¿CÓMO AFECTAN LAS CARACTERÍSTICAS DE LA INDUSTRIA A LA RELACIÓN ENTRE LA CAPACIDAD DE I+D Y LA ADOPCIÓN DE INNOVACIÓN ABIERTA DE ENTRADA?

MARTA FOSSAS OLALLA
FRANCESCO D. SANDULLI
JOSÉ FERNÁNDEZ MENÉNDEZ
ANTONIO RODRÍGUEZ DUARTE

Universidad Complutense de Madrid

La ventaja competitiva en innovación está basada tanto en los recursos internos de una organización como en su capacidad para detectar conocimiento externo valioso e integrarlo en sus propios procesos de innovación (Cohen y Levinthal, 1990). La creciente utilización de fuentes externas de innovación se justifica por la complejidad e interdisciplinariedad de los procesos

de I+D, la alta incertidumbre asociada a los resultados en I+D, el incremento de los costes de los proyectos de innovación, la reducción del ciclo de vida de los productos y la renovación continua de los productos (Hagedoom, 2002; Rigby y Zook, 2002). Las empresas basan sus procesos de I+D en las fuentes externas de conocimiento para desarrollar innovaciones (Calantone y Stanko, 2007).

El objetivo principal de este trabajo consiste en analizar cómo el papel de la capacidad que las empresas tienen para buscar, adquirir, asimilar, transformar y explotar conocimiento externo en el desarrollo de estrategias de innovación abierta depende de las características del entorno competitivo en el que operan.

Desde hace algunas décadas, existe una corriente de literatura iniciada a partir de los trabajos de Nelson y Winter (1982) y Winter (1984) que se sustenta en la teoría de la economía evolutiva y que sostiene que no puede analizarse la estrategia de innovación de las empresas de forma independiente a las carac-

terísticas de la industria, en la medida que la estructura de la industria y las características del cambio tecnológico evolucionan de forma conjunta.

En este trabajo se defiende que la estrategia de innovación abierta no es ajena a este enfoque evolutivo y que las empresas plantearán distintas estrategias de gestión y explotación del conocimiento externo en función de las características de la industria. Más concretamente, el análisis prestará especial atención a la necesidad o no de las empresas de desarrollar la capacidad de adquirir, asimilar, transformar y explotar conocimiento externo en función del entorno en el que operan.

La principal contribución del trabajo desde el punto de vista teórico consiste en encuadrar el estudio de la relación entre estrategia de innovación abierta y capacidad de I+D dentro de un enfoque de análisis que supera planteamientos más estáticos de la estrategia de innovación de la empresa y que incorpora a partir de la economía evolutiva la naturaleza dinámica de estas estrategias y su adaptación al cambio del entorno.

El trabajo se estructura en los siguientes apartados. El marco teórico comienza analizando la relación entre la capacidad de I+D y la estrategia de innovación abierta. Posteriormente, se estudia el rol moderador de las características de la industria sobre esta relación y se plantean las hipótesis. En el apartado empírico se describe en primer lugar la muestra y la metodología empleada para confirmar las hipótesis y posteriormente se describen los resultados del análisis empírico. Finalmente, se discuten los resultados y se plantean las principales conclusiones del trabajo.

MARCO TEÓRICO

Desarrollado por primera vez de forma estructurada por Cohen y Levinthal (1990), el concepto de capacidad de I+D hace referencia a un conjunto de procesos y rutinas organizativas que permite que la empresa pueda buscar, adquirir, asimilar, transformar y explotar conocimiento externo (Cohen y Levinthal, 1989; Zahra y George, 2002; Todorova y Durisin, 2007). El creciente papel desempeñado por los flujos de conocimiento externo en la actividad innovadora hace que la capacidad de I+D de las empresas se haya convertido en un elemento clave para el logro de ventaja competitiva (Cockburn y Henderson, 1998).

Por su parte, el paradigma de la innovación abierta retoma un enfoque ya planteado por Cyert y March (1963) y plantea que el proceso de innovación es un proceso interactivo basado en una red de relaciones entre diversos agentes como una extensión de la actividad innovadora más allá de la fronteras de la propia empresa (Chesbrough, 2005). Según la literatura analizada, las empresas adoptan dos grandes grupos de estrategias de innovación abierta: innovación abierta de entrada e innovación abierta de salida (Dahlander y Gann, 2010). La innovación abierta de entrada consiste en la búsqueda, adquisición, asimilación y explotación de conocimiento externo, mientras que la innovación abierta de salida consiste en la cesión o comercialización del conocimiento desarrollado dentro de las fronteras de la empresa. La capacidad de I+D juega un papel determinante en la estrategia de innovación abierta de entrada.

La capacidad de I+D depende de factores internos y externos (Forés y Camisón, 2010). El factor interno más analizado en el estudio de la capacidad de I+D son los recursos dedicados a la I+D interna (Cohen y Levinthal, 1990). Por esta razón, es frecuente que los estudios académicos consideren como una medida de la capacidad de I+D, la intensidad en las actividades en I+D, concretada en los recursos humanos o financieros destinados a la I+D interna (Veugelers, 1997; Lane y Lubatkin, 1998; Oltra y Flor, 2003; Leahy y Neary, 2007; Zahra y Hayton, 2008). Disponer de un alto presupuesto de I+D o de un número relativamente alto de personal de I+D permite realizar un número mayor de experimentos en diversas líneas de conocimiento o permite disponer de empleados con una mayor diversidad de conocimiento o bien obtener dicha

diversidad a través de la formación de empleados o la contratación (Lane y Lubatkin, 1998; Van den Bosch *et al.*, 1999). Las empresas con mayores recursos internos de I+D tendrán una mayor capacidad de asimilar y transformar el conocimiento externo (Hervás-Oliver y Albers-Garrigos, 2009) y por tanto podrán adoptar estrategias de innovación abierta con mayor facilidad (Lichtenthaler y Lichtenthaler, 2009; Spithoven *et al.*, 2011).

