

¿PUEDEN LAS INVERSIONES EN I+D CONDICIONAR LA DECISIÓN DE DIVERSIFICACIÓN?

UNA APLICACIÓN A LAS EMPRESAS INDUSTRIALES EN ESPAÑA

ANTONIO RODRÍGUEZ DUARTE

JOSÉ FERNÁNDEZ MENÉNDEZ (*)

Departamento de Organización de Empresas

Universidad Complutense de Madrid

El objetivo principal de este trabajo se centra en el análisis de las relaciones entre la acumulación de activos intangibles de tipo tecnológico, básicamente derivados de las actividades de I+D de las empresas (que se plasman en el denominado «capital tecnológico»), y la decisión de llevar a cabo una estrategia de diversificación por parte de las mismas.

En concreto, se analizarán las relaciones entre el capital tecnológico y la decisión e intensidad de la diversificación.

A lo largo de la literatura pueden encontrarse diversos estudios que han detectado vínculos estadísticos entre la realización de actividades vinculadas con la innovación tecnológica y la *performance* de las empresas, en general (López Sánchez, 2004; Cassiman, 2005), y en particular en la relación entre la innovación tecnológica y la diversificación. En términos generales, los resultados que parecen tener un mayor soporte empírico apuntan a la posible existencia de una relación positiva entre la realización de actividades que se enmarcan dentro del proceso de innovación tecnológica (como las actividades de I+D), y la diversificación de las empresas, relación que sería circular: una mayor actividad de innovación tecnológica conduciría a un mayor grado de diversificación en la empresa, lo que a su vez llevaría a mayores niveles de inversión en innovación. Sin embargo, hay una destacable

ausencia de consenso acerca de las razones de ese vínculo. En la sección segunda de este artículo se recogen como antecedentes algunos estudios sobre el tema, se apuntan posibles razones que explicarían la ausencia de consenso, y se formula la hipótesis que se someterá a contraste en este trabajo.

La ausencia de consenso antes mencionada puede deberse a problemas derivados de la medición de las variables objeto de estudio, en particular el «capital tecnológico», también denominado «stock de capital de conocimiento» (Griliches, 1979). La sección tercera del artículo se dedica a la construcción del stock de capital tecnológico.

El resto del artículo se organiza como sigue: en la sección cuarta se expone la metodología seguida para el contraste de la hipótesis antes formulada, con referencia a la muestra utilizada; la sección quinta presenta los resultados y su discusión; y la sección sexta las conclusiones e implicaciones más relevantes.

ANTECEDENTES TEÓRICOS Y EMPÍRICOS ↓

En años recientes, distintos trabajos han examinado las razones por las que una empresa decide diversificarse. La relación entre la diversificación y la innovación tecnológica es considerada una de las hipótesis neo-schumpeterianas, y fue originalmente sugerida por Nelson (1959). Su trabajo se centraba en la investigación básica, y argumentaba que, debido a que los resultados de la investigación básica tienden a ser no predecibles, las empresas diversificadas poseen más oportunidades para explotar el nuevo crecimiento.

Estos argumentos se complementan con los de Arrow (1962): se considera al proceso de innovación como basado en la información, y el mercado de la información es imperfecto y podría conseguirse una mejor apropiabilidad por la aplicación interna del conocimiento que por su venta. Esto es así porque el output de un programa de I+D es nuevo conocimiento, y los mercados para el intercambio de nuevo conocimiento están sujetos a una serie de problemas que causan que los intercambios de mercado sean una forma relativamente costosa de apropiarse de los resultados del conocimiento.

En concreto, los problemas más relevantes surgen de la interdependencia de las capacidades innovadoras: la información no es sólo el producto de la actividad innovadora, sino también un input (en cierto sentido, el principal input aparte del talento del innovador), lo que enfatiza fuertemente el papel productivo de la información previa en la creación de nueva información. En el caso de la investigación básica, cuyo output se usa principalmente como input informativo en otras actividades innovadoras, es probable que tenga valor comercial para la empresa que lo soporta solamente si no se permite a otras empresas el uso de la información obtenida. En consecuencia, las empresas tenderían a diversificarse en nuevas industrias para aplicar el nuevo conocimiento y obtener ganancias de él (MacDonald, 1985).

Esta línea argumental ha sido analizada en trabajos posteriores, en la mayoría de los cuales la base teórica surge de la Teoría de Recursos y Capacidades, según la cual es de destacar la importancia de la dotación de recursos (esencialmente intangibles) de las empresas sobre la decisión de diversificación. El cuadro 1 recoge algunos estudios al respecto.

Si bien los resultados que parecen tener un mayor soporte empírico apuntan a la posible existencia de una relación positiva entre los intangibles tecnológicos y la diversificación, lo cierto es que esa relación no se ha contrastado con la misma significatividad en todos los sectores. Así, existen trabajos que tan sólo en-

cuentran una relación leve entre ambas magnitudes, e incluso algunos encuentran una tendencia en las empresas más avanzadas tecnológicamente a reducir su diversificación.

Con estos antecedentes, la hipótesis que se plantea en este artículo se formula en los siguientes términos: *Un mayor grado de acumulación de activos intangibles tecnológicos conduce a un mayor grado de diversificación, con todo lo demás constante.*

Recapitulando, si bien el problema de la relación entre la innovación tecnológica y la diversificación ha sido tratado extensamente en la literatura, no parece existir un consenso. A pesar de que existen planteamientos teóricos que postulan la existencia de esa relación, lo cierto es que los resultados empíricos son ambiguos y en algunos casos contradictorios. Posiblemente, esta ausencia de consenso esté motivada por los problemas de medición de las actividades de innovación, y por el escaso tratamiento de la influencia de variables al nivel de la industria y al nivel de la empresa que podrían distorsionar la relación. En este trabajo se propone un enfoque del problema que enfatiza el uso de cierta forma de medición alternativa, analizada en la siguiente sección, que se ha revelado como robusta en otros análisis.

LA OBTENCIÓN DEL «CAPITAL TECNOLÓGICO» ↓

En la sección anterior se ha puesto de manifiesto que el enfoque teórico para el análisis de las relaciones entre el proceso de innovación tecnológica y la diversificación destaca la influencia de la dotación de recursos (esencialmente intangibles) de la empresa sobre la diversificación de la misma. Asumir este enfoque implica contemplar el proceso de innovación tecnológica como inductor de activos susceptibles de acumulación, de tal forma que es necesario construir variables que representen el *stock acumulado* de estos activos. Este planteamiento es similar al utilizado para la estimación del stock de capital físico por la OCDE (1992), y se conoce como «inventario permanente».

Bajo este enfoque, es posible estimar el valor del stock de activos intangibles tecnológicos de una empresa en un momento dado del tiempo como la suma de los gastos de I+D de periodos anteriores, capitalizados a una cierta tasa, dando lugar al «capital tecnológico». La utilidad de este planteamiento radica en su potencial para facilitar el uso de las cifras de I+D como base para ciertas evaluaciones (Chambers et al., 1998), de tal forma que se dé respuesta a la necesidad de representar adecuadamente los activos basados en conocimiento (Morina, 1999). El supuesto crítico en este planteamiento

CUADRO 1
ALGUNOS TRABAJOS SOBRE LA RELACIÓN ENTRE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA Y DIVERSIFICACIÓN

