

## **I+D y rentabilidad empresarial: una relación circular en el sector farmacéutico**

**Diego Jesús Cuello de Oro Celestino\* • Cristina López-Cózar Navarro\*\***

\*Universidad de Valladolid • \*\*Universidad Europea de Madrid

RECIBIDO: 29 de marzo de 2009

ACEPTADO: 11 de febrero de 2010

---

**Resumen:** La industria farmacéutica se caracteriza por el esfuerzo en I+D. El desarrollo de nuevos medicamentos aporta a un laboratorio una ventaja competitiva frente a los demás, que posteriormente generará unos resultados superiores a la media del sector industrial. Estos mejores resultados revertirán posteriormente en el destino de un mayor flujo de fondos monetarios a los procesos de investigación y desarrollo de nuevos medicamentos. Se produce así una relación circular positiva entre innovación y resultados, que es el objetivo de este estudio. En este contexto, la principal aportación de este trabajo consiste en la aplicación de un modelo de ecuaciones que permite analizar esa relación circular de forma simultánea.

**Palabras clave:** Laboratorios farmacéuticos / Innovación / Rentabilidad.

### **Innovation and Performance: A Circular Relationship in the Pharmaceutical Industry**

**Abstract:** The pharmaceutical industry is characterized by the effort in R&D. The development of new drugs contributes to a laboratory a competitive advantage forehead to the others that later will generate results superior to the average of the industrial sector. These better results will later revert in the destiny of a greater flow of monetary bottoms to the processes of investigation and development of new drug. The purpose of this study is to analyze the circular relationship between innovation and performance. The main contribution of this paper consists of the application of a model of equations that analyzes such circular relationship of simultaneous form.

**Key Words:** Pharmaceutical laboratories / Innovation / Profitability.

---

## **INTRODUCCIÓN**

La industria farmacéutica es el sector dedicado al descubrimiento, desarrollo, fabricación y comercialización de medicamentos (Gennaro, 1990). Además de contribuir a mejorar la salud pública, la capacidad investigadora de los laboratorios, el uso de tecnología punta y su carácter innovador, la industria farmacéutica contribuye al progreso social en general. Todo ello hace que sea un sector estratégico para cualquier país, pero también lo convierte en uno de los más regulados, lo que dificulta aún más si cabe el proceso de desarrollo de nuevos fármacos. Para que un nuevo medicamento sea introducido en el mercado ha tenido que someterse a múltiples pruebas que permitan asegurar que es seguro y eficaz.

La ventaja competitiva de los laboratorios farmacéuticos radica, precisamente, en las innovaciones. Lanzar nuevos o mejores medicamentos representa el medio de generar ingresos y de asegurar la supervivencia de la empresa. Aquellos laboratorios que logran introducir fármacos de éxito en el mercado disfrutan de una posición competitiva ventajosa, que se traduce en buenos resultados económicos. Competir en el sector, por tanto, requiere una cuantiosa inversión en

I+D, pero también asumir grandes dosis de riesgo, ya que al inicio del proceso de investigación no existe ninguna seguridad sobre el resultado final. Por ello, sólo las empresas con importantes fondos propios estarán en condiciones de destinar cuantiosas sumas económicas a la actividad de innovación.

Parece lógico suponer que aquellos laboratorios que obtienen mayores beneficios realizan un mayor esfuerzo en innovación. Pero, por otro lado, encontramos que los laboratorios que realizan un significativo esfuerzo en I+D logran buenos resultados. La aportación original de este estudio consiste, precisamente, en analizar las dos direcciones de esta posible relación de forma simultánea con el fin de identificar la existencia de una relación circular positiva entre innovación y resultados empresariales.

El estudio comienza con un análisis de la actividad de investigación y desarrollo en la industria farmacéutica, prestando especial atención al proceso de desarrollo de un nuevo medicamento. A continuación se presentará un modelo analítico con las hipótesis básicas de nuestro estudio y que representarán la relación de interdependencia aludida anteriormente. Para el contraste de estas hipótesis se ha elegido una muestra de 13 laboratorios farmacéuticos multinacionales, du-

rante el período de tiempo comprendido entre los años 2000-2005, y se ha aplicado un modelo econométrico de ecuaciones simultáneas. Finalmente, se presentan las conclusiones del estudio con las principales cuestiones que pueden ser objetivo de posterior investigación.

## INNOVACIÓN FARMACÉUTICA

La industria farmacéutica es uno de los sectores innovadores por excelencia pero, a diferencia de otros sectores innovadores, en el farmacéutico se da una fuerte intensidad competitiva. Muchos laboratorios invierten recursos en actividades de I+D dentro de la misma área terapéutica, sin saber si serán o no los primeros en lanzar su producto al mercado. Las compañías se enfrentan de forma permanente con la amenaza de productos de la competencia, ya sean nuevos productos para el tratamiento de las mismas patologías, ya sean medicamentos genéricos tras la expiración de las patentes. La innovación es, pues, un factor clave que explica los mecanismos de competencia del sector.

En el caso de la industria farmacéutica, la actividad de innovación consiste fundamentalmente en lograr nuevos fármacos. A veces los laboratorios logran desarrollar un medicamento completamente nuevo, que supone una gran revolución en el ámbito científico. En muchos casos, la investigación no pretende ser una innovación radical, sino buscar moléculas de carácter similar a modelos originales, pero caracterizadas por una menor incidencia de efectos secundarios. En otras ocasiones el objeto de la innovación puede consistir también en nuevas o en mejores formas de administración de los medicamentos. Es más, el proceso de desarrollo de productos pioneros y de mejora de los ya existentes se realiza de forma simultánea, de manera que resulta difícil distinguir entre una actividad y otra (DiMasi y Paquette, 2004). En cualquier caso, desarrollar nuevos y mejores productos y patentes constituye una fuente de ventaja competitiva frente al resto de las empresas del sector (Commanor, 1965; Henderson y Cockburn, 1994; DeCarolis y Deeds, 1999).