Sin embargo, algunos factores externos pueden hacer que los recursos de I+D de la empresa sean más o menos determinantes a la hora de absorber y explotar conocimiento externo. Un primer factor externo que se debe tener en cuenta en este sentido es el nivel de turbulencia de la industria. La apertura del proceso de innovación se asocia con empresas con fuertes recursos internos en innovación y que operan en sectores con tecnologías emergentes (Von Hippel, 2005; Chesbrough, 2006; Leiponen y Helfat 2010). Desde un punto de vista teórico, en sectores emergentes y por tanto más turbulentos, el papel de la base de conocimiento interna de la empresa tiende a ser más importante en las estrategias de innovación abierta. En estos sectores, las empresas se embarcan en estrategias de exploración. Segarra-Ciprés *et al.* (2012) analizan la intensidad tecnológica del sector como determinante del efecto de la búsqueda de conocimiento externo sobre el resultado en innovación y encuentran que, aunque las empresas de sectores más intensivos tecnológicamente tienen una actitud más abierta en la búsqueda de conocimiento externo, su actitud es principalmente exploradora y no explotan dicho conocimiento de forma más eficiente que las empresas de sectores con menor intensidad tecnológica.

Según la literatura en innovación, las empresas que adoptan un enfoque explorador en sus actividades de innovación necesitarán mayor capacidad de I+D (Van den Bosch *et al.*, 1999; Escribano *et al.*, 2009). Una de las razones de este mayor peso de la capacidad de I+D es que en sectores emergentes la distancia cognitiva entre el conocimiento externo e interno es mucho mayor (Cohen y Levinthal, 1990; Van den Bosch *et al.*, 1999). En segundo lugar, en los sectores emergentes la oportunidad tecnológica, es decir, la proporción de conocimiento que se encuentra fuera de los límites de la empresa, es mucho mayor. Por ejemplo, en estudios recientes del sector de nanotecnología se muestra cómo la mayoría de las patentes generadas en la fase inicial son propiedad de universidades y no de empresas (Guan y Ma, 2007). Por esta razón, los recursos internos de I+D son más necesarios en situaciones con fuerte oportunidad tecnológica.

En esta línea Bayona *et al.* (2001) o Escribano *et al.* (2009) observan que la intensidad interna en I+D tiene un papel más importante en entornos turbulentos debido a que una parte importante del conocimiento necesario para la actividad de innovación se encuentra fuera de los límites de la empresa, y la capacidad para beneficiarse de dicho conocimiento es

clave para lograr ventaja competitiva. Otros trabajos como Rothaermel y Thursby (2007), Bozeman *et al.* (2007) o Spithoven *et al.* (2011) confirman que en sectores emergentes se produce una fuerte inversión en I+D para fortalecer la capacidad de I+D y a su vez un intenso flujo de conocimiento entre empresas, y entre empresas y otras instituciones como centros de investigación o universidades.

Por el contrario, a medida que el sector se hace más maduro las capacidades internas en I+D son menos necesarias para el aprovechamiento del conocimiento externo ya que la oportunidad tecnológica se reduce y el conocimiento tiende a estandarizarse y converger. Rothaermel y Thursby (2007) en su comparación de los sectores de nanotecnología y biotecnología explican la evolución de forma interesante. Según la dinámica explicada por estos autores, en la fase emergente de una industria se produce una primera etapa de desarrollo de capacidades internas de I+D para poder entrar en una siguiente etapa caracterizada por las alianzas y los flujos de conocimiento y una fuerte adopción de la innovación abierta. En la fase madura, las empresas tienden a cerrar el proceso de innovación limitando las alianzas y la cooperación, primando las actividades de I+D interna.

En esta segunda fase, las actividades de I+D interna son importantes para la empresa, pero no el contexto de la integración de flujos externos de conocimiento. A nivel empírico, Ter Wal and Boschma (2007) demuestran, por ejemplo en el sector del calzado, la relativa importancia de las capacidades de I+D interna en el contexto de explotación de conocimiento externo en un sector maduro. A partir de los argumentos planteados, se puede establecer que el peso de la capacidad de I+D interna sobre la probabilidad de que una empresa adopte una estrategia de innovación abierta será mayor en sectores emergentes. Formalmente se plantea la primera hipótesis de este trabajo:

H1: *El impacto de la capacidad de I+D interna de una empresa sobre la probabilidad de adopción de innovación abierta será mayor en sectores emergentes.*

Un segundo factor externo que afecta al papel de la capacidad de I+D y concretamente a los recursos internos en I+D de las empresas es la apropiabilidad determinada por el régimen de protección de la propiedad intelectual. La apropiabilidad se refiere al grado en el que una empresa es capaz de capturar las rentas del nuevo conocimiento (Arrow, 1962). La apropiabilidad está directamente relacionada con la protección de la propiedad intelectual. En escenarios con mayor protección, denominados regímenes de apropiabilidad fuertes, será más sencillo para la empresa que genera nuevo conocimiento capturar las rentas generadas por el mismo.

Por el contrario, en regímenes de apropiabilidad débiles la menor protección legal del nuevo conocimiento dificulta la explotación del mismo (Teece, 1986). El papel de la capacidad de I+D y los recursos internos de I+D dependen también del régimen

de apropiabilidad del sector (Sandulli *et al.*, 2012). Nuestra hipótesis plantea que los recursos internos en I+D son más importantes para las estrategias de innovación abierta en regímenes con mayor protección de los derechos de propiedad intelectual. Escribano *et al.* (2009) ya apuntan en esta dirección y sugieren que las empresas que adoptan estrategias de innovación abierta necesitan mayores recursos internos en I+D en regímenes de apropiabilidad fuerte porque se ven forzadas a innovar sobre una patente, que es mucho más complejo y por tanto requiere de capacidades de I+D interna que en el caso de regímenes de apropiabilidad débil, en los que es más sencillo imitar a los competidores.

Una segunda explicación a esta relevancia de los recursos internos de I+D se encuadra dentro de la literatura de los costes de transacción. La apertura del proceso de innovación implica un incremento de los costes de transacción, en la medida que las empresas que quieran adquirir conocimientos externos incurren en elevados costes de negociación de las licencias (Gallini, 2002) y los costes de coordinación con los socios tecnológicos (Dyer and Singh, 1998; Gulati and Singh, 1998). Las empresas con mayores recursos internos de I+D necesitarán recurrir a un menor número de socios y por tanto tendrán menores costes de negociación.

