

MODELOS DE DIFUSION: UNA REVISION

Carmen Antón Martín

RESUMEN.—Los trabajos que se incluyen en el presente estudio se centran en analizar el proceso de difusión a gran escala, es decir, en estudiar la reacción colectiva del mercado potencial a la innovación. Las investigaciones que se han llevado a cabo utilizando este enfoque han contribuido al desarrollo de la teoría de la difusión mediante la elaboración de modelos analíticos que tratan de describir y predecir la difusión de una innovación en un mercado y, más aún, de proporcionar recomendaciones que permitan a la empresa ejercer cierto control sobre la trayectoria de las ventas. El objeto de este artículo no es ofrecer una panorámica exhaustiva de los distintos modelos de difusión, sino una síntesis de los mismos que ponga de manifiesto las divergencias apreciadas entre ellos.

INTRODUCCION

El proceso de difusión es quizás uno de los fenómenos sociales más extensamente investigados (Mahajan y Peterson, 1985). En marketing, la perspectiva de la difusión se introdujo a mediados de la década de los años 60 y desde entonces ha provocado un gran número de investigaciones (Gatignon y Robertson, 1985). El estudio del modelo que presenta el crecimiento de las ventas de una innovación y de los factores que determinan el proceso de difusión constituye el objeto central de todas las investigaciones. No obstante, a pesar de su fin común, esta literatura no resulta homogénea, pudiendo apreciarse aproximaciones al estudio de la difusión desde enfoques muy distintos.

En un primer nivel es posible distinguir dos perspectivas (Eliashberg y Chatterjee, 1986): perspectiva de estudio a nivel agregado y perspectiva de estudio a nivel individual.

Los trabajos agrupados bajo la primera perspectiva se centran fundamentalmente en analizar el proceso de difusión a gran escala, es decir, en

analizar la reacción colectiva del mercado potencial a la innovación. Las investigaciones que se han llevado a cabo utilizando este enfoque han contribuido al desarrollo de la teoría de la difusión mediante la elaboración de modelos analíticos que tratan de describir y predecir la difusión de una innovación en un mercado y, más aún, de proporcionar recomendaciones que permitan a la empresa ejercer cierto control sobre la trayectoria de las ventas.

En la segunda perspectiva se incluyen los estudios que prestan atención a la reacción a la innovación a nivel individual y que caracteriza la decisión de adopción. Estos trabajos, concretamente se ocupan de buscar y aislar los factores que influyen o determinan la probabilidad de adopción de una innovación del individuo. Para ello especifican la existencia de una población heterogénea de adoptantes, cuestión prácticamente ignorada en los trabajos de la primera perspectiva. En general, las investigaciones que estudian los procesos de difusión a un nivel individual proceden según dos vías o direcciones diferentes (Rajiv y Chandrashekarán, 1992). En una de estas vías se desarrollan y especifican modelos normativos del proceso de adopción en los que se asume un determinado esquema de decisión para el individuo. En la otra se adaptan las hipótesis propuestas en la teoría de la difusión (Rogers, 1983) al área del comportamiento del consumidor, y se desarrollan modelos positivos con el fin de contrastar el impacto de diferentes variables sobre la probabilidad de adopción y el momento de adopción de cada individuo.

El objeto de este artículo no es ofrecer una panorámica exhaustiva de las distintas aportaciones al estudio de la difusión, sino una síntesis de los trabajos incluidos dentro de la primera perspectiva —modelos de difusión— intentando poner de manifiesto las divergencias apreciadas

1. MODELOS DE DIFUSION: CONCEPTO Y CLASIFICACION

Los modelos de difusión se han desarrollado para representar la forma y la velocidad del proceso de difusión de una innovación a lo largo del tiempo. En las ciencias sociales, los modelos de difusión generalmente están basados en las formulaciones matemáticas que provienen de la física y de la biología, en concreto en los modelos de propagación de epidemias (ver por ejemplo Bailey, 1957).

En el contexto de marketing esta prolífica corriente de investigación tiene su origen en el trabajo de Bass (1969)¹ cuya expresión matemática es la siguiente:

¹ El modelo de Bass (1969), llamado modelo de influencias mixtas incorpora los parámetros que representan tanto la influencia externa como la interna al sistema social. La curva de difusión que se obtiene del modelo es una logística generalizada y está determinada por los coeficientes «p» y «q», respectivamente coeficientes de influencia externa e interna. Para profundizar en el conocimiento teórico de este modelo ver Polo (1985 y

$$dN(t)/dt = [p + q N(t)] [N - N(t)] \quad [1]$$

donde:

- $N(t)$: Número de adoptantes hasta el momento t .
- N : Número total de adoptantes potenciales en el mercado.
- $d(N(t))/dt$: Velocidad de difusión en el momento t .

Mahajan y Muller (1979) revisan las contribuciones de esta literatura a la difusión durante la década de los setenta. Están disponibles otras revisiones más recientes que analizan también los modelos desarrollados en la década de los ochenta, como la de Mahajan y Peterson (1985) y Kalish y Sen (1985), Dolan, Jeuland y Muller (1986), Eliashberg y Chatterjee (1986), Gatignon y Robertson (1986), Polo (1988) y Mahajan, Muller y Bass (1990).

Nuestra pretensión a lo largo de este trabajo no es otra que la de exponer de forma ordenada la evolución de los modelos de difusión en marketing. Para ello utilizamos como criterio de clasificación el propósito o el fin que persiguen los modelos (Eliashber y Chatterjee, 1986).

Por el propósito que persiguen podemos distinguir entre modelos descriptivos y predictivos, por un lado y modelos normativos, por otro. Los modelos descriptivos y predictivos son aquellos que no incorporan variables controlables por la empresa y que por lo tanto no proporcionan respuestas a la cuestión de cómo la empresa puede dirigir o influir en el proceso de difusión de una innovación. Estos modelos se limitan a describir la evolución de las ventas o la penetración en el mercado de un nuevo producto o servicio, con el fin de comprender el proceso en el pasado y poder predecir la trayectoria de las ventas en el futuro. Los modelos normativos incluyen en su formulación variables de decisión, controlables por la empresa, y de ellos se obtienen recomendaciones para la acción que podrían afectar al proceso de difusión y permitir así, a la empresa ejercer cierto control sobre la evolución de las ventas de una innovación.

Los modelos descriptivos y predictivos generalmente se centran en el proceso de difusión de una categoría de productos, aunque algunos de ellos también se han utilizado en alguna ocasión para predecir las ventas de una marca. Los normativos, sin embargo, suelen desarrollarse desde el punto de vista de la empresa, por ello necesariamente analizan la difusión a nivel de marca. Estos últimos, inicialmente, plantean la difusión en una situación de monopolio, no obstante, las investigaciones más recientes amplían el campo de estudio considerando explícitamente los efectos competitivos.

1986). Pueden verse también algunas aplicaciones empíricas del mismo para el mercado de consumo español en Polo y Salas (1987a) y Polo (1988) y para el mercado industrial en Polo (1987b y 1989) y Martínez Sánchez (1993).

2. MODELOS CON FINES DESCRIPTIVOS Y PREDICTIVOS

Los primeros modelos de difusión, los llamados modelos de difusión básicos (Fourt y Woodlock, 1960; Mansfield, 1961; Bass, 1969), en marketing se formulan con pretensiones descriptivas y predictivas, principalmente desde un enfoque determinista. Estos modelos básicos se construyen sobre una serie de hipótesis que son necesarias para obtener las soluciones matemáticas del modelo pero que también limitan su perspectiva teórica y su aplicación práctica. A partir de ellos, y en la misma línea, se desarrollan numerosos modelos que, con el propósito de ampliar la perspectiva y el campo de aplicación de los anteriores, suprimen o modifican algunas de esas hipótesis. A continuación haremos un breve repaso de estos últimos².

2.1. MODELOS DE DIFUSIÓN MULTIETÁPICOS

Los modelos básicos asumen que los individuos sólo pueden tomar dos posiciones frente a la innovación: adoptar o no adoptar. Parten de la existencia de un sistema con dos únicos estados posibles, adoptantes potenciales y adoptantes de hecho, donde los individuos pasan del grupo de adoptantes potenciales de tamaño $[N - N(t)]$ al de adoptantes $N(t)$ cuando adquieren la innovación. Una consecuencia de esta hipótesis de partida es que los modelos pioneros no toman en consideración las etapas del proceso de adopción. Los modelos de Midgley (1976), Dodson y Muller (1978), Sharif y Ramanathan (1982), Mahajan, Muller y Kerin (1984) representan algunos de los intentos para extender el modelo de dos etapas y reflejar la naturaleza multi-etápica —o polinomial— del proceso de adopción.

Algunos de estos modelos no sólo caracterizan las etapas o estados por los que pasan los individuos durante el proceso de adopción, también describen el flujo de información positivo, negativo o neutral acerca del producto que tiene lugar durante los procesos de comunicación que se establecen entre los individuos situados en diferentes categorías o etapas. La aplicación de dichos modelos resulta complicada ya que requieren información detallada sobre los consumidores que atraviesan las distintas etapas del proceso de compra de la innovación.

Midgley (1976) clasifica a los individuos en tres categorías: los que adoptan la innovación activamente y los que la rechazan activa y pasivamente. Existen, entonces, cuatro estados; tres que coinciden con las categorías mencionadas más un cuarto: el de los adoptantes potenciales. Los individuos pueden pasar de ser adoptantes potenciales a pertenecer a cualquiera de las otras tres categorías.

Mientras Midgley (1976) distingue entre categorías de adoptantes, Dodson y Muller (1978) utilizan el modelo de jerarquía de efectos o

² Además de la clasificación que exponemos a continuación es preciso señalar la reciente aparición de los modelos de supervivencia en esta línea de investigación. Véase Rajiv y Chandrashekarán, (1992), Vega (1993) y Chandrashekarán y Rajiv (1995).

modelo de aprendizaje, para describir la adopción y así consideran tres estados: el de los adoptantes potenciales que desconocen la existencia de la innovación, el de los adoptantes potenciales que conocen la innovación y el de los adoptantes de hecho. Estos autores creen que la difusión del conocimiento de la innovación se produce a través de las influencias internas y externas al sistema social y la adopción únicamente se extiende por la influencia interna.

