

Curso 1995/96
HUMANIDADES Y CIENCIAS SOCIALES

JUAN ACOSTA BALLESTEROS

**Análisis económico de la política tecnológica:
una aproximación econométrica a los proyectos
concertados del Plan Nacional de Investigación
y Desarrollo Tecnológico**

Directores
AURELIA MODREGO RICO
MANUEL NAVARRO IBÁÑEZ



SOPORTES AUDIOVISUALES E INFORMÁTICOS
Serie Tesis Doctorales

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a los directores de esta tesis, Aurelia Modrego y Manuel Navarro. Aurelia Modrego sugirió esta línea de investigación, me introdujo en las técnicas estadísticas y econométricas que se utilizan en este estudio, consiguió el acceso a la información necesaria y ha realizado una paciente labor de seguimiento y supervisión de esta investigación. Manuel Navarro ha aportado su visión general y analítica, su rigor en la exigencia de los contenidos y de la exposición y ha contribuido de forma determinante a la estructura final de este trabajo; además, por su proximidad geográfica, ha estado en disposición de proporcionarme el ánimo necesario en los momentos de desaliento.

Deseo destacar la ayuda que he recibido de mis compañeros del Área de Fundamentos del Análisis Económico, sustituyéndome en las tareas docentes durante mis estancias en la Universidad Carlos III de Madrid. En especial, quiero agradecer a Gracia Rodríguez y a Pilar Osorno su apoyo incondicional y su estímulo constante. Además, a Pilar le debo la posibilidad de debatir los problemas y resultados econométricos que surgían en el desarrollo de esta investigación. Con Gracia estoy en deuda por la orientación que me proporcionó cuando abordé la revisión de la literatura sobre el racionamiento del crédito a causa de asimetrías de información así como por su ayuda en la etapa final de elaboración de esta memoria.

Agradezco los comentarios y sugerencias que he recibido de la profesora Amaya Zárraga de la Universidad del País Vasco en relación a las técnicas de análisis factorial.

Deseo destacar que esta investigación se ha beneficiado de los resultados de un primer análisis de los Proyectos Concertados que llevé a cabo junto con los profesores Rafael Doménech de la Universidad de Alicante y Elena Revilla de la Universidad de Valladolid. Además, tengo que agradecer a Elena el constante aliento que me ha proporcionado.

Debo señalar que este estudio ha sido posible gracias a la información facilitada por la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología y por el Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial. Asimismo, deseo mencionar la generosidad con la que Jesús González me proporcionó datos sobre empresas que realizan I+D en España.

También tengo que dejar constancia de que esta investigación pudo iniciarse gracias a mis dos estancias en la Universidad Carlos III de Madrid, que fueron financiadas por la Dirección General de Universidades del Gobierno de Canarias, el Curso de Análisis y Gestión de la Ciencia y la Tecnología de la Universidad Carlos III y el Departamento de Economía y Dirección de Empresas de la Universidad de La Laguna. Agradezco a Sonia, a María José y a María Luisa tanto su colaboración como la amabilidad con la que me trataron durante el tiempo que permanecí en Madrid.

Por último, deseo agradecer a mi familia y amigos la paciencia y comprensión que han tenido durante estos años.

A mis padres y a mi hermana

INDICE:

Capítulo 1: Introducción.	1
Capítulo 2: La teoría económica de la política tecnológica.	11
2.1. La intervención pública en apoyo de la I+D empresarial y la competencia a través de la innovación tecnológica.	14
2.1.1. El incentivo a innovar.	16
2.1.2. Carreras por la patente.	20
2.1.3. Competencia en I+D con estructura del mercado de productos endógena.	30
2.1.4. Modelos que incorporan las externalidades de los procesos de I+D.	36
2.1.4.1. La optimalidad de la inversión empresarial en I+D desde la óptica de los modelos que admiten la cooperación entre empresas.	44
2.1.5. Características de los proyectos de I+D.	46
2.2. La innovación tecnológica en los modelos de crecimiento endógeno.	54
2.2.1. Los modelos de crecimiento endógeno: una acotación.	54
2.2.2. Modelos de invención.	58
2.3. Estudios empíricos sobre la divergencia entre las tasas de rentabilidad sociales y privadas de la inversión en actividades de I+D.	74
2.3.1. Estudios empíricos.	75
2.4. Conclusiones.	96
Capítulo 3: La financiación pública de la investigación empresarial realizada con la colaboración de centros públicos de investigación: los Proyectos Concertados.	105
3.1. La política de ciencia y tecnología en España: una síntesis.	108
3.1.1. Antecedentes.	109
3.1.2. El sistema actual.	119
3.1.2.1. El Plan Nacional de I+D.	121
3.1.2.2. La política tecnológica.	127
3.1.3. Los Proyectos Concertados.	134
3.2. La colaboración entre empresas y centros públicos de investigación.	140
3.2.1. Ciencia y tecnología.	141
3.2.2. Estudios empíricos que miden la importancia de la investigación académica para la innovación industrial.	150
3.2.3. Los vínculos entre empresas y universidades.	161
3.2.4. La colaboración con centros públicos de investigación en España.	177

3.3. Los Proyectos Concertados y la financiación de la inversión empresarial en investigación y desarrollo.	181
3.3.1. Introducción.	181
3.3.2. La autofinanciación de la inversión en I+D.	184
3.3.3. Información asimétrica y racionamiento del crédito.	186
3.4. Conclusiones.	196
Capítulo 4. Un análisis estadístico y econométrico de la actuación pública respecto a los Proyectos Concertados.	207
4.1. Las actividades de I+D en la empresa española.	211
4.2. Características de las empresas que desarrollan los Proyectos Concertados.	220
4.2.1. Introducción.	220
4.2.2. Resultados del análisis factorial de correspondencias: interpretación de los ejes factoriales.	224
4.2.3. Clasificación de las empresas utilizando los ejes factoriales.	235
4.2.4. Clasificación de las empresas atendiendo a su dimensión y propensión a desarrollar Proyectos Concertados.	240
Anexo A4.2.1. Análisis de la representatividad de la muestra de empresas.	248
Anexo A4.2.2. Descripción de las variables utilizadas.	263
Anexo A4.2.3. Resultados del análisis de correspondencias múltiples.	267
Anexo A4.2.4. Descripción de los grupos 1 a 4.	271
Anexo A4.2.5. Descripción de los grupos A a G.	276
4.3. Los Proyectos Concertados: una aproximación a la actuación pública.	281
4.3.1. Datos y variables.	282
4.3.2. Resultados del análisis factorial de correspondencias.	285
4.3.2.1. Interpretación de los ejes factoriales.	285
4.3.2.2. Programas Nacionales y comunidades autónomas.	292
4.3.3. Clasificación de los Proyectos Concertados.	298
4.3.4. Relaciones entre los grupos de empresas y la actuación del CDTI.	308
4.3.4.1. La participación de centros públicos de investigación en el desarrollo del proyecto.	308
4.3.4.2. Número de proyectos concedidos a la empresa.	311
4.3.4.3. Financiación del Plan Nacional de I+D.	313
Anexo A4.3.1. Descripción de las variables.	318
Anexo A4.3.2. Resultados del análisis de correspondencias múltiples.	325
Anexo A4.3.3. Descripción de los grupos de proyectos.	332

4.4. Determinantes de la financiación proporcionada a los Proyectos Concertados del Plan Nacional de I+D.	340
4.4.1. El modelo.	341
4.4.1.1. El modelo teórico.	341
4.4.1.2. Un modelo viable.	350
4.4.2. Variables explicativas.	358
4.4.3. Resultados de la estimación.	361
4.4.3.1. Ecuación de participación.	361
4.4.3.2. Determinantes de la financiación.	363
4.4.4. El sesgo de la colaboración.	374
4.5. Conclusiones.	383
Capítulo 5. Reflexiones finales.	397
Referencias bibliográficas.	407

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN.