En Europa, la inversión estimada de la industria farmacéutica en el año 2004 en actividades

de I+D alcanzó los 21.500 millones de euros, mientras que en Estados Unidos se situó en 27.100 millones de euros. Paradójicamente, en el año 1990 la inversión en I+D en Europa superaba la inversión de EE.UU. Algo similar ha ocurrido con el descubrimiento de moléculas que llegan al mercado como medicamentos. Durante el período 1988-1992 la mayoría fueron descubiertas por Europa (97 frente a 52 por EE.UU.), mientras que de los nuevos fármacos comercializados en los últimos años, 77 corresponden a Estados Unidos y 68 a Europa (Cotec, 2006).

Si nos referimos a la industria farmacéutica en España, en el año 2006 esta invirtió 793 millones de euros, un 3,6% más que la cantidad invertida en el año 2005. Desglosando la inversión total por fases de investigación, el 18% de la inversión en I+D –143 millones de euros– se destinó a investigación básica, y el 73% –582 millones de euros– a investigación aplicada. De estos, 80 millones se destinaron a investigación galénica, 93 millones a investigación preclínica, 322 millones a investigación clínica, 20,5 millones a estudios post-autorización y 65 millones de euros a otra investigación aplicada (Farmaindustria, 2006).

## PROCESO DE DESARROLLO DE UN NUEVO MEDICAMENTO

Se trata de un dilatado proceso que comprende múltiples fases, que van desde la investigación farmacológica en el laboratorio hasta el análisis estadístico de su eficacia y efectividad. Una vez que se demuestra la utilidad para combatir una determinada patología, se inicia otra prolongada y difícil etapa hasta conseguir la autorización para su comercialización y, posiblemente, su inclusión en las listas de medicamentos financiados por el erario público.

El desarrollo de numerosos estudios y pruebas tiene por objetivo garantizar la efectividad y la seguridad de los nuevos fármacos que se comercializan. Con ello se pretende verificar la efectividad del producto, medir la posible toxicidad, establecer la dosis óptima y conocer si dicho medicamento tiene efectos secundarios. Este proceso ha ido cambiando a lo largo de los años, a medida que los requisitos de seguridad y efectividad de los productos se han incrementado.

Se estima que la duración del desarrollo de un nuevo producto farmacéutico oscila entre los diez y los quince años (figura 1). Se calcula que de cada diez mil nuevas moléculas descubiertas, doscientas cincuenta pasan las pruebas preclínicas. De estas, cinco serán sometidas a las pruebas clínicas. Finalmente, sólo una superará todos los tests necesarios para ser aprobada y llegar al mercado (tabla 1). Con respecto a su coste, hay distintos estudios que lo sitúan en torno a los 645 millones de euros (aproximadamente unos 270 millones antes de entrar en la fase clínica y unos 375 para las fases clínicas por molécula aprobada). Finalmente, se puede observar que el riesgo de abandono es mucho mayor en las primeras fases, lo que hace que la inversión sea muy incierta. A partir de la fase clínica II el riesgo se reduce. La fase clínica III tiene un coste muy elevado, pero el riesgo es menor.

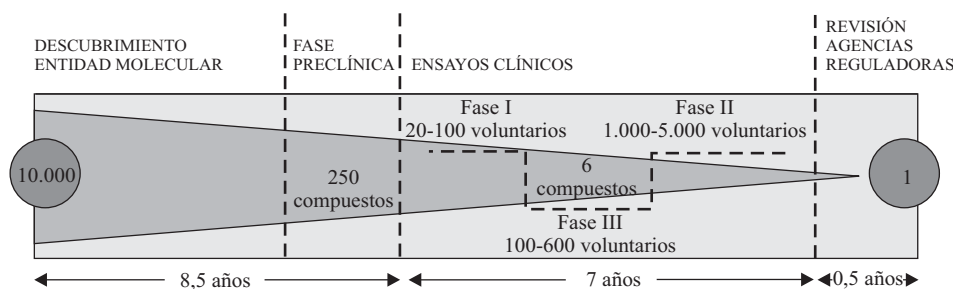
cuyos beneficios dependen mucho de la actividad innovadora. Años más tarde, Griliches (1981) encuentra una relación positiva entre la actividad innovadora y el valor de mercado de la empresa. Odagiri (1983), para una muestra de 370 empresas japonesas, estudia la relación entre el stock de activos intangibles tecnológicos, usando la inversión de la empresa en I+D y los resultados de la empresa, llegando a la conclusión de que aquellas empresas que presentan una intensidad de investigación por encima de la media presentan una relación positiva y significativa entre innovación y resultados. Haneda y Odagiri (1998), para una muestra de 90 empresas japonesas pertenecientes a los sectores farmacéutico, químico y de equipos eléctricos, usando gastos en I+D y números de patentes como medida de sus activos tecnológicos, llegan a la conclusión de que los activos tecnológicos contribuyen a incrementar el valor de la empresa, especialmente en la industria farmacéutica.