Por su parte, Sharif y Ramathan (1982) suponen que la población en un momento t está compuesta por cuatro categorías de personas: los adoptantes, los que rechazan la innovación, los que la desaprueban y los no comprometidos. Desde el grupo de los no comprometidos los individuos pueden pasar al de adoptantes, o al grupo de los que desaprueban la innovación y desde estas dos posiciones sería posible llegar a rechazar la innovación. Finalmente, desde el grupo de los que rechazan la innovación puede volverse al de los no comprometidos.

Mahajan, Muller y Kerin (1984)³ proponen un modelo con cinco estados que combina las características de los modelos de Migdley (1976) y Dodson y Muller (1978). Considera en principio tres posibles estados: desconocimiento de la innovación, conocimiento de la innovación y adopción. Además, dividen la población de adoptantes y de individuos que poseen conocimiento de la innovación en dos categorías según la actitud que mantengan hacia la innovación: negativa o positiva.

2.2. MODELOS QUE INCORPORAN LA DINÁMICA O CAMBIOS DEL MERCADO POTENCIAL

El modelo de Bass (1969) parte de que el mercado potencial de un nuevo producto, N , queda establecido en el momento de la introducción de la innovación y permanece constante a lo largo de todo su ciclo de vida. Teóricamente, no existen razones para apoyar que la población de adoptantes potenciales sea estable a lo largo del tiempo, más bien al contrario cabe esperar que la población de adoptantes potenciales esté continuamente variando (Mahajan, Muller y Bass, 1990).

Las extensiones del modelo de Bass que tienen como objetivo salvar esta limitación toman en consideración la naturaleza dinámica del mercado potencial de la innovación. En general, definen el mercado potencial como una variable cuyo tamaño va a ser función de un conjunto de factores tanto endógenos como exógenos en relación a la empresa, es decir, factores controlables o no controlables por la empresa. Los diversos modelos de difusión incluidos en este apartado representan o especifican el mercado potencial como una función del crecimiento del número de hogares (Mahajan y Peterson, 1978), del crecimiento de la población de interés

3 Estos autores también derivan implicaciones normativas del modelo, por ello su trabajo aparece otra vez en la sección 3.2 de este trabajo.

(Sharif y Ramanathan, 1981), de los beneficios del producto (Lackman, 1978), del precio (Chow 1967; Jain y Rao, 1990; Kamakura y Balasubramian, 1988), del crecimiento del número de distribuidores que ponen el producto a disposición del consumidor potencial (Jones y Ritz, 1991), de la distribución, el precio y la incertidumbre acerca del producto (Horsky, 1990) y de la entrada en el mercado de la categoría general de la innovación de una nueva marca o una generación más avanzada del producto (Mahajan, Sharma y Buzzell, 1993). También podríamos incluir dentro de este apartado el modelo de Dodson y Muller (1978), porque si como apuntan Mahajan y Peterson (1985), el tamaño de la población que conoce la innovación se concibe como población de adoptantes potenciales, N , entonces este modelo puede decirse que recoge y representa la naturaleza del mercado potencial.

2.3. MODELOS QUE INCORPORAN COMPRAS REPETIDAS DEL PRODUCTO

Como ya hemos señalado el objetivo de un modelo de difusión es representar la extensión que alcanza una innovación entre la población de adoptantes potenciales. Para un gran número de innovaciones el incremento en las ventas proviene tanto de las primeras compras como de compras de repetición o reposición. Los modelos pioneros, sin embargo, representan únicamente la evolución de las primeras compras realizadas por cada unidad de adopción.

Dodson y Muller (1978) son los primeros autores que consideran dentro de un modelo de difusión el efecto de las compras por reposición o remplazamiento. El modelo completo de estos autores contempla la posibilidad de recompra del producto, el cambio de marca y la posibilidad de olvido. Recordemos que el modelo define tres estados para la población: los desconocedores del producto, los consumidores potenciales y los consumidores actuales. La recompra sólo se produce dentro del grupo de los consumidores actuales, el cambio de marca es la causa de que los individuos pasen desde el tercer estado al segundo —consumidores potenciales— y el olvido produce un tránsito de consumidores desde los estados segundo y tercero hasta el primero —no conocedores o no informados de la existencia de la innovación—.

Por su parte, Lilien, Rao y Kalish (1981) y Mahajan, Wind y Sharma (1983) incluyen el efecto de las compras de repetición en el modelo de Bass (1969) y aplican el modelo a la difusión de un nuevo fármaco entre la población de médicos. La diferencia principal entre estos dos trabajos se encuentra en la forma de modelizar el efecto de la comunicación personal entre los miembros de la población objeto de estudio; es decir, el efecto de lo que venimos denominando influencia interna en el sistema social.

Otros dos estudios, Olson y Chow (1985) y Kamakura y Balasubramanian (1987) introducen las compras de reposición también en el modelo de

difusión de Bass pero en estos casos con el objeto de predecir las ventas a largo plazo de productos duraderos.

Finalmente Norton y Bass (1987) asumen que los adoptantes de la innovación continúan comprando y que la tasa media de recompra de la población de adoptantes es constante.

2.4. MODELOS DE DIFUSIÓN FLEXIBLES

La estructura básica de un modelo de difusión puede ser caracterizada por dos propiedades matemáticas: el punto de inflexión y la simetría de la curva. El punto de inflexión es el punto de la curva de difusión en el que se alcanza la máxima velocidad de difusión. Si el tramo de la curva de difusión después del punto de inflexión es la imagen del tramo anterior a dicho punto, entonces la curva es simétrica (Mahajan, Muller y Bass (1990).

El modelo de Bass (1969) describe una curva de difusión simétrica en la que la máxima tasa de penetración no puede producirse después de que la innovación haya alcanzado el 50% del mercado potencial. Sin embargo, tanto en la práctica como en la teoría, la velocidad máxima de difusión puede alcanzarse en cualquier momento durante el proceso. Por lo tanto, la curva real puede ser simétrica o no (Mahajan, Muller y Bass, 1990).

Easingwood, Mahajan y Muller (1981 y 1983) reconocen que en la mayoría de los modelos de difusión se asume que el efecto de la influencia interna permanece constante durante todo el proceso de difusión. Estos autores sugieren que la naturaleza del impacto de la influencia personal es variable y modifican en el modelo de Bass el coeficiente de influencia interna definiéndolo como una variable que toma distintos valores a lo largo del tiempo en función del nivel de adopción alcanzado. Como resultado el modelo de estos autores llamado modelo de influencia no uniforme —NUI— es un modelo muy flexible que puede describir o ajustarse a una amplia variedad de posibles curvas de difusión. Su formulación permite que el punto de inflexión pueda producirse a cualquier nivel de penetración de la innovación en el mercado y por lo tanto la curva puede resultar simétrica o asimétrica. En comparación, otros modelos (la curva de Gompertz; Martino, 1983; Floyd, 1968; Sharif y Kabir, 1976) no son tan flexibles (ver Easingwood, Mahajan y Muller, 1983) y no se ajustan tan bien a los datos reales de difusión en las aplicaciones empíricas (ver Easingwood, 1987, 1988; Lattin y Roberts, 1989; McGowan, 1986; Rao, 1985).

Otros modelos de difusión flexibles han sido elaborados con posterioridad y entre ellos destaca el FLOG de Bewley y Fiebig (1988).

2.5. MODELOS QUE CONSIDERAN LA INFLUENCIA DE OTRAS INNOVACIONES EN EL MERCADO

En la realidad, una innovación no se introduce en el vacío, otras están presentes a la vez en el mercado y pueden influir positiva o negativamente en el

proceso de difusión de la primera. La consideración simultánea de la difusión de varias innovaciones es especialmente crítica o de interés cuando existe dependencia entre ellas (Mahajan, Muller y Bass, 1990).

Peterson y Mahajan (1978) se centran en el estudio de la influencia de otras innovaciones existentes en el mercado sobre la innovación objeto de estudio. Identifican cuatro categorías de innovaciones según la interrelación que existe entre ellas: independientes, complementarias, contingentes y sustitutas, y extienden el modelo básico de influencias mixtas de forma que finalmente resulta capaz de representar los cuatro tipos de relaciones entre las innovaciones. Precisamente Bayus (1987) siguiendo las sugerencias de Peterson y Mahajan (1978), utiliza un modelo de difusión contingente para examinar en un estudio empírico la dependencia en la difusión del software y el hardware del compact-disc.

Por otro lado Norton y Bass (1987) amplían el modelo de Bass (1969) para examinar el crecimiento de múltiples generaciones sucesivas de una innovación. Su enfoque considera el desplazamiento o sustitución tecnológica de las generaciones precedentes del producto por una nueva. El modelo propuesto por Mahajan, Sharma y Buzzell (1993), con las mismas motivaciones de base de los trabajos de Peterson y Mahajan (1978) y Norton y Bass (1987), evalúa el impacto de la entrada en un mercado de una nueva marca sobre el tamaño del mercado potencial y las ventas de las marcas ya existentes; pero, además, considera explícitamente el efecto de la comunicación personal, y de la dinámica de sustitución entre marcas competidoras y varias generaciones de una misma innovación. Aplican el modelo al caso de la fotografía instantánea de Polaroid y Kodak durante el período de 1976 a 1985.

2.6. MODELOS QUE INCLUYEN LAS RESTRICCIONES GEOGRÁFICAS

A pesar del hecho de que la difusión de una innovación ocurre simultáneamente en el espacio y en el tiempo, la investigación, sin embargo, sobre estas dos dimensiones rara vez se ha realizado en un contexto de marketing. Una de las excepciones la constituye el trabajo de Mahajan y Peterson (1979) que integra el espacio y el tiempo en la difusión postulando que: el proceso de difusión para cada región del mercado sigue un modelo básico de influencia mixta y en cualquier momento de tiempo el número de adopciones acumuladas es mayor en los mercados que están más cerca del mercado donde se lanza la innovación. El número de adopciones acumuladas va decreciendo en la medida en que aumenta la distancia al punto de origen de la innovación.

2.7. MODELOS QUE INCLUYEN LA INFLUENCIA DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO Y DEL MERCADO

El modelo de Bass (1969) no tiene en cuenta explícitamente el impacto de las características del producto y del mercado en el proceso de difu-

sión de una innovación. Tres estudios empíricos Srivastava y otros (1985), Kalish y Lilien (1986a), y Gatignon, Eliashberg y Robertson (1989), han tratado de incorporar las características del producto y del mercado al modelo de Bass expresando los coeficientes de influencia interna y/o externa como una función de esas características. Mientras que los dos primeros trabajos examinan el efecto de las características del producto sobre la difusión, el tercero estudia el impacto de las características del mercado.