En este sentido, el trabajo de Berchicci (2013) considera que las empresas con un alto nivel de capacidad en I+D son más eficientes en reconocer y asimilar conocimiento de las fuentes externas, siendo capaces de seleccionar un menor número de fuentes desde las que asimilar conocimiento. Estos resultados apoyan el modelo de Arora y Gambardella (1994) que sugiere que la innovación implica el intercambio de información tecnológica entre empresas, y aquellas mejor equipadas en activos tecnológicos podrán elegir y asimilar mejor la información a partir de un menor número de fuentes. Tener menos fuentes externas implica unos menores costes de coordinación y control. A medida que la empresa gestiona menos fuentes externas de alto valor añadido, el establecimiento de procesos y rutinas compartidas requerirá menos esfuerzo. Estos menores costes de coordinación y control junto con una mayor capacidad en I+D permite a la empresa lograr un ajuste organizativo con sus fuentes y asimilar de forma más eficiente el conocimiento (Berchicci, 2011 y 2013; Rothaermel and Deeds, 2006). Siguiendo este planteamiento se puede proponer la siguiente hipótesis:

H2: *El impacto de la capacidad de I+D interna de una empresa sobre la probabilidad de adopción de innovación abierta será mayor en sectores con una fuerte protección de la propiedad intelectual.*

MUESTRA Y DESCRIPCIÓN DE VARIABLES

Para contrastar las hipótesis planteadas se utiliza un amplio conjunto de datos procedentes de la base de datos PITEC (Panel de Innovación Tecnológica). Se

CUADRO 1
NÚMERO DE EMPRESAS EN LA MUESTRA PARA CADA AÑO

Año	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Nº de empresas	3382	4620	6069	5879	5445	5359

FUENTE: Elaboración propia.

CUADRO 2
DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES UTILIZADAS

Nombre de la variable	Descripción
Innovación abierta	Variable dependiente. Se trata de una variable categórica ordenada con tres niveles que indican el grado en el que la empresa recurre a la innovación abierta para el desarrollo de los nuevos productos introducidos en el mercado. Se obtiene a partir de la variable DESAPROD de PITEC, que indica quién desarrolla la innovación en producto, con tres respuestas posibles: «principalmente la empresa», «la empresa junto con otras empresas» o «principalmente otras empresas», que corresponden a unos niveles bajo, medio y alto de innovación abierta, respectivamente.
Capacidad I+D	Variable continua. Mide la capacidad de innovación de cada empresa a partir de Berchicci (2013). Es un constructo que se obtiene extrayendo la primera componente principal de dos variables: PIDTEJC y RelativeRD, siendo PIDTEJC el personal de I+D interna equivalente a jornada completa de cada empresa (que se recoge en la variable del mismo nombre de PITEC) y siendo RelativeRD el cociente entre la "intensidad de I+D" (los gastos en innovación sobre los ingresos totales) de la firma y del sector, es decir: $RelativeRD = \frac{\text{gastos innovación/ingresos totales}_{\text{firma}}}{\text{gastos innovación/ingresos totales}_{\text{sector}}}$. Los gastos en innovación y los ingresos totales de cada empresa se obtienen, respectivamente, de las variables GTINN y CIFRA, de PITEC. Los valores correspondientes al sector se obtienen del INE.
PatGast	Variable continua y sectorial. Será la razón entre el número de patentes obtenidas y los gastos de I+D incurridos para el sector en el que opera cada empresa. Los datos se han obtenido de EUROSTAT.
Ciclo_sector	Variable categórica con tres niveles que indican la etapa del ciclo de vida en el que se encuentra el sector en el que opera la empresa, y que puede ser emergente, maduro o en declive. La forma de calcular las correspondientes etapas es como en el algoritmo 1 de McGahan y Silverman (2001), es decir, se considera que el sector está inicialmente en la etapa emergente, que entra en la fase de madurez el primer año en que la tasa de crecimiento del número de empresas del sector cae por debajo del 3% para un periodo de 3 años, y que entra en la fase de declive el primer año en que dicha tasa de crecimiento cae por debajo del -3%. Los datos sobre el número de empresas por sector se han obtenido del INE.
RDvent	Variable continua y sectorial. Será la razón entre los gastos en I+D y los ingresos totales del sector en el que opera la empresa. Los datos se han obtenido del INE.
Tamaño	Variable de control. Será el número de empleados de cada empresa. Se obtiene de la variable TAMANO de PITEC.
% innovaciones	Variable de control. Es una variable continua que indica el porcentaje de las ventas de la empresa que corresponden a productos nuevos para el mercado. Se obtiene de la variable NEWMER de PITEC.
Año	Variable de control. Es una variable categórica que indica el año al que corresponde cada observación. Tendrá por lo tanto seis niveles, cada uno correspondiente a un año, desde 2003 a 2008.

FUENTE: Elaboración propia.

trata de un panel elaborado por el INE bajo el patrocinio de Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT) y la Fundación Cotec en el que se recogen datos acerca de la innovación tecnológica en las empresas españolas. Los datos se encuentran disponibles en una versión anonimizada en la web de FECYT (http://icono.fecyt.es/PITEC/Paginas/por_que.aspx), aunque para la realización de este trabajo se ha podido consultar la versión original sin anonimizar en las dependencias del INE. En el panel PITEC se recoge en más de 460 variables información anual sobre un gran número de aspectos relacionados con las actividades de innovación llevadas a cabo en unas 12.000 empresas. Para este trabajo se han utilizado las observaciones correspondientes a los años 2003 a 2008. De éstas se han seleccionado las que corresponden a empresas que declaran haber llevado a cabo innovación de producto cada ejercicio (introducido en el mercado bienes o servicios nuevos o mejorados de manera significativa).

El número de empresas que para cada año cumplen este criterio, y que son por lo tanto las que se han utilizado para el análisis estadístico, aparecen en el cuadro 1.

Se trata de un total de 30.754 observaciones correspondientes a 8.301 empresas distintas. Para cada uno de los años indicados en el cuadro anterior se ha utilizado información procedente del panel PITEC para plantear un modelo de regresión en el que se toma como variable dependiente una que indica el grado de innovación abierta en las innovaciones introducidas y, como variables independientes, un conjunto de ellas de las que dependerá ese grado de innovación abierta y que permiten contrastar las hipótesis planteadas. El conjunto de variables utilizadas se recoge en el cuadro 2.