### ESTUDIO EMPÍRICO EN LA INDUSTRIA FARMACÉUTICA

Existen numerosos estudios que han puesto de manifiesto la relación entre la innovación y los resultados de la empresa, como los de Mansfield (1968) o Comanor (1964). Este último considera que la I+D es un elemento fundamental en la competencia entre laboratorios farmacéuticos,

Más recientemente, Bou-Wen y Ja-Shen (2005) encuentran una relación positiva entre la innovación –en este caso medida a través de las patentes– y el valor de la empresa. Coombs y Bierly (2006) estudian la relación entre la capacidad tecnológica –medida también a través de las patentes– y los resultados de las empresas. No encuentran una relación significativa entre

Figura 1.- Proceso de desarrollo de un fármaco



FUENTES: PhRMA (2006) y Cotec (2006).

Tabla 1.- Número de moléculas que llegan al mercado

Nuevas moléculas sintetizadas	8.000 -10.000
Moléculas que entran en test preclínicos	40
Moléculas que entran en fase clínica I	16
Moléculas que entran en fase clínica II	6,4
Moléculas que entran en fase clínica III	2,6
Moléculas que llegan al mercado	1

FUENTE: Berges et al. (2006).

patentes y resultados, pero sí para el valor de mercado.

Con respecto a la relación entre resultados empresariales y actividad innovadora, diferentes autores coinciden en que es necesario que las empresas generen un flujo de tesorería importante para mantener un considerable esfuerzo investigador, argumentado que la I+D se financia principalmente con recursos internos. Elliot (1971) llevó a cabo un análisis sobre 53 empresas durante el período 1953-1966, y encontró una relación positiva entre beneficios y actividad de I+D. No obstante, también se han señalado argumentos para justificar una relación en sentido contrario, esto es, que los beneficios pueden llegar a influir negativamente en el esfuerzo innovador, pues una empresa con beneficios decrecientes puede sentirse más presionada a innovar (Kamien y Schwartz, 1989).

La evidencia empírica de que la rentabilidad da lugar a un mayor esfuerzo innovador o a la producción de innovaciones parece débil; sin embargo, el hecho de que no se haya confirmado esta hipótesis puede que no indique la carencia de importancia de esta variable. La rentabilidad puede ser un "factor umbral", necesario en cierta cuantía para la actividad innovadora, pero sin ninguna relación directa (lineal) con esta (Kamien y Schwartz, 1989).

Si nos referimos a la industria farmacéutica, sí que encontramos resultados empíricos de esta relación. El trabajo de Grabowski (1968) aporta evidencia empírica de que una mayor rentabilidad da lugar a un aumento en el esfuerzo innovador. Más adelante, Scherer (2001) estudia la relación entre rentabilidad de los laboratorios farmacéuticos y su inversión en I+D. Este autor llega a la conclusión de que existe una fuerte relación entre ambos: a medida que aumentan las oportunidades de obtener beneficios, las empresas compiten para aprovecharlas, aumentando sus inversiones en investigación y desarrollo.

Giacotto *et al.* (2005) estudian, en lugar del beneficio, la influencia del precio de los medicamentos en la inversión en I+D por parte de los laboratorios farmacéuticos estadounidenses, encontrando una relación positiva. Los autores estiman que un incremento del 10% en el precio de los medicamentos se corresponde con un incremento en la inversión en I+D de casi un 6%.

## HIPÓTESIS Y VARIABLES

La hipótesis es que existe una relación de interdependencia entre los resultados de los laboratorios farmacéuticos y su inversión en I+D.

Para que las empresas realicen un esfuerzo investigador considerable son necesarios unos elevados beneficios corrientes, ya que estos constituyen una fuerte liquidez. Pero de forma alternativa, los beneficios corrientes se pueden considerar como un indicador de los beneficios futuros, de manera que la empresa que haya tenido éxito en el pasado estará dispuesta a asumir los riesgos que implica la investigación y el desarrollo con la esperanza de volver a alcanzar el éxito en el futuro (Kamien y Schwartz, 1989). En el caso concreto de la industria farmacéutica, los resultados que obtienen los laboratorios influyen en el esfuerzo innovador que realizan pero, a su vez, el esfuerzo innovador que realizan influye en los resultados que obtienen. Esta relación circular será desagregada en las dos siguientes hipótesis:

- $H_1$ : *Cuanto mayor sea la inversión en I+D, mejores serán los resultados obtenidos por los laboratorios.*
- $H_2$ : *Cuanto mejores resultados obtienen los laboratorios farmacéuticos, mayor es la inversión en I+D.*

Así, en la primera hipótesis se establece que aquellas empresas que realizan un mayor esfuerzo en investigación y desarrollo verán recompensados sus esfuerzos con unos mejores resultados. Por otro lado, en la segunda se plantea la relación causa-efecto en sentido contrario: lo que antes era efecto ahora es causa y viceversa, de tal forma que entendemos que unos mejores resultados empresariales implicarán un mayor flujo de fondos financieros destinados a la investigación.

Estas dos hipótesis nos indican las dos variables principales de nuestro estudio. Por un lado, se encuentra la inversión en I+D como medida del esfuerzo innovador de la empresa. Esta variable se representará por la medida tradicionalmente utilizada (Scherer, 1965; Grabowski, 1968; Griliches, 1981; Buesa 1992; Buesa *et al.*, 2002) como el cociente entre los gastos en I+D y

las ventas de la empresa. De esta forma se obtiene un dato que es comparable entre empresas y que no es dependiente de su tamaño.

Por otro lado, una medida habitual de resultados empresariales en toda la literatura de organización empresarial es la rentabilidad económica (ROA, *Return on Assets*), definida como el cociente entre los beneficios antes de intereses e impuestos y el activo total neto. Esta ratio representa el resultado obtenido en relación con los recursos empleados para lograrlo.