Autores	Conclusiones
Grant (1977)	Asociación positiva entre esfuerzo de I+D y decisión de diversificación.
Teece (1980)	Influencia positiva de la ratio gastos de I+D/ventas sobre la diversificación.
Lemelin (1982)	Influencia positiva de las actividades de I+D sobre la probabilidad de diversificación. Utiliza variables de control a nivel de la industria.
Giget (1984)	Concepto de «árbol tecnológico», según el cual, el potencial tecnológico de las empresas encuentra aplicación en productos y mercados diversificados.
MacDonald (1985)	Las inversiones en I+D incrementan el grado de diversificación, y canalizan ésta hacia industrias también intensivas en I+D.
Jaffe (1986)	Existencia de vínculo entre las direcciones de las patentes de una empresa y su patrón de diversificación.
Grant y Jammine (1988)	Evidencia leve de la relación positiva entre la I+D de la industria y la estrategia de diversificación de las empresas.
Baysinger y Hoskisson (1989)	Esfuerzos previos en I+D conducen a la diversificación, que a su vez conduce a estructuras organizativas multidivisionales en forma M.
Chatterjee y Wernerfelt (1991)	La presencia de intangibles, en particular tecnológicos, conduce a diversificación relacionada.
Dussauge, Ramanantsoa y Hart (1992)	Concepto de «clusters tecnológicos», caso particular de diversificación relacionada.
Merino y Rodríguez (1997)	La diversificación es más probable hacia industrias con intensidad de I+D similar, con datos de empresas españolas.
Aw y Batra (1998)	La diversificación está estrechamente vinculada a los gastos de I+D.
Cantwell y Bachmann (1998)	Existen incentivos a reducir la diversificación en las empresas más diversificadas tecnológicamente
Silverman (1999)	El stock de activos intangibles tecnológicos representado a través de patentes está asociado positivamente con la probabilidad de diversificación.
Forcadell Martínez (2000, 2001)	Relación positiva entre la intensidad de I+D y el grado de diversificación para empresas españolas, medida tanto desde el punto de vista de la oferta como el de la demanda, a través de la evolución temporal de un índice continuo.

FUENTE: Elaboración propia.

to es que el capital tecnológico es un buen indicador del grado de eficiencia relativa alcanzado por la empresa a través del flujo de innovaciones generado por sus gastos acumulados.

Siguiendo a García et al. (1998), el capital tecnológico de la empresa i para un periodo t , K_{it} es

$$K_{it} = (1 - \delta)K_{it-1} + R_{it-1} \quad [1]$$

donde K_{it-1} es el capital tecnológico del año anterior, R_{it-1} los gastos en I+D en $t-1$, y δ la tasa de depreciación de capital de conocimiento. Esta expresión supone que el gasto actual en I+D se transforma en conocimiento útil con un retardo de un año.

Para obtener el capital tecnológico recursivamente de la expresión [1] es necesario afrontar dos cuestiones. La primera hace referencia a la necesidad de calcular el stock de capital tecnológico para el primer año de observación para cada empresa en el conjunto de datos. Si suponemos que ese año inicial es t , podemos partir de la relación

$$K_{it} = R_{it-1} + R_{it-2}(1-\delta) + R_{it-3}(1-\delta)^2 + \dots + R_{it-s}(1-\delta)^{s-1}$$

donde s es el número de años que la empresa ha realizado gastos en actividades de I+D. Suponiendo que los gastos en I+D fueron constantes (1) (R_i) en todos los años anteriores a t , se tiene

$$K_{it} = R_i [1 + (1-\delta) + (1-\delta)^2 + \dots + (1-\delta)^{s-1}]$$

Entonces, el stock de capital tecnológico inicial es

$$K_{it} = R_i \delta^{-1} [1 - (1 - \delta)^s] \quad [2]$$

Siguiendo a García et al. (1998), el capital tecnológico inicial puede estimarse con la expresión [2] considerando s como la edad de la empresa y estimando R_i como el gasto medio en I+D de la empresa en un determinado periodo de análisis.

El segundo problema surge de la estimación de la tasa de depreciación δ . Las características de los activos basados en conocimiento, y en particular en conocimiento tecnológico, hacen que extrapolar una tasa de depreciación para este tipo de activos basándose en modelos de depreciación del capital físico no recoja adecuadamente esta problemática. Ciertos autores sugieren que la depreciación en un

contexto de cambio tecnológico es un concepto económico, y no físico (Cooley *et al.*, 1997).

De acuerdo con Burgelman (1990), esta cuestión puede plantearse bajo la consideración del proceso de innovación tecnológica como un problema de «aprendizaje colectivo». El aprendizaje colectivo dentro de la empresa puede definirse en términos de dos procesos básicos, relacionados pero sutilmente distintos: un proceso de innovación a través del cual se produce una fertilización cruzada de diversas corrientes de conocimiento a lo largo del tiempo, y un proceso de selección intra-organizativa a través del cual la empresa, también a lo largo del tiempo, descarta conocimiento obsoleto para enfrentarse a condiciones del entorno cambiantes. La dinámica del proceso de innovación así descrita puede representarse de forma matemática como (2)

$$dO_i(t)/O_i(t) = a_i \exp(-b_i t) dt \quad [3]$$

donde $dO_i(t)$ es un incremento infinitesimal en $O_i(t)$, el output acumulado de la empresa i en el momento t ; el término $[dO_i(t)/O_i(t)]$ denota la tasa relativa de crecimiento del output en el momento t ; el parámetro a_i representa la efectividad con la que la empresa i está explotando su conocimiento acumulado para conseguir un incremento sistemático de su output a lo largo del tiempo; y lo que es más relevante para los propósitos de este artículo, el parámetro b_i es la tasa de selección intra-organizativa, y representa la tasa de depreciación del conocimiento tecnológico.

Bajo este enfoque, como se desprende de la expresión [2], la tasa de depreciación toma diferente valor para cada empresa, en función de distintos determinantes de su proceso de selección intra-organizativa, respondiendo así a cambios en las condiciones de su entorno. En definitiva, en este trabajo se estimará la tasa de depreciación δ de la expresión [1] a través del parámetro b_i de la expresión [3].

METODOLOGÍA

La hipótesis planteada en la segunda sección precedente se sometió a contraste en una muestra de empresas que operan en España, cuyo ámbito está basado en el de la «Encuesta sobre Innovación Tecnológica en las Empresas 1998» (INE, 1999), que a los efectos de este artículo se ha tomado como base para la determinación de las empresas que forman la población analizada: abarca a las empresas industriales con al menos una persona ocupada remunerada, cuya actividad económica principal (entendiendo como tal la que proporciona mayor cifra de negocio) se corresponde a las sec-

ciones C, D y E de la clasificación CNAE 93, incluyendo además a las empresas de servicios de telecomunicación (CNAE 64.2). La razón de limitarse exclusivamente a las empresas industriales, siguiendo al INE (1999, p. 21), responde al hecho de que las definiciones de innovación en otras ramas de actividad son imprecisas y no existe acuerdo ni experiencia internacional suficiente sobre las mismas. Se incluye, no obstante, el sector servicios de telecomunicación, dada su importancia y actividad innovadora.

La muestra se construyó a partir de la base de datos de la firma GRUPO INFOTEL, que proporciona información sobre empresas que operan en España con datos del Registro Mercantil. Para la elaboración de la muestra, se adquirió del Grupo Infotel un fichero con datos de empresas cuyo ámbito es el antes mencionado, que hubiesen realizado inversiones en I+D en alguno de los cinco años considerados para el análisis (1995-1999). Este fichero constaba de información relativa a la identificación de la empresa, edad de la misma, códigos CNAE en los que opera, cifra de ventas para el periodo 1990-1999, cifra de beneficios para ese periodo, y cifra de gastos en I+D para el periodo 1995-99.

Este fichero se complementó con otras bases de datos (SABI (3), INE, Oficina Europea de Patentes, COTEC) con objeto de recopilar información suficiente para construir las variables incluidas en el modelo y que se describirán a continuación. Si bien hubiera sido deseable realizar el estudio en un periodo de tiempo más reciente, centrarse en la década de los noventa garantiza integrar información de fuentes de datos muy dispares, como son las descritas.

El procedimiento para la extracción de la muestra fue el siguiente. En primer lugar, se consideró exclusivamente a las empresas que habían realizado gastos de I+D de forma no esporádica, seleccionando a las empresas que habían declarado gastos en I+D en al menos tres de los cinco años considerados para este dato. De este grupo de empresas, se seleccionó aleatoriamente un conjunto de ellas, lo que garantiza que el proceso de selección no está sesgado. El hecho de centrarse en empresas que realizasen I+D de forma no esporádica obedece a la necesidad de contar con información suficiente para la construcción del stock de capital tecnológico formulado en la tercera sección, si bien es posible que esto represente un sesgo en la selección muestral. El problema es que, de esas empresas, no todas suministraban datos suficientes para construir la totalidad de variables, por lo que la muestra final quedó restringida a 983 empresas (4), que son para las que existía información suficiente para construir las variables. La distribución de la muestra en cada uno de los sectores considerados se describe en el cuadro 2.