Parte de las variables indicadas en el cuadro 2 tienen carácter sectorial. Para identificar los distintos sec-

CUADRO 3
DISTRIBUCIÓN DE LA VARIABLE INNOVACIÓN ABIERTA POR SECTORES

		Grado de innovación abierta		
		Bajo	Medio	Alto
Intensidad tecnológica del sector	Baja	79,33%	15,76%	4,91%
	Media	85,71%	12,31%	1,98%
	Alta	81,57%	16,51%	1,92%

FUENTE: Elaboración propia.

CUADRO 4
ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS DE LAS VARIABLES PIDTEJC Y RELATIVE RD

	Mínimo	1er cuartil	Mediana	Media	3er cuartil	Máximo
PIDTEJC	0,0	0,6	2,5	9,4	6,0	1620,0
RelativeRD	0,0	0,96	3,55	33237	13,42	6,26e+08

FUENTE: INE, EPA.

CUADRO 5
PORCENTAJE DE VARIANZA EXPLICADO POR CAPACIDAD I+D

Año	2003	2004	2005	2006	2007	2008
% de varianza explicada	70,40	72,37	74,82	80,20	81,12	82,66

FUENTE: Elaboración propia.

tores se ha usado la clasificación a nivel de dos dígitos basada en CNAE-93 y utilizada en la variable ACTI del panel PITEC para codificar la rama de actividad de las empresas encuestadas. Esta clasificación de ramas de actividad a dos dígitos puede ser consultada en la documentación disponible en la web de FECYT, en la que se describen las distintas variables recogidas en el panel. Aunque en la variable ACTI de PITEC se recogen 56 sectores distintos, para este trabajo ha sido necesario realizar ligeras modificaciones en la clasificación, agregando algunos sectores, debido a la necesidad de integrar datos procedentes de fuentes diversas. El resultado final es una clasificación de sectores con 46 niveles distintos. En el cuadro 3 se recoge cómo se distribuyen los tres niveles de la variable dependiente (correspondientes a un uso bajo, medio o alto de la innovación abierta de entrada) sobre los distintos sectores de actividad agregados de acuerdo con la clasificación que establece el INE según sectores de baja, media y alta tecnología.

Como se ha indicado, la variable CAPACIDAD I+D se ha construido a partir de las variables PIDTEJC (personal de I+D equivalente a jornada completa) y RelativeRD (intensidad de I+D respecto a la del sector). En el cuadro 4 se recoge información descriptiva acerca de estas dos variables.

Como se puede observar las dos variables PIDTEJC y RelativeRD son marcadamente asimétricas y se extienden sobre un rango de valores muy amplio por lo que en lugar de usar directamente sus valores se han tomado los correspondientes logaritmos. La pri-

mera componente principal del par de variables así obtenidas será la variable CAPACIDAD I+D utilizada como una de las variables explicativas del grado de innovación abierta. Esta primera componente principal se ha obtenido para cada uno de los años disponibles en el panel de datos utilizados. El cuadro 5 contiene el porcentaje de varianza de PIDTEJC y RelativeRD explicado para cada año por la componente principal extraída (componente principal que es la variable CAPACIDAD I+D).

Algunos datos descriptivos sobre el resto de variables aparecen en el cuadro 6 (en página siguiente).

Por otra parte, el cuadro 7 (en página siguiente) contiene las correlaciones entre las distintas variables continuas utilizadas como variables independientes en el modelo de regresión que se plantea. Debe tenerse en cuenta que para la variable TAMAÑO (el número de empleados de cada empresa), debido al amplio rango de valores sobre el que se extiende, se ha tomado su logaritmo, en lugar de la propia variable, y ha sido este logaritmo el valor que se ha usado para la estimación del modelo de regresión.

MODELO EMPÍRICO

Con las variables indicadas en el apartado anterior se plantea un modelo de regresión que permite contrastar las hipótesis planteadas. Como variable dependiente en este modelo se utiliza la variable INNOVACIÓN ABIERTA. Ésta es una variable categórica con tres niveles ordenados que indican el grado en el que la

CUADRO 6
ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS DEL RESTO DE VARIABLES

Variables categóricas		Innovación abierta	bajo: 24894 observaciones (80,94%) medio: 4695 observaciones (15,27%) alto: 1165 observaciones (3,79%)				
		Ciclo_sector	emergente: 12403 observaciones (40.33%) maduro: 10843 observaciones (35.26%) declive: 7508 observaciones (24.41%)				
Variables continuas	PatGast	Mínimo	1er cuartil	Mediana	Media	3er cuartil	Máximo
		0,0	0,0	2,6e-04	2,9e-04	4,9e-04	1,8e-03
	RDvent	0,00032	0,00297	0,00711	0,04603	0,01820	1,18300
	Tamaño	0,0	19,0	47,0	246,2	152,0	66460
% innovaciones		0,0	0,0	2,0	16,6	20,0	100,0

FUENTE: Elaboración propia.

CUADRO 7
CORRELACIONES ENTRE VARIABLE INDEPENDIENTES CONTINUAS

	Capacidad I+D	PatGast	RDvent	Tamaño	% innovaciones
Capacidad I+D	1	-	-	-	-
PatGast	0.01	1	-	-	-
RDvent	-0.07	-0.20	1	-	-
Tamaño	0.04	0.05	-0.11	1	-
% innovaciones	-0.13	-0.09	0.10	-0.12	1

FUENTE: Elaboración propia.

empresa recurre a la «innovación abierta» (estos tres niveles han sido etiquetados como «bajo», «medio» y «alto»). Cuando la variable dependiente tiene estas características resulta conveniente plantear un modelo de regresión logística multinomial ordenada con el que se analiza cómo las variables explicativas influyen sobre la probabilidad de cada una de las categorías de la variable dependiente.

Existen varias posibilidades para llevar a cabo una regresión logística ordenada, pero la más frecuentemente utilizada es por medio de los modelos denominados «*cumulative logit*» o de «*odds proporcionales*» (Agresti, 2010), y ésta es la opción que se ha utilizado aquí.