2.8. MODELOS QUE CONSIDERAN LA INFLUENCIA DE LA ESTRATEGIA DE MARKETING Y DE LA COMPETENCIA

Una de las críticas principales que se les puede hacer a los modelos de difusión básicos es que resultan poco útiles para la dirección y planificación del proceso de desarrollo de nuevos productos. Y es que examinan la difusión desde un punto de vista únicamente temporal. Las distintas variables de marketing sobre las que las empresas pueden decidir para realizar el diseño de una estrategia de marketing no están explícitamente incluidas en estos modelos, de forma que no permiten evaluar el efecto de las diferentes estrategias sobre el proceso de difusión de la innovación. Tampoco se considera el efecto de la competencia. Para superar esta limitación han surgido numerosos modelos que incorporan el efecto de las variables de marketing, variables controlables por la empresa. El esfuerzo se ha realizado principalmente desde un enfoque normativo y como consecuencia son muy escasos los modelos que desde un enfoque descriptivo/predictivo consideran el impacto de las estrategias de marketing y el efecto competitivo sobre el proceso de difusión. Entre estos últimos podemos citar el ya mencionado modelo de Dodson y Muller (1978) y el de Simón y Sebastián (1987)⁴ que incluyen la publicidad como variable en el modelo pero sin derivar implicaciones normativas; los de Lilien, Rao y Kalish (1981) y Jones y Ritz (1991) que incorporan la distribución con pretensiones descriptivas y predictivas⁵; los de Kamakura y Balasubramanian (1988) y Jain y Rao (1990) que estudian el impacto del precio sobre la velocidad de difusión a través de los coeficientes de influencia externa e interna y del tamaño del mercado potencial; y finalmente, el modelo desarrollado por Mahajan, Sharma y Buzzell (1993) que evalúa el impacto de la introducción de una nueva marca de un producto de consumo duradero sobre el tamaño del mercado potencial de la categoría de producto y las ventas de

4 Estos autores sugieren que la publicidad puede influir sobre el coeficiente de innovación en las primeras etapas del ciclo de vida del producto, pero que es más probable que influya en el coeficiente de imitación durante las etapas intermedias del ciclo. Los resultados de la aplicación empírica que realizan avalan sus argumentos.

5 Lilien, Rao y Kalish (1981) incluyen la distribución y aunque llegan a obtener algunas implicaciones normativas la verdadera naturaleza de su trabajo es predictiva.

las marcas ya existentes, considerando, por lo tanto, el efecto de la competencia entre marcas.

2.9. MODELOS ESTOCÁSTICOS

La evolución de los modelos en marketing ha tenido un marcado carácter determinista. La perspectiva de modelización determinista da lugar a modelos cuyas formulaciones matemáticas expresan relaciones causa-efecto. Los modelos estocásticos, sin embargo, son aquellos en los que explícitamente se reconoce la incertidumbre asociada al proceso de difusión e incorporan la aleatoriedad en sus formulaciones matemáticas.

Como apuntan Eliashberg y Chatterjee (1986) resulta especialmente deseable e interesante utilizar un enfoque estocástico de modelización a la vista de la incertidumbre inherente en todas las operaciones de marketing en general —evidenciada por el cambio rápido del gusto de los consumidores, lo impredecible de las actividades de la competencia, la evolución de la tecnología y otros condicionantes del entorno— y en el contexto de la difusión en particular, dada las predicciones que potencialmente pueden proporcionar los modelos de difusión de las ventas a largo plazo.

A la hora de modelizar un proceso su naturaleza estocástica puede ser considerada estructural o paramétrica. En el primer caso se asume que es una consecuencia de la naturaleza intrínsecamente probabilística del proceso, mientras que en el segundo se parte de que es un resultado de la incertidumbre del entorno. La naturaleza estocástica estructural implica incorporar la aleatoriedad en la formulación del modelo desde el principio, postulando que las transacciones entre estados son probabilísticas. Por el contrario, los modelos estocásticos paramétricos se construyen considerando, primero, flujos deterministas entre estados, y luego, introduciendo la aleatoriedad a través de un término de error, que afecta tanto a los parámetros de las ecuaciones que describen esos flujos, como al conjunto de la ecuación —en este caso para recoger una posible falta de especificación del modelo—.

En marketing, los modelos que explícitamente incorporan las consideraciones estocásticas del proceso de difusión en su formulación son escasos⁶. Una de las excepciones la constituyen los trabajos de Eliashberg, Tapiero y Wind (1985b y 1987). Estos autores proponen un modelo estocástico paramétrico, en el que «p» y «q», los parámetros de influencia externa e interna, respectivamente, del modelo en el que se basan, son estocásticos. Estos autores investigan las implicaciones de su modelización utilizando un procedimiento de simulación y el modelo determinístico de Bass (1969) como base para comparar los resultados que obtienen. Dichos resultados ponen de manifiesto que la curva de penetración a que da lugar el modelo estocástico siempre queda por detrás de la que se deri-

⁶ Una revisión de los mismos puede verse en Eliashberg y Chatterjee (1986) y Boker (1987).

va del modelo determinista. La desviación o diferencia entre ambas curvas es significativa cuando «q» es grande, y se incrementa con el aumento del ratio q/p , ratio que representa la fuerza relativa de la influencia interna sobre la externa en el proceso de difusión.

3. MODELOS CON FINES NORMATIVOS

Los modelos de difusión, recordemos, tratan en esencia de representar la evolución, el crecimiento de las ventas de una categoría de producto. También hemos señalado que esa evolución puede estar influenciada por las acciones de las empresas que operan en el mercado, acciones cuyos efectos se manifiestan en el largo plazo sobre el crecimiento o el declive de ese mercado. Pero incluso si existiera sólo una empresa en el mercado, esta debería considerar la dinámica del ciclo de vida del producto para determinar la estrategia óptima de marketing-mix (Mahajan, Muller y Bass, 1990).

Dado el desarrollo de modelos dinámicos que predicen la difusión de una innovación, la cuestión que se plantea es: ¿pueden estos modelos ser utilizados para obtener una orientación en la estrategia de marketing, que conduzca a la obtención de un determinado objetivo? La respuesta a esta cuestión ha dado como resultado los modelos normativos de difusión que: explícitamente incorporan variables controlables por la empresa y proporcionan recomendaciones a seguir en la toma de decisiones que concierne a la estrategia de marketing, con el fin de optimizar, normalmente, los beneficios que debe generar el producto en un determinado plazo de tiempo.

Estos modelos, en definitiva buscan dar solución al problema de optimización dinámica siguiente⁷

Maximizar $Z =$ beneficios en un determinado plazo de tiempo. [2]

Sujeto a: un modelo determinado de crecimiento o evolución de las ventas de la innovación a lo largo del tiempo. [3]

La formulación de optimización dinámica de las expresiones [2] y [3] constituye el esquema general utilizado por la mayoría de los autores en la década de los 80 para derivar soluciones óptimas relativas a las estrategias de marketing-mix, y, en especial, para el precio y la publicidad. El problema supone la optimización de una función objetivo [2] sujeto a las restricciones que aparecen en [3] definidas por una ecuación o sistema de ecua-

⁷ A causa de que el proceso de difusión es dinámico, muy frecuentemente, los resultados de un análisis estático de dicho proceso proporcionan soluciones subóptimas e incluso pueden conducir a conclusiones erróneas. La metodología de la optimización dinámica por lo general implica el cálculo de variaciones o, más comúnmente la aplicación de la teoría del control óptimo basada en el principio de Pontryagin (Pontryagin y otros, 1962; Kamien y Schwartz, 1981).

ciones que contienen el modelo de difusión de la innovación. Muchos de los estudios utilizan el modelo de Bass (1969), y sus extensiones, incorporando las variables de marketing-mix en la expresión [3] para representar el ciclo de vida del nuevo producto. Normalmente, sólo consideran una variable de marketing e intentan aislar sus efectos sobre el crecimiento del producto (Mahajan, Muller y Bass, 1990).

Es preciso señalar, que la determinación de la trayectoria de las variables de marketing-mix que maximizan la expresión [2] dependen de la especificación del modelo de difusión en la expresión [3]. Por lo tanto, aunque muchos estudios utilizan el modelo de Bass en la expresión [3] pueden llegar a obtener distintas estrategias óptimas, porque las soluciones dependen de la forma en que se incluyen las variables de marketing-mix en el modelo de difusión.

A continuación presentamos un resumen de los principales modelos normativos, agrupando, por un lado, los que se desarrollan para el caso de monopolio y, por otro, aquellos que incluyen los efectos de la competencia, es decir, aquellos que se desarrollan para el caso de la existencia de varias empresas en el mercado (ver, Eliashberg y Chartejee, 1986; Mahajan, Muller y Bass, 1990).

3.1. MODELOS NORMATIVOS: CASO DE MONOPOLIO

Los resultados que se derivan de los modelos normativos planteados para una situación de monopolio, fundamentalmente, hacen referencia a las estrategias óptimas a poner en marcha con relación a tres variables de marketing: precio, publicidad y momento de lanzamiento del nuevo producto. El esquema de análisis que proponemos se basa en los realizados por Kalish y Sen (1986) y Mahajan, Muller y Bass (1990).

3.1.1. Modelos de precios

Los modelos de difusión que incorporan el precio como una variable de control formulan su influencia de diferentes modos que seguidamente pasamos a exponer (Kalish y Sen, 1986):

Influencia multiplicativa

La ecuación de difusión puede expresarse en este caso de la siguiente forma general:

$$dN(t)/d(t) = f [N(t)] h [p(t)] \quad [4]$$

donde:

$f [N(t)]$ en la mayoría de los estudios es el modelo de difusión de Bass, es decir,

$$f [N(t)] = [p + q [N(t)] [N - N(t)]] \text{ y}$$

$h [p(t)]$ es la función de respuesta al precio en el momento t .

El precio afecta en este modelo a la velocidad de adopción pero no al tamaño del mercado potencial de la innovación. El número de adoptantes potenciales, N , es constante a lo largo del tiempo y será el mismo sea cual sea el precio. Esto constituye probablemente la principal limitación del modelo multiplicativo.

Este modelo fue empleado por Robinson y Lakhani (1975), posteriormente por Dolan y Jeuland (1981), Jeuland y Dolan (1982) y por Kalish (1983) y ninguno de ellos proporciona evidencia empírica.