Si estas son las dos variables principales de nuestro estudio, que serán dependientes e independientes al mismo tiempo al considerar la existencia de una relación circular, el posterior modelo de contraste de las hipótesis exigirá el uso de un conjunto de variables instrumentales. Estas variables instrumentales no son objeto de estudio en sí mismas, pero su utilización es vital para que el modelo de ecuaciones simultáneas sea más robusto en la determinación de la existencia de endogeneidad en la relación circular. En otras palabras, sin las siguientes variables instrumentales no podríamos estar en condiciones de afirmar que somos capaces de medir la relación circular de forma simultánea. En la tabla 2 se recogen las distintas variables, tanto dependientes como independientes e instrumentales, así como su descripción.

Uno de los criterios más comúnmente utilizado para establecer el *tamaño* de la empresa es el que atiende al número de empleados. Sin embargo, no siempre hay coincidencia sobre los tramos utilizados por los diferentes autores o instituciones a este respecto. En nuestro caso, vamos a medir el tamaño de los laboratorios farmacéuticos basándonos en el número medio de empleados.

La *estructura de propiedad* se reflejará en la pertenencia a un grupo de empresas de carácter

multinacional y capital privado, como una variable categórica, distinguiendo si cada uno de los laboratorios pertenece a un grupo de empresas o no.

Las *capacidades organizativas* están constituidas por la experiencia y los conocimientos acumulados a lo largo de la historia de la organización que influyen en la forma actual de actuar, de pensar y de resolver posibles conflictos o problemas. Se trata de un factor de carácter intangible y, por tanto, difícil de medir, si bien una de las formas más habituales de valorar este indicador es mediante la edad de la organización (Busom, 1993; Kumar y Saqib, 1996; Molero y Buesa, 1996; Gumbau, 1997; Kuemmerle, 1998). La edad de una organización se identifica con una gestión de la comunicación más eficaz, con unas rutinas organizativas generadas y perfeccionadas a lo largo del tiempo, con una capacidad de absorción superior y con una mayor creatividad.

Con respecto a la *estructura de capital* de los laboratorios, nos vamos a fijar en el nivel de endeudamiento de cada uno de ellos. El nivel de endeudamiento lo vamos a calcular con la ratio deudas (acreedores a largo plazo + acreedores a corto plazo) entre capitales propios (fondos propios + ingresos a distribuir + provisiones para riesgos y gastos). Este indicador muestra el grado de autonomía financiera de la empresa, ya que se relaciona el importe de las fuentes de financiación ajenas y que, por tanto, se han de devolver con la cuantía de los recursos propios. En principio, cuanto mayor sea el nivel de endeudamiento, mayor será la dependencia de la empresa con respecto a los suministradores de capital, y más comprometida será su situación financiera.

En relación con el grado de *diversificación* de los laboratorios farmacéuticos, podemos distin-

**Tabla 2.-** Descripción de las variables e indicadores utilizados en el modelo empírico

VARIABLE	DESCRIPCIÓN	MEDIDA	DENOMINACIÓN
Política de I+D	Esfuerzo innovador	Gastos I+D/Ventas	<i>ESFINNOV</i>
Resultados	Rentabilidad económica	BAIT/Activo total	<i>ROA</i>
Tamaño	Empleados	Número de empleados	<i>EMPLEADO</i>
Estructura de propiedad	Pertenencia a un grupo empresarial	Pertenencia a un grupo empresarial (sí/no)	<i>ESTRUCT</i>
Capacidades organizativas	Edad de la organización	Fecha de constitución	<i>EDAD</i>
Estructura de capital	Endeudamiento	Deudas/Capitales propios	<i>ENDEUD</i>
Diversificación	Presencia en varios negocios	Presencia en varios negocios (sí/no)	<i>DIVERSIF</i>

FUENTE: Elaboración propia.

guir entre los que centran su actividad en la fabricación de especialidades farmacéuticas de prescripción y aquellos que diversifican su actividad hacia otros productos. En el primer caso la estrategia común de las empresas suele ser multiproducto, concentrándose en dos o tres grupos terapéuticos. Con respecto a las empresas que diversifican sus actividades fuera del ámbito de las especialidades farmacéuticas éticas, pueden dirigirse a otras actividades más o menos relacionadas: medicamentos genéricos, medicamentos para uso veterinario o integración vertical hacia atrás introduciéndose en la química fina. Se trata, de nuevo, de una variable categórica, distinguiendo si cada uno de los laboratorios tiene presencia en más de un negocio o no.

### MODELO Y RESULTADOS

El objetivo del estudio empírico consiste en el análisis de una posible relación circular simultánea entre esfuerzo innovador y resultados empresariales en las empresas del sector farmacéutico. Para ello utilizaremos una muestra de 13 laboratorios que se encuentran entre los principales laboratorios internacionales (tabla 3). El período de estudio contemplado será de seis años –entre los años 2000 y 2005–, lo cual nos permitirá tener un conjunto de 78 observaciones.

**Tabla 3.-** Laboratorios farmacéuticos utilizados en la muestra y su posición en la lista de ventas del año 2004

LABORATORIO	VENTAS (en millones de euros)	POSICIÓN EN EL RANKING DE VENTAS
Pfizer	38.125	1
GlaxoSmithKline	25.965	2
Sanofi-Aventis	24.460	3
Johnson&Johnson	18.290	4
Merck	17.760	5
AstraZeneca	17.710	6
Novartis	15.290	7
Bristol-Myers Squibb	12.795	8
Roche	11.440	9
Lilly	10.790	10
Abbott	9.470	12
Schering-Plough	5.300	15
Bayer	4.570	16

FUENTE: Elaboración propia a partir de Cotec (2006).