En la actualidad nadie pone en duda la importancia que los avances tecnológicos tienen en la mejora de la productividad y la competitividad de los países. Aunque el reconocimiento del papel del cambio tecnológico no es nuevo, puesto que ya había sido puesto de manifiesto en los trabajos de Abramovitz (1956) y Solow (1957), es más reciente la aceptación por parte de los economistas de que el progreso tecnológico no surge exógenamente como consecuencia de los avances en la ciencia sino que proviene, en gran parte, de la dedicación explícita de recursos por parte de las empresas.

Siguiendo esta línea, los modelos económicos que analizan el cambio tecnológico han de construirse partiendo de la premisa de que la innovación -introducción en el mercado de un nuevo producto o proceso productivo- requiere, necesariamente, que se lleven a cabo en la empresa actividades organizadas de investigación y desarrollo tecnológico (I+D). De esta forma, las actividades de I+D se asemejan a procesos de inversión mediante los cuales se esperan obtener mayores beneficios en el futuro. Por ello, las decisiones que adoptan las empresas en materia de I+D deben ser incorporadas a los modelos teóricos teniendo en cuenta que la competencia entre las empresas se establece, en buena medida, mediante la introducción de nuevos productos y procesos de producción más eficientes.

Ahora bien, una vez que se reconoce el carácter endógeno de la innovación y el papel central que tiene en el crecimiento de la productividad la competencia que se establece entre las empresas a través de la innovación, la cuestión que se plantea es si la dedicación de recursos de las empresas a I+D y, como consecuencia, la velocidad con que se introducen nuevos productos y procesos en el mercado es suficiente o no. La respuesta a esta cuestión es fundamental, pues si los incentivos que tienen las empresas para innovar son demasiado reducidos (o excesivos), podría defenderse la intervención pública para influir en las decisiones de las empresas, o dicho en otras palabras, se haría necesaria la puesta en práctica de una política tecnológica.

Con estos antecedentes, el presente estudio se centra precisamente en el análisis de una línea de actuación pública que se ha puesto en práctica en España con la finalidad de apoyar las actividades de I+D en las empresas. No se trata, por tanto, de abordar los efectos que la política tecnológica tiene sobre las empresas sino de analizar la propia actuación pública. En este sentido, debe remarcarse que no se pretende realizar una descripción de la política tecnológica en España, sino de emplear ciertas técnicas estadísticas y econométricas para extraer los rasgos más destacados del funcionamiento de una acción pública determinada y poder observarlos a la luz del análisis económico.

Entre las acciones de política tecnológica que se han puesto en práctica en los últimos años existe una especialmente interesante y, por ello, ha sido la elegida para esta investigación. Se trata de los Proyectos Concertados del Plan Nacional de I+D, que consisten en la concesión de créditos sin interés a proyectos de investigación precompetitiva desarrollados por empresas, pero contando, en la mayoría de los casos, con

la colaboración de universidades y organismos públicos de investigación. Esta característica de los Proyectos Concertados permite perseguir con ellos no sólo el objetivo de fomentar las actividades de I+D en las empresas sino también el de estimular la creación de vínculos entre la industria y los centros públicos de investigación.

El desarrollo del objeto de estudio se realiza planteando tres objetivos parciales, que coinciden con el contenido de los capítulos 2 al 4. El primero consiste en revisar los principales modelos que tratan sobre la necesidad de intervención pública en materia de I+D. El segundo aborda las peculiaridades de los Proyectos Concertados con la finalidad de obtener más información sobre la conveniencia de este instrumento y de identificar el tipo de empresas y de proyectos que se benefician más de estas ayudas públicas. El tercero es el análisis del modo en que la administración ha puesto en práctica los Proyectos Concertados. A continuación se describe brevemente el contenido de estos capítulos.

Como se acaba de señalar, la primera etapa de esta investigación consiste en analizar hasta qué punto es necesaria la intervención pública para incentivar las actividades de I+D llevadas cabo por las empresas, pues si no lo es los Proyectos Concertados carecen de justificación teórica. La aproximación que se sigue es la que procede de Nelson (1959) y Arrow (1962a), según la cual el proceso de inversión en investigación es peculiar, porque el resultado de las actividades de I+D, el conocimiento, en tanto que información, presenta características que lo hacen diferente de los bienes convencionales:

En primer lugar, el conocimiento, una vez producido, suele considerarse libremente accesible a todos, lo que le otorga un carácter de bien público, ya que sus productores no podrían apropiarse totalmente de su valor. Esto puede ser una fuente de ineficiencia en una economía de mercado, pues la no apropiabilidad de sus beneficios conduce a una producción de conocimiento menor de la socialmente óptima.

Existen varias soluciones a este problema, entre las cuales están que las empresas mantengan en secreto sus resultados, que sean laboratorios de investigación públicos los que generen conocimiento y luego lo desvelen al resto de la sociedad, o bien que se premie a los productores de nuevo conocimiento con derechos exclusivos sobre sus descubrimientos. Tratándose de innovación empresarial, lo más frecuente es que los modelos teóricos empleen el mecanismo de patentes para introducir la posibilidad de que las empresas que innovan se apropien los resultados de su investigación.

El segundo rasgo distintivo de la información es que basta con que sea producida una sola vez para que pueda ser empleada posteriormente en cualquier escala de operación. Estas economías de escala en producción son incompatibles con los mercados perfectamente competitivos, de forma que surgen necesariamente estructuras industriales oligopolistas. Como resultado, el análisis teórico de la innovación tecnológica requiere de los conceptos de la teoría de juegos. Una segunda consecuencia, más importante si cabe, es

que cuando varias empresas inician procesos de investigación tendentes a conseguir un nuevo producto o proceso, sólo la que obtenga mejores resultados se beneficiará del mismo. Esto no implica que cada innovación deba ser buscada por una única vía, porque si el proceso de generación de conocimiento es incierto, desde el punto de vista social es deseable la existencia de líneas de investigación diferentes para lograr una misma innovación. El problema surge porque, cuando varias empresas buscan una misma innovación, se desencadena una carrera por ser la mejor, que en los modelos teóricos suele plantearse en términos de una competición por innovar primero, que fuerza la excesiva dedicación de recursos a investigación.