CUADRO 2
DISTRIBUCIÓN DE LA MUESTRA EN SECTORES DE ACTIVIDAD (CNAE 9)

Sector	Nº empresas	%
10 Extracción y aglomeración de antracita, hulla, lignito y turba	12	1,22
11 Extracción de crudos de petróleo y gas natural; actividades de los servicios relacionados	5	0,51
13 Extracción de minerales metálicos	5	0,51
14 Extracción de minerales no metálicos ni energéticos	18	1,83
15 Industria de productos alimenticios y bebidas	112	11,39
17 Industria textil	42	4,27
18 Industria de la confección y de la peletería	10	1,02
19 Preparación curtido y acabado del cuero; fabricación de artículos de marroquinería y viaje	11	1,12
20 Industria de la madera y del corcho, excepto muebles; cestería y espartería	14	1,42
21 Industria del papel	25	2,54
22 Edición, artes gráficas y reproducción de soportes grabados	32	3,26
23 Coqueñas, refinado de petróleo y tratamiento de combustibles nucleares	8	0,81
24 Industria química	108	10,99
25 Fabricación de productos de caucho y materias plásticas	57	5,80
26 Fabricación de otros productos minerales no metálicos	61	6,21
27 Metalurgia	35	3,56
28 Fabricación de productos metálicos, excepto maquinaria y equipo	65	6,61
29 Industria de la construcción de maquinaria y equipo mecánico	89	9,05
30 Fabricación de máquinas de oficina y equipos informáticos	9	0,92
31 Fabricación de maquinaria y material eléctrico	50	5,09
32 Fabricación de material electrónico; fabricación de equipo y aparatos de radio, televisión	31	3,15
33 Fabricación de equipo e instrumentos médico-quirúrgicos, de precisión, óptica y relojería	16	1,63
34 Fabricación de vehículos de motor, remolques y semirremolques	67	6,82
35 Fabricación de otro material de transporte	26	2,64
36 Fabricación de muebles; otras industrias manufactureras	31	3,15
37 Reciclaje	4	0,41
40 Producción y distribución de energía eléctrica, gas, vapor y agua caliente	15	1,53
41 Captación, depuración y distribución de agua	10	1,02
64 Correos y telecomunicaciones	15	1,53
TOTAL	983	100,00

FUENTE: Elaboración propia.

Modelo y variables

El modelo que se formula para el contraste de la hipótesis planteada es el siguiente

$$D_{ijk} = b_0 + b_1 STOCKRD_i + b_2 CRECVTA_i + b_3 CRECB^{\circ}E_i + \beta S + \varepsilon \quad [4]$$

donde D_{ijk} representa una medida de la diversificación de la empresa i , cuyo sector principal es el sector j , hacia el sector de destino k . La variable $STOCKRD_i$ representa el stock de capital tecnológico como se definió en la segunda sección; mientras que las variables $CRECVTA_i$ y $CRECB^{\circ}E_i$ representan las tasas de crecimiento de las ventas y del beneficio después de impuestos de la empresa i en el periodo considerado, y junto con el vector S (un vector de *dummies* sectoriales del sector principal) operan como variables de control; y el término ε representa el error aleatorio.

Alternativamente, y con objeto de contrastar la validez de la variable $STOCKRD_i$, se estimará el modelo de la ecuación (4) utilizando otra variable representativa del stock de intangibles tecnológicos de la empresa, la intensidad de I+D, utilizada en muchos de los trabajos consultados que hacen referencia a la relación entre los intangibles tecnológicos y la diversificación. Esta variable se representa como $INTRDEM_i$ y es medida como la *ratio* de los gastos de I+D medios sobre las ventas medias para cada empresa en el periodo considerado. La forma de construcción de las variables, junto con las fuentes de datos utilizadas, se describe en cuadro 3 (página siguiente).

Con respecto a la variable que representa la estrategia de diversificación, se considera que una empresa está diversificada si opera en más de un sector a nivel de dos dígitos en el código CNAE 93, bien por sí misma, o bien a través de otra empresa que sea controlada por ella. Asimismo, se considera que

CUADRO 3
DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES

Variable	Descripción	Valores	Fuentes
D1	Diversificación de la empresa <i>i</i> con sector de origen <i>j</i> hacia algún sector <i>k</i> (<i>j</i> ≠ <i>k</i>) en el año 2000	Dicotómica 0,1	Grupo Infotel SABI
D2	Número de sectores <i>k</i> de la empresa <i>i</i> con sector de origen <i>j</i> (<i>j</i> ≠ <i>k</i>) en el año 2000	Discreta (0, ∞)	Grupo Infotel SABI
STOCKRD _{<i>t</i>}	Stock de intangibles tecnológicos de la empresa <i>i</i> en el momento <i>t</i> como suma deflactada de gastos de I+D (período 1995-99)	Continua (mill. ptas.)	Grupo Infotel INE
INTRDEM _{<i>i</i>}	Intensidad de I+D (<i>ratio</i> gastos I+D/ventas) de la empresa <i>i</i> , como media de los años 1995-99	Continua (%)	Grupo Infotel
CRECVTA _{<i>i</i>}	Crecimiento de las ventas de la empresa <i>i</i> , período 1990-99	Continua (%)	Grupo Infotel SABI
CRECB°E _{<i>i</i>}	Crecimiento del b° después de impuestos de la empresa <i>i</i> , período 1990-99	Continua (%)	Grupo Infotel SABI

FUENTE: Elaboración propia.

una empresa controla a otra si la primera posee más del 50% de las acciones de la última. Esta variable, no obstante, tomará una forma distinta en función de cuál sea el aspecto de la diversificación que trata de representar. Así, la decisión de diversificar se representa a través de una variable dicotómica (*D1*) que toma valor uno si la empresa está presente en más de un código CNAE al nivel de dos dígitos, y cero en el caso contrario; mientras que el grado de la diversificación se representa con una variable discreta (*D2*) que recoge el número de códigos CNAE al nivel de dos dígitos distintos al de origen, en los que la empresa está presente. La variable *D1* tomó valor 1 en 487 de los 983 casos, y valor 0 en los 498 restantes, lo que representa que la presencia en un sector distinto al nivel de dos dígitos CNAE 93 se produjo en un 49,54% de las empresas de la muestra.

La variable *D2* representa el número de sectores hacia los que se diversifican las empresas de la muestra, y por tanto sólo tiene sentido calcularla para las empresas que declaran estar diversificadas; en otras palabras, la variable *D2* tomará valores sólo en el caso en que la variable *D1* (que, recordemos, representa si una empresa está diversificada o no) toma valor 1. Dado que la variable *D1* tomará valores iguales a uno en el 49,54% de los casos (487 de los 983 casos), esto implica que el número de casos en la variable *D2* es de 487. Por lo que respecta a la variable *D2*, recoge para cada empresa el número de sectores diferentes en los que opera, y oscila entre 1 y 14, con un valor medio de 1,38. Nótese que esta variable no captura ningún efecto que represente la «relación» entre los sectores de origen y destino de la diversificación, sino tan sólo la amplitud de la misma.

Por tanto, cabe la posibilidad que, dadas dos empresas que estén presentes en el mismo número de

sectores, pero que dirijan su diversificación hacia sectores con diferentes grados de relación con su sector de origen, sean tratadas como equivalentes, en el sentido de tener una diversificación con el mismo grado de amplitud, a los efectos de este análisis. En otras palabras, en este trabajo se considerará simplemente que una empresa está más diversificada que otra si la primera está presente en un mayor número de sectores que la segunda.

Con respecto a la variable *STOCKRD_t*, variable independiente en el análisis, se construyó utilizando las expresiones [1] y [2] antes indicadas, donde *R_t* se ha estimado como el gasto medio de la empresa *i* en I+D durante el período 1995-99, expresado en términos constantes a través del deflactor implícito de PIB, y la tasa de depreciación *?* se ha estimado a través del término *b_i* mediante una versión discreta de la ecuación [3]

$$O_i(t+1) = a_i \exp(-b_i t) O_i(t) + \varepsilon(t) \quad [5]$$

donde *O_i(*t*+1)* es el output de la empresa *i* en el período *t*+1; *O_i(*t*)* el output acumulado hasta el período *t*; *a_i* y *b_i* son como se han definido antes; y *ε(*t*)* es un término de error.