La relación circular o de interdependencia que existe entre las dos variables mencionadas

requiere un tratamiento estadístico basado en la utilización de ecuaciones simultáneas. Este tipo de modelo estadístico pretende resolver el problema de la endogeneidad provocada por la existencia de una relación bidireccional o de interdependencia estimada con el mismo conjunto de observaciones.

La utilización de ecuaciones simultáneas es, no obstante, una decisión delicada para el investigador. Ello se debe a que, si bien permite eliminar los efectos perjudiciales de la simultaneidad, si se aplica este método cuando no existe endogeneidad los parámetros estimados resultarán consistentes, pero no eficientes. Por ello, se convertirá en una cuestión esencial determinar la existencia de endogeneidad a través de la prueba de especificación de Hausman, como paso previo a la utilización de ecuaciones simultáneas.

Así, pues, las etapas necesarias<sup>1</sup> para el contraste de las hipótesis son las siguientes: 1) especificación inicial de las ecuaciones de las hipótesis  $H_1$  y  $H_2$  mediante mínimos cuadrados ordinarios; 2) detección de la endogeneidad; 3) identificación del sistema; 4) estimación del modelo de ecuaciones simultáneas.

1) *Especificación inicial de las ecuaciones de las hipótesis  $H_1$  y  $H_2$  mediante mínimos cuadrados ordinarios.* En esta primera etapa obtenemos dos ecuaciones estadísticamente válidas que nos servirán para predecir valores de las variables dependientes de cada una de las hipótesis. Así, tras un proceso de eliminación regresiva de aquellas variables que presentan parámetros estadísticamente no significativos, se obtiene una ecuación para la variable  $ROA$  (variable dependiente de la hipótesis  $H_1$ ) a través de una serie de factores explicativos:  $ESFINNOV$ ,  $ESTRUCT$ ,  $ENDEUD$  y  $DIVERSIF$ , y otra ecuación para la variable  $ESFINNOV$  (variable dependiente de la hipótesis  $H_2$ ) teniendo como factores explicativos o regresores a las variables  $ROA$ ,  $EMPLEADO$ ,  $ESTRUCT$  y  $ENDEUD$ .

2) *Detección de la endogeneidad.* La segunda etapa consistió en la aplicación de la prueba de especificación de Hausman. Básicamente, esta prueba de Hausman trata de averiguar si existe una correlación entre la perturbación o término error y alguno de los regresores o variables in-

dependientes. Esta prueba nos permitió detectar la existencia de endogeneidad en la relación circular y la necesidad, entonces, de la utilización de un sistema de ecuaciones simultáneas.

Para ello se realiza un análisis de regresión lineal múltiple de la ecuación 1 calculada en la primera etapa del contraste. En ese momento, y a través de un proceso de estimación por eliminación regresiva, obtuvimos una ecuación cuya variable dependiente era *ROA*, y cuyas variables explicativas eran *ESFINNOV*, *ESTRUCT*, *ENDEUD* y *DIVERSIF*. Ahora se efectúa la misma regresión, sólo que se incluye un regresor adicional que consiste en el valor predicho de la variable *ESFINNOV*. En definitiva, la regresión a estimar es la siguiente:

$$ROA_t = \beta_0 + \beta_1 ESFINNOV_t + \beta_2 ESTRUCT_t + \beta_3 ENDEUD_t + \beta_4 DIVERSIF_t + \beta_5 ESFINNOV(\text{valor predicho})_t + U_t$$

donde *ROA<sub>t</sub>* es la rentabilidad económica en el período *t*; *ESFINNOV<sub>t</sub>* es el esfuerzo en I+D en el período *t*; *ESTRUCT<sub>t</sub>* es la estructura de propiedad en el período *t*; *ENDEUD<sub>t</sub>* es el endeudamiento en el período *t*; *DIVERSIF<sub>t</sub>* es el grado de diversificación en el período *t*; *ESFINNOV (valor predicho)<sub>t</sub>* es el valor predicho de la variable *ESFINNOV* en el período *t*; y *U<sub>t</sub>* es el término de perturbación aleatorio del modelo en el período *t*.

El resultado de la prueba de especificación de Hausman se presenta en la tabla 4. En esta tabla aparece el análisis de la varianza correspondiente a la regresión lineal múltiple realizada con las variables mencionadas anteriormente. La prueba de la *F* de Fisher Snedecor nos permite contrastar la hipótesis de que los parámetros estimados son en conjunto iguales a 0. Al ser el *p*-valor de  $F < 0,05$ , rechazamos la hipótesis de que  $\beta_0 = \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \beta_4 = \beta_5 = 0$ . Esto supone admitir que los parámetros en conjunto son significativos y distintos de 0, por lo que las variables no pueden tratarse como exógenas. Las variables son endógenas y afirmamos la existencia de endogeneidad. La existencia de endogeneidad, como hemos insistido previamente, exige la aplicación de un método de estimación a través de ecuaciones simultáneas.

**Tabla 4.-** Prueba de especificación de Hausman

	SUMA DE CUADRADOS	gl	MEDIA CUADRÁTICA	F	SIG.
Regresión	1,0675	5	0,2135	6,320	0,000
Residual	1,7450	61	0,0286		
Total	2,8125	66			

Variable dependiente: *ROA*.  
Variables predictoras: *ESFINNOV*, *ESTRUCT*, *ENDEUD*, *DIVERSIF* y *ESFINNOV (valor predicho)*.

FUENTE: Elaboración propia.