Estas peculiaridades de los procesos de creación y difusión del conocimiento no dejan claro el sentido en que la actuación de las empresas se desviará de la elegida por un planificador social pues, mientras que la falta de apropiabilidad tiende a reducir los incentivos de las empresas a invertir en investigación y desarrollo tecnológico (I+D), la competencia por ser la primera en innovar empuja la actuación de las empresas en la dirección contraria.

Para resolver este dilema se revisa la literatura teórica que ha surgido a partir del artículo de Arrow (1962a), centrando la exposición en los trabajos que proceden del cuerpo central de la teoría económica. Esta forma de actuar deja fuera las múltiples aportaciones que han surgido en una línea de investigación dedicada al análisis de cambio tecnológico que es muy crítica con la seguida por el análisis económico neoclásico (ver, por ejemplo, Nelson y Winter (1982), Mowery (1983), Nelson (1987), Dosi et al. (1988), Molero (1990), Gómez et al. (1992) y las revisiones de Dosi (1988) y Freeman (1994)). La premisa básica de esta nueva corriente, que Mowery (1983) denomina marco de procesamiento de la información, es que el conocimiento tiene dos características esenciales. En primer lugar, el conocimiento en gran medida es tácito, es decir, no es fácilmente incorporado en una "receta" (*blueprint*), en un manual de instrucciones o en la mente de un único técnico o ingeniero. En segundo lugar, la mayoría del conocimiento es altamente específico a la empresa, y es desarrollado mediante la interacción de la I+D y otras funciones de la empresa. En consecuencia, una nueva tecnología es una compleja mezcla de información codificada y *know how* vagamente definido y, por tanto, la innovación no consiste en la transferencia unidireccional del conocimiento científico básico a la aplicación sino que los procesos de innovación y transferencia del conocimiento son complejos e interactivos. De esta forma, en esta perspectiva del análisis del cambio tecnológico se pone énfasis tanto en los costes y la importancia de la búsqueda del conocimiento como en los costes y dificultades de comunicar o diseminar tal información tecnológica.

La elección que se ha tomado en este trabajo no debe interpretarse como un rechazo a esta nueva línea de investigación, sino, más bien, como una necesaria acotación para poder mantener las dimensiones de la literatura revisada dentro de límites razonables.

Dicho de otro modo, si en casi cualquier campo de la literatura económica es difícil considerar todas las aportaciones realizadas, en el ámbito del cambio tecnológico es aún más cierto dado lo fructífero que ha sido en los últimos años. Como consecuencia, en el capítulo 2 "no sólo se buscan las llaves perdidas debajo de las farolas, además se ha elegido una de las farolas del paseo para empezar a buscarlas". Por tanto, la revisión de las aportaciones más importantes de este nuevo enfoque son una asignatura pendiente de esta memoria.

En definitiva, el capítulo 2 tiene por objetivo responder a la pregunta de si los fallos de mercado pueden justificar la intervención pública en apoyo de la I+D empresarial partiendo de los fallos de mercado. Para ello, las dos primeras secciones de este capítulo revisan la literatura teórica, que se ha dividido en función de si las contribuciones han surgido desde el campo de la organización industrial y constituyen aproximaciones desde el análisis parcial o se encuadran entre las que recientemente han surgido en macroeconomía en la línea de investigación del crecimiento endógeno. En ambos casos, la atención se ha centrado en aquellos modelos que permiten analizar la optimalidad social de las actuaciones de las empresas y, por tanto, la necesidad de actuación del gobierno y la forma en que se puede instrumentar.

Los resultados que se obtienen de estas dos secciones no proporcionan una respuesta concluyente a la pregunta formulada, aunque sí permiten sostener que todas las perspectivas desde las que se ha analizado el problema indican que la falta de apropiabilidad de los resultados de la investigación llevada a cabo en las empresas conduce hacia la subinversión en I+D. Por ello, la tercera sección trata de dilucidar, a partir de los trabajos empíricos que se han realizado hasta el momento, si la valoración social y privada de los beneficios de la innovación es realmente tan diferente. Con todo, de este segundo capítulo no debe pretenderse obtener una respuesta definitiva a si debe intervenir o no en I+D, y en qué forma, sino una orientación sobre qué factores y situaciones justifican más la intervención pública en apoyo de la I+D en las empresas.

Una vez revisadas las principales conclusiones que se han obtenido en la literatura, la segunda etapa de la investigación consiste en aproximarse a la política tecnológica española para encuadrar en ella a los Proyectos Concertados. Así, aunque en la primera sección del capítulo 3 se hace un breve repaso de la situación en que se encontraba el sistema de ciencia y tecnología español a finales de los años ochenta y se esbozan las líneas principales de política científica y tecnológica que se han puesto en práctica desde entonces, el interés de esta investigación no es, como ya se ha indicado, realizar una descripción de la intervención pública en la materia ni compararla con la que se lleva a cabo en otros países de nuestro entorno. La finalidad última es aproximarse al modo en que han funcionado los Proyectos Concertados.

En este sentido, es notorio que los Proyectos Concertados son un instrumento especial por varias razones: la primera es que no surgen de forma independiente sino que forman parte de un conjunto de medidas aglutinadas en el Plan Nacional de I+D que tratan no sólo de estimular las actividades científicas y tecnológicas sino también de integrar la investigación de las empresas con las de los centros públicos de investigación (CPI), esto es, universidades y organismos públicos de investigación (OPI). Un segundo rasgo específico de los Proyectos Concertados es que no impulsan proyectos de investigación que se dirijan directamente al mercado sino proyectos de investigación precompetitiva, es decir, aquella que requiere I+D posterior para generar innovaciones. En tercer lugar, el mecanismo de financiación es peculiar en la medida que no se trata de subvenciones sino de créditos sin interés que, además, sólo deben ser devueltos en caso de que el proyecto tenga éxito técnico.

En las distintas secciones del capítulo 3 se analizan estas particularidades de los Proyectos Concertados para encontrar más ideas que puedan servir como referencia a la hora de considerar la actuación pública. Para comenzar, en la sección 2, se estudia la colaboración entre empresas y CPI como expresión de las relaciones que se establecen entre el ámbito de la ciencia y el de la tecnología. En este caso, se consideran las conexiones entre investigadores de las empresas y de los CPI con más detalle de lo que se desprendería de la simple consideración del conocimiento como información libremente accesible y, por tanto, más próximo al marco de procesamiento de información de Mowery (1983). De esta forma, se toma en cuenta que para que el conocimiento generado en las universidades y OPI se difunda, no sólo son necesarias las publicaciones, sino que son fundamentales los contactos formales e informales entre investigadores de las empresas y de los CPI. Además, se revisan algunos de los estudios que han incidido en las dificultades que surgen en el establecimiento de cooperación entre el mundo académico y el de la tecnología.