Las principales implicaciones normativas que resultan del modelo son: el precio debe ir elevándose durante la introducción del producto hasta alcanzar un máximo para, después, decrecer, si el efecto de la influencia personal es lo suficientemente fuerte. La explicación intuitiva que Kalish y Sen (1986) ofrecen a este resultado es que si los primeros adoptantes de la innovación ejercen una fuerte influencia positiva sobre el resto del mercado potencial, entonces vale la pena «subvencionar» su compra vendiendo el producto a un precio bajo. Después, una vez el producto se ha establecido en el mercado, el precio puede aumentarse porque la contribución a las ventas debida a la suma de nuevos adoptantes al mercado decrece con el tiempo.

Así, una típica estrategia a seguir con el precio para un bien duradero es incrementarlo durante la etapa de introducción, cuando los primeros adoptantes ejercen una fuerte influencia sobre los adoptantes potenciales, y bajarlo después, cuando el efecto de saturación del mercado domina al efecto de la influencia personal causando un descenso en la demanda.

Influencia multiplicativa del precio sobre el ciclo de vida considerado este como un factor exógeno

Este modelo tiene la forma general:

$$dN(t)/dt = g(t) h[p(t)] \quad [5]$$

donde $g(t)$ representa el ciclo de vida como una variable exógena. Bass (1980) asume que $g(t)$ es la curva de ventas que se obtiene al resolver su modelo original de 1969, de esta forma $g(t)$ es una función sigmoideal que depende únicamente del tiempo. La principal limitación de esta formulación se encuentra en que el ciclo de vida se impone como una función del tiempo sin relación con el nivel de saturación en el mercado. Bass (1980) no proporciona ninguna interpretación a dicha formulación, pero se puede pensar que los cambios a lo largo del tiempo en la demanda bien pudieran ser el resultado del efecto de la competencia, que es probable que aparezca pronto después de la introducción del producto (Kalish y Sen, 1986).

Por su parte Bass y Bultez (1982) examinan las estrategias o políticas óptimas para el precio que resultan de un proceso donde los costes de la innovación disminuyen con la experiencia, es decir, con la producción acumulada. Estos autores muestran que para una particular formulación de

las funciones $g(t)$ y $h[p(t)]$ el precio disminuye monótonamente a lo largo del tiempo. Kalish (1983) llega a la conclusión de que el resultado anterior se obtiene para cualquier modelo del tipo de la ecuación [4] sea cual sea la forma particular de las funciones, siempre que exista disminución de los costes con la experiencia. La lógica de los resultados anteriores reside en que no se considera la existencia de interacción entre los adoptantes de hecho y la futura demanda ya que, como hemos apuntado, el ciclo de vida se asume que es exógeno al sistema.

Mercado potencial como función del precio

En este caso la formulación general es:

$$dN(t)/dt = f[N(t)] [N(p(t)) - N(t)] \quad [6]$$

Aunque el modelo de Chow (1967) es probablemente el primero en considerar el mercado potencial como una función del tiempo en su aplicación a la difusión de ordenadores, en la literatura de marketing no se hace referencia a dicho modelo hasta las publicaciones de Mahajan y Peterson (1978 y 1982). Recordemos que N representa el tamaño del mercado potencial. Estos autores en su modelo argumentan que ese mercado potencial varía a lo largo del tiempo en función del esfuerzo realizado por la empresa y de otros factores exógenos del entorno general. En estos trabajos se proporcionan ilustraciones empíricas de la utilidad del modelo, sin embargo, ninguna de estas aplicaciones se centra en el papel del precio.

El modelo citado previamente fue estudiado en posteriores publicaciones. Así surge el modelo de Feichtinger (1982) y la generalización del mismo realizada por Jorgensen (1983), donde el precio es una variable que determina N , es decir, el mercado potencial.

Feichtinger (1982) analiza las estrategias óptimas de precio para productos de alta frecuencia de compra o de compras repetidas. En su modelo este autor asume que las ventas son proporcionales al número de adoptantes y que cada adoptante genera un constante nivel de venta que es independiente del precio. Así, el precio sólo determina el número de adoptantes. El principal resultado del modelo es que el precio se incrementará monótonamente hasta alcanzar un nivel constante que se corresponde con el precio al que se llegaría después de que todo el mundo hubiese adoptado la innovación. Este resultado es consistente con los que alcanza Kalish (1983) también para el caso de bienes de compras repetidas y considerando constante el coste unitario del producto. Este último autor también analiza el resultado del modelo para bienes duraderos y demuestra que, en este caso, el precio es más probable que decrezca a lo largo del tiempo, a diferencia de lo que ocurría con el modelo multiplicativo donde el precio primero subía y después bajaba. Y es que es posible vender el producto a un precio elevado primero, limitándose voluntariamente a los grupos de compradores dis-

puestos a pagar ese precio y después bajarlo, con el objeto de acceder a otros segmentos del mercado una vez que los segmentos altos están saturados. Sin embargo, si el efecto de los primeros adoptantes sobre la demanda futura es fuerte, sería más conveniente introducir la innovación a un precio bajo, y después irlo aumentando para, finalmente, hacerlo disminuir.

Por su parte Kalish (1985) propone un modelo diferente que incorpora, en el marco del nivel agregado de los modelos de difusión, la heterogeneidad de la valoración del producto por los individuos, la incertidumbre en las percepciones y el aprendizaje. La estrategia óptima para el precio sería: reducirlo o, cuando el efecto de los adoptantes en la reducción de incertidumbre y/o en la generación de conocimiento es alto, empezar con un precio bajo —los primeros adoptantes reciben una «subvención»—, después, subirlo progresivamente durante la introducción hasta alcanzar un determinado nivel y, finalmente, reducirlo.

Padmanabhan y Bass (1993) desarrollan un modelo normativo que incluye el precio sin especificar una determinada forma de influencia de esta variable sobre la difusión. En concreto, estos autores se centran en la obtención de estrategias óptimas de precios para sucesivas generaciones de una innovación lanzadas por una empresa monopolista⁸. Introducen en el modelo el impacto de: la expansión del mercado generada por el lanzamiento de la segunda generación y cambios endógenos en la demanda, las predicciones realizadas sobre los efectos de la entrada del segundo producto y la sustitución tecnológica. Los cambios en la demanda se consideran causados por los efectos de aprendizaje de los consumidores —experiencia de consumo o influencia personal positiva— y por los efectos de carácter negativo como la saturación del mercado. La expansión del mercado potencial es también un cambio en la demanda en este caso provocado por la superioridad de la segunda generación de la innovación. Las políticas óptimas que se derivan del modelo para el precio son prácticamente las mismas que las del trabajo de Kalish (1983).

3.1.2. Modelos de publicidad

Generalmente los modelos normativos de publicidad emplean dos posibles formulaciones. La primera utiliza la acumulación de capital en publicidad como la variable a explicar (Nerlove y Arrow, 1962) y la segunda las ventas acumuladas. Es este segundo enfoque el que incorpora la perspectiva de la difusión y, por lo tanto, el que resulta relevante en nuestro contexto.

Gould (1970) emplea de forma separada un modelo de influencia externa (Stigler, 1961) y otro de influencia interna (Ozga, 1960). Estos modelos

8 Posteriormente amplían el modelo teniendo en cuenta la posibilidad de que las generaciones sucesivas de la innovación sean lanzadas por productores independientes, es decir, consideran el efecto competitivo.

se centran en la difusión del conocimiento de la innovación y no en la adopción de la misma, e incorporan el olvido. Su formulación es como sigue:

influencia externa:

$$d(N(t))/dt = p[A(t)] [N - N(t)] - sN(t) \quad [7]$$

influencia interna:

$$d(N(t))/dt = q[A(t)] [N(t)/N] [N - N(t)] - sN(t) \quad [8]$$

donde «s» es el parámetro de olvido y «A» es el gasto en publicidad.

Horsky y Simon (1983) argumentan que dado que la publicidad proporciona información a los innovadores, el coeficiente de influencia externa del modelo de Bass (1969), puede ser representado como una función de los gastos de publicidad y suponen, además, la existencia de rendimientos decrecientes. Más concretamente formulan p como:

$$p = p_0 + p_1 \ln[A(t)] \quad [9]$$

Estos autores no incorporan el efecto del olvido: conceptualmente, en un modelo de primera compra con dos etapas que no incluye una específica de conocimiento de la innovación de forma aislada, no es posible incluir el olvido.

Kalish (1985), también incluye la publicidad como una variable de control. En su modelo se contemplan tres etapas en el proceso de adopción: desconocimiento de la innovación, conocimiento y adopción. Emplea un modelo de influencias mixtas donde: la influencia externa es una función general de la publicidad y la influencia interna está ejercida —en diferentes grados— tanto por adoptantes como por individuos que poseen conocimiento de la innovación. Como Horsky y Simon (1983), Kalish (1985) asume la existencia de rendimientos decrecientes de la publicidad.

Mahajan y Muller (1986) presentan un modelo con el propósito de analizar el impacto de varias políticas de publicidad sobre el conocimiento que esta genera en el mercado. En concreto examinan y comparan los resultados de una política de gasto constante durante un determinado período de tiempo —*even policy*—, frente a una política —*pulsing policy*— en la que la empresa alterna períodos de altos gastos en publicidad con otros de gasto cero, programando las exposiciones de forma desigual. Estos autores parten de una función de respuesta sigmoideal a la publicidad, es decir, asumen que, primero existen rendimientos crecientes, y luego, decrecientes.

Por su parte, Dockner y Jorgensen (1988a) consideran la introducción de un nuevo producto duradero en un mercado monopolista con el fin de caracterizar cualitativamente, utilizando métodos de la teoría de control

óptimo, la estructura de una estrategia óptima de publicidad. La evolución de las ventas la modelizan a través de un modelo de difusión flexible basado en el de Bass (1969), donde todos los parámetros son negativos y constantes. La función de eficacia de la publicidad es dos veces diferenciable, como en el trabajo de Kalish (1985), lo que implica rendimiento decreciente. Estos autores analizan la política óptima de publicidad para diferentes inversiones del modelo de difusión que proponen.