En un modelo *cumulative logit* la variable dependiente tiene más de dos categorías y en ellas existe un orden intrínseco, con lo que tiene sentido considerar parejas *consecutivas* de dichas categorías. Cada una de estas parejas de categorías determina un umbral que separa entre las categorías que están por encima y las que están por debajo del umbral y lo que se hace es modelizar para cada umbral el logaritmo del cociente entre las probabilidades de las categorías inferiores y las probabilidades de las categorías superiores.

Por otra parte, es necesario tener en cuenta que en una regresión logística convencional se asume que las distintas observaciones son independientes, pero en nuestro caso, al tratarse de un panel, no se puede sostener esta independencia. Las distintas obser-

vaciones correspondientes a la misma empresa en años sucesivos forman un grupo de observaciones correlacionadas y es necesario que el modelo de regresión tenga en cuenta la existencia de estas correlaciones intragrupo. Esto se consigue introduciendo en el modelo de regresión un efecto aleatorio (Greene, 2003; Gelman y Hill, 2007), que será un término que se añade como un sumando más al predictor lineal y que es una variable aleatoria con distribución normal de media cero que toma un valor determinado para cada empresa (es decir, para cada grupo de observaciones). Teniendo en cuenta que nuestra variable dependiente puede adoptar los tres valores denominados «bajo», «medio» y «alto», el modelo de regresión que se plantea tiene la forma siguiente:

$$\log\left(\frac{p_{bajo}}{p_{medio}+p_{alto}}\right)=\beta_{12}-\eta$$

$$\log\left(\frac{p_{bajo}+p_{medio}}{p_{alto}}\right)=\beta_{23}-\eta$$

El término η es un predictor lineal que contiene las variables explicativas y el efecto aleatorio, en donde el subíndice j indexa a las empresas (grupos de observaciones):

$$\eta = \beta_1 \cdot \text{CAPACIDAD I+D} + \beta_2 \cdot \text{PatGast} + \beta_3 \cdot \text{CICLO_SECTOR} + \beta_4 \cdot \text{RDvent} + \beta_5 \cdot \text{TAMAÑO} + \beta_6 \cdot \text{\% INNOVACIONES} + \beta_7 \cdot \text{AÑO} + \beta_8 \cdot \text{CAPACIDAD I+D} * \text{PatGast} + \beta_9 \cdot \text{CAPACIDAD I+D} * \text{CICLO_SECTOR} + \alpha_j$$

CUADRO 8
RESULTADOS DE LAS REGRESIONES

Var. Dep.: innovación abierta

Nº observaciones: 30754 (nº de empresas 8301)

Variables	Modelo 1	Modelo 2
Capacidad I+D	-0.15434*** (0.02220)	-0.04900 (0.03866)
PatGast	-0.47443*** (0.04480)	-0.46871*** (0.04757)
Ciclo_sector_maduro	-0.28786*** (0.08697)	-0.31488*** (0.09137)
Ciclo_sector_declive	-0.34721*** (0.09385)	-0.36664*** (0.09858)
RDvent	0.10651*** (0.03615)	0.12334** (0.03977)
tamaño	0.09744*** (0.02620)	0.09709 (0.11466)
% innovaciones	0.09523*** (0.02468)	0.09691*** (0.02494)
Año_04	-0.15827* (0.07810)	-0.16065* (0.08316)
Año_05	-0.21998** (0.07724)	-0.22544** (0.08316)
Año_06	-0.51755*** (0.07981)	-0.55398*** (0.08828)
Año_07	-0.44219*** (0.08068)	-0.44446*** (0.08443)
Año_08	-0.54953*** (0.08375)	-0.55398*** (0.08828)
Capacidad I+D x PatGast		0.10932*** (0.03200)
Capacidad I+D x ciclo_sector_maduro		-0.18119** (0.05998)
Capacidad I+D x ciclo_sector_declive		-0.10022+ (0.05951)
Log likelihood	-14439.22	-14411.49
AIC	28908.44	28858.98

*** p < 0.001; ** p < 0.01; * p < 0.05; + p < 0.1

FUENTE: Elaboración propia.

RESULTADOS ↓

Como hemos indicado previamente, se ha planteado y estimado un modelo de tipo *cumulative logit*. La estimación se ha realizado usando el paquete «ordinal» (Christensen, 2013) del sistema de análisis de datos R.

Para lograr la convergencia de la subrutina de optimización usada en la estimación del modelo ha sido necesario estandarizar las variables PatGast, RDvent y %INNOVACIONES (es decir, han sido centradas y reescaladas de forma que su media sea 0 y su desviación típica 1). Esta es una medida habitual para mejorar la convergencia en todo tipo de algoritmos de cálculo numérico (Nocedal y Wright, 1999).

Por otra parte, y teniendo en cuenta los valores bajos de las correlaciones entre variables explicativas recogidos en el cuadro 7 no cabe esperar que existan problemas apreciables de colinealidad en las regresiones estimadas.

Los resultados del análisis se presentan en el cuadro 8. Se han estimado dos modelos. El modelo de la primera columna muestra los resultados de los efectos principales de las variables, sin interacciones, y la columna siguiente recoge los efectos conjuntos de la variable CAPACIDAD I+D con el nivel de protección de las innovaciones (PatGast) y la estructura de la industria (los diferentes niveles de CICLO_SECTOR (donde se ha tomado como categoría omitida los sectores emergentes). El papel de las interacciones es recoger el efecto conjunto de las dos variables, es decir, el efecto de cada una de ellas dependiendo del nivel de las otras. En una regresión logística, como es este caso, ese efecto conjunto se traslada a la probabilidad de ocurrencia de cada categoría de la variable dependiente.

En concreto, la columna 1 muestra que la capacidad de I+D interna tiene un efecto negativo y significativo sobre la probabilidad de desarrollar estrategias de innovación abierta de entrada, al igual que

un elevado nivel de apropiación de las innovaciones (representada por la variable *PatGast*) que influye de forma negativa. El estado de madurez o declive del ciclo de vida del sector influyen negativamente, como indican los coeficientes negativos y significativos de las variables *CICLO_SECTOR_maduro* y *CICLO_SECTOR_declive*. Con respecto a las variables de control, se observa que tanto *RDVent* como *TAMAÑO* y *%INNOVACIONES* tienen un efecto positivo y significativo sobre la probabilidad de desarrollar niveles más avanzados de una estrategia de cooperación en innovación, mientras que se aprecia una tendencia decreciente en la implantación de esta estrategia, como muestran los coeficientes decrecientes, negativos y significativos de las *dummies* anuales.