Por último, en la sección 3, se hace una incursión en la conveniencia de instrumentar la intervención pública en créditos. Teniendo en cuenta la idea generalizada de que las empresas tienen dificultades para conseguir financiación externa para financiar sus actividades de I+D, se utilizan las modernas teorías que justifican el racionamiento en el crédito en las asimetrías informativas entre proveedores de fondos y acreedores para encontrar evidencia sobre el tipo de empresas a las que los créditos permiten aumentar sus actividades de I+D. Este colectivo de empresas se puede contraponer a aquellos otros que utilizan los Proyectos Concertados para conseguir financiación sin interés, pero siguen dedicando los mismos recursos a I+D que si no hubieran recibido ayudas o, como mucho, emprenden proyectos que no serían rentables a los tipos de interés a los que obtienen financiación externa.

Una vez que se han recopilado las principales conclusiones de los trabajos más relevantes para comprender la necesidad de un instrumento de política tecnológica que tenga

las especificidades de los Proyectos Concertados, se pasa a la tercera parte de esta investigación, en la que se realiza un acercamiento a la actuación pública respecto a esta acción en el periodo 1988-1991, que coincide con la primera fase del Plan Nacional de I+D.

Es necesario indicar que los Proyectos Concertados son especiales por otro motivo. Aunque están integrados en el Plan Nacional de I+D y su financiación procede del Fondo Nacional para I+D, la gestión de los mismos la realiza el Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI), sociedad estatal especializada en el fomento de las actividades tecnológicas en las empresas. Por esto, en el capítulo 4 se simplifica la exposición suponiendo que la agencia pública que se encarga de la concesión de los Proyectos Concertados y de la determinación de la magnitud del crédito concedido es el CDTI. No obstante, en la práctica, la actuación del CDTI sigue los criterios de la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (CICYT), cuya comisión permanente es quien aprueba definitivamente estas ayudas. Además, el CDTI cuenta con la colaboración de la Secretaría General del Plan Nacional de I+D y de la Agencia Nacional de Evaluación y Prospectiva (ANEP).

En el capítulo cuarto, tras una breve panorámica de los trabajos que se han llevado a cabo en España en relación a las actividades tecnológicas en las empresas, se desarrollan las tres secciones en las que se ha dividido la aproximación a la actuación pública:

En la sección segunda se estudia la participación en el programa de los Proyectos Concertados de las empresas españolas que realizan I+D. Este estudio se realiza a partir de una muestra de 977 empresas que, de acuerdo a las pruebas a las que fue sometida, representa con suficiente fidelidad las características de las empresas ubicadas en España que desarrollan actividades de I+D.

El resultado último de esta sección es un conjunto de factores, obtenidos empleando la técnica del análisis de correspondencias múltiples, que permiten diferenciar a las empresas que han obtenido Proyecto Concertado de aquellas que no han accedido a este tipo de ayudas, así como una tipología de las empresas que permite encontrar las diferencias estadísticamente significativas entre los colectivos que acceden con más frecuencia a los Proyectos Concertados y los que están más alejados de ellos. De este modo, se indaga en las características del proceso de selección por el que unas empresas acceden a las ayudas mientras que otras no lo hacen. En cualquier caso, debe señalarse que los resultados que se obtienen no dependen sólo del modo en que se desarrolla la actuación pública, ya que para que una ayuda sea concedida, previamente la empresa debe solicitarla.

La sección tercera se centra en el análisis de los Proyectos Concertados que se concedieron en el periodo 1988-91. Para ello, se cuenta con una base de datos con características de 377 de estos proyectos y de las empresas que los realizaron. El análisis

vuelve a utilizar la metodología de la sección segunda, que permite obtener los factores que diferencian los Proyectos Concertados y establecer una tipología de los proyectos que se han llevado a cabo. Esta tipología hace posible una aproximación a algunas características de la actuación pública, en concreto: el grado de colaboración con CPI que se establece para el desarrollo de los Proyectos Concertados, el número de Proyectos Concertados que ha conseguido cada empresa y, por último, la evolución de la financiación procedente del Plan Nacional a lo largo del periodo considerado, así como el diferente trato a los distintos grupos de proyectos identificados.

La sección cuarta se dedica a estudiar el modo en que el CDTI ha proporcionado la financiación a los Proyectos Concertados. En concreto, se determina la importancia de los factores que son relevantes para explicar la cuantía de la ayuda concedida a cada una de las propuestas financiadas. La aproximación se hace formulando un modelo econométrico que permite la estimación de la regla de financiación tomando en consideración el sesgo de selección. Este sesgo surge por el hecho de que la financiación del Plan Nacional no se dirige a una muestra aleatoria de los proyectos de I+D desarrollados en España, sino sólo a los Proyectos Concertados, es decir, a aquellos proyectos para los que las empresas han solicitado financiación y les ha sido concedida.

Como primer paso, se diseña un modelo que sintetiza las decisiones de una empresa que se plantea solicitar un Proyecto Concertado y del CDTI, que decide la concesión o no de la ayuda y la cuantía de la misma. A partir de este modelo es posible conocer la incidencia de los factores que explican la cuantía de la financiación y, a la vez, eliminar el sesgo de selección. Sin embargo, como es habitual en economía, las carencias de información originan que el modelo elaborado no sea susceptible de ser estimado directamente. Por ello, se hace necesario reformularlo para que sea aplicable manteniendo los objetivos iniciales.

A partir del modelo definitivo, se trata de obtener evidencia que ligue los resultados de las aportaciones teóricas y empíricas de los capítulos 2 y 3 con el modo de actuación del CDTI respecto a los Proyectos Concertados. De este modo, se puede apreciar si la administración ha seguido o no las indicaciones de la teoría en cuanto al tipo de empresas y de proyectos que deben ser favorecidos por las ayudas públicas.

Para la estimación de los modelos de la sección 4, la información que se utiliza es, por una parte, la que se empleó para los análisis de correspondencias múltiples de las dos secciones anteriores, pero también los resultados que se obtuvieron en dichos análisis. Por ello, los análisis de correspondencias múltiples anteriores no sólo proporcionan un primer acercamiento a la actuación del CDTI, sino que también son un paso necesario para la estimación de la regla de financiación.

Para terminar, puesto que las secciones finales de los capítulos 2, 3 y 4 se dedican a presentar las conclusiones obtenidas en cada capítulo, en el capítulo 5 tan solo se hace una síntesis de los resultados más importantes y se sugieren algunas líneas de investigación futura.

CAPÍTULO 2

LA TEORÍA ECONÓMICA DE LA POLÍTICA TECNOLÓGICA.

En una investigación que, como ésta, tiene como propósito el estudio de la actuación pública en apoyo de las actividades de I+D que llevan a cabo las empresas, es obligado plantearse si la intervención pública es necesaria. Esto es así porque si no está justificada la intervención carece de sentido analizar en mayor profundidad el modo en que ésta se ha ejecutado.