Los datos de output para cada empresa se obtuvieron de la base de datos del Grupo Infotel, complementada en algunos casos por la base de datos SABI, y se expresaron en términos constantes a través del deflactor implícito del PIB. Si bien la cobertura de ambas fuentes es mayor, en este análisis se limitó la búsqueda de datos a la década que abarca los años 1990-99, por los motivos expuestos con anterioridad. En estas circunstancias, la estimación de los parámetros *a_i* y *b_i* de la ecuación [5] no era posible, dada la escasa longitud (10 años) de la serie temporal. Por ello, la estimación de los parámetros *a* y *b* se realizó agregando los datos de las empresas al nivel de dos dígitos CNAE.

En consecuencia, los parámetros a y b no se han estimado para cada empresa, como sería deseable, sino que la estimación de los mismos se ha realizado al nivel del sector de dos dígitos CNAE. Esto supone una obvia limitación del análisis, que puede tener consecuencias sobre la fiabilidad de los parámetros así estimados, pero que tiene difícil solución dada la carencia de datos (5). Por otro lado, y teniendo en cuenta que los parámetros a y b , aunque específicos para cada empresa, tienen un componente sectorial (6), al realizar la estimación al nivel de sector, lo que se está estimando en realidad es el componente sectorial de cada uno de esos parámetros. La carencia de datos obligará a suponer en lo sucesivo que las diferencias entre empresas del mismo sector no son significativas en lo que respecta a los parámetros a y b , supuesto que no ha podido contrastarse con los datos manejados.

El procedimiento de estimación de los parámetros a y b se realizó de la siguiente forma: se calculó para cada empresa de la muestra las variables $O_j(t+1)$ y $O_j(t)$, con t variando desde 1990 a 1999. Esos datos se agregaron formando un *pool* de datos para cada sector, y se estimó la ecuación [5] en cada uno de esos *pool* sectoriales.

Sin embargo, el principal problema al estimar esta ecuación dinámica de crecimiento es diagnosticar y corregir problemas de autocorrelación (Johnston, 1984). En efecto, ciertos trabajos recientes concluyen que los procesos de crecimiento en contextos de cambio tecnológico presentan una autocorrelación significativa en las tasas de crecimiento (Bottazzi *et al.*, 2001). Por este motivo, se siguió la metodología estándar para la estimación de modelos no lineales con errores aditivos (*Two-stage Non-linear Least Squares*, mínimos cuadrados no lineales en dos pasos, 2SNLS), tal y como la han realizado diversos autores (Seber y Wild, 1989; Vekstein, 1998).

En el primer paso, se examinaron los errores $\varepsilon(t)$ para identificar su estructura, obteniéndose como resultado que en la mayoría de los casos los términos de error presentaban una fuerte dependencia lineal del tipo autorregresivo entre $\varepsilon(t)$ y $\varepsilon(t+1)$. En el segundo paso, la ecuación [5] se complementó con el término de error así especificado y se estimó de nuevo para cada uno de los *pool* sectoriales. Se examinaron los nuevos términos de error, comprobándose que la corrección propuesta era adecuada. Los resultados se muestran en el Cuadro 4 (página siguiente).

Con estas estimaciones, la media de la tasa a_j (donde j se sitúa a nivel de sector de dos dígitos CNAE 93) es de 1,0979, y de la tasa de depreciación b_j de 0,3033. Dados los problemas de la esti-

mación, es posible que la fiabilidad de estos parámetros no sea todo lo alta que sería deseable, fundamentalmente por problemas de representatividad de la muestra a nivel sectorial⁹. Si bien el error estándar del estimador de la proporción es inferior al 15 % en 22 de los 31 sectores, e inferior al 10 % en 16 de los 31 sectores, en otros sectores como el 11, el 13 y el 37 el error está en torno al 25 %. Esto hace que haya que tomar con cautela la interpretación de estos parámetros.

Se observa que tanto la tasa a_j (que puede interpretarse como el efecto expansivo del conocimiento tecnológico sobre el output de las empresas) como la tasa de obsolescencia o depreciación b_j (que representaría la pérdida de valor del conocimiento tecnológico) son mayores en aquellos sectores donde el dinamismo innovador es mayor, como por ejemplo en el sector de las telecomunicaciones (sector 64), el de refino de petróleo (sector 23), o equipos informáticos (sector 30), y más bajos en sectores con menor tradición innovadora como el de productos metálicos (sector 28) o muebles y otras manufacturas (sector 36). Otros resultados, sin embargo, son menos intuitivos, como el caso del sector de vehículos de motor (sector 34) o el de componentes electrónicos (sector 32), lo que arroja ciertas dudas sobre la fiabilidad de algunos coeficientes.

No obstante lo anterior, para los objetivos de este trabajo los parámetros estimados en la ecuación (5) son, en líneas generales, lo suficientemente fiables como para ser interpretados como indicadores aproximados de la dinámica del conocimiento tecnológico. Esta idea encuentra apoyo en el hecho de que el coeficiente b_j está correlacionado negativamente ($r = -0,33$, significativo al 10 %) con el nivel de beneficios medios del sector. Si se interpreta el nivel de beneficios de un sector como un indicador del grado de competencia del mismo (en el sentido de que el grado de competencia es mayor en los sectores con menores niveles de beneficio medio), esto significaría que la velocidad a la que las empresas de un sector descartan conocimiento tecnológico que consideran obsoleto o improductivo, es mayor en aquellos sectores en los que el grado de competencia es mayor, lo que parece consistente con los planteamientos antes formulados.

Con respecto a las variables de control, se incluyeron las variables $CRECVTA_i$ y $CRECB^{\circ}E_i$ para controlar la posibilidad de que la diversificación obedezca a estancamientos en las ventas o el beneficio que incentiven a las empresas a buscar nuevos sectores donde mejorar esas cifras, y las *dummies* sectoriales para controlar el efecto sector.

CUADRO 4
ESTIMACIÓN 2SNLS DE LA DINÁMICA DEL STOCK DE CONOCIMIENTO DE I+D (ECUACIÓN 5)
A NIVEL DE DOS DÍGITOS EN EL CÓDIGO GNAE 93

Sector	Tasa de innovación ^a (a _j)	Tasa de depreciación ^a (b _j)	Durbin-Watson	R ² asintótico	n
10	1.089809966 (0.069013451)	0.332777571 (0.015868641)	1.83	0.92825	78
11	1.105042407 (0.082343482)	0.360460521 (0.019062843)	1.71	0.93829	31
13	1.326953029 (0.269687104)	0.389997723 (0.056896592)	2.03	0.69190	27
14	1.320967146 (0.089641400)	0.318612113 (0.014576845)	1.82	0.84430	113
15	1.008979835 (0.030938130)	0.300315315 (0.007223157)	1.95	0.84651	728
17	0.962938777 (0.031936507)	0.247463611 (0.006627904)	1.91	0.93905	274
18	1.264417526 (0.086099549)	0.252730642 (0.014433382)	1.78	0.96902	68
19	0.944282740 (0.065124555)	0.261717502 (0.013907711)	1.69	0.79266	79
20	0.851947070 (0.044406568)	0.213582306 (0.010167214)	1.30	0.91435	97
21	0.965558150 (0.033263055)	0.257812906 (0.007147170)	1.90	0.92877	173
22	0.833162589 (0.061106273)	0.225526555 (0.014330430)	1.74	0.76653	217
23	1.404916105 (0.069875460)	0.284940271 (0.009718492)	1.89	0.98402	53
24	1.120815365 (0.018442431)	0.280863831 (0.003396816)	1.93	0.97044	728
25	1.257076731 (0.037434111)	0.413430500 (0.008604309)	2.09	0.94785	366
26	1.196163369 (0.053606084)	0.393111787 (0.013058663)	2.03	0.78929	407
27	1.255969407 (0.072364665)	0.304772071 (0.012677708)	1.98	0.89921	219
28	0.619128442 (0.027030657)	0.167371602 (0.008340619)	2.06	0.89394	434
29	0.964435009 (0.023809785)	0.272027872 (0.005303372)	1.90	0.92887	599
30	1.483020086 (0.114798568)	0.514303633 (0.025266972)	1.98	0.89159	56
31	0.808337311 (0.041015937)	0.200866725 (0.009758977)	2.05	0.88441	335
32	0.788330322 (0.046631795)	0.249692434 (0.012342687)	1.86	0.80174	209
33	0.806923079 (0.059169871)	0.217132185 (0.013783618)	1.78	0.88671	104
34	0.557980642 (0.041352763)	0.161863474 (0.014340012)	2.10	0.77301	450
35	1.008703658 (0.065297022)	0.295483223 (0.014413848)	1.89	0.86759	173
36	0.785671639 (0.035436014)	0.222145729 (0.008957604)	1.86	0.90648	203
37	1.468322916 (0.270452715)	0.306918271 (0.036316166)	2.24	0.68759	22
40	1.299160160 (0.084856275)	0.333446630 (0.014519131)	1.94	0.92497	102
41	1.213143703 (0.116592936)	0.292591550 (0.019795311)	2.11	0.85096	69
64	2.127688267 (0.152057902)	0.725917881 (0.045418786)	2.02	0.96905	60