Sin embargo, los resultados más interesantes están en el modelo con interacciones (columna 2). Al añadir los términos de interacción mejora el ajuste del modelo, como se aprecia en unos mejores valores del logaritmo de la verosimilitud y del estadístico AIC: esto es un indicio de que el modelo más complejo -con interacciones- está más cercano al verdadero pero desconocido modelo, de manera que los términos de interacción mejoran el modelo y por tanto no deben ser omitidos. La inclusión de las interacciones no altera el signo pero sí la significatividad de alguno de los efectos principales, aunque siguiendo la interpretación más frecuente en la literatura (Fox y Andersen, 2006), el análisis de los resultados se centrará exclusivamente en los términos de interacción.

Las interacciones de la capacidad de I+D y la etapa del ciclo de vida del sector muestran coeficientes negativos y significativos (aunque la interacción de *CAPACIDAD I+D* con *CICLO_SECTOR_declive* es marginalmente significativa, con un p-valor de 0,092182), lo que puede interpretarse como que el efecto positivo de la capacidad de I+D es mayor en sectores emergentes. Este resultado da soporte a la hipótesis 1.

Además, el signo positivo de la interacción significativa entre la capacidad de I+D de la empresa y el nivel de apropiación de las innovaciones de su sector (representado por *PatGast*) puede interpretarse como que la capacidad de I+D interna tiene mayor efecto positivo sobre la adopción de la estrategia de innovación abierta en sectores con un régimen de apropiación de las innovaciones más fuerte. Este resultado confirma la hipótesis 2.

DISCUSIÓN ↓

La literatura empírica muestra que la capacidad de I+D de las empresas y las características de la industria son variables que explican diferencias en la adopción de estrategias de innovación abierta (Keupp y Gassmann, 2009; Lichtenthaler y Ernst, 2009; Dahlander y Gann, 2010; Bianchi et al., 2011). Sin embargo, se han realizado pocos estudios destinados específicamente a estudiar cuál es el papel real de estas variables. Este trabajo contribuye a la literatura

existente aportando un marco teórico desarrollado sobre la economía evolutiva y una evidencia empírica sobre el papel de estas variables y sus interacciones sobre una amplia muestra de empresas españolas.

Los resultados indican que la influencia sobre la estrategia de innovación abierta de la capacidad de I+D interna de las empresas depende del régimen de apropiación de la innovación de la industria y de la etapa del ciclo de vida en la que se encuentra el sector. Como primera contribución del trabajo, estos datos sugieren que el adecuado estudio de la innovación abierta debe llevar a la integración de teorías enfocadas en el entorno institucional (economía evolutiva o la teoría de los costes de transacción) con teorías enfocadas en las características intrínsecas de las empresas (enfoques de los recursos o de las capacidades dinámicas). De tal forma, que las características específicas de la empresa son las que explican cómo adapta su estrategia de innovación abierta a los condicionantes del sector en el que compete.

Los resultados del estudio empírico que validan la primera hipótesis confirman la importancia de la estimación ex ante que realizan las empresas de los costes de transacción derivados de la adopción de la innovación abierta (Hagedoorn y Ridder, 2012). Este aspecto está recibiendo escasa atención por la investigación en innovación abierta (Lichtenthaler, 2011), cuando nuestros resultados confirman que es uno de los elementos más importantes en su configuración. En este sentido, nuestros resultados muestran que un mayor grado de capacidad de I+D interna inhibe la probabilidad de realizar estrategias de entrada debido a que en general, las empresas con mayores capacidades de investigación buscan no divergir en su trayectoria tecnológica y que el conocimiento externo haga palanca sobre sus recursos co-especializados y la base interna de conocimiento.

Sin embargo, la confirmación de la primera hipótesis muestra que el efecto de un régimen de apropiabilidad de las innovaciones fuerte actúa como un moderador de la tendencia de las empresas a proteger sus trayectorias tecnológicas (y en consecuencia a realizar menos cooperación) al actuar como un incentivo a la colaboración dado que las empresas perciben menos riesgo en compartir actividades tecnológicas. De este modo, el efecto de un régimen fuerte de protección de las innovaciones puede contrarrestar la reticencia de las empresas con mayores capacidades investigadoras a la realización de actividades de innovación abierta.

Por otra parte, la confirmación de la segunda hipótesis implica que las empresas con mayores niveles de capacidad de I+D interna serán más proclives a adoptar estrategias de innovación abierta en sectores emergentes. Este comportamiento indica que la innovación abierta en empresas de estas características es más probable en regímenes emprendedores. En estos regímenes, la innovación abierta puede

contemplarse como una estrategia de exploración de conocimiento pero también como un mecanismo para maximizar la utilización de recursos especializados a través de la explotación de conocimiento exterior. En este caso, la explotación de conocimiento externo a través de activos propios de estas empresas parece ser la explicación a este comportamiento.

CONCLUSIONES

Siguiendo el paradigma de la innovación abierta, un creciente número de empresas está adoptando modelos más abiertos de innovación. La adopción de estos modelos de innovación abierta no sólo depende de factores internos de la empresa como su capacidad de I+D o el stock tecnológico disponible, sino que también dependen de factores intrínsecos a la industria en la que opera la compañía. Este trabajo contribuye a la corriente de investigación en economía evolutiva y a la creciente investigación en innovación abierta a través del estudio del impacto sobre la adopción de estrategias de innovación abierta de características de la industria como la intensidad en conocimiento, la protección legal de la propiedad intelectual y el ciclo de vida de la industria.

No obstante, el trabajo presenta algunas limitaciones características de las fuentes de datos secundarias, que hacen que la falta de información detallada sobre algunos aspectos limite la medición de algunas variables. Por ejemplo, el nivel de apropiación de la industria se ha asimilado en este trabajo al nivel de protección legal de la innovación. Sin embargo, además de la protección legal, las empresas pueden proteger el conocimiento a través de los denominados mecanismos de protección estratégica. La encuesta PITEC no proporciona información sobre este extremo. La segunda limitación relevante está relacionada con las medidas de innovación abierta, que son poco detalladas. Realmente, la innovación abierta de entrada y salida se sustenta en multitud de mecanismos, como puede ser el establecimiento de *joint ventures*, *spin-offs*, alianzas estratégicas, proyectos de investigación, licencias de patentes y otros, que tienen distintas implicaciones desde el punto de vista de despliegue de recursos, costes de transacción, etc. Estos matices se han perdido con la medida empleada en este trabajo, pero una vez más la base de datos de PITEC no los proporciona. Además, al ser PITEC una encuesta anónima, no ha sido posible buscar datos en fuentes de información alternativas.