Con esta premisa, el objeto de este capítulo es dar respuesta a la pregunta de si existe fundamento para la puesta en práctica de políticas de apoyo a la investigación empresarial¹. Para contestarla se revisa la literatura económica que ha comparado la inversión en actividades de investigación y desarrollo que eligen las empresas con la que sería óptima desde el punto de vista social. Sólo si la inversión en I+D empresarial difiere de la que elegiría un planificador social cabe recomendar actuaciones públicas que corrijan el fallo del mercado. De hecho, para que haga falta que la administración fomente las actividades tecnológicas en las empresas, éstas deben tener tendencia a subinvertir en I+D.

A pesar de la sencillez de la pregunta planteada, los resultados que se han obtenido a través de la formulación de modelos teóricos no permiten dar una respuesta definitiva. El motivo es que, aunque, dadas las peculiaridades del proceso de innovación, es difícil que la elección privada coincida con la socialmente óptima, la divergencia entre ambas no va en el mismo sentido en todas las ocasiones. Por ello, en este capítulo no se proporciona una respuesta que sea válida para todas las situaciones, pero sí se aporta una visión interesante para la puesta en práctica de la política tecnológica.

El esquema de las próximas secciones es el siguiente. En primer lugar se revisan aquellas aportaciones teóricas que desde la perspectiva de la organización industrial abordan el problema de la optimalidad de las inversiones empresariales en actividades de I+D. En la segunda sección se indaga en la respuesta que han dado algunos de los modelos que se han desarrollado en el campo de la teoría del crecimiento endógeno, que resultan complementarios a los que se exponen en la primera sección. En estas dos primeras secciones del capítulo se detecta que la causa más importante de subinversión en I+D es la falta de apropiabilidad de los resultados de las actividades innovadoras; por eso, en la tercera sección, se analizan los trabajos que se han volcado en la estimación de las divergencias entre las tasas sociales y privadas de rentabilidad de las actividades de I+D. De este modo, se pretende tener una idea aproximada de la importancia de este efecto y, en consecuencia, de lo probable que es que las empresas subinviertan en investigación.

Por último, en la sección de conclusiones, se extraen las sugerencias que el conjunto de estudios revisados proporcionan para el diseño y ejecución de políticas de investigación.

¹ En este mismo sentido se orientan Busom (1991) y Brandts y Busom (1992).

2.1. LA INTERVENCIÓN PÚBLICA EN APOYO DE LA I+D EMPRESARIAL Y LA COMPETENCIA A TRAVÉS DE LA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA.

El artículo de Arrow (1962a) constituye el punto de partida de una amplia literatura sobre el papel que la innovación tecnológica tiene en la competencia entre empresas, en la que se pone de manifiesto que el valor de una innovación depende de la estructura del mercado, lo que es coincidente con las hipótesis schumpeterianas que relacionan estructura de mercado e innovación. En este sentido, hay que señalar que los modelos teóricos posteriores que se centran en el papel de la competencia entre innovadores potenciales, están más próximos al espíritu schumpeteriano que al modelo de Arrow.

En esta investigación, se desea analizar la intervención pública en materia de I+D y no obtener conclusiones sobre la política de defensa de la competencia como en otros estudios en los que las interacciones entre la estructura de mercado y la innovación ocupan un lugar central. Para ello se busca identificar qué características del proceso innovador conducen a una excesiva o insuficiente dedicación de recursos privados a la innovación respecto a la que resultaría socialmente óptima. Cabe esperar que la respuesta esté influida por el grado en que la empresa pueda apropiarse de los beneficios que genera la investigación, el modo en que se establezca la competencia en el mercado y por la forma en que se plantee la rivalidad entre las empresas para lograr la innovación.

En esta sección se va a hacer una revisión sólo de aquella literatura que incide básicamente en los aspectos competitivos de la generación de innovaciones, no tomándose en consideración la imitación de las innovaciones, que afectaría a la valoración privada de las innovaciones, pero no a su valor social, ni tampoco las secuencias de innovaciones. Además, las innovaciones que se analizan reducen los costes de producción mediante la generación de nuevos procesos productivos². Estos trabajos, que utilizan el análisis parcial, han constituido lo que puede denominarse una teoría de mercado de la innovación y sirven, además, como punto de partida de modelos de equilibrio general englobados en la literatura de crecimiento endógeno que se revisan en la sección 2.3.

Estos estudios, parte de los cuales han sido revisados por Reinganum (1982 y 1989), Pérez Castrillo (1990) y Busom (1991), se basan en la teoría de los juegos y se

² De todas formas, aunque los modelos teóricos que se han desarrollado en este campo no han tomado en consideración, explícitamente, las innovaciones de producto, si se piensa en los productos como servicios prestados a los consumidores (al estilo de Lancaster) entonces el desarrollo de productos nuevos también puede interpretarse como una reducción de costes de la prestación de servicios. Ver, por ejemplo, Spence (1984, p.101).

En los modelos de crecimiento endógeno (ver la sección 2 de este capítulo) sí que se ha abordado el fenómeno considerando que la innovación mejora la calidad de los productos.

integran en el campo de la organización industrial. En cualquier caso, se consideran casi únicamente aquellas contribuciones que abordan el análisis de bienestar y que, por tanto, hacen posible comparar la solución de mercado con la socialmente óptima. De esta forma, no sólo se tiene en cuenta la cantidad de recursos dedicados a I+D o la velocidad con la que se generan innovaciones, sino que también se considera el riesgo que suponen las actividades de I+D para el inversor comparándolo con el socialmente óptimo o la correlación que existe entre las líneas de investigación de diferentes empresas.

Es necesario señalar que el análisis de la inversión empresarial en I+D también se ha abordado desde una perspectiva distinta en el marco de la teoría de la decisión. Este tipo de modelos fueron desarrollados básicamente en un conjunto de artículos por Kamien y Schwartz³, para analizar el efecto que tienen en la velocidad de desarrollo de las innovaciones algunos factores como son las ganancias de introducir una innovación o de imitarla, los costes de investigación, la intensidad de la competencia, etc. Lo más característico de esta forma de enfocar el problema es que la empresa no identifica a competidores específicos y, por tanto, considera que su estrategia de I+D no influye en las elecciones de sus rivales. Este supuesto puede estar justificado cuando existen muchas formas alternativas de lograr la misma innovación, de forma que los competidores de la empresa puede que no estén en su actual línea de producción. Por otra parte, en este enfoque han de considerarse como exógenos los beneficios que se obtienen cuando se innova o imita. Ahora bien, su valor añadido reside en que se introduce la dimensión temporal de la decisión de las empresas.

Loury (1979, p. 396) estimó que esta aproximación al problema, aunque muy sugerente, resulta insatisfactoria por varias razones. En primer lugar, porque supone que la empresa individual se enfrenta paramétricamente a las condiciones del mercado, mientras que en una industria determinada todos son rivales de todos y, por tanto, es necesario analizar conjuntamente las estrategias de todas las empresas. En segundo lugar, la innovación agregada no depende sólo del comportamiento de una empresa individual sino también del grado de rivalidad existente, esto es, del número de empresas en la industria. Por último, pero muy importante para los propósitos de la presente investigación, no es posible determinar la situación óptima desde el punto de vista social, lo que impide hacer comparaciones con la solución que elige la empresa y, por tanto, no permite valorar las intervenciones de política de defensa de la competencia, ni de I+D. Por todo ello, la visión de Kamien y Schwartz no ha sido incluida entre los trabajos que se estudian en esta sección.

