α_{i1}, β_{i1} : coeficientes de innovación e imitación, respectivamente, de la firma i para el producto 1.

Segunda generación

$$\frac{dx_{i1}}{dt} = \bar{N}_{i1} \frac{(\alpha_{i1} + \beta_{i1})^2}{\alpha_{i1}} \frac{e^{-(\alpha_{i1} + \beta_{i1})t}}{\left[1 + \left(\frac{\beta_{i1}}{\alpha_{i1}}\right) e^{-(\alpha_{i1} + \beta_{i1})t}\right]^2} \quad (3)$$

$$[1 - S_{i2}] - \bar{N}_{i1} \frac{(1 - e^{-(\alpha_{i1} + \beta_{i1})t})}{\left[1 + \left(\frac{\beta_{i1}}{\alpha_{i1}}\right) e^{-(\alpha_{i1} + \beta_{i1})t}\right]} \frac{dS_{i2}}{dt}$$

$$\frac{dx_{i2}}{dt} = \bar{N}_{i2} \frac{(\alpha_{i2} + \beta_{i2})^2}{\alpha_{i2}} \frac{e^{-(\alpha_{i2} + \beta_{i2})t}}{\left[1 + \left(\frac{\beta_{i2}}{\alpha_{i2}}\right) e^{-(\alpha_{i2} + \beta_{i2})t}\right]^2} + \frac{dA_{i2}}{dt} + \frac{dR_{i2}}{dt} \quad (4)$$

Donde, $S_{i2}(t)$ representa la fracción de adoptadores que compraron la primera generación de producto y que luego compran la segunda generación en la firma i ésimas una vez sea lanzada. Generalizando, $S_{ij}(t)$ expresa la fracción de los adoptadores potenciales que compraron la generación $j - 1$ de la firma i ésimas y que luego compran la generación j ésimas, cuando es lanzada en un tiempo τ_j , esta fracción se expresa como una probabilidad de tipo bayesiano.

$$S_{ij}(t) = \begin{cases} \frac{F_{ij}(t)}{\sum_{m=1}^j F_{im}(t)}, & \text{si } t \geq \tau_j \\ 0, & \text{si } t < \tau_j \end{cases} \quad (5)$$

Siendo $F_{ij}(t) = \frac{(\alpha_{ij} + \beta_{ij})^2 e^{-(\alpha_{ij} + \beta_{ij})t}}{\alpha_{ij} \left[1 + \left(\frac{\beta_{ij}}{\alpha_{ij}}\right) e^{-(\alpha_{ij} + \beta_{ij})t}\right]}$ la fracción

de adopción acumulativa de la generación de producto j por parte de la firma i en un tiempo t .

Por su parte, $A_{i2}(t)$ son los adoptadores potenciales de la primera generación de la firma i ésimas, que no compraron y esperan a comprar la segunda. R_{i2} son los adoptadores potenciales que llegan después de que la segunda generación ha sido lanzada, es decir los nuevos adoptadores potenciales que engrosan la demanda.

De forma general estas dos variables se pueden expresar como sigue:

$$A_{ij}(t) = \sum_{k=1}^j \bar{N}_{ik-1} F_{ik-1}(t) S_{ik}(t) \quad \text{para } t \geq \tau_j \quad (6)$$

$$R_{ij}(t) = \sum_{k=2}^{j-1} \bar{N}_{ik-1} \int_0^{\tau_k} F_{ij}(t) dt \quad \text{para } t \geq \tau_j \quad (7)$$

Tercera generación

Cuando la tercera generación de productos es lanzada, existe la posibilidad de que aún se estén comercializando la segunda o incluso la primera. En este caso las tasas de adopción para las tres generaciones que pueden estar difundiendo son:

$$\frac{dx_{i1}}{dt} = \bar{N}_{i1} \left\{ \frac{(\alpha_{i1} + \beta_{i1})^2}{\beta_{i1}} \frac{e^{-\alpha_{i1} + \beta_{i1}t}}{\left[1 + \left(\frac{\beta_{i1k}}{\alpha_{i1k}}\right) e^{-(\alpha_{i1} + \beta_{i1})t}\right]^2} [1 - S_{i2} - S_{i3}] - \bar{N}_{i1} \frac{(1 - e^{-(\alpha_{i1} + \beta_{i1})t})}{\left[1 + \left(\frac{\alpha_{i1}}{\beta_{i1}}\right) e^{-(\alpha_{i1} + \beta_{i1})t}\right]} \left[\frac{dS_{i2}}{dt} + \frac{dS_{i3}}{dt} \right] \right\} \quad (8)$$