A modo de conclusión, desde el punto de vista del desarrollo de políticas españolas y europeas de innovación, que en la actualidad consideran la innovación abierta como un paradigma de referencia, el trabajo indica que el diseño de estas políticas debe tener en cuenta la configuración específica de cada industria. Además, deberá tenerse en cuenta el efecto que estas políticas pudieran tener en la co-

operación asimétrica entre empresas con diferentes niveles de capacidades de I+D interna, ya que podría darse que el fomento de la innovación abierta sea un freno a la creación destructiva schumpeteriana en industrias maduras.

BIBLIOGRAFÍA

- AGRESTI, A. (2010): *Analysis of ordinal categorical data*, 2ª ed., John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey.
- ARORA, A. y GAMBARDELLA, A. (1994): «Evaluating technological information and utilizing it – Scientific knowledge, technological capability, and external linkages in biotechnology», *Journal of Economic Behavior & Organization*, vol. 24, nº 1, pp. 91-114.
- ARROW, K. (1962): «Economic welfare and the allocation of resources for invention». En *The rate and direction of inventive activity: Economic and social factors*, Nber, pp. 609-626.
- BAYONA, C.; GARCÍA, M. y HUERTA, E. (2001): «Firms' motivations for cooperative R&D: An empirical analysis of Spanish firms», *Research Policy*, vol. 30, nº 8, pp. 1289-1307.
- BERCHICCI, L. (2011): «Heterogeneity and intensity of R&D partnership in Italian manufacturing firms», *IEEE Transactions on Engineering Management*, vol. 58, nº 4, pp. 674-687.
- BERCHICCI, L. (2013): «Towards an open R&D system: Internal R&D investment, external knowledge acquisition and innovative performance», *Research Policy*, vol. 42, pp. 117-127.
- BIANCHI, M.; CAVALIERE, A.; CHIARONI, D.; FRATTINI, F. y CHIESA, V. (2011): «Organisational modes for Open Innovation in the pharmaceutical industry: An exploratory analysis», *Technovation*, vol. 31, nº 1, pp. 22-33.
- BOZEMAN, B.; LARÉDO, P. y MANGEMATIN, V. (2007): «Understanding the emergence and deployment of 'nano' S&T», *Research Policy*, vol. 36, nº 6, pp. 807-812.
- CALANTONE, R.J. y STANKO, M.A. (2007): «Drivers of outsourced innovation: an exploratory study», *Journal of Product Innovation Management*, vol. 24, nº 3, pp. 230-241.
- CAMISÓN, C. y FORÉS, B. (2010): «Knowledge absorptive capacity: new insights for its conceptualization and measurement», *Journal of Business Research*, vol. 63, nº 7, pp. 707-715.
- CASSIMAN, B. y VEUGELERS, R. (2002): «R&D cooperation and spillovers: some empirical evidence from Belgium», *American Economic Review*, vol. 92, nº 4, pp. 1169-1184.
- CHESBROUGH, H. (2005): «Open Innovation: A new paradigm for understanding industrial innovation», *DRUID Summer Conference*, Copenhagen, junio, pp. 27-29.
- CHESBROUGH, H. (2006): «Open Innovation: A new paradigm for understanding industrial innovation». En H. Chesbrough, W. Vanhaverbeke y J. West (Eds), *Open innovation: Researching a new paradigm* (pp. 1-12). Oxford, England: Oxford University Press.
- CHRISTENSEN, R. H. B. (2013): *Package «ordinal»: Regression models for ordinal data*. Disponible en: <http://cran.at.r-project.org/web/packages/ordinal/index.html>.
- COCKBURN, I. y HENDERSON, R. (1998): «Absorptive capacity, coathouring behavior, and the organization of research in drug discovery», *The Journal of Industrial Economics*, vol. 46, nº 2, pp. 157-183.
- COHEN, W. y LEVINTHAL, D. (1989): «Innovation and learning: The two faces of R & D», *The Economic Journal*, vol. 99, nº 397, pp. 569-596.
- COHEN, W. y LEVINTHAL, D. (1990): «Absorptive capacity: A new perspective on learning and innovation», *Administrative Science Quarterly*, vol. 35, pp. 128-152.
- CYERT, R. M., y MARCH, J. G. (1963): *A behavioral theory of the firm*. Englewood Cliffs, New Jersey.
- DAHLANDER, L. y GANN, D. M. (2010): «How open is innovation?», *Research Policy*, vol. 39, nº 6, pp. 699-709.
- DYER, J.H. y SINGH, H. (1998): «The relational view: cooperative strategy and sources of interorganizational competitive advantage», *Academy of Management Review*, vol. 23, nº 4, pp. 660-679.