Los incentivos que tienen las empresas a innovar están influidos de forma considerable por la valoración privada que las empresas hacen de la innovación. Por eso,

³ Una síntesis de estos trabajos se encuentra en Kamien y Schwartz (1989).

ya desde Arrow (1962a), la divergencia entre la valoración social y privada hace que el esfuerzo en I+D de las empresas sea distinto del que desarrollaría un planificador social.

A lo largo de esta y las próximas secciones irán apareciendo las fuentes de externalidades que generan la diferencia entre ambas valoraciones, que pueden dirigirse hacia otras empresas de la misma industria, de otra industria o incluso de otro país o hacia consumidores de ese u otros bienes. Debe, no obstante, hacerse notar que en algunos modelos (Arrow (1962a) el primero) la discrepancia entre la valoración de la empresa y del planificador social se debe exclusivamente a que sólo un discriminador perfecto puede apropiarse de todo el excedente social.

El esquema de la revisión es el siguiente. Se comienza con los modelos de incitación pura, que sólo recogen la diferente valoración que las empresas hacen de una misma innovación dependiendo de la estructura de mercado en la que operan. En el apartado 2.1.2. se introduce el efecto que la competencia por innovar tiene en la decisión de cuánto invertir en I+D. Los modelos considerados pueden ser deterministas o incorporar la incertidumbre característica de los procesos de I+D. En el apartado 2.1.3, se analizan conjuntamente los aspectos de la rivalidad en I+D y los relativos a la competencia en el mercado de productos. En el apartado 2.1.4., se incorpora el efecto que generan las externalidades de I+D, de manera que la reducción de costes que experimenta una empresa no sólo depende de su gasto en I+D sino, también, del realizado por el resto de la industria.

Por último, en el apartado 2.1.5. se cambia el planteamiento y en lugar de comparar el gasto en I+D de las empresas con el óptimo socialmente, se aborda el análisis de la eficiencia social de otras características de los proyectos de I+D, como son el riesgo que suponen (entendiendo por riesgo la variabilidad del resultado de las actividades de investigación) o la correlación con la investigación de sus rivales.

2.1.1. El incentivo a innovar

El artículo de Arrow (1962a) constituyó una primera aproximación al problema de si la asignación del gasto de investigación que realizan las empresas es óptima o no. Para ello, comparó los incentivos a innovar bajo diferentes estructuras de mercado, aunque evitó analizar tanto la competencia que se establece entre las empresas para lograr el descubrimiento como la forma que adoptan los costes de investigación. En su modelo, las empresas presentan costes marginales de producción constantes y la innovación consiste en un nuevo proceso productivo que permite reducirlos. Existe un único inventor que fija un precio por unidad producida a cobrar a las empresas de la industria por cederles la tecnología, y sólo pagando este canon⁴ pueden disfrutar del descubrimiento. Arrow comparó el canon y la cantidad total que estaría dispuesto a pagar un planificador social con los que

⁴ Traducción de *royalty*.

aceptaría un monopolista protegido por barreras a la entrada o los que surgirían en una situación competitiva. El resultado que se obtiene es que los menores incentivos a innovar se producen en la situación de monopolio en el mercado de producto, los mayores incentivos los tendría un planificador social y en situación intermedia se encontraría la situación competitiva. En resumen, en ausencia de competencia en I+D, el incentivo a innovar de las empresas es inferior al óptimo.

En lugar de analizar en detalle el modelo de Arrow, es preferible centrar la atención en el replanteamiento que han hecho Dasgupta y Stiglitz (1980a, 1980b), Pérez Castrillo (1990) y Tirole (1990), ya que, aunque sus conclusiones son las mismas, la forma de enfocarlo es más simple. porque suponen que el inventor es una de las empresas ya establecidas en el mercado y, por lo tanto, se requiere la determinación del canon, siendo su incentivo a innovar el aumento que experimenta el beneficio de la empresa cuando innova, o el excedente social neto en el caso del planificador social.

Los gráficos 1 a 4 ilustran los incentivos a innovar en las situaciones descritas por Arrow. Sin pérdida de generalidad, se ha trazado la demanda del mercado con forma lineal. El coste marginal inicial es c y el que se obtiene tras la innovación es c' .

Gráfico 1: Planificador social.

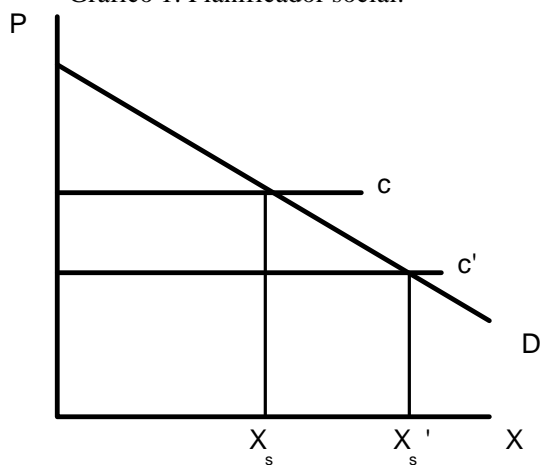


Gráfico 2: Monopolista establecido.