$$\frac{dx_{i2}}{dt} = \bar{N}_{i2} \left\{ \frac{(\alpha_{i2} + \beta_{i2})^2}{\alpha_{i2}} \frac{e^{-(\alpha_{i2} + \beta_{i2})t}}{\left[1 + \left(\frac{\beta_{i2}}{\alpha_{i2}}\right) e^{-(\alpha_{i2} + \beta_{i2})t}\right]^2} [1 - S_{i3}] - \frac{(1 - e^{-(\alpha_{i2} + \beta_{i2})t})}{\left[1 + \left(\frac{\beta_{i2}}{\alpha_{i2}}\right) e^{-(\alpha_{i2} + \beta_{i2})t}\right]} \frac{dS_{i2}}{dt} \right\} + \frac{dA_{i2}}{dt} + \frac{dR_{i2}}{dt} (1 - T_{i3}) - R_{i2} T_{i3} \quad (9)$$

$$\frac{dx_{i3}}{dt} = \bar{N}_{i3} \frac{(\alpha_{i3} + \beta_{i3})^2}{\alpha_{i3}} \frac{e^{-(\alpha_{i3} + \beta_{i3})t}}{\left[1 + \left(\frac{q_{i3}}{p_{i3}}\right) e^{-(\alpha_{i3} + \beta_{i3})t}\right]^2} + \frac{dA_{i3}}{dt} + \frac{dR_{i3}}{dt} + \frac{dB_{i3}}{dt} \quad (10)$$

Siendo $T_{i3}(t)$ la proporción de adoptadores de la segunda generación que compra la tercera.

$B_{3i} = \bar{N}_{i1}(t_2) F_{2i}(t) T_{i3}(t)$. es la proporción de adoptadores de la primera generación, que compran la segunda y tercera.

Mercado potencial dinámico

Los adoptadores que están en capacidad adquirir un producto – adoptadores potenciales – pueden ser, o bien primeros compradores, o bien adoptadores que ya han adquirido una generación anterior y desean la nueva generación. En cualquiera de los dos casos, los efectos de red son el principal incentivo para atraer nuevos adoptadores debido al beneficio que se obtiene de una red ya instalada de usuarios.

Ni en el modelo de Bass [10] ni en el de Chanda y Bardhan [22], se asumen una renovación del mercado potencial de la primera generación del

producto $R_{i1}(t)$, lo que significa que la primera generación del producto j de la firma i tiene una cantidad finita y no renovable del mercado potencial. Por otra parte, suponer que los coeficientes de innovación e imitación constantes, conduce a dos situaciones inverosímiles. Primero, la proporción entre innovadores e imitadores con respecto a la base instalada se mantiene constante durante todo el tiempo. Segundo, los coeficientes α y β son invariantes, lo que implica que los efectos de red no afectan la tasa de adopción. Por esta razón se hace necesario proponer expresiones para α y β en función de la proporción real de los adoptadores innovadores e imitadores con respecto a la base instalada, haciendo dinámicos los coeficientes de innovación e imitación, como se muestra en las ecuaciones 11 y 12.

$$\alpha_{ij}(t) = \frac{x_{in(ij)}(t)}{\sum_{(i,j)=(1,1)}^{(2,3)} x_{ij}(t)} \quad (11)$$

$$\beta(t) = \alpha_{ij}(t) \frac{x_{im(ij)}(t)}{\sum_{(i,j)=(1,1)}^{(2,3)} x_{ij}(t)} \quad (12)$$

Donde los términos $x_{in(ij)}(t)$ y $x_{im(ij)}(t)$ representan la adopción acumulada de innovadores e imitadores, respectivamente.

La expresión propuesta para la tasa de crecimiento del mercado potencial para las i firmas y j generaciones de producto, en función de las externalidades de red, se muestra en la ecuación 13.

$$\frac{dN_{ij}}{dt} = \sum_{(i,j)=(1,1)}^{(2,3)} \left(\beta_{ij} \frac{x_{ij}(t)}{F_{ij}(t)} \right) \quad (13)$$

Donde $x_{ij}(t)$ representa la adopción acumulada y $F(t) = \frac{N(t)}{N}$ es la tasa de adopción acumulada de un nuevo producto en un tiempo t .