- ESCRIBANO, A., FOSFURI, A. y TRIBÓ, J.A. (2009): «Managing external knowledge flows: The moderating role of absorptive capacity», *Research Policy*, vol. 38, pp. 96-105.
- FOX, J. y ANDERSEN, R. (2006): «Effect displays for multinomial and proportional-odds logit models», *Sociological Methodology*, vol. 36, pp. 225-255.
- GALLINI, N.T. (2002): «The economics of patents: Lessons from recent US patent reform», *The Journal of Economic Perspectives*, vol. 16, nº 2, pp. 131-154.
- GELMAN, A. y HILL, J. (2007): *Data analysis using regression and multilevel/hierarchical models*, Cambridge University Press, New York.
- GREENE, W.H. (2003): *Econometric analysis*, 5ª ed., Prentice Hall, New Jersey.
- GUAN, J. y MA, N. (2007): «China's emerging presence in nanoscience and nanotechnology: A comparative bibliometric study of several nanoscience 'giants'», *Research Policy*, vol. 36, nº 6, pp. 880-886.
- GULATI, G. y SINGH, H. (1998): «The architecture of cooperation: Managing coordination costs and appropriation concerns in strategic alliances», *Administrative Science Quarterly*, vol. 43, nº 4, pp. 781-814.
- HAGEDOORN, J. (2002): «Inter-firm R&D partnerships: An overview of major trends and patterns since 1960», *Research Policy*, vol. 31, nº 4, pp. 477-492.
- HAGEDOORN, J. y RIDDER, A.K. (2012): *Open innovation, contracts, and intellectual property rights: An exploratory empirical study*, UNU-MERIT, Maastricht Economic and Social Research and Training Centre on Innovation and Technology.
- HERVÁS-OLIVER, J.L. y ALBORS-GARRIGOS, J. (2009): «The role of the firm's internal and relational capabilities in clusters: When distance and embeddedness are not enough to explain innovation», *Journal of Economic Geography*, vol. 9, pp. 263-283.
- KEUPP, M. M. y GASSMANN, O. (2009): «Determinants and archetype users of open innovation», *R&D Management*, vol. 39, nº 4, pp. 331-341.
- LANE, P.J. y LUBATKIN, M. (1998): «Relative absorptive capacity and interorganizational learning», *Strategic Management Journal*, vol. 19, nº 5, pp. 461-477.
- LEAHY, D. y NEARY, J.P. (2007): «Absorptive capacity, R&D spillovers and public policy», *International Journal of Industrial Organization*, vol. 25, nº 5, pp. 1089-1108.
- LEIPONEN, A. y HELFAT, C.E. (2010): «Innovation objectives, knowledge sources and the benefits of breadth», *Strategic Management Journal*, vol. 31, nº 2, pp. 224-236.
- LICHTENTHALER, U. (2011): «Open Innovation: Past research, current debates, and future directions», *The Academy of Management Perspectives*, vol. 25, nº 1, pp. 75-93.
- LICHTENTHALER, U. y ERNST H. (2007): «External technology commercialization in large firms: Results of a quantitative benchmarking study», *R&D Management*, vol. 37, nº 5, pp. 383-397.
- LICHTENTHALER, U., y LICHTENTHALER, E. (2009): «A capability-based framework for open innovation: Complementing absorptive capacity», *Journal of Management Studies*, vol. 46, nº 8, pp. 1315-1338.
- MCGAHAN, A.M. y SILVERMAN, B.S. (2001): «How does innovative activity change as industries mature?», *International Journal of Industrial Organization*, vol. 19, nº 7, pp. 1141-1160.
- NELSON, R.R. y WINTER, S.G. (1982): «The Schumpeterian trade-off revisited», *The American Economic Review*, vol. 72, nº 1, pp. 114-132.
- NOCEDAL, J. y WRIGHT, S.J. (1999): *Numerical optimization*, Springer-Verlag, New York.
- OLTRA, M.J. y FLOR, M. (2003): «The impact of technological opportunities and innovative capabilities on firms' output innovation», *Creativity and Innovation Management*, vol. 12, nº 3, pp. 137-144.
- RIGBY, D. y ZOOK, C. (2002): «Open market innovation», *Harvard Business Review*, vol. 80, nº 10, pp.80-89.
- ROTHAERMEL, F.T. y DEEDS, D.L. (2006): «Alliance type, alliance experience and alliance management capability in high-technology ventures», *Journal of Business Venturing*, vol. 21, nº 4, pp. 429-460.
- ROTHAERMEL, F.T. y THURSBY, M. (2007): «The nanotech versus the biotech revolution: Sources of productivity in incumbent firm research», *Research Policy*, vol. 36, nº 6, pp. 832-849.
- SANDULLI, F. D., FERNANDEZ-MENENDEZ, J., RODRIGUEZ-DUARTE, A., y LOPEZ-SANCHEZ, J. I. (2012): «Testing the Schumpeterian hypotheses on an open innovation framework», *Management Decision*, vol. 50, nº 7, pp. 1222-1232.
- SEGARRA-CIPRÉS, M.; BOU-LLUSAR, J.C. y ROCA-PUIG, V. (2012): «Exploring and exploiting external knowledge: The effect of sector and firm technological intensity», *Innovation: Management, Policy & Practice*, vol. 14, nº 2, pp. 203-217.
- SPITHOVEN, A., CLARYSSE, B. y KNOCKAERT, M. (2011): «Building absorptive capacity to organise inbound open innovation in traditional industries», *Technovation*, vol. 31, nº 1, pp. 10-21.
- TEECE, D.J. (1986): «Profiting from technological innovation: Implications for integration, collaboration, licensing and public policy», *Research Policy*, vol. 15, nº 6, pp. 285-305.
- TER WAL, A.L. y BOSCHMA, R.A. (2007): «Co-evolution of firms, industries and networks in space», *Papers in Evolutionary Economic Geography*, vol. 7, pp. 1-19.
- TETHER, B.S. (2002): «Who co-operates for innovation, and why: An empirical analysis», *Research Policy*, vol. 31, nº 6, pp. 947-967.
- TODOROVA, G. y DURISIN, B. (2007): «Absorptive capacity: Valuing a reconceptualization», *Academy of Management Review*, vol. 32, nº 3, pp. 774-786.
- VAN DE BOSCH, F.A.J.; VOLBERDA, H.W. y DE BOER, M. (1999): «Co-evolution of firm absorptive capacity and knowledge environment: organizational forms and combinative capabilities», *Organizational Science*, vol. 10, nº 5, pp.551-568.
- VEUGELERS, R. (1997): «Internal R&D expenditures and external technology sourcing», *Research Policy*, vol. 26, nº 3, 303-315.
- VON HIPPEL, E. (2005): *Democratizing innovation*. MIT Press, Cambridge (MA).
- WINTER, S. G. (1984): «Schumpeterian competition in alternative technological regimes», *Journal of Economic Behavior & Organization*, vol. 5, nº 3, pp. 287-320.
- ZAHRA, S.A. y GEORGE, G. (2002): «Absorptive capacity: A review, reconceptualization, and extension», *Academy of Management Review*, vol. 27, nº 2, pp. 185-203.
- ZAHRA, S.A. y HAYTON, J.C. (2008): «The effect of international venturing on firm performance: The moderating influence of absorptive capacity.» *Journal of Business Venturing*, vol. 23, nº 2, pp. 195-220.