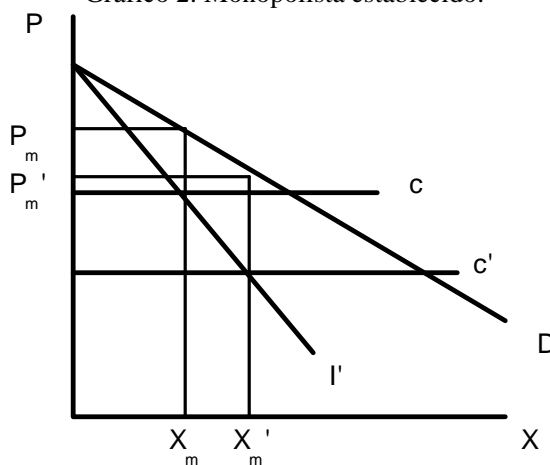


Gráfico 3: Competencia. Innov. no drástica

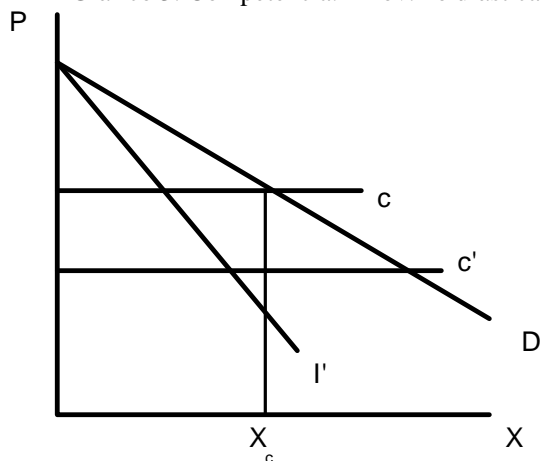
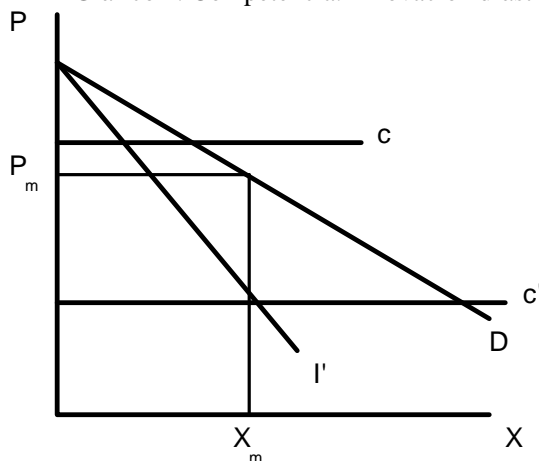


Gráfico 4: Competencia. Innovación drástica



En el gráfico 1 se ilustra que si el planificador social posee la innovación, reducirá el precio hasta igualarlo al nuevo coste marginal (c'), por lo que la cantidad vendida crece desde X_s hasta X'_s mientras el excedente social lo hace justamente en la cuantía de la variación del excedente de los consumidores.

Cuando se está en la situación competitiva es necesario distinguir dos posibilidades. Por una parte, la innovación puede ser drástica (gráfico 4), de manera que la empresa que desarrolla la innovación se convierte en monopolista ya que el precio de monopolio (P_m) queda por debajo del coste marginal del resto de empresas (c). Por otra parte, la innovación puede no reducir los costes tanto como para que la empresa fije precios de monopolio, por lo que debería vender su producción ligeramente por debajo del coste marginal de las empresas que no emplean el nuevo proceso productivo (gráfico 3). De esta forma, la empresa vende X_c unidades y obtiene como premio $X_c (c - c') = X_s (c - c')$, cantidad que es inferior al incentivo de un planificador social, que incrementaría su producción hasta X'_s .

Cuando reduce sus costes, el monopolista protegido por barreras (gráfico 2) fija un menor precio de monopolio y aumenta la cantidad vendida, obteniendo un beneficio mayor. No obstante, el monopolista tiene menos incentivos a innovar porque sólo mejora su situación en la diferencia entre el beneficio final y el que disfrutaba antes de la innovación⁵.

Pérez Castrillo (1990) y Tirole (1990) consideran también el incentivo a innovar de una empresa que pretende entrar en un mercado monopolizado. Si la innovación es drástica, el entrante estará dispuesto a pagar por ella de acuerdo al flujo de beneficios de monopolio que obtendrá a partir de ese momento y que coincide con el que aparece representado en el gráfico 2, que, como se ha mostrado, es menor que el del planificador social. Si la innovación no es drástica, el problema es más complicado porque se origina una situación de duopolio y la solución depende de cómo compitan las empresas y de lo importante que sea la reducción de costes; ahora bien, en cualquier caso, el incentivo a innovar es menor que el de un monopolista protegido por barreras y, por tanto, más reducido que el de un planificador social.

En síntesis, puede decirse que la valoración que hacen las empresas en cualquiera de las estructuras de mercado consideradas es inferior a la que le otorga el planificador social y, en consecuencia, están menos incentivadas a innovar. De hecho, sólo un

⁵ Es fácil observar que el entrante tiene mayores incentivos a innovar que la empresa establecida, ya que esta última sólo obtiene como premio el aumento de los beneficios. Cabe esperar entonces que los monopolistas sean sustituidos por nuevos monopolios, ya que la innovación es más valiosa para el entrante que para la empresa establecida. Este es el conocido efecto reemplazo, o efecto Arrow, según el cual un monopolista tiene siempre menores incentivos a innovar que un entrante. Este resultado ha originado una literatura posterior que queda fuera de los objetivos de esta investigación. Los trabajos más destacados son el de Reinganum (1983), y los de Gilbert y Newbery (1982 y 1984).

monopolista que pueda discriminar precios perfectamente puede apropiarse de todo el valor social de una innovación.

Dasgupta y Stiglitz (1980a) no restringen a una única empresa la posibilidad de investigar como hace Arrow. Por el contrario, suponen que el resultado del proceso de I+D es totalmente específico a la empresa que lo realiza, esto es, que para que los costes de producción de una empresa se reduzcan es necesario que se invierta en I+D. De esta forma, cada una de las empresas hace una aportación inicial de recursos a I+D y obtiene una reducción determinista de su coste unitario de producción en el futuro. La necesidad de I+D específica a cada empresa se puede justificar bien eliminando la posibilidad de que se difunda la tecnología o bien asumiendo que el coste de imitar es igual al de innovar.

A pesar de esta diferencia en el planteamiento, los resultados de Dasgupta y Stiglitz son similares a los de Arrow, ya que introducen un supuesto de simetría que conduce a que todas las empresas adopten la misma decisión en base a conjeturas cournotianas. Dasgupta y Stiglitz emplean funciones de utilidad y costes concretas para comparar la elección de un planificador social, la que adoptarían las empresas de un oligopolio en el que el número de empresas es endógeno y la de un oligopolio en el que existen barreras a la entrada y, por tanto, el número de empresas es fijo. Su conclusión es que cada empresa gasta menos de lo socialmente necesario en reducir los costes de producción. Sin embargo, como cada empresa debe gastar la misma cantidad que sus rivales para conseguir idéntica reducción de costes, se produce una duplicación de gastos en I+D que conduce a que la industria en su conjunto gaste demasiado en investigación⁶.

Tandon (1984) extiende el modelo de Dasgupta y Stiglitz con la intención de discutir las relaciones entre eficiencia estática y dinámica que están en el núcleo de la visión schumpeteriana. Aunque su propósito es determinar si las barreras a la entrada que no se deben a la propia investigación y desarrollo son deseables, resulta más interesante su comparación del bienestar socialmente óptimo con el logrado por una industria oligopolística, tanto sin barreras a la entrada como con ellas.

La principal diferencia del estudio de Tandon respecto al de Dasgupta y Stiglitz radica en que estos últimos emplean una función de demanda con elasticidad constante, mientras que Tandon considera una demanda lineal, lo que le permite realizar el análisis del bienestar a través del excedente del consumidor. La reducción de los costes de producción tras un gasto determinado en I+D (G) adopta una forma similar a la de Dasgupta y Stiglitz, esto es, bG^a , donde los parámetros alfa y beta representan, respectivamente, el grado de oportunidad tecnológica y la productividad de la I+D.

⁶ El monopolio es un caso particular del oligopolio con barreras a la entrada en el que la empresa gasta excesivamente poco en innovación y, como no existe duplicación del gasto en I+D, sucede lo mismo con la industria.