Los principales resultados normativos de los trabajos mencionados pueden resumirse en lo siguiente: Horsky y Simon (1983), Kalish (1985), Gould (1970) —para el modelo de influencia externa— y Dockner y Jorgensen (1988) —también para el modelo de influencia externa— encuentran que la política óptima de publicidad consiste en disminuir el gasto progresiva y monótonamente a lo largo del tiempo hasta llegar a un mínimo que se mantendrá constante. Nótese que en todos estos casos se asume que la publicidad afecta al coeficiente de innovación, p , es decir, a la propensión a innovar, y que la función de respuesta a la publicidad es cóncava⁹.

En el caso del modelo de influencia interna de Gould (1970), cuando el nivel de conocimiento inicial de la innovación es lo suficientemente bajo, la estrategia óptima consistirá en incrementar el gasto publicitario gradualmente al principio y después hacerlo disminuir. Por otro lado, Dockner y Jorgensen (1988) encuentran que cuando la publicidad afecta al coeficiente de imitación, q , asumiendo una respuesta a la publicidad cóncava, los gastos deben incrementarse monótonamente a lo largo del tiempo.

Finalmente, Mahajan y Muller (1986) llegan a la conclusión de que la *pulsing policy*, la estrategia en la que la empresa alterna períodos de altos gastos en publicidad con períodos de gasto nulo de forma irregular, resulta óptima solo para una función sigmoïdal de respuesta del mercado a la publicidad.

3.1.3. Modelos que analizan el momento óptimo de lanzamiento y otras variables de marketing

En marketing la literatura se ha centrado casi exclusivamente en el precio y la publicidad como variables de control. Recientemente, se ha puesto de manifiesto que la consideración de otras variables también resulta interesante desde el punto de vista normativo. Este es el caso del momento óptimo del lanzamiento del producto, del producto en si mismo —calidad/posicionamiento—, distribución, etc.

9 Horsky y Simon (1983), Kalish (1985) y Dockner y Jorgensen (1988) consideran una tasa de interés cero. Los dos primeros trabajos sugieren que es probable que los resultados obtenidos se mantengan, aunque el tipo de interés no sea cero, si no es demasiado alto. El tercero de los trabajos analiza explícitamente caos en los que la tasa de descuento a tipo de interés del dinero no es nulo y sus conclusiones coinciden con las sugerencias de los dos primeros.

Kalish y Lilien (1986b), Mahajan, Muller y Kerin (1984) y Wilson y Norton (1989) analizan el problema del momento óptimo de lanzamiento de un nuevo producto. Kalish y Lilien (1986) abordan dicho problema considerando que el resultado del producto en el mercado —éxito/fracaso— es probabilístico. La probabilidad de fracaso disminuye con el tiempo porque se supone que existe en la empresa un proceso continuo de desarrollo. La cuestión de interés es: ¿qué nivel de calidad, de desarrollo, de adaptación a las necesidades del mercado debe alcanzar el producto antes de estar listo para el lanzamiento? El modelo que utilizan estos autores incluye el precio y la publicidad. El efecto adverso de los productos que fracasan se modeliza a través de un factor de influencia personal negativo. El resultado al que se llega consiste en una cuantificación de la cantidad óptima de «depuración» a la que debe someterse el producto antes de su lanzamiento.

El enfoque de Mahajan, Muller y Kerin (1984) es diferente. Su modelo de cinco etapas, ya explicado en la sección 2.1, incorpora un factor negativo y otro positivo de influencia personal. Las principales implicaciones normativas de este modelo atañen al momento de introducción de la innovación en el mercado —relativo al comienzo de la acción publicitaria— y al nivel óptimo de publicidad. Un interesante e intuitivamente atrayente resultado es: en presencia de influencia personal negativa, lo mejor es comenzar con la publicidad antes del lanzamiento del producto.

Wilson y Norton (1989) abordan el problema del momento de introducción de una segunda generación de la innovación por una empresa monopolista. En su modelo no se contemplan los efectos del precio ni de la publicidad y la cuestión que se plantean es: ¿debería la empresa aplazar indefinidamente la introducción del nuevo producto o lanzarlo tan pronto como estuviese listo? Las conclusiones que obtienen son: si existe un momento óptimo de lanzamiento este debe ser al comienzo del ciclo de vida del primer producto, de la primera generación (Mahajan, Muller y Bass 1990). Los resultados de Padmanabhan y Bass (1994) sobre esta misma cuestión son consistentes con los de Wilson y Norton (1989). Estos autores asumen que el momento de entrada de la segunda generación está determinado de forma exógena y realizan una simulación de su modelo de precios considerando varios momentos de entrada. Los resultados indican que lo mejor para la empresa no es retrasar la entrada en el mercado del producto más avanzado.

El trabajo de Lilien, Rao y Bass (1981) constituye un ejemplo de otras aplicaciones posibles de los modelos normativos de difusión. Ellos incorporan la distribución, concretamente la acción de la empresa sobre los detallista o minoristas, como una variable de control en su modelo de compras repetidas discutido en la sección 2.3. Del modelo se deriva una guía o recomendación para la política de distribución de la empresa relativa a la minorista. El resultado no se obtiene a través de un proceso de optimización dinámica, sino empleando un enfoque estático. Este enfoque está

basado en dar impulso a la cuota de mercado de la empresa hasta alcanzar un determinado nivel con el que se maximizan los beneficios por período de tiempo tan rápidamente como sea posible, y, después, mantener esa cuota. Esto implica realizar un elevado esfuerzo en la política con los minoristas durante la fase de introducción del producto, que, posteriormente habría que disminuir una vez que la cuota de mercado deseada se haya logrado. Una característica del modelo es que incorpora un procedimiento Bayesiano de actualización de los parámetros¹⁰.

Por último, destacamos el estudio de Jain, Mahajan y Muller (1995) que propone un modelo para determinar el nivel óptimo de muestreo de una innovación y también hace referencia a la promoción de ventas. Los resultados revelan que un muestreo amplio no es apropiado para productos con un alto coeficiente de innovación «p», mientras que si debería serlo para nuevos productos con un coeficiente de imitación elevado, ya que en este caso es necesario un mayor número de pruebas del producto para que la comunicación personal comience a ser efectiva.

3.2. MODELOS NORMATIVOS QUE INCORPORAN EL EFECTO DE LA COMPETENCIA

La limitación obvia de los modelos revisados en la sección 3.1 es que parten de la existencia de una situación de monopolio en el mercado, o de una situación de competencia totalmente pasiva. La extensión lógica, por tanto, de los modelos anteriores se produce por la vía de introducción de los efectos competitivos. Una discusión detallada de las cuestiones matemáticas y conceptuales de estos modelos y una revisión de los mismos la proporcionan Eliashbeg y Chartejee (1985), Dolan, Jeuland y Muller (1986). Mahajan, Muller y Bass (1990) también realizan una revisión más reciente pero con menor profundidad y un carácter más ilustrativo que exhaustivo.

Analíticamente, estos modelos emplean la teoría de juegos para modelizar y resolver la dinámica interactiva de la competencia en un mercado. Esta técnica amplía los límites de la optimización dinámica más apropiada para el caso monopolista.

Como en el caso de monopolio, los modelos normativos que incorporan el efecto competitivo obtienen diferentes resultados dependiendo de

10 Tapiero (1975, 1978, 1982), introduce, en un modelo estocástico de naturaleza estructural, la publicidad como variable de control para obtener implicaciones normativas sobre la estrategia de publicidad bajo incertidumbre. Monahan (1984) emplea un modelo estocástico estructural también con la publicidad como variable de control. Su modelo que es una generalización del modelo de Horsky y Simon (1983), no sólo por incorporar la naturaleza estocástica del proceso de difusión al modelo sino también por considerar formas funcionales más generales. En otro trabajo, Monahan (1983) considera el precio y la publicidad como variables de decisión y caracteriza las estrategias óptimas con relación a las dos variables, en función del número de adoptantes.

los supuestos o asunciones que realizan en el modelo y podemos clasificarlos también según la variable de marketing en la que se centran para derivar políticas óptimas.

Así, los trabajos que analizan el precio utilizan las mismas hipótesis de partida que los trabajos desarrollados para el caso de monopolio y las implicaciones normativas que se derivan de ellos pueden considerarse una extensión al caso de oligopolio de las obtenidas en monopolio (véase por ejemplo, Thomson y Teng, 1984; Clarke y Dolan, 1984; Dockner y Jorgensen, 1988b; Rao y Bass, 1985; Mahajan y Muller, 1991; Padmanabhan y Bass, 1993 y Parker y Gatignon, 1994). Salvo ligeras matizaciones, lo mismo puede decirse sobre los modelos que amplían el estudio de las políticas óptimas de publicidad al caso de competencia; entre ellos cabe destacar los de: Deal (1979), Teng y Thomson (1983), Thomson y Teng (1984), Erickson (1985), Horsky y Mate (1988) y Parker y Gatignon (1994). Por lo que hace referencia al momento de lanzamiento de la innovación o momento de entrada en el mercado, una revisión de los trabajos más relevantes (ver por ejemplo, Eliashberg y Jeuland, 1986; Lieberman y Montgomery, 1988 y Fershtman, Mahajan y Muller, 1990) pone de manifiesto la existencia de resultados contradictorios acerca de si el orden de entrada en un mercado tiene o no efecto sobre los resultados de la empresa —medidos generalmente a través de la cuota de mercado— en el largo plazo.

Mención aparte requiere el trabajo de Kalish, Mahajan y Muller (1995). Estos autores para una empresa multinacional analizan la estrategia óptima de entrada en los mercados: secuencial o simultánea. Tal análisis lo llevan a cabo a través de modelos de difusión que utilizan la teoría de juegos tanto para un entorno monopolista como competitivo. Los resultados sugieren en general que la actual naturaleza del entorno de la empresa multinacional aconseja seguir una estrategia de introducción simultánea del nuevo producto en todos sus mercados.

Sin duda alguna, la corriente modelizadora normativa es en la actualidad la que más auge presenta. De hecho, la mayoría de los más recientes modelos de difusión pueden encuadrarse en este grupo.

El análisis precedente pone de manifiesto, sin embargo, la necesidad de tomar con precaución las políticas normativas derivadas de estos modelos porque los resultados pueden ser simplemente un artificio de las asunciones que realizan y que responden en muchas ocasiones a una conveniencia analítica o matemática. A pesar de ello, este marco de modelización del proceso de difusión ha proporcionado una excelente oportunidad para desarrollar una *teoría* de análisis del ciclo de vida del producto, que puede servir como soporte a la validación empírica de toda una serie de hipótesis que permitirían examinar la probabilidad de impacto de las variables de marketing y el efecto de la competencia sobre la difusión (Mahajan, Muller y Bass, 1990).