Validación

A continuación se presentan los resultados de la simulación siguiendo la metodología propuesta

en Serman y Barlas [25-26]. Se consideraron dos firmas Pioneras, ANSYS Inc. [27] y SYMANTEC Corp. [28] y dos ET: CIMATRON GROUP [29] y Check Point Software Technologies Ltd. [23].

La variable de salida que representa el crecimiento de la firma de software es “ventas anuales”. Los datos de entrada son: inversión en I&D (como un porcentaje de las ventas anuales), tiempo de entrada de tres generaciones de productos. El sistema de ecuaciones diferenciales que incluidas en el modelo propuesto fue simulado con el Software Ithink 7ª ®.

Validación con caso ANSYS Inc.

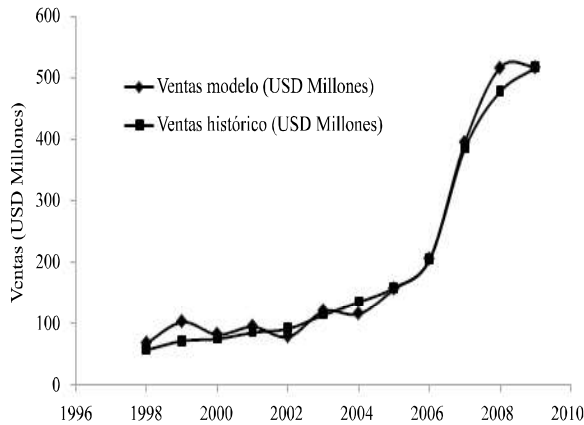
ANSYS es una firma Pionera en la producción de software para simulación de sistemas Multiphysics, térmicos y de Mecánica de Fluidos Computacional (CFD); adicionalmente, es reconocida como una las firmas de tecnología con mayor inversión en I&D en los Estados Unidos [30]. En la tabla 1 se presentan los datos de entrada para la simulación del caso Ansys Inc.

Tabla 1 Información financiera de ANSYS Inc. Fuente: [27]

Año	Ventas (USD Millón)	Inversión en I&D (USD Millón)	% I&D	Generación
1998	56,6	11,6	21%	
1999	63,1	13,5	21%	
2000	74,5	14,5	19%	
2001	84,8	16,9	20%	6.0
2002	91,0	19,6	22%	6.1
2003	113,5	23,8	21%	
2004	134,5	26,3	20%	8.1 y 9.0
2005	158,0	30,7	19%	
2006	263,6	49,4	19%	10.0
2007	385,3	56,5	15%	11.0
2008	478,3	71,6	15%	
2009	516,9	79,9	15%	12.0

En la simulación se consideraron las generaciones 6.1, 8.1 y 9.0 cuya entrada al mercado se realizó en los años 2002 y 2004, respectivamente. En la figura

4 se muestran la comparación entre el histórico de ventas anuales y los resultados de la simulación del modelo, a lo largo de trece años de simulación.



Año	Ventas modelo (USD millones)	Ventas histórico (USD millones)	Error relativo
1998	67,4	56,6	19%
1999	102,1	71,1	43%
2000	81,7	74,5	10%
2001	94,5	84,8	11%
2002	78,0	91,0	14%
2003	119,7	113,5	5%
2004	115,2	134,5	14%
2005	156,0	158,0	1%
2006	204,9	203,6	1%
2007	395,1	385,3	3%
2008	516,1	478,3	8%
2009	516,9	516,9	0%

Figura 4 Comparación de ventas históricas y de simulación para ANSYS Inc

La simulación muestra una tendencia creciente con un aumento significativo a partir de 2005. Según Ansys Inc [27], este comportamiento se debe a la estrategia de inversión en I&D y a la creciente base de usuarios conformada por las firmas más innovadoras; entre ellas Apple, Sony, Dell, Nokia, Toyota, BMW).

Validación con caso CIMATRON Group

CIMATRON Group es una ET dedicada a productos de software para Multiphysics, problemas térmicos y especializados en sistemas CAD-CAM. Los datos de entrada para la simulación del caso CIMATRON Group se presentan en la tabla 2.