3) *Identificación del sistema.* Aunque la prueba de Hausman nos indique la existencia de endogeneidad y la necesidad del uso de ecuaciones simultáneas, es imprescindible como paso previo la identificación del sistema, que consiste básicamente en determinar si los parámetros del modelo son estimables a través de la identificación de las denominadas condiciones de orden y rango.

La condición de orden es una condición necesaria, pero no suficiente para la identificación de las ecuaciones del sistema. Esta condición indica que el número de variables predeterminadas excluidas en una determinada ecuación debe ser, al menos, tan alto como el número de variables endógenas incluidas en dicha ecuación -1 (Gujarati, 1997). En nuestro modelo, las dos ecuaciones se encuentran sobreidentificadas y, por ello, cumplen la condición de orden.

La condición de orden es complementada por la condición de rango. Según esta condición (Gujarati, 1997), una ecuación está identificada si y sólo si se puede construir por lo menos un determinante diferente de 0, de orden  $(M-1) \times (M-1)$ , a partir de los coeficientes de las variables (endógenas y predeterminadas) excluidas de esa ecuación particular, pero incluidas en las otras ecuaciones del modelo. En nuestro sistema era necesario encontrar por lo menos un determinante distinto de 0 de orden  $1 \times 1$  a partir de los coeficientes de las variables excluidas en una ecuación, pero incluidos en la otra. Como tal circunstancia se cumple en nuestro modelo, podemos afirmar que se cumple la condición de rango. El cumplimiento de las dos condiciones significa que los parámetros estructurales de nuestro modelo de dos ecuaciones sí que pueden ser estimados.

4) *Estimación del modelo de ecuaciones simultáneas.* En la cuarta y última etapa del con-

traste de las hipótesis se realiza la estimación del modelo de ecuaciones simultáneas definido en las etapas precedentes, teniendo en cuenta que en él existen endogeneidad e identificación.

El modelo de ecuaciones simultáneas puede ser estimado a través de distintas técnicas estadísticas. Nosotros, por prudencia, hemos elegido el método de mínimos cuadrados en dos fases o en dos etapas, ya que tiene como característica deseable el que se muestra poco sensible a problemas derivados de los errores de especificación. Este método de mínimos cuadrados en dos fases o etapas requiere la identificación de tres tipos de variables: variables dependientes, independientes e instrumentales.

La utilización de variables instrumentales es imprescindible para una mejor aproximación de las variables explicativas endógenas del sistema. En nuestro estudio, y para cada una de las dos ecuaciones a estimar, se han utilizado como variables instrumentales las variables independientes más el resto de variables utilizadas en nuestro estudio empírico. En la tabla 5 podemos observar un resumen de las variables utilizadas.

**Tabla 5.-** Variables dependientes, independientes e instrumentales en el modelo de ecuaciones simultáneas

ECUACIÓN	VARIABLES DEPEND.	VARIABLES INDEPEND.	VARIABLES INSTRUMENT.
1	ROA	ESFINNOV ESTRUCT ENDEUD DIVERSIF	ESFINNOV EMPLEADO ESTRUCT EDAD ENDEUD DIVERSIF
2	ESFINNOV	ROA EMPLEADO ESTRUCT ENDEUD	ROA EMPLEADO ESTRUCT EDAD ENDEUD DIVERSIF

FUENTE: Elaboración propia.

Los resultados de la primera ecuación del modelo de ecuaciones simultáneas correspondiente a la hipótesis  $H_1$  se muestran en la tabla 6<sup>2</sup>. El dato más importante de estos resultados se refiere al valor del estimador asociado a la variable *ESFINNOV*. Su valor positivo, unido a su significación estadística, nos indica que un mayor esfuerzo en investigación provoca mayores niveles de rentabilidad económica en la muestra considerada. Aceptamos, pues, la hipótesis  $H_1$ .

**Tabla 6.-** Resultados de la primera ecuación del modelo de ecuaciones simultáneas correspondiente a la hipótesis  $H_1$

VARIABLES INDEPENDIENTES	COEFICIENTES
(Constante)	0,119*** (0,035)
<i>ESFINNOV</i>	0,135** (0,035)
<i>ESTRUCT</i>	0,051*** (0,012)
<i>ENDEUD</i>	-0,102** (0,042)
<i>DIVERSIF</i>	-0,027** (0,011)
$R^2$	0,327
$F$	6,154***

Errores tipificados entre paréntesis: \*Significativo al 10%; \*\*Significativo al 5%; \*\*\*Significativo al 1%.

FUENTE: Elaboración propia.

Los resultados de la segunda ecuación del modelo de ecuaciones simultáneas correspondiente a la hipótesis  $H_2$  se muestran en la tabla 7<sup>3</sup>.

**Tabla 7.-** Resultados de la segunda ecuación del modelo de ecuaciones simultáneas correspondiente a la hipótesis  $H_2$

VARIABLES INDEPENDIENTES	COEFICIENTES
(Constante)	-1,877** (0,754)
ROA	1,517*** (0,473)
EMPLEADO	0,409*** (0,138)
ESTRUCT	1,513** (0,715)
ENDEUD	0,002** (0,001)
$R^2$	0,378
$F$	7,153***

Errores tipificados entre paréntesis: \*Significativo al 10%; \*\*Significativo al 5%; \*\*\*Significativo al 1%.

FUENTE: Elaboración propia.

El valor positivo o negativo de los estimadores asociados a cada una de las variables independientes no es relevante en tanto en cuanto no se pretendía contrastar el sentido de tales relaciones con la variable dependiente *ESFINNOV*. El único parámetro especialmente importante es el asociado a la variable *ROA*. Su valor positivo nos indica que cuanto mayor es la rentabilidad económica, mayor es el gasto que se realiza en actividades de I+D.