4. LIMITACIONES DE LOS MODELOS DE DIFUSION

Recordemos que en el contexto de marketing, la perspectiva de estudio a nivel agregado analiza el proceso de difusión a gran escala y contribuye al desarrollo de la teoría mediante la elaboración de modelos analíticos que intentan describir la evolución de las ventas de la innovación o su penetración en el mercado con el fin de alcanzar una mayor comprensión de la historia de las ventas y poder después predecir su futura trayectoria. Más aún, mediante la incorporación de las variables de marketing-mix y los efectos de la competencia, estos modelos son capaces de proporcionar recomendaciones o guías normativas para controlar la trayectoria de las ventas que permiten a la empresa conseguir con mayor rapidez y precisión sus objetivos.

Tales modelos, de cuya evolución nos hemos ocupado a lo largo de este epígrafe, por estar formulados desde una perspectiva agregada no se centran en las características del consumidor individual. De hecho se limitan a postular las tasas o velocidades de los flujos que se producen entre los diferentes estados que ocupan los individuos de una población.

Por ejemplo, el modelo de Bass (1969), cuya estructura ha servido de base para muchos otros modelos en la literatura de marketing, lo que expresa es la velocidad del flujo de individuos, $dN(t)/dt$, entre el estado de no-adoptantes, de tamaño $[N - N(t)]$ en el momento t , y el estado de adoptantes, de tamaño $N(t)$ en el mismo momento t . La cuestión de la interpretación comportamental del modelo, en particular de sus parámetros « p » y « q », está aún por resolver a pesar de todas las extensiones realizadas del modelo. Según dicho modelo los individuos serán persuadidos para adoptar la innovación a través de las vías de influencia externa —publicidad— e interna —comunicación personal— y además son homogéneos en términos de su susceptibilidad a la influencia interna y externa.

Este enfoque de modelización no considera ni las percepciones que el consumidor posee de la innovación, ni sus preferencias, variables estas reconocidas como importantes determinantes de las decisiones de compra del consumidor (Green y Srinivasan, 1978; Shocker y Srinivasan, 1979; Corstjens y Gautschi, 1983). Como señalan Gatignon y Robertson (1986) las asunciones comportamentales subyacentes en los modelos de difusión resultan demasiado simples y no proporcionan una explicación desde el punto de vista del comportamiento, ni de la velocidad, ni de la forma del proceso de difusión. En realidad esto no debe parecer sorprendente, si se tiene en cuenta que los modelos de difusión agregados se basan en los modelos epidémicos utilizados para explicar la expansión o diseminación de información.

El proceso de difusión implica dos niveles: el primero la difusión de información a cerca del producto, la innovación, y el segundo, su adopción por parte de los individuos que forman parte de un sistema social o consti-

tuyen un mercado. Los modelos de difusión agregados esencialmente se ocupan del primer nivel e ignoran el segundo¹¹.

Una consecuencia de las consideraciones realizadas en líneas anteriores es que los parámetros de los modelos no pueden ser interpretados como *constructos* de comportamiento básico, directamente medibles a nivel individual. Además, los modelos de difusión agregados requieren datos sobre ventas reales para poder ser calibrados, es decir, sus parámetros han de ser estimados a partir de datos de ventas reales.

Si la finalidad de estos modelos es describir el proceso de difusión para, después poder realizar predicciones, la calidad o bondad del ajuste del modelo a los datos históricos se convierte en una cuestión primordial. La bondad de este ajuste va a depender del tipo de datos utilizados para estimar el modelo y del método o procedimiento de estimación (Mahajan y Wind, 1986).

Así, primero el ajuste del modelo va a ser sensible a la unidad de análisis, a las fuentes de obtención de datos y al intervalo de tiempo empleado para representar el proceso de difusión. Por definición, los modelos de difusión se desarrollan para describir: la conversión de adoptantes potenciales en adoptantes de hecho y la evolución de las ventas de la innovación. Pero en muchos casos, como ya hemos visto, se asume que cada adoptante compra una única unidad de producto. Datos de ventas contaminados con compras de repetición y remplazamiento, entonces, no resultan apropiados, debiendo limitarse la aplicación del modelo a la adopción de nuevos productos de carácter duradero para los que la posibilidad de recompra en el corto plazo no es probable. Además, como demuestran Wind y Learner (1979) la utilización de diferentes fuentes de datos sobre ventas —datos internos de la empresa, datos procedentes de paneles de minoristas o datos de encuestas o paneles de consumidores— pueden conducir a distintas estimaciones de la evolución de las ventas. Finalmente se ha de tener en cuenta, también, que los modelos de difusión son modelos de series de tiempo y sin embargo la mayoría se han construido fundamentalmente para representar la tendencia de la serie de ventas. Como consecuencia, en presencia de estacionalidad u otros efectos cíclicos, la elección del período de tiempo —mensual, trimestral, anual, etc— para medir las adopciones puede afectar a los resultados que genera el modelo de difusión (ver por ejemplo, Tigert y Farivar 1981).

Otra posible razón, para explicar por qué existen diferencias en la bondad del ajuste de los modelos de difusión es el procedimiento de estimación empleado. Uno de los primeros métodos sugeridos en la literatura para estimar los parámetros de los modelos es el método de mínimos cuadrados ordinarios propuesto por Bass (1969). Este procedimiento sin embargo, presenta una serie de inconvenientes (Schmittlein y Mahajan,

11 Esto puede dar explicación al hecho de que en los modelos normativos, no se haya considerado el producto —sus atributos/posicionamiento— como variable de control.

1982). Primero, la presencia de multicolinealidad entre variables conduce a estimaciones inestables y con signos erróneos en los parámetros. Segundo, el procedimiento no proporciona directamente los errores estándar de los parámetros, lo cual impide evaluar la significación estadística de los estimadores; y tercero la utilización de datos discretos de series de venta para estimar modelos formulada, en principio, como funciones continuas introduce un sesgo en la estimación de los parámetros¹².

Para eliminar este inconveniente del procedimiento de mínimos cuadrados ordinarios se ha propuesto la utilización de métodos de estimación de máxima verosimilitud y de mínimos cuadrados no lineales que específicamente eliminan el sesgo introducido por emplear datos discretos y proporcionan los errores estándar de los estimadores de los parámetros (Schmitthein y Mahajan, 1982; Srinivasan y Mason, 1986). Estos métodos ofrecen sin duda mejores estimaciones que el de mínimos cuadrados ordinarios pero tampoco están libres de limitaciones (ver Mahajan y Wind, 1986; Mahajan, Muller y Bass, 1990).

Además de los procedimientos mencionados, recientemente se han llevado a cabo investigaciones que intentan desarrollar métodos de estimación capaces de actualizar las estimaciones de los parámetros cuando se disponen de nuevos datos acerca de las ventas de la innovación. La actualización de los parámetros se logra con la aplicación del método Bayesiano o con método de filtraje y realimentación. Tales procedimientos han sido aplicados, entre otros, por Lilien, Rao y Kalish (1981), Bretschmider y Mahajan (1980), Lenk y Rao (1989), Sultan, Farley y Lehmann, (1990 y 1996).

Finalmente, cuando no existan datos disponibles que permitan estimar el modelo, los estimadores de los parámetros pueden obtenerse utilizando las opiniones o juicios de expertos o la historia de la difusión de un producto análogo. Los procedimientos de estimación algebraica propuestos por Mahajan y Sharma (1986), y por Lawrence y Lawton (1981)¹³, constituyen un ejemplo de esta alternativa.

De todas formas y para concluir, es preciso señalar, que a nuestro juicio no se logra mucho con avanzar en los procedimientos de estimación, porque aunque se consigan buenos ajustes de los modelos a los datos en un sentido estadístico, su poder de diagnóstico —el de los modelos—, es decir, su capacidad para ofrecer explicaciones eficaces acerca de la forma

12 Además, estudios empíricos han puesto de manifiesto que los estimadores obtenidos de los parámetros de los modelos son sensibles al número de observaciones utilizadas para realizar la estimación. En el caso concreto del modelo de Bass (1969), se obtienen estimaciones estables de los parámetros solamente si los datos considerados incluyen el máximo de la curva de adopción no acumulada (Heeler y Hustad, 1980; Srinivasan y Mason, 1986)

13 Lawrence y Lawton (1981) no proporcionan evidencia empírica de la capacidad predictiva del enfoque o método de estimación que sugieren.

específica de la curva de ventas de una innovación, continúa estando limitado por la excesiva simplicidad de los fundamentos comportamentales que se asumen teóricamente como hipótesis de partida a la hora de construir los modelos.