Tabla 2 Datos financieros de la firma CIMATRON. Fuente: [29]

Año	Ventas (USD Millón)	Inversión en I&D (USD Millón)	% I&D	Generación
1997	21,7	4,5	21%	
1998	24,3	4,2	17%	
1999	25,3	4,2	16%	
2000	25,1	8,3	33%	
2001	23,0	7,6	33%	
2002	21,6	5,6	26%	Cimatron it v13
2003	21,6	5,2	24%	

Año	Ventas (USD Millón)	Inversión en I&D (USD Millón)	% I&D	Generación
2004	23,2	5,6	24%	Cimatron E6
2005	20,9	4,8	23%	Cimatron E7
2006	21,5	4,4	21%	
2007	28,6	4,3	15%	Cimatron E8
2008	41,0	6,9	17%	Cimatron E8.5
2009	33,0	5,7	17%	Cimatron E9

Para la simulación se consideraron tres generaciones de producto comercializadas en 1997, 2002 y 2007. En la figura 5 se presentan

los resultados de la simulación del modelo con respecto al histórico.

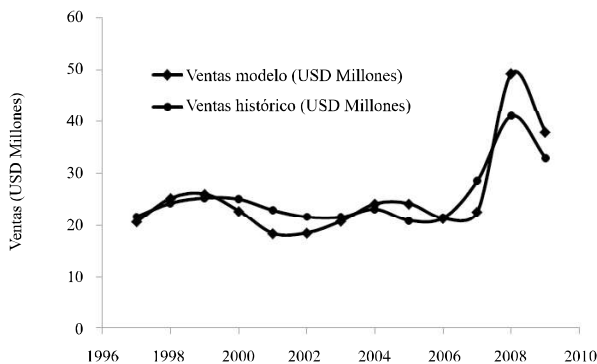


Figura 5. Comparación de ventas históricas y de simulación para CIMATRON

Año	Ventas modelo (USD millones)	Ventas histórico (USD millones)	Error relativo (%)
1997	20,7	21,7	5%
1998	25,3	24,3	4%
1999	26,0	25,3	3%
2000	22,8	25,1	9%
2001	18,4	23,0	20%
2002	18,5	21,6	15%
2003	20,8	21,6	4%
2004	24,2	23,2	4%
2005	24,2	20,9	16%
2006	21,3	21,5	1%
2007	22,7	28,6	21%
2008	49,4	41,0	21%
2009	37,9	33,0	15%

Puede apreciarse como el modelo se ajusta al histórico. En este caso las ventas mantienen un comportamiento relativamente constante hasta el año 2008 donde las ganancias se incrementan un 45.9% con respecto a 2007, pasando de USD 28 a 41 millones. Según CIMATRON GROUP [29], este crecimiento súbito se debe al desarrollo de nuevos productos y al fortalecimiento de

la base de usuarios. Como se observa, en 2009 las ventas decrecen. En [29] se justifica este comportamiento con las condiciones económicas y políticas globales y el incremento de la competencia. Adicionalmente, en los datos de entrada se observa una política irregular de inversión en I&D.

Validación con caso SYMANTEC Corp.

Symantec Corporation es una firma estadounidense y dedicada a la fabricación de productos de

administración de seguridad de la información. En la tabla 3 se muestran las ventas y las variables de entrada (inversión en I&D y tiempo de entrada de las versiones).

Tabla 3 Datos financieros de la firma SYMANTEC. Fuente: [28]

Año	Ventas (USD Millón)	Inversión en I&D (USD Millón)^w	% I&D	Generación
1994	403,206	68,11	17 %	Norton utilities
1995	431,268	70,706	16 %	
1996	445,432	94,672	21 %	
1997	472,183	88,924	19 %	
1998	578,361	91,332	16 %	
1999	592,628	101,563	17 %	Norton Web Services
2000	745,725	108,425	15 %	
2001	853,554	126,673	15 %	Norton Internet Security 2.5
2002	1.071,438	163,979	15 %	
2003	1.406,946	197,271	14 %	
2004	1.870,129	252,284	13 %	
2005	2.582,849	334,046	13 %	
2006	4.143,392	682,125	16 %	
2007	5.199,366	866,882	17 %	
2008	5.874	895	15 %	
2009	6.1500	870	14%	

Los parámetros ingresados al modelo corresponden a la inversión en I&D y las generaciones de productos lanzadas en los años 1994, 1999 y