Notas: Errores estándar asintóticos entre paréntesis.

^a Todos los coeficientes son significativos para $\alpha= 0.05$

FUENTE: Elaboración propia.

RESULTADOS

En el cuadro 5 se presentan las estimaciones de los modelos de la ecuación [4]. Los modelos cuya variable dependiente es D1 (dicotómica) se estimaron mediante la regresión logística utilizando 983 casos, mientras que los modelos con D2 (variable de recuento discreta con valores positivos) como variable dependiente se estimaron a través de una regresión de Poisson (8) utilizando 487 casos.

Del cuadro 5 se desprende que la elección de la variable representativa del stock de capital tecnológico condiciona los resultados de la relación con la diversificación. La variable *INTRDEM_i* no tiene una influencia significativa (incluso con signo contrario al esperado) ni sobre la probabilidad de que una empresa esté presente en más de un sector al nivel de dos dígitos, ni sobre el número de sectores al nivel de dos dígitos en los que la empresa opera

(modelos 1 y 3 respectivamente). En cambio, la variable *STOCKRD_i*, que representa el enfoque de construcción del capital tecnológico defendido en este artículo, es altamente significativa a la hora de explicar la intensidad de la diversificación (modelo 4) y tiene una significatividad cercana al 10% al explicar la probabilidad de diversificación (modelo 2). Además, los modelos que contienen a la variable *STOCKRD_i* presentan un mejor nivel de ajuste. Una posible interpretación de estos resultados es que la variable *STOCKRD_i* captura efectos no recogidos por otras variables, como por ejemplo la intensidad de I+D, que representan al stock de capital tecnológico con un menor nivel de detalle.

Otros resultados relevantes son la ausencia de significatividad en todos los modelos de las variables *CRECVTA_i* y *CRECB°E_i*, representativas del crecimiento en las ventas y en el beneficio después de impuestos, respectivamente. Esto indica que en la

CUADRO 5
ESTIMACIÓN DE LOS MODELOS ECUACIÓN 4

Variables	Regresión LOGIT (Vble. Dep. D1) N=983				Regresión Poisson (Vble. Dep. D2) N=487			
	Modelo 1		Modelo 2		Modelo 3		Modelo 4	
	Coef.	Sig.	Coef.	Sig.	Coef.	Sig.	Coef.	Sig.
INTRDEM _i	-.117 (.179)	.516			-.01157 (.139)	.934		
STOCKRD _i			.0004 (.0001)	.109			.04279 (.0002)	.000
CRECVTA _i	.003 (.008)	.672	.003 (.008)	.688	.0078 (.006)	.204	.00777 (.006)	.197
CRECB°E _i	.0002 (.001)	.839	.0003 (.001)	.759	-.00016 (.001)	.830	-.00036 (.001)	.630
S11	-.248 (1.448)	.864	1.211 (1.048)	.248	1.081 (1.226)	.378	.234 (.744)	.753
S13	1.435 (1.105)	.194	1.442 (1.098)	.189	.411 (.763)	.590	.380 (.734)	.605
S14	.320 (.472)	.498	.234 (.471)	.620	1.441 (.396)	.000	1.424 (.387)	.000
S15	.028 (.220)	.899	-.077 (.215)	.722	1.284 (.159)	.000	1.277 (.155)	.000
S17	.584 (.330)	.077	.476 (.327)	.146	1.000	.000	.996 (.253)	.000
S18	-.731 (.673)	.277	-.843 (.672)	.210	1.800 (.530)	.001	1.798 (.519)	.001
S19	.673 (.617)	.276	.561 (.616)	.363	.999 (.506)	.048	.998 (.495)	.044
S20	-.813 (.582)	.163	-.927 (.581)	.111	1.791 (.449)	.000	1.795 (.440)	.000
S21	.344 (.407)	.399	.234 (.405)	.564	1.119 (.335)	.001	1.116 (.328)	.001
S22	.195 (.359)	.586	.184 (.359)	.608	1.408 (.299)	.000	1.333 (.291)	.000
S23	-.978 (.789)	.215	-.792 (.811)	.329	5.124 (.593)	.000	4.453 (.590)	.000
S24	.318 (.222)	.151	.245 (.217)	.260	1.110 (.162)	.000	1.076 (.158)	.000
S25	.862 (.301)	.004	.757 (.299)	.011	.653 (.223)	.004	.653 (.218)	.003
S26	.196 (.275)	.477	.091 (.272)	.738	1.274 (.215)	.000	1.269 (.210)	.000
S27	-.550 (.364)	.130	-.646 (.361)	.074	1.880 (.284)	.000	1.865 (.278)	.000

.../...

CUADRO 5 (Continuación)
ESTIMACIÓN DE LOS MODELOS (ECUACIÓN 4)

Variables	Regresión LOGIT (Vble. Dep. D1) N=983				Regresión Poisson (Vble. Dep. D2) N=487			
	Modelo 1		Modelo 2		Modelo 3		Modelo 4	
	Coef.	Sig.	Coef.	Sig.	Coef.	Sig.	Coef.	Sig.
S28	-.059 (.269)	.827	-.163 (.266)	.539	1.522 (.208)	.000	1.517 (.204)	.000
S29	.115 (.236)	.625	.027 (.233)	.907	1.522 (.178)	.000	1.504 (.174)	.000
S30	-1.143 (.774)	.140	-1.196 (.774)	.122	2.444 (.559)	.000	2.395 (.547)	.000
S31	.095 (.298)	.749	.000 (.295)	1.000	1.359 (.237)	.000	1.345 (.232)	.000
S32	-.510 (.379)	.178	-.580 (.378)	.125	1.644 (.302)	.000	1.613 (.295)	.000
S33	.609 (.512)	.234	.519 (.511)	.310	.938 (.419)	.026	.923 (.411)	.025
S34	-.288 (.269)	.285	-.352 (.267)	.187	1.339 (.207)	.000	1.283 (.203)	.000
S35	.246 (.397)	.534	.295 (.404)	.465	1.346 (.329)	.000	1.177 (.323)	.000
S36	.293 (.369)	.427	.188 (.366)	.608	1.258 (.301)	.000	1.252 (.295)	.000
S37	-.941 (1.100)	.393	-1.053 (1.101)	.339	1.740 (.838)	.038	1.737 (.821)	.035
S40	-.031 (.513)	.952	-.055 (.511)	.915	2.399 (.433)	.000	2.313 (.424)	.000
S41	-.731 (.673)	.277	-.838 (.671)	.212	1.899 (.530)	.000	1.893 (.519)	.000
S64	.805 (.550)	.143	1.039 (.596)	.081	1.429 (.440)	.001	.723 (.444)	.103
-2 log-likelihood	1322.199		1316.664					
R ² Cox-Snell	.040		.046					
R ² Nagelkerke	.054		.061					
Prueba de Hosmer-Lemeshow	1.229	.996	.636	1.000				
R ²					.415		.439	

Notas: Errores estándar entre paréntesis.