BIBLIOGRAFIA

- Bailey, N. T. J. (1957): *Mathematical Theory of epidemis*. New York, New York: Hafner.
- Bass, F. M. (1969): A New Product Growth Model for Consumer Durables. *Management Science*, 15 (January), pp. 215-227.
- Bass, F. M. (1980): The Relationship Between Diffusion Rates, Experience Curves, and Demand Elasticities for Consumer Durable Technoloical Innovations. *Journal of Business*, 53, 3 (July), pp. 551-567.
- Bass, F. M. y Bultez, A. V. (1982): «A note on Optimal Strategic Pricing of Technological Innovations», *Marketing Science*, 1 (Fall), pp. 371-8.
- Bayus, B. L. (1987): «Forecasting Sales of New Contingent Products: An Application to the Compact Disc Market», *Journal of Product Innovation Management*, 4 (December), pp. 243-255.
- Bello, L. (1986): «El proceso de difusión de innovaciones: consideraciones críticas acerca de los modelos de primera compra». *Investigaciones económicas*, pp. 139-164.
- Bewley, R. y Fiebig, D. G. (1988): «A Flexible Logistic Growth Model With Applications in Telecommunications», *Journal of Forecasting*, 4 (2), pp. 177-192.
- Boker, F. (1987): «A Stochastic First-Purchase Diffusion Model: A Counting Approach», *Journal of Marketing Research*, 24, (February), pp. 64-73.
- Bretschneider, S. I. y Mahajan, V. (1980): «Adaptive Technological Substitutions Models», *Technological Forecasting and Social Change*, 18 (October), pp. 129-139.
- Clarke, D. G. y Dolan, R. J. (1984): «A Simulation Model for the Evaluation of Pricing Strategies in a Dynamic Environment», *Journal of Business*, 57 (January), pp. S179-S200.
- Chow, G. C. (1967): «Technological Change and the Demand for Computers», *American Economics Review*, 57 (December), pp. 1117-1130.
- Corstjens, J. L. y Gautschi, D. A. (1983): «Formal Choice Models in Marketing», *Marketing Science*, vol. 2, n.º. 1 (Winter), pp. 19-56.
- Deal, K. R. (1979): «Optimizing Advertising Expenditures in a Dynamic Duopoly», *Operations Research*, 27 (July-August), pp. 682-692.
- Dockner, E., y Jorgensen, S. (1988a): «Optimal Advertising Policies for Diffusion Models of New Product Innovation in Monopolistic situations», *Management Science*, 34, 1 (January), pp. 119-130.
- Dockner, E., y Jorgensen, S. (1988b): «Optimal Pricing Strategies for New Products in Dynamic Oligopolies», *Marketing Science*, 7 (Fall), pp. 315-334.
- Dodson, J. A. y Muller, E. (1978): «Models of New Product Diffusion Through Advertising Yand Word-of-Mouth», *Management Science*, 24 (November), pp. 1568-1578.
- Dolan, R. J., y Jeuland, A. P. (1981): «Experience curves and Dymamic Demand Models: Implications for Optimal Pricing Strategies», *Journal of Marketing*, 45 (Winter), pp. 52-62.
- Dolan, R.J., Jeuland, A. P. y Muller, E. (1986): «Models of New Product Diffusion: Extension to competition Against Existing and Potential Firms Over Time», en *Innovation Diffusion Models of New Product Acceptance*, V. Mahajan and Y. Wind (eds.), Cambridge, Massachusetts: Ballinger Publishing Company.
- Easingwood, C. J. (1987): «Early Product Life Cycle Forms for Infrequently Purchased Major Products», *International Journal of Research in Marketing*, 4 (1), pp. 3-9.

- Easingwood, C. J. (1988): «Product Life Cycle Patterns for New Industrial Products», *R & D Management*, 18 (1), pp. 23-32.
- Easingwood, C. J., Mahajan, V. y Muller, E. (1981): «A Nonsymmetric Responding Logistic Model for Technological Substitution», *Technological Forecasting and Social Change*, 20 (October), pp. 199-213.
- Easingwood, C. J., Mahajan, V. y Muller, E. (1983): «A Nonuniform Influence Innovation Diffusion Model of New Product Acceptance», *Marketing Science*, 2 (Summer), pp. 273-296.
- Eliashberg, J. y Chatterjee, R. (1985): «Analytical Models of Competition with Implications for marketing: Issues, Findings and Outlook», *Journal of Marketing Research*, vol. 22 (August), pp. 237-261.
- Eliashberg, J., Tapiero, C. y Wind, Y. (1985). «New Product Diffusion Models with Stochastic Parameters» *Working Paper*, n°. 83-018R, The Wharton School, University of Pennsylvania.
- Eliashberg, J., y Chatterjee, R. (1986): «Stochastic Issues in Innovation Diffusion Models», in *Innovation Diffusion Models of New Product Acceptance*, V. Mahajan and Yoram Wind, eds. Cambridge, MA: Ballinger Publishing Company.
- Eliashberg, J. y Jeuland, A. P. (1986): «The Impact of Competitive Entry in a Developing Market Upon Dynamic Pricing Strategies», *Marketing Science*, 5, pp. 20-36.
- Eliashberg, J., Tapiero, C. S., y Wind, Y. (1987): «Innovation Diffusion Models With Stochastic Parameters: Forecasting and Planning Implications», Working Paper No. 87-003, Wharton School, University of Pennsylvania.
- Erickson, G. M (1985): «A Model of Advertising Competition», *Journal of Marketing Research*, 22 (August), pp. 297-304.
- Feichtinger, G. (1982): «Optimal Pricing in Diffusion Model With Concave Price-Dependent Market Potential», *Operations Research Letters*, 1, pp. 236-240.
- Fershtman, Ch.; Mahajan, V. y Muller, E. (1990): «Market Share Pioneering Advantage: A Theoretical Approach». *Managements Science*, 36, agosto, 900-18.
- Floyd A. (1968): «A Methology for Trend Forecasting of Figures of Merit», in *Technological Forecasting for Industry and Government: Methods and Applications*, J. Bright (ed.), Inglewood Cliffs, New Jersey: prentice-Hall, pp. 95-109.
- Fourt, L. A. y Woodlock, J. W. (1960): «Early Prediction of Market Success for Grocery Products», *Journal of Marketing*, 25 (October), pp. 31-38.
- Gatignon, H. y Robertson, T. S. (1985): «A propositional inventory for new diffusion research». *Journal of consumer research*, vol. 11 págs 849-867.
- Gatignon, H. y Robertson, T. S. (1986): «Integration of consumer diffusion theory and diffusion models. New research directions». Editado por: Mahajan, V. y Wind, Y. *Innovation diffusion models of new product acceptance*.
- Gatignon, H., Eliashberg, J., y Robertson, T. S. (1989): «Modeling Multinational diffusion Patterns: An Efficient Methodology», *Marketing Science*.
- Gould, J. P. (1970): «Diffusion Processes and Optimal Advertising Policy», in *Microeconomic Foundations of Empliment and Inflation Theory*, E.S. Phelps 8ed.), New York, New York: W.W. Horton and Company, inc., pp. 338-368.
- Green, P. E. y Srinivasan, V. (1978): «Conjoint Analysis in Consumer Research: Issues and Outlook», *Journal of Consumer Research*, vol. 5 (September), pp. 103-123.
- Heeler, R. M. y Hustad, T. P. (1980): «Problems in Predicting New Product Growth for Consumer Durables», *Management Science*, 26 (October), pp. 1007-1020.
- Horsky, D. y Mate, K. (1988): «Advertising and the Diffusion of New Products», *Marketing Science*, 7, (Fall), pp. 356-67.
- Horsky, D. y Simon, L. S. (1983): «Advertising and the Diffusion of New Products», *Marketing Science*, 2 (Winter), pp. 1-17.
- Jain, D., Mahajan, V. y Muller, E. (1995): «An approach for determining optimal product sampling for the diffusion of a new product». *Journal of Product Innovation Management*, vol. 12, n° 2, pp. 124-35.

- Jain, D. C. y Rao, R. C. (1990): «Effect of price on demand for durables: Modeling, estimation and findings». *Journal of Business and Economics Statistics*, 8, (April), pp. 163-70.
- Jeuland, A. P. y Dolan, R. J. (1982): «An Aspect of New Product Planning: Dynamic Pricing». *TIMS Studies in the Management Sciences*, vol. 18, pp. 1-21.
- Jones, J. M. y Ritz, C. J. (1991): «Incorporating distribution into new product diffusion models». *International Journal of Research in Marketing*, 8, pp. 91-112.
- Jorgensen, S. (1983): «Optimal Control of a Diffusion Model of New Product Acceptance With Price-Dependent Total Market Potential», *Optimal Control Applications and Methods*, 4, pp. 269-276.
- Kalish, S. (1983): «Monopolist Pricing With Dynamic Demand and Production Cost», *Marketing Science*, 2 (Spring), pp. 135-160.
- Kalish, S. (1985): «A New Product Adoption Model with Price, Advertising, and uncertainty», *Management Science*, 31, 12 (December), pp. 1569-1585.
- Kalish, S. y Lilien, G. (1986a): «Applications of Innovation Diffusion Models in Marketing», in *Innovation Diffusion Models of New Product Acceptance*, V. Mahajan and Yoram Wind, eds. Cambridge, MA: Ballinger Publishing Company.
- Kalish, S., y Lilien, G. L. (1986b): «A Market Entry Timing Model for New Technologies», *Management Science*, 32 (February), pp. 194-205.
- Kalish, S, Mahajan, V. y Muller, E. (1995): «Waterfall and sprinkler new product strategies in competitive global markets». *International Journal of Research in Marketing*, vol. 12, nº 2, pp. 105-19.
- Kalish, S. y Sen, S. K. (1986): «Diffusion Models and the Marketing Mix for Single Products», in *Innovation Diffusion Models of New Product Acceptance*, V. Mahajan and Yoram Wind, eds. Cambridge, MA: Ballinger Publishing Company.
- Kamakura, W. A. y Balasubramanian, S. K. (1987): «Long-Term Forecasting With Innovation Diffusion Models: The Impact of Replacement Purchase». *Journal of Forecasting*, 6 (1), pp. 1-19.
- Kamakura, W. A. y Balasubramanian, S. K. (1988): «Long-Term View of the Diffusion of Durables», *International Journal of Research in Marketing*, 5, pp. 1-13.
- Kamien, M. I. y Schwartz, N. L. (1981): *Dynamic Optimization: The calculus of variations and Optimal Control in Economics and Management*, New York, New York: North Holland.
- Lackman, C. L. (1978): «Gompertz Curve Forecasting: A New Product Application», *Journal of the Market Research Society*, 20 (January), pp. 45-47.
- Lattin, J. M. y Roberts, J. H. (1989): «Modeling the Role of Risk-adjusted Utility in the Diffusion of Innovations», Working Paper 1019, Graduate School of Business, Stanford University.
- Lawrence, K. D. y Lawton, W. H. (1981): «Applications of diffusion Models: Some Empirical Results», in *New Product Forecasting*, Yoram Wind, V. Mahajan, and R.C. Cardoz, eds. Lexington, MA: Lexington Books, pp. 529-541.
- Lenk, P. J. y Rao, A. G. (1989): «New Models From Old: forecasting Product Adoption by Hierarchical Bayes Procedures», *Marketing Science*.
- Lieberman, M. B. y Montgomery, D. B. (1988): «First-Mover Advantages». *Strategic Management Journal*, 9 verano, 41-58.
- Lilien, G. L.; Rao, A. G. y Kalish, S. (1981): «Bayesian Estimation and Control of Detailing Effort in a Repeat Purchase Environment». *Management Science*, 27, 5 (May), pp. 493-507.
- Mahajan, V. y Muller, E. (1979): «Innovation Diffusion and New Product Growth Models in Marketing» *Journal of Marketing*, 43, 4, pp. 55-68.
- Mahajan, V. y Muller, E. (1986): «Advertising pulsing policies for generating awareness for new products». *Marketing Science*, vol. 5, nº 2, pp. 89-106.
- Mahajan, V.; Muller, E. y Kerin, R. A. (1984): «Introduction Strategy for New Products with Positive and Negative Word-of-Mouth», *Management Science*, 30 (December), pp. 1389-1404.