2001. Los resultados de la simulación del modelo se presentan en la figura 6.

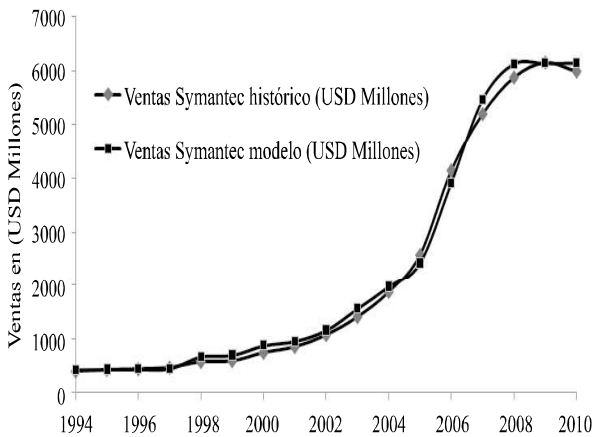


Figura 6 Comparación de ventas históricas y de simulación para SYMANTEC

Año	Ventas Symantec Histórico (USD Millones)	Ventas Symantec Modelo (USD Millones)	Error relativo
1994	403	431	7%
1995	431	436	1%
1996	445	440	1%
1997	472	452	4%
1998	578	671	16%
1999	593	698	18%
2000	746	877	18%
2001	854	958	12%
2002	1.071	1.160	8%
2003	1.407	1.559	11%
2004	1.870	1.971	5%
2005	2.583	2.433	6%
2006	4.143	3.918	5%
2007	5.199	5.475	5%
2008	5.874	6.134	4%
2009	6.150	6.143	0%
2010	5.985	6.150	3%

Según Symantec [28], la firma ha invertido agresivamente en la adquisición de firmas. En 2004 y 2005 se asoció con Veritas y Sygate y desarrolló productos como Norton Personal Firewall. Symantec ha definido una estrategia de regular inversión en I&D destinada al desarrollo de nuevas generaciones tecnológicas que aumenten su reputación entre la base de potencial [28].

Validación con caso Check Point Software Technologies Ltd.

A pesar de que Check Point Software Technologies Ltd. es una ET, tuvo la oportunidad de ser líder

en el mercado sistemas de seguridad para redes y datos como Firewalls y VPN. En la figura 7, se muestran los valores de entrada necesarios para la simulación del modelo del caso Check Point [23], considerando los tiempos de entrada de sus productos Open-Platform for Security (OPSEC), Application Intelligence y VPN-1 Power, comercializados en los años 1998, 2002 y 2006, respectivamente. Los resultados de la simulación se presentan en la figura 7.

Año	Ventas (USD Millón)	Inversión en I&D (USD Millón)	% I&D	Generación de producto
1998	141,9	18,9	9	X
1999	219,6	30,3	7	
2000	425,3	33,2	6	
2001	527,6	28,7	7	
2002	427,0	29,3	7	X
2003	432,6	44,4	9	
2004	515,4	50,5	9	
2005	579,4	62,2	11	
2006	575,1	80,9	11	X
2007	730,9	91,6	11	
2008	808,5	89,7	10	
2009	924,4	1,1	12	

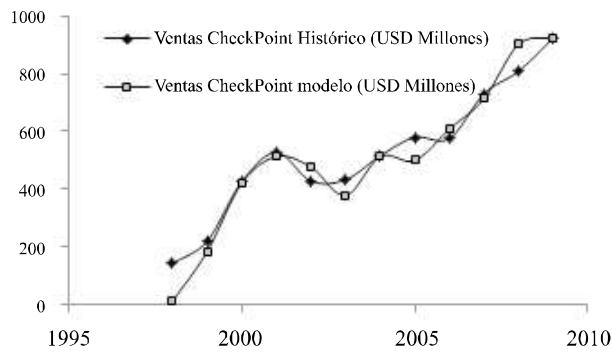


Figura 7 Comparación de ventas históricas y de simulación para Check Point Software Technologies. Fuente [23]

Año	Ventas CheckPoint Histórico (USD Millones)	Ventas CheckPoint Modelo (USD Millones)	Error relativo
1998	141,9	11	92%
1999	219,6	183	17%
2000	425,3	420	1%
2001	527,6	513	3%
2002	427,0	476	12%
2003	432,6	378	13%
2004	515,4	513	0%
2005	579,4	499	14%
2006	575,1	609	6%
2007	730,9	713	2%
2008	808,5	902	12%
2009	924,4	924	0%

El crecimiento de Check Point es evidente a partir de 1996 cuando realizó una fuerte inversión en I&D, firmó contratos con Sun Microsystems y Hewlett Packard y diversificó productos [23].