No se incluye constante en los modelos para facilitar la interpretabilidad de los coeficientes de las *dummies* sectoriales.

FUENTE: Elaboración propia.

decisión de diversificación tienen mayor importancia para la empresa aspectos como la necesidad de explotar ciertos activos intangibles como los tecnológicos, frente a otras motivaciones como buscar la diversificación para mejorar las ventas o el beneficio.

Por lo que respecta al efecto del sector principal de la empresa, es de destacar la ausencia de significatividad de la pertenencia a un determinado sector de origen como factor explicativo de la probabilidad de diversificación, con excepción de los sectores 25 (Fabricación de productos de caucho y materias plásticas), 27 (Metalurgia) y 64 (Correos y telecomunicaciones). En otras palabras, en general la decisión de diversificar no está condicionada por la pertenencia a un determinado sector industrial.

Paradójicamente, el efecto del sector es altamente significativo a la hora de explicar el número de sec-

tores en los que las empresas se diversifican, esta vez con excepción de los sectores 11 (Extracción de crudos de petróleo y gas natural; actividades de los servicios relacionados) y 13 (Extracción de minerales metálicos). Esto significa que la intensidad o grado de la diversificación está muy relacionada, en general, con la pertenencia a un determinado sector de origen.

CONCLUSIONES

En este artículo se ha estimado la influencia de la acumulación de un stock de capital tecnológico sobre la decisión y la intensidad de la diversificación al nivel de la empresa, utilizando una muestra de 983 empresas industriales que operaban en España en el periodo 1990-2000. Se ha estimado el capital tecnológico siguiendo la metodología habitual (9)

para la estimación del capital físico, conocida como «inventario permanente», mejorando la estimación a través de una especificación más detallada de la tasa de depreciación de las inversiones en I+D (10), y se ha comparado con otra variable con menor nivel de desarrollo como es la intensidad de I+D (*ratio* gastos de I+D sobre ventas), con objeto de analizar la sensibilidad de la influencia de los activos intangibles tecnológicos sobre la diversificación frente a cambios en la forma de estimar esos activos.

Los resultados muestran que un mayor grado de acumulación de activos intangibles tecnológicos, medido a través del método de inventario permanente, conduce a un mayor grado de diversificación, con todo lo demás constante. Esta relación, sin embargo, se vuelve no significativa si el stock de intangibles tecnológicos se mide a través de variables con un menor nivel de detalle, como la intensidad de I+D. Una posible interpretación de estos resultados es que, pese a las limitaciones en su construcción, la variable de capital tecnológico medida a través del método de inventario permanente captura efectos no recogidos por otra variable (la intensidad de I+D), utilizada tradicionalmente como indicador de la acumulación de activos intangibles tecnológicos. Esta alternativa de medición puede ser de utilidad a los directivos de las empresas para posicionar a las mismas de forma más fiable en lo que respecta a la valoración de activos de difícil medición, como son las capacidades tecnológicas.

Finalmente, los resultados de este trabajo parecen contribuir a demostrar que las empresas tienden a buscar nuevos mercados dando prioridad a aspectos como el explotar sus capacidades tecnológicas, frente a motivaciones como la ralentización de las tasas de crecimiento de las ventas o del beneficio. Este hecho puede orientar a la hora de tomar una decisión de diversificación, restringiendo el espectro de alternativas viables a aquéllas donde existan potenciales sinergias, contribuyendo así a la coherencia de los nuevos negocios respecto a los existentes.

(*) Los autores manifiestan su agradecimiento a los profesores del GIPTIC José Ignacio López Sánchez, Beatriz Minguela y Francesco Sandulli por su inestimable colaboración en el desarrollo de este artículo, así como a un evaluador anónimo por sus valiosos comentarios. No obstante, cualquier error o inexactitud es atribuible exclusivamente a los autores.

NOTAS

- [1] Pese a que este supuesto parece muy restrictivo, lo cierto es que no lo es tanto, si se tiene en cuenta que las inversiones más antiguas han podido perder influencia debido a la

depreciación. Por tanto, estimar el flujo de gastos a través de la media no supone una restricción muy relevante (García et al., 1998).

- [2] Una discusión acerca del desarrollo y la forma funcional de esta expresión se encuentra en el Anexo a este trabajo, si bien para una información más detallada se remite al lector al artículo de Vekstein (1998).
- [3] Sistema de Análisis de Balances Ibéricos, base de datos distribuida por *Bureau van Dijk Electronic Publishing* que contiene información contable obtenida a partir de las cuentas anuales de más de 900.000 empresas españolas y portuguesas. Disponible en la web de la biblioteca de la Universidad Complutense de Madrid (www.ucm.es).
- [4] Lo que representa un error estándar del 1,6 % para el estimador de la proporción, supuesto $p=q$, y respecto al total de empresas que según el INE operaban en España en 1999 en el ámbito antes mencionado (Directorio Central de Empresas 2000, Instituto Nacional de Estadística datos disponibles en la dirección www.ine.es; en lo sucesivo, cuando se hagan referencia a datos obtenidos del INE, se estará haciendo referencia a esta dirección). Basándonos en el caso más habitual de considerar representativa a una muestra aleatoria con error estándar inferior al 5%, este dato indica que la muestra puede considerarse representativa de la población de empresas españolas que realizan I+D.
- [5] Una posibilidad sería reducir el tamaño de la muestra de empresas con objeto de encontrar series de datos más largas, pero esto podría perjudicar el nivel de representatividad de la muestra.
- [6] Ver anexo.
- [7] De forma habitual se considera que para que una muestra represente adecuadamente a una población, debería presentar errores estándar no superiores al 5%. Esto implica que algunos sectores industriales no están muy bien representados en este trabajo, pero la carencia de datos no hace posible solucionar este problema.
- [8] Dado que en esta variable se han truncado los valores iguales a cero, se ha realizado la modificación de la verosimilitud propuesta por Greene (1998, pp. 805-806).
- [9] Esta metodología se describe para el caso del capital físico en OCDE (1992), y para el caso del capital tecnológico en García et al. (1998).
- [10] Basada en el trabajo de Vekstein (1998).

BIBLIOGRAFÍA

- AMIT, R.; P.J.H. SCHOEMAKER (1993): «Strategic assets and organizational rent», *Strategic Management Journal*, vol. 14, pp. 33-46.
- ARROW, K.J. (1962): «Economic welfare and the allocation of resources for invention», en Nelson, R.R. (ed.), *The Rate and Direction of Inventive Activity*, Princeton University Press, Princeton.
- AW, B.-Y.; G. BATRA (1998): «Firm size and the pattern of diversification», *International Journal of Industrial Organization*, vol. 16, nº 3, pp. 313-331.
- BAYSINGER, B.; R.E. HOSKISSON (1989): «Diversification strategy and R&D intensity in multiproduct firms», *Academy of Management Journal*, vol. 32, nº 2, pp. 310-332.
- BOTTAZZI, G.; G. DOSI; M. LIPPI; F. PAMMOLLI; F. RICCABONI (2001): «Innovation and corporate growth in the evolution of the drug industry», *International Journal of Industrial Organization*, vol. 19, nº 7, pp. 1161-1187.