- Mahajan, V. y Peterson, R. A. (1978): «Innovation Diffusion in a Dynamic Potential Adopter Population», *Management Science*, 24 (November), pp. 1589-1597.
- Mahajan, V. y Peterson, R. A. (1979a): «Integrating Time and Space in Technological Substitution Models», *Technological Forecasting and Social Change*, 14 (August), pp. 231-241.
- Mahajan, V. y Peterson, R. A. (1979b): «First-Purchase Diffusion Models of New-Product Acceptance», *Technological Forecasting and social Change*, 15, pp. 127-146.
- Mahajan, V. y Peterson, R. A. (1982): «Erratum to: Innovation Diffusion in a Dynamic Potential Adopter population», *Management Science*, 28 (september), 1087.
- Mahajan, V. y Peterson, R. A. (1985): *Models for Innovation Diffusion*. Sage publications Paper series on Quantitative Applications in the social Sciences, 07-001. Beverly Hills, California and London, England, Sage Publications.
- Mahajan, V. y Wind, Y. (1986): «Innovation Diffusion Models of New Product Acceptance: A reexamination», in *Innovation Diffusion Models of New Product Acceptance*, V. Mahajan and Yoram Wind, eds. Cambridge, MA: Ballinger publishing company.
- Mahajan, V. y Wind, Y. (1988): «New Product Forecasting Models: Directions for Research and Implementation», *International Journal of forecasting*, 4 (3), pp. 341-358.
- Mahajan, V., Wind, Y. y Sharma, S. (1983): «An Approach to Repeat Purchase Diffusion Models», *AMA Proceedings*, Series 49, Patrick E. Murphy et al., eds. Chicago: American Marketing Association, pp. 442-446.
- Mahajan, V.; Muller, E. y Bass, F. M. (1990): «New product diffusion models in marketing: a review and directions for research». *Journal of Marketing*, Vol. 54, pp. 1-26.
- Mahajan, V.; Stuart; Mason, S. H. y Srinivasan, V. (1986): «An Evaluation of Estimation Procedures for New Product Diffusion Models», in *Innovation Diffusion Models of New Product Acceptance*, V. Mahajan and Yoram Wind, eds. Cambridge, MA: Ballinger Publishing company.
- Mansfield, E. (1961): «Technological Change and the Rate of Imitation», *Econométrica*, 29, pp. 741-766.
- Martínez Sánchez, A. (1993): «La difusión espacial de la innovación: el caso de los cajeros automáticos en España». *Estudios Empresariales*, nº 81, pp. 74-84.
- Martino, J. P. (1983): *Technological Forecasting for Decision Making*. New York, New York: Elsevier North-Holland.
- McGowan, I. (1986). «The Use of Growth Curves in Forecasting Market Development», *Journal of forecasting*, 5 (1), pp. 69-71.
- Midgley, D. F. (1976): «A Simple Mathematical Theory of Innovative Behavior», *Journal of Consumer Research*, 3 (June); pp. 31-41.
- Monahan, G. E. (1983): «Optimal Advertising and Pricing with Stochastic New product Demand», *Working Paper*. St. Louis, Missouri: Washington, University.
- Monahan, G. E. (1984): «A Pure Both Model of optimal Advertising with Word-Of-Mouth», *Marketing Science*, vol. 3, nº. 2 (Spring), pp. 169-178.
- Nerlove, M. y Arrow, K. J. (1962): «Optimal Advertising Policy Under Dynamic conditions», *Económica*, vol. 39 (May), pp. 124-142.
- Norton, J. A. y Bass, F. M. (1987): «A Diffusion Theory Model of Adoption and substitution for Successive Generations of High Technology Products», *Management Science*, 33 (September), pp. 1069-1086.
- Olson, J. A. y Chow, S. (1985): «A Product Diffusion Model Incorporating Repeat Purchases», *Technological Forecasting And social Change*, 27, pp. 385-397.
- Ozga, S. A. (1960): «Imperfect Markets Through Lack of Knowledge», *Quarterly Journal of Economics*, 74 (February), pp. 29-52.
- Padmanbhan, V. y Bass, F. M. (1994): «Optimal Pricing of Successive Generations of Product Advances». *International Journal of Research in Marketing*, vol. 11, nº 1, pp. 17-39.
- Parker, P. y Gatignon, H. (1994): «Specifyng Competitive Effects in Diffusion Models: An Empirical Analysis». *International Journal of Research in Marketing*, vol. 11, nº 2, pp. 185-207.

- Peterson, R. A. y Mahajan, V. (1978): «Multi-Product Growth Models», in *Research in Marketing*, J. Sheth, ed. Greenwich, CT: JAI Press, Inc. pp. 201-231.
- Polo, Y. (1983): «Evidencia empírica sobre el ciclo de vida para productos de consumo duradero». *Cuadernos Aragoneses de Economía*, nº 7, pp. 61-76.
- Polo, Y. (1986): «Modelos analíticos de la difusión de innovaciones». *Cuadernos Aragoneses de Economía*, nº 10, pp. 35-45.
- Polo, R. (1987b): «Determinantes de la adopción de innovaciones: terminales de teleproceso en el sector bancario español». *Investigaciones Económicas*.
- Polo, Y. (1988). *Desarrollo de nuevos productos : aplicaciones a la economía española*. Universidad de Zaragoza. Zaragoza.
- Polo, Y. (1989): «Difusión de tecnología en la empresa española: algunos resultados». *Papeles de Economía Española*.
- Polo, Y. y Salas, V. (1987a): «El automóvil en España. Determinantes socioeconómicos de su aceptación». *Investigaciones económicas*, Vol X, nº 3, pp. 463-482.
- Pontryagin, L.S.; Boltyanskii, V. G.; Gramkrelde, R. V. y Mishchenko, S. F. (1962): *The Mathematical Theory of Optimal Processes*. New York, New York: Wiley.
- Rajiv, K. y Chandrashekar, M. (1992): «A Split Hazard Model for Analyzing the Diffusion of Innovations». *Journal of Marketing Research*, vol. 29, febrero, pp. 116-27.
- Rao, S. D. (1985): «An Empirical comparison of Sales forecasting Models», *Journal of Product Innovation Management*, 2 (December), pp. 232-242.
- Rao, R. C. y Bass, F. M. (1985): «Competition, Strategy, and Price Dynamics: A Theoretical and Empirical Investigation», *Journal of Marketing Research*, 22 (August), pp. 283-296
- Robinson, B. y Lakhani, C. (1975): «Dynamic Price Models for New Product Planning», *Management Science*, 10 (June), pp. 1113-1122.
- Rogers, E. M. (1983): *The Diffusion of Innovations*. Free Press, New York, 3ª ed.
- Schmittlein, D. C. y Mahajan, V. (1982). «Maximum Likelihood Estimation for an Innovation Diffusion Model of New Product Acceptance», *Marketing Science*, 1 (Winter), pp. 57-78.
- Sharif, M. N. y Kabier, C. (1976): «A Generalized Model for Forecasting Technological Substitution», *Technological Forecasting and Social Change*, 8, pp. 353-364.
- Sharif, M. N. y Ramanathan, K. (1981): «Binomial Innovation Diffusion Models With Dynamic Potential Adopter population», *Technological Forecasting and Social Change*, 20, pp. 63-87.
- Sharif, M. N. y K. Ramanathan, K. (1982): «Polynomial Innovation Diffusion Models», *Technological forecasting and social Change*, 21, pp. 301-323.
- Shocker, A. D. y Srinivasan, V. (1979): «Multiattribute Approaches for Product concept Evaluation and Generation: A Critical Review», *Journal of Marketing Research*, vol. 16, nº 4, pp. 159-180.
- Simón, H. y Sebastián, K. (1987). «Diffusion and Advertising: The German Telephone Campaign», *Management Science*, 33, 4 (April), pp. 451-466.
- Srinivasan, V. y Mason, C. H. (1986): «Nonlinear Least Squares Estimation of New Product Diffusion Models», *Marketing Science*, 5 (Spring), pp. 169-178.
- Srivastava, R. K.; Mahajan, V.; Ramaswami, S. N. y Cherian, J. (1985): «A Multiattribute Diffusion Model for adoption of Investment Alternative for Consumers», *Technological forecasting and Social Change*, 28 (December), pp. 325-333.
- Stigler, G. (1961): «The Economics of Information» *Journal of Political Economy*, vol. 69, 213-225.
- Sultan, F.; Farley, J. U. y Lehmann, D. R. (1990): «A Meta_Analysis of Diffusion Models», *Journal of Marketing Research*, vol. 27, (February), págs 70-77.
- Sultan, F.; Farley, J. U. y Lehmann, D. R. (1996): «Reflections on A Meta_Analysis Applications of Diffusion Models», *Journal of Marketing Research*, vol. 33, (May), pp. 247-49.
- Tapiero, C. S. (1975): «Random Walk Models of Advertising, Their Diffusion Approximation and Hypothesis Testing», *Annals of Economic and Social Measurement*, vol. 4, nº. 2, pp. 293-309.

- Tapiero, C. S. (1978): «Optimum Advertising and Goodwill Under Uncertainty», *Operations Research*, vol. 26, nº. 3 (May-June), pp. 450-463.
- Tapiero, C. S. (1982): «A stochastic Model of consumer Behavior and Optimal Advertising», *Management Science*, vol. 28, nº 9 (September), pp. 1054-1064.
- Teng, J. y Thompson, G. L. (1983): «Oligopoly Models for Optimal Advertising», *Management Science*, 29 (September), pp. 1087-1101.
- Thompson, G. L. y Teng, J. (1984): «Optimal Pricing and Advertising Policies for New Product Oligopoly Models», *Marketing Science*, 3 (Spring), pp. 148-168.
- Tigert, D. y Farivar, B. (1981): «The Bass New Product Growth Model: a Sensitivity Analysis for a High Technology Product», *Journal of Marketing*, 45 (Fall), pp. 81-90.
- Wilson, L. O. y Norton, J. A. (1989): «Optimal Entry Time for a Product Line Extension», *Marketing Science*, 8 (winter), pp. 1-17.
- Wind, Y. y Learner, D. (1979): «On the Measurement of Purchase Data: Survey Versus Purchases Diaries». *Journal of Marketing Research*, vol 16, pp. 39-47.