## CONCLUSIONES

El objetivo que nos planteamos con este trabajo fue analizar la existencia de una relación positiva entre innovación y rentabilidad económica de los laboratorios en la industria farma-



céutica. La revisión de la literatura nos muestra la existencia de esa relación en un sentido y en otro, pero la aportación del presente estudio consiste, precisamente, en analizar las dos direcciones de esta posible relación de forma simultánea.

A la vista de los resultados obtenidos del trabajo empírico desarrollado, podemos concluir que aquellos laboratorios farmacéuticos que realizan un mayor esfuerzo en investigación, alcanzan una mayor rentabilidad económica. Esta conclusión apoyaría uno de los paradigmas de la investigación sobre estrategia empresarial: el proceso de cómo los recursos y capacidades estratégicos son el origen de una ventaja competitiva y de rentas empresariales. En este sentido, la innovación en la industria farmacéutica proporciona a los laboratorios una ventaja competitiva respecto de sus competidores, lo que le permite no sólo recuperar la inversión realizada en investigación y desarrollo, sino obtener unas rentas superiores.

Hemos comprobado igualmente que la rentabilidad obtenida por los laboratorios incide positivamente en la decisión de invertir en investigación y desarrollo. Los laboratorios farmacéuticos confían y reconocen la importancia de la innovación como factor determinante para competir en la industria.

Se demuestra, por tanto, la existencia de una relación circular entre el esfuerzo innovador y la rentabilidad económica. Los resultados que obtienen los laboratorios farmacéuticos influyen en la decisión de invertir en I+D pero, a su vez, invertir en actividades de innovación va a incidir de manera positiva sobre los resultados obtenidos por cada laboratorio.

Comprobamos que, coincidiendo con los estudios realizados anteriormente a este respecto, la innovación desempeña un papel fundamental en la industria farmacéutica. Efectivamente, los laboratorios que invierten en I+D obtienen mejores resultados y, por consiguiente, siguen invirtiendo para lograr nuevas innovaciones, creándose así un círculo virtuoso sumamente beneficioso para la sociedad en general, ya que es necesario seguir realizando investigación de nuevos medicamentos, pues todavía no existen tratamientos adecuados para muchas de las afecciones médicas reconocidas actualmente.

Somos conscientes de la existencia de ciertas limitaciones en el estudio realizado. Entre ellas se encuentra el que, a pesar de contar con información de los mayores laboratorios farmacéuticos, el tamaño de la muestra no permite un conjunto de observaciones muy elevado. Por otro lado, la utilización de grandes laboratorios deja fuera de la muestra la existencia de pequeños laboratorios que, quizás sin una labor de investigación tan intensa, son altamente rentables gracias a la ocupación de pequeños nichos de mercado que dejan libres los grandes competidores.

Como línea de investigación futura nos parece muy interesante realizar el mismo modelo de análisis en otros sectores industriales con el objeto de poder determinar si se produce también la relación circular entre innovación y resultados. En sectores que tradicionalmente dedican una menor inversión en I+D sería interesante comprobar si esa falta de esfuerzo de innovación se debe a que no existe esa relación circular o a su desconocimiento, lo que supondría una recomendación empresarial altamente provechosa.

## NOTAS

1. Véase Gujarati (1997) y Maddala (1996). Asimismo, es muy recomendable el trabajo de Fuente y Quevedo (2003) por su claridad en la exposición de las etapas que implica la estimación de un modelo de ecuaciones simultáneas.
2. La primera ecuación presenta una calidad o bondad del ajuste adecuada, con un coeficiente de determinación  $R^2$  de 0,327. La ecuación es estadísticamente significativa en su conjunto al presentar un  $p$ -valor de la  $F$  de Fisher Snedecor  $<0,05$ . Todos los parámetros estimados son individualmente significativos. Asimismo, los coeficientes estimados son insesgados y óptimos.
3. Al igual que en la primera ecuación, las características estadísticas son las deseadas: buena calidad del ajuste ( $R^2 = 0,378$ ), la ecuación es estadísticamente significativa en su conjunto ( $p$ -valor de la  $F$  de Fisher  $<0,05$ ). Todos los parámetros estimados son individualmente significativos, y los coeficientes estimados son insesgados y óptimos.

## BIBLIOGRAFÍA

BALLANCE, R.; POGANI, J.; FORSTNER, H. (1992): *The World's Pharmaceutical Industries: An Inter-*