- BRADLEY, F.; S. O'REAGÁIN (1998): «Concentración y diversificación entre Pymes con éxito en los mercados internacionales», *ICE Marketing Internacional*, nº 774, noviembre, pp. 53-63.
- BURGELMAN, R.A. (1990): «Strategy-making and organizational ecology: A conceptual integration», en Singh, J.V. (1990) (ed.), *Organizational Revolution*, Sage, Newbury Park [pp. 164-181].
- CANTWELL, J.; A. BACHMANN (1998): «Changing patterns of technological leadership: Evidence from the pharmaceutical industry», *International Journal of Innovation Management*, vol. 2, nº 1, pp. 45-77.
- CASSIMAN, B. (2005): «El Impacto de las Fusiones y Adquisiciones en la Innovación», *Universia Business Review*, nº 5, pp. 56-69.
- CHAMBERS, D.J.; R. JENNINGS; R. B. THOMPSON (1998): «Evidence on the usefulness of capitalizing and amortizing Research and Development costs», SSRN Working paper.
- CHATTERJEE, S.; B. WERNERFELT (1991): «The link between resources and type of diversification: Theory and evidence», *Strategic Management Journal*, vol. 12, pp. 33-48.
- COMANOR, W.S. (1965): «Research and technical change in the pharmaceutical industry», *Review of Economics and Statistics*, vol. 47, pp. 182-191.
- COOLEY, T.F.; J. GREENWOOD; M. YORUKOGLU (1997): «The replacement problem», *Journal of Monetary Economics*, vol. 40, nº 3, pp. 457-499.
- DIERICKX, I.; K. COOL (1989): «Asset stock accumulation and sustainability of competitive advantage», *Management Science*, vol. 35, nº 12, pp. 1504-1511.
- DOSI, G. (1982): «Technological paradigms and technological trajectories», *Research Policy*, vol. 11, pp. 147-162.
- DUSSAUGE, P.; B. RAMANANTSOA; S. HART (1992), *Strategic Technology Management*, John Wiley and sons, Nueva York.
- FORCADELL MARTÍNEZ, F.J. (2000): «Diversificación e intangibles tecnológicos a partir del Enfoque Basado en los Recursos. Una aplicación a las empresas industriales españolas», X Congreso Nacional de ACEDE, Oviedo.
- FORCADELL MARTÍNEZ, F.J. (2001): «Hacia un análisis dinámico basado en los Recursos de la interacción entre intangibles tecnológicos, estrategia de diversificación y resultados. Una aplicación a las empresas industriales españolas», XI Congreso Nacional de ACEDE, Zaragoza.
- GARCÍA, A.; J. JAUMANDREU; C. RODRÍGUEZ (1998): «Innovation and jobs at the firm level», Programa de Investigaciones Económicas, Fundación Empresa Pública, Documento de trabajo nº 9810.
- GIGET, M. (1984): «Les bonzais de l'industrie japonaise», Ministerio de Industria e Investigación de Francia, CPE, publ. nº 40, julio, París.
- GRANT, R.M. (1977): «Determinants of the inter-industry pattern of diversification by U.K. manufacturing companies», *Bulletin of Economic Research*, vol. 29, pp. 84-95.
- GRANT, R.M.; A.P. JAMMINE (1988): «Performance differences between the Wrigley/Rumelt strategic categories», *Strategic Management Journal*, vol. 9, pp. 333-346.
- GREENE, W.H. (1998), *Análisis Económico*, 3ª edición, Prentice Hall, Madrid.
- GRILICHES, Z. (1979): «Issues in assessing the contribution of R&D to productivity growth», *Bell Journal of Economics*, vol. 10, pp. 92-116.
- INE (1999), *Encuesta sobre Innovación Tecnológica en las Empresas 1998*, Instituto Nacional de Estadística, Madrid.
- HAMEL, G. (1991): «Competition for competence and inter-partner learning within international strategic alliances», *Strategic Management Journal*, vol. 12, pp. 83-103.
- JAFFE, A.B. (1986): «Technological opportunity and spillovers of R&D: Evidence from firm's patents, profits, and market value», *American Economic Review*, vol. 76, nº 5, pp. 984-1001.
- JOHNSTON, J. (1984), *Econometric Methods*, McGraw-Hill, Singapur.
- LEMELIN, A. (1982): «Relatedness in patterns of inter-industry diversification», *Review of Economics and Statistics*, vol. 64, nº 4, pp. 646-657.
- LÓPEZ-SÁNCHEZ, J. I. (2004). «¿Pueden las tecnologías de la información mejorar la productividad?», *Universia Business Review*, nº 1, primer trimestre, pp. 82-95.
- MACDONALD, J.M. (1985): «R&D and the directions of diversification», *Review of Economics and Statistics*, vol. 47, nº 4, pp. 583-590.
- MANG, P.Y. (1998): «Exploiting innovations options: An empirical analysis of R&D-intensive firms», *Journal of Economics Behavior and Organization*, vol. 35, nº 2, pp. 229-242.
- MINTZBERG, H.; A. MCHUGH (1985): «Strategy formation in an adhocracy», *Administrative Science Quarterly*, vol. 30, nº 2, pp. 160-197.
- MERINO, F.; D.R. RODRÍGUEZ (1997): «A consistent analysis of diversification decisions with non-observable firm effects», *Strategic Management Journal*, vol. 18, pp. 733-743.
- MORINA, R. (1999): «Accounting for knowledge assets: Do we need a new financial statement?», *International Journal of Technology Management*, vol. 18, pp. 648-659.
- NELSON, R.R. (1959): «The simple economics of basic scientific research», *Journal of Political Economy*, vol. 67, nº 3, pp. 297-306.
- NELSON, R.R.; S.G. WINTER (1982), *An Evolutionary Theory of Economic Change*, Harvard University Press, Cambridge.
- O.C.D.E. (1992), *Methods Used by OECD Countries to Measure Stocks of Fixed Capital*, Division of Economics Statistics and National Accounts, Statistics Directorate, diciembre, París.
- PITSCHER, B.L.; R.L. HAMBLIN (1982): «Collective learning in ongoing political conflicts», *International Political Science Review*, vol. 3, pp. 71-90.
- SILVERMAN, B.S. (1999): «Technological resources and the direction of corporate diversification: Toward an integration of the Resource-based View and Transaction Costs Economics», *Management Science*, vol. 45, nº 8, pp. 1109-1124.
- SEBER, G.A.F.; C.J. WILD (1989), *Nonlinear Regression*, John Wiley, Nueva York.
- SCHUMPETER, J.A. (1950), *Capitalism, Socialism and Democracy*, Harper, Nueva York.
- TEECE, D.J. (1980): «Economies of scope and the scope of the enterprise», *Journal of Economic Behavior and Organization*, vol. 1, pp. 223-247.
- TEECE, D.J.; R. RUMELT; G. DOSI; S. WINTER (1994): «Understanding corporate coherence. Theory and evidence», *Journal of Economic Behavior and Organization*, vol. 23, nº 1, pp. 1-30.
- VEKSTEIN, D. (1998): «Managing knowledge and corporate performance: An empirical analysis of the world automobile industry», *Omega*, vol. 26, nº 5, pp. 551-568.
- WINTER, S. (1990): «Knowledge and competence as strategic assets», en Teece, D.J. (ed.), *The Competitive Challenge: Strategies for Industrial Innovations and Self-Renewal*, Ballinger Publishing, Cambridge [pp. 159-184].

ANEXO
ESTIMACIÓN DE LA TASA DE DEPRECIACIÓN DEL CONOCIMIENTO TECNOLÓGICO (ECUACIÓN 3)

La dinámica del proceso de innovación puede representarse de una forma matemática simple como (Vekstein, 1998, p. 553):

$$dK_i(t) = \omega_i I_i(t), \quad \omega_i > 0 \quad (A1)$$

$$I_i(t) = k_i K_i(t), \quad k_i > 0 \quad (A2)$$

donde $dK_i(t)$ es el grado de producción de conocimiento en un intervalo infinitesimal de tiempo dt ; ω_i es un parámetro para la cantidad media de nuevo conocimiento producido por cada innovación generada en la empresa i ; $I_i(t)$ es la tasa de innovación (el número de «nuevas combinaciones de conocimiento» por unidad de tiempo); y k_i es un parámetro para la tasa típica de fertilización cruzada del conocimiento acumulado, $K_i(t)$, en la empresa desde un período de tiempo dado hasta el momento t . De acuerdo con estas ecuaciones, y como se ha supuesto a lo largo de este trabajo, el conocimiento tiene una naturaleza dual: el conocimiento no es sólo un resultado del proceso de innovación, sino también un input de ese proceso.