Cuando existe libre entrada, no surge necesariamente un gran número de empresas infinitesimalmente pequeñas, porque los gastos en I+D actúan como un coste fijo de entrada y hacen necesario que en el equilibrio las empresas obtengan cuasirentas. La mayor oportunidad tecnológica no genera una mayor entrada de empresas sino todo lo contrario, ya que si la oportunidad tecnológica es alta, el gasto en I+D de cada empresa será también elevado, lo que actuará como una barrera a la entrada. Comparando estos resultados con el óptimo social, se observa que una alta oportunidad tecnológica lleva asociada una alta concentración y gastos en I+D elevados en cada empresa, que dan lugar a grandes reducciones de costes, aunque siempre inferiores a las de una empresa gestionada desde el punto de vista social. En consecuencia, cada empresa invierte menos en I+D de lo que sería óptimo.

El bienestar relativo del oligopolio con libre entrada respecto al socialmente óptimo queda así determinado por el parámetro que mide el grado de oportunidad tecnológica y se obtiene que, aunque el gasto en I+D respecto al óptimo se reduce cuando cae α , el índice de bienestar crece. Así, el resultado al que llega Tandon es que las industrias caracterizadas por una menor concentración divergen menos del nivel de bienestar ideal.

Tandon también analiza el bienestar relativo que se obtiene en una industria con entrada impedida. Dada la complejidad de la expresión resultante, obtiene sus conclusiones calculando su valor para diversos grados de oportunidad tecnológica (y consecuentemente distinto número óptimo de empresas bajo libre entrada) y número de empresas en la industria. En síntesis, estas son que, cuanto mayor sea la oportunidad tecnológica, menor será el número de empresas que maximiza el bienestar relativo respecto al socialmente óptimo. Además, el número de empresas es bastante reducido y siempre menor que el que existiría bajo libre entrada. Es decir, la mejor estructura de mercado que se puede lograr limitando la entrada de competidores requiere pocas empresas, particularmente en las industrias caracterizadas por altos niveles de oportunidad tecnológica. Por ello, las barreras adicionales a la entrada son más deseables en las industrias con alto grado de oportunidad tecnológica, es decir, que la libre entrada en I+D puede conducir a una cifra de empresas excesiva.

En suma, la conclusión que se extrae de estos modelos de incitación pura es que las empresas, independientemente de la estructura de mercado, están menos interesadas en innovar que un planificador social, por lo que existe subinversión en I+D, si bien puede darse el caso de que se produzca una excesiva duplicación del gasto en I+D.

2.1.2. Carreras por la patente.

Como se ha visto, los modelos de Arrow (1962a), Dasgupta y Stiglitz (1980a) y Tandon (1984) analizan los incentivos que tienen las empresas a reducir costes bajo

diversas estructuras de mercado, aunque no consideran la posibilidad de que las empresas compitan entre sí para desarrollar la nueva invención, suponiendo para ello que las innovaciones son absolutamente específicas a la empresa que las genera o evitando plantear la competencia en I+D. La visión más extendida es, sin embargo, la contraria, esto es, que los resultados de la innovación se difunden rápidamente, lo que conduce a que las empresas no puedan rentabilizar totalmente sus inversiones en I+D. Para solucionar este problema de apropiabilidad, una solución muy generalizada es establecer en los modelos un sistema de patentes que otorga a la empresa que genera la innovación los derechos exclusivos sobre la misma^{7,8}. Este tipo de solución supone, sin embargo, ciertos cambios en los incentivos a innovar de las empresas, que generan la necesidad de introducir la competencia en I+D en los modelos teóricos.

Siguiendo a Pérez Castrillo (1990), la forma más simple de introducir el efecto de la competencia es considerar que un laboratorio exterior ha desarrollado un nuevo proceso productivo que permite reducir costes y organiza una subasta entre las empresas de esa industria para adjudicar el derecho exclusivo a utilizarlo⁹. Es un planteamiento similar al de Arrow, excepto porque ahora la empresa no paga un canon por unidad vendida, sino una cantidad fija igual al valor presente del flujo de beneficios futuros. La diferencia sustancial respecto a los modelos de incitación pura es que la elección de la empresa no consiste en comprar o no la innovación, sino en comprarla o dejar que otra lo haga. En cualquier caso, los resultados son similares a los obtenidos en dichos modelos de incitación pura¹⁰.

⁷ En la realidad las empresas utilizan otros métodos para apropiarse los resultados de sus actividades de I+D, como son mantener el secreto, etc. Levin et al. (1987) exploraron, mediante una encuesta, la importancia de cada una de estos mecanismos y obtuvieron que, de hecho, las patentes no son la forma más efectiva de conseguir la apropiabilidad. En España, Buesa y Molero (1992a) llegan al mismo resultado.

⁸ De todos modos, el monopolio de invención no garantiza que las empresas puedan hacerse con todo el excedente social y, por tanto, la valoración social de la innovación supera la privada.

⁹ Esta forma simple de plantear el problema ha sido empleada por Vickers (1986), Beath et al. (1987) y Caballero y Urbano (1991) cuando consideran secuencias de innovaciones para abordar las relaciones entre estructura de mercado e innovación.

¹⁰ La única divergencia interesante se produce en el caso del monopolista amenazado por la entrada, donde ya no se manifiesta el efecto reemplazo sino todo lo contrario. La causa es que el monopolista establecido estará dispuesto a pagar al menos lo mismo que el entrante potencial porque ahora no considera el incremento en los beneficios que puede obtener con el nuevo proceso, sino la diferencia entre los beneficios que obtendrá si adquiere la patente respecto a lo que sucedería si el entrante se hiciese con ella. De esta forma, los monopolios se sustituyen a sí mismos.

El monopolista establecido estará dispuesto a pagar más que el entrante en el caso en que la reducción de costes la llevara a cabo el entrante y se estableciera un duopolio entre ambos. Esto se explica porque para el monopolista el valor de la innovación es la diferencia entre los nuevos beneficios de monopolio y los que obtendría en duopolio, que, a su vez, supera a los beneficios de duopolio que obtendría el entrante potencial en caso de adquirir la patente. De hecho, su demostración es inmediata, teniendo en cuenta que un monopolista siempre obtiene mayores beneficios que la suma de dos duopolistas.

Aunque el método de subasta de la patente toma en cuenta que la empresa se enfrenta a una situación de competencia en I+D, no recoge el hecho de que la obtención de la patente se parece a una carrera en la que sólo la empresa que innova es premiada, es decir, le falta considerar la dimensión temporal de la competencia en I+D. A lo largo de este apartado se revisan las conclusiones de los modelos que centran su atención en la competición de las empresas para obtener ese premio, pero no toman en consideración la estructura del mercado posterior a la innovación y la competencia en el mercado del producto. Simplemente, el ganador de la carrera recibe un premio mientras que el resto permanece igual, excepto porque pierden las inversiones que hayan realizado para intentar conseguir la innovación. Los modelos que se revisan se dividen en dos grupos según que el tiempo que tarda la empresa en innovar sea una función determinista de los recursos que dedica a I+D