- national Perspective on Innovation, Competition and Policy*. Cheltenham: Elgar
- BERGES, M.; VERDAGUER, M.C.; DEVESA, F. (2006): *Valoración y licencia de patentes de nuevos productos farmacéuticos*. Fundación Bosch i Gimpera, Centro de Innovación.
- BOU-WEN, L.; JA-SHEN, CH. (2005): "Corporate Technology Portfolios and R&D Performance Measures: A Study of Technology Intensive Firms", *R&D Management*, 35 (2), pp. 157-170.
- BOU-WEN; L.; YIKUAN, L.; SHIH-CHANG, H. (2006): "R&D Intensity and Commercialization Orientation Effects on Financial Performance", *Journal of Business Research*, 59, pp. 679-685.
- BUESA, M. (1992): "Patentes e innovación tecnológica en la industria española (1967-1986)", en J.L. García Delgado [ed.]: *Economía española, cultura y sociedad. Homenaje a Juan Velarde Fuentes*, t. I, pp. 819-855. EUDEMA.
- BUESA, M.; BAUMERT, T.; HEIJS, J.; MARTÍNEZ, M. (2002): "Los factores determinantes de la innovación: un análisis econométrico sobre las regiones españolas", *Economía Industrial*, 347, pp. 67-84.
- BUSOM, I. (1993): "Los proyectos de I+D de las empresas: un análisis empírico de algunas de sus características", *Revista Española de Economía* (monográfico: "Investigación y Desarrollo"), pp. 39-65.
- COMANOR, W.S. (1964): "Research and Competitive Product Differentiation in the Pharmaceutical Industry in the United States", *Economica*, 31, pp. 372-384.
- COMANOR, W.S. (1965): "Research and Technical Change in Pharmaceutical Industry", *Review of Economics and Statistics*, 66, pp. 682-686.
- COOMBS, J.E.; BIERLY III, P.E. (2006): "Measuring Technological Capability and Performance", *R&D Management*, 36 (4), pp. 421-438.
- COTEC (2006): *Biotecnología en la medicina del futuro*. Madrid: Gráficas Arias Montano.
- DECAROLIS, D.; DEEDS, D.L. (1999): "The Impact of Stocks and Flows of Organizational Knowledge on Firm Performance: An Empirical Investigation of the Biotechnology Industry", *Strategic Management Journal*, 20, pp. 953-968.
- DI MASI, J.; PAQUETTE, C. (2004): "The Economics of Follow-On Drug R&D: Trends in Entry Rates and Timing of Development", *Pharmacoeconomics*, 22, pp. 1-14.
- ELLIOTT, J.W. (1971): "Funds Flow vs. Expectational Theories of Research and Development Expenditures in the Firm", *Southern Economic Journal*, 37, pp. 407-422.
- FARMAINDUSTRIA (2006): *Memoria anual*. Madrid: Farmaindustria.
- FUENTE SABATÉ, J.M. DE LA; QUEVEDO PUENTE, E. DE (2003): "El estudio del problema de endogeneidad y circularidad en la relación reputación-creación de valor aplicando modelos de ecuaciones simultáneas", en C. Camisón, M.J. Oltra y M.L. Flor [ed.]: *Enfoques, problemas y métodos de investigación en economía y dirección de empresas, Actas del VIII Taller de Metodología de ACEDE*, pp. 209-224. ACEDE / Fundació Universitat Empresa.
- GALDON, C. (1996): *Innovaciones y proceso en la industria farmacéutica*. Madrid: Doce Calles.
- GENNARO, A. (1990): *Remington's Pharmaceutical Sciences*. 18ª ed. Easton, PA: Mack.
- GIACCOTTO, C.; SANTERRE, R.; VERMON, J. (2005): "Drug Prices and Research and Development Investment Behavior in the Pharmaceutical Industry", *The Journal of Law and Economics*, 48 (1), pp. 195-214.
- GRABOWSKI, H.G. (1968): "The Determinants of Industrial Research and Development: A Study of the Chemical, Drug and Petroleum Industries", *Journal of Industrial Economics*, 21, pp. 209-235.
- GRILICHES Z. (1981): "Market Value, R&D and Patents", *Economic Letters*, 7, pp. 183-187.
- GUJARATI, D.N. (1997): *Econometría*. Santafé de Bogotá: McGraw-Hill Interamericana.
- GUMBAU, M. (1997): "Análisis microeconómico de los determinantes de la innovación: aplicación a las empresas industriales españolas", *Revista Española de Economía*, 14 (1), pp. 41-66.
- HANEDA S.; ODAGIRI, H. (1998): "Appropriation of Returns from Technological Assets and the Values of Patents and R&D in Japanese High-Tech Firms", *Economics of Innovation and New Technology*, 7 (4), pp. 303-321.
- HENDERSON, R.; COCKBURN, I. (1994): "Measuring Competence? Exploring Firm Effects in Pharmaceutical Research", *Strategic Management Journal*, 15, pp. 63-84.
- KAMIEN, M.; SCHWARTZ, N. (1989): *Estructura de mercado e innovación*. Madrid: Alianza (Serie Economía y Finanzas).
- KUEMMERLE, W. (1998): "Optimal Scale for Research and Development in Foreign Environments: An Investigation Into Size and Performance of Research and Development Laboratories Abroad", *Research Policy*, 37 (2), pp. 111-126.
- KUMAR, N.; SAQIB, M. (1996): "Firm Size, Opportunities for Adaptation In-House R&D Activity in Developing Countries: The Case of Indian Manufacturing", *Research Policy*, 25 (5), pp. 713-722.
- LOBATO, P.; LOBO, F.; ROVIRA, J. (1997): *La industria farmacéutica en España Tras la unificación del*

- Mercado Europeo. Política industrial y estrategia empresarial.* Madrid: Farmaindustria.
- MADDALA, G.S. (1996): *Introducción a la econometría.* 2ª ed. Madrid: Prentice Hall.
- MANSFIELD, E. (1968): *Industrial Research and Technological Innovation: An Econometric Analysis.* New York: Norton.
- MOLERO, J.; BUESA, M. (1996): "Patterns of Technological Change among Spanish Innovative Firms: The Case of the Madrid Region", *Research Policy*, 25 (4), pp. 647-663.
- ODAGIRI, H. (1983): "R&D Expenditures, Royalty Payments and Sales Growth in Japanese Manufacturing Corporations", *Journal of Industrial Economics*, XXXII (1), pp. 61-71.
- RHRMA (2006): *Informe 2006. Medicamentos en desarrollo de biotecnología.*
- SCHERER, F.M. (1965): "Firm Size, Market Structure, Opportunity, and the Output of Patented Inventions", *American Economic Review*, 55, pp. 1097-1127.