Sin embargo, las ecuaciones (A1) y (A2) tal y como están expresadas implican una trayectoria exponencial en la acumulación de conocimiento a lo largo del tiempo. Si este fuera el caso, el conocimiento generado por cada innovación podría ser totalmente aprovechado por el aprendizaje colectivo, contribuyendo así siempre a generar innovaciones y a la consiguiente producción de nuevo conocimiento. Esto podría ocasionar que la organización pierda la orientación de sus competencias esenciales (Mintzberg y McHugh, 1985). En este sentido, algunos estudios muestran evidencia de que existe cierta coherencia en la forma en la que se diversifican las empresas, entendida como el grado en el que las empresas son coherentes en la relación existente entre sus negocios, y de que esta coherencia es relativamente estable a lo largo del tiempo (Teece et al., 1994). Por tanto, este proceso debe estar sujeto a algún tipo de control estratégico dentro de las organizaciones, lo que sugiere que la ecuación (A2) está incompleta: esta ecuación debería reflejar la operativa de un proceso que sirve como un mecanismo de reducción de la variación en las organizaciones en general, y de la amplitud del conocimiento tecnológico en particular (Vekstein, 1998).

Este proceso consiste en el abandono discrecional de conocimiento acumulado que está obsoleto, o es inconsistente con las percepciones actuales de las necesidades estratégicas, de cara a condiciones del entorno cambiantes (Dierickx y Cool, 1989; Winter, 1990; Amit y Schoemaker, 1993). A través del abandono de conocimiento obsoleto mediante el proceso de selección intra-organizativa, una organización puede reenfocar sus formas de hacer las cosas y en último caso realinear sus patrones de recursos y capacidades con el cambio en las bases de la ventaja competitiva al nivel de la industria (Burgelman, 1990; Amit y Schoemaker, 1993). El grado de concentración, en este sentido, implica la selección de un cierto número de proyectos más prometedores para desarrollarlos con más intensidad (Bradley y O'Reagáin, 1998).

Una forma de incorporar estas observaciones en la ecuación (A2) sería, siguiendo a Vekstein (1998, p. 555), suponer que la tasa de innovación de la empresa i podría estar retardada en proporción inversa a los incrementos en $\delta_i(t)$, la tasa de implementación de cambios que engloba la desinversión en conocimiento de la empresa, de la siguiente forma:

$$I_i(t) = k_i K_i(t) / \delta_i(t) \quad (A3)$$

El problema ahora es especificar la forma del proceso dinámico de desinversión en conocimiento en la empresa, esto es, $\delta_i(t)$. Puede asumirse que el proceso de innovación-competencia, es decir, la forma en la que rivales potenciales o reales de la industria adquieren, generan y usan recursos y capacidades para desarrollar nuevas y mejores formas de hacer las cosas (Schumpeter, 1950; Nelson y Winter, 1982; Hamel, 1991), representa la principal fuente de presiones externas en la empresa. Esta presión externa eventualmente puede convertir en obsoleto algunos elementos de conocimiento acumulado en la empresa i . Por tanto, de acuerdo con Vekstein (1998), debería existir una relación intermedia de aprendizaje tecnológico entre $\delta_i(t)$, la tasa de desinversión de conocimiento de la empresa i , y la tasa de innovación $I_i(t)$, al nivel del entorno en el que opera la empresa i . Según este autor (p. 555), la relación sugerida puede modelizarse como

$$\delta_i(t) = \Phi_i I_i(t)^{\rho_i}, \text{ con } \Phi_i > 0, \rho_i > 0 \quad (A4)$$

donde el parámetro ρ_i captura la tasa típica a la que la empresa i descarta conocimiento obsoleto junto a la tasa de innovación $I_i(t)$. Hamblin *et al.* (1973) proporcionan una amplia evidencia que soporta que las tendencias a largo plazo en el fenómeno de la innovación al nivel macro de análisis son aproximadas adecuadamente por la ecuación exponencial:

$$I_i(t) = \theta \exp(qt), \text{ con } \theta > 0, q > 0 \quad (A5)$$

.../...

donde q es el parámetro de la tasa de cambio característica en $l(t)$. Este modelo asume que, en el contexto de la innovación, la codificación del conocimiento dependerá del desarrollo del *paradigma tecnológico* (Dosi, 1982) presente en la comunidad científica general, que representa el patrón de resolución de problemas concretos en un campo científico particular (Mang, 1998). Si bien las condiciones cambiantes del entorno representadas por $l(t)$ frecuentemente cambian las bases de la competencia para muchas, si no todas, las empresas en esa industria, las empresas individuales responden de forma diferente a esos cambios de acuerdo a la ecuación (A3), pero cada empresa lo hace a una tasa de selección intra-organizativa específica dada por el parámetro p_i . Así, sustituyendo la ecuación (A5) en la ecuación (A4) obtenemos:

$$\delta_i(t) = \eta_i \exp(b_i t), \text{ con } \eta_i > 0, b_i > 0 \quad (\text{A6})$$

donde $b_i = p_i q$ es un parámetro que representa la tasa de selección y nos dice a qué velocidad descarta la empresa i conocimiento a lo largo del tiempo, dada una tasa a nivel macro de cambio q . Entonces, sustituyendo la ecuación (A6) en la ecuación (A3):

$$l_i(t) = (k_i / \eta_i) K_i(t) \exp(-b_i t) \quad (\text{A7})$$

Finalmente, la especificación del proceso de acumulación de conocimiento subyacente en la empresa i puede obtenerse sustituyendo la ecuación (A7) en la ecuación (A1), resultando:

$$dK_i(t) = \gamma_i K_i(t) \exp(-b_i t) dt \quad (\text{A8})$$

donde $\gamma_i = [\omega_i k_i / \eta_i]$ y b_i son las expresiones que se han definido antes. Nótese que, dado que $b_i = p_i q$, la variación en el parámetro b_i entre empresas en una industria dada se supone que se deriva exclusivamente de la variación en el parámetro p_i (de la ecuación [A4]), que es específico de la empresa. En contraste, el parámetro q es común para todas las empresas ya que q describe la tasa característica de $l(t)$ en la industria específica. La magnitud del término exponencial $[\exp(-b_i t)]$ es un valor positivo que decrece con el tiempo dado $b_i > 0$. Esto es, el efecto acumulativo directo del proceso de selección intra-organizativo retarda cada vez más la tasa de producción de conocimiento (y de innovación) de la empresa i a lo largo del tiempo (Vekstein, 1998, p. 555).

La ecuación (A8) puede servir para modelizar el proceso de innovación tecnológica dentro de una empresa. Siguiendo a diversos autores (Comanor, 1965; Griliches, 1979; Pitscher y Hamblin, 1982), puede suponerse razonablemente que los cambios relativos en la producción de las empresas están relacionados positivamente con cambios relativos en los stocks de conocimiento acumulado de la empresa (o experiencia acumulada), y que esta relación puede ser expresada en forma de ecuación diferencial (Vekstein, 1998, p. 556):

$$dO_i(t) / O_i(t) = \alpha_i dK_i(t) / K_i(t), \text{ con } \alpha_i > 0 \quad (\text{A9})$$

donde $dO_i(t)$ es un incremento infinitesimal en $O_i(t)$, el output acumulado de la empresa i hasta el momento t ; el término $[dO_i(t) / O_i(t)]$ denota la tasa relativa de crecimiento del output en el momento t y, por tanto, este término define la dinámica de crecimiento del output de la empresa i ; $dK_i(t)$ y $K_i(t)$ son como se definieron anteriormente, y el término $[dK_i(t) / K_i(t)]$ denota la tasa relativa de acumulación del conocimiento en la empresa i en el momento t . El parámetro α_i es otra tasa de aprendizaje colectivo: captura el incremento porcentual del output acumulado para un incremento del 1% en el conocimiento acumulado, y por tanto este parámetro nos indica la efectividad con la que la empresa i está explotando su conocimiento acumulado para conseguir un crecimiento sistemático de su output a lo largo del tiempo.

Sustituyendo la ecuación (A8) en la ecuación (A9) obtenemos:

$$dO_i(t) / O_i(t) = \alpha_i \exp(-b_i t) dt \quad (\text{A10})$$

donde el parámetro $\alpha_i = \alpha_i \gamma_i$ es la tasa integrada de innovación de la empresa i y el parámetro b_i es la tasa de selección intra-organizativa, como se definió antes.

Esta ecuación (A10) se corresponde con la ecuación (3) manejada en el artículo.