En 1998 se convierte en el proveedor líder de servicios VPN y en 2009 adquiere el negocio de seguridad de redes de Nokia.

Conclusiones

Las barreras de entrada al mercado para una firma ET, no son infranqueables. Los resultados de la simulación del modelo y la evidencia empírica muestran que una política de inversión en I&D enfocada al desarrollo y rápido lanzamiento de generaciones sucesivas de producto es una estrategia conveniente para ganar participación en el mercado.

Desde el punto de vista de la Pionera, tanto las simulaciones del modelo como la evidencia empírica muestran que cuando la Pionera deja que la ET introduzca generaciones de su producto de manera más rápida, pierde parte de la base instalada e incluso del mercado potencial. Se observa entonces que la inversión en I&D, es al crecimiento de las ventas de una ET, lo que la base de usuarios es al de la Pionera, cuando la ET promueve externalidades de red en la demanda e introduce en el mercado múltiples generaciones de productos más rápidamente que la Pionera.

El modelo propuesto considera las ventas de compradores de una generación y también de compradores que repiten o actualizan. Dados los hallazgos descritos, los patrones dinámicos de los coeficientes de innovación e imitación para múltiples generaciones indican la naturaleza distintiva del crecimiento del mercado potencial para los usuarios de tipo imitador desde la primera generación de producto.

Finalmente, los resultados de las simulaciones del modelo propuesto, las estrategias para que una ET ingrese al mercado y aumente su participación en el mismo, en orden de importancia, son: i) invertir en I&D para difundir y substituir generaciones sucesivas de productos; ii) aumentar la base instalada mediante el fortalecimiento de los efectos de red; y iii) controlar los tiempos de retardo de la entrada de sus productos frente a los de la Pionera.

Algunas limitaciones de la investigación realizada que sugieren las siguientes temáticas para futuras investigaciones:

Partiendo de la estructura matemática del modelo propuesto, es posible generalizar el modelo para un mayor número de firmas y generaciones de productos.

Considerar variables adicionales como fusiones y adquisiciones de la firmas, condiciones macroeconómicas del país de origen, cambios de políticas económicas globales y comportamiento de la bolsa de valores NASDAQ.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Colciencias, por la financiación otorgada a los proyectos “Metodología para evaluación y monitoreo de capacidades de innovación en empresas de software y tecnologías relacionadas en Antioquia”, y “Modelamiento y Simulación de Estrategias de Innovación para el Crecimiento de la Industria Colombiana de Software y su Ingreso al Mercado Exportador”, Igualmente, agradecen a los Profesores Marco Giarratana, Giuseppe Zollo y Tonny Brigs.

Referencias

1. H. Ansoff, J. Stewart. “Strategies for technology based business”. *Harvard Business Review*. Vol. 45. 1967. pp. 71-83.
2. H. Tanriverdi, C. Lee. “Within-industry diversification and firm performance in the presence of network externalities: evidence from the software industry”. *Academy of Management Journal*. Vol. 51. 2008. pp. 381-397.
3. M. Lieberman, D. Montgomery. “First-mover (dis) advantages: retrospective and link with the resource-based”. *Strategic Management Journal*. Vol. 19. 1998. pp. 1111-1125.
4. A. Keller, S. Hüsig. “Ex ante identification of disruptive innovations in the software industry applied to web applications: The case of Microsoft’s vs. Google’s office applications”. *Technological Forecasting & Social Change*. Vol. 76. 2009. pp. 1044-1054.
5. R. Rousseva. “Identifying technological capabilities with different degrees of coherence: The challenge to achieve high technological sophistication in latecomer software companies (based on the Bulgarian case)”. *Technological Forecasting and Social Change*. Vol. 75. 2008. pp. 1007-1071.

6. A. Arora, A. Gambardella. *The rise and growth of the software industry in Brazil, China, India, Ireland and Israel*. Oxford University Press. Londres. 2005. p. 336.
7. R. Schware. "Software industry entry strategies for developing countries: a walking on two legs proposition". *World Development*. Vol. 20 (2). 1992. pp. 143-156.
8. A. Dhebar, S. Oren. "Optimal Dynamics Pricing for Expanding Networks". *Marketing Science*. Vol. 4. 1985. pp. 336-351.
9. J. Church, N. Gandal. "Strategy entry deterrence: complementary products as a installed base". *European Journal of Political Economy*. Vol. 12. 1996. pp. 331-354.
10. F. Bass. "A new product growth model for consumer durables". *Management Science*. Vol. 15. 1969. pp. 215-227.
11. N. Meade, T. Islam. "Modelling and forecasting the diffusion of innovation – A 25-year review". *International Journal of Forecasting*. Vol. 22. 2006. pp. 519-545.
12. Y. Li, M. Sui. "Literature analysis of innovation diffusion". *Technology and investment* . Vol 2. 2011. pp. 155-162.
13. Y. Liu, H. Cheng, Q. Tang, E. Eryarsoy. "Optimal software pricing in the presence of piracy and word-of-mouth effect". *Decision Support Systems*. Vol. 51. 2011. pp. 99-107.
14. F. Von Westarp. *Modeling software markets: Empirical analysis, network simulations and marketing implications*. Ed. Springer. New, York. 2003. pp. 207.
15. A. Kemper. *Valuation of Network Effects in Software Markets (Contributions to Management Science)*. Ed. Springer-Verlag. Berlin, Germany. 2010. pp. 326.
16. R. Peres, E. Muller, V. Mahajan. "Innovation diffusion and new product growth models: A critical review and research directions". *International Journal of Research in Marketing*. Vol. 27. 2010. pp. 91-106.
17. M. Giarratana. "The birth of a new industry: Entry by start-ups and the drivers of firm growth". *Research Policy*. Vol. 33. 2004. pp. 787-806.
18. S. Torrissi. *Industrial organization and Innovation*. Massachusetts: Edward Elgar. 1998. p. 224.
19. OECD. *Innovation in the software sector*. OCDE. [Accessed 7 Agosto 2010]. [Online]. Available: <http://www.oecd.org/dataoecd/60/24/44131881.pdf>. 2009.
20. L. Fourt, J. Woodlock. "Early prediction of early success of new grocery products". *Journal of Marketing*. Vol. 25. 1960. pp. 31-38.
21. E. Mansfield. "Technical change and the rate of imitation". *Econometrica*. Vol. 29. 1961. pp. 741-766.
22. U. Chanda, A. Bardhan. "Modelling innovation and imitation sales of products with multiple technological generations". *Journal of High Technology Management Research*. Vol. 18. 2008. pp. 173-190.
23. CHECK POINT SOFTWARE TECH. *Check Point Software Tech*. [Accessed julio 2011]. [Online]. Available: http://www.checkpoint.com/corporate/ir/annual_reports.html. 2011.
24. AUTODESK_INC. *Autodesk_INK*. [Accessed agosto 2012]. [Online]. Recuperado el de 2012. [Online]. Available: <http://investors.autodesk.com/phoenix.zhtml?c=117861&p=irol-reportsAnnual>. 2012.
25. J. Sterman. *Business Dynamics*. Systems thinking and modelling for a complex world. Ed. McGraw-Hill. New, York. 2000. pp. 993.
26. Y. Barlas. "Formal aspects of model validity and validation in system dynamics". *System Dynamics Review*. Vol 12. 1996. pp. 183-210.
27. ANSYS INC. *ANSYS INC*. [Accessed 31 julio 2011] [Online]. Available: <http://anss.client.shareholder.com/annuals.cfm>. 2011.
28. SYMANTEC CORP. *SYMANTEC CORP*. [Accessed 31 Julio 2011]. [Online]. Available: <http://investor.symantec.com/phoenix.zhtml?c=89422&p=irol-irhomeStock>. 2011.
29. CIMATRON GROUP. *CIMATRON GROUP*. [Online]. [Accessed 31 julio 2011]. Available: <http://www.cimatron.com/Group/download.aspx?FolderID=3033>. 2011.
30. Ciozone.com. *Top 50 Technology R&D Spenders*. [Accessed 3 julio 2012] [Online]., Available: <http://www.ciozone.com/index.php/Editorial-Research/Top-50-Technology-R&D-Spenders/50-Biggest-R.html>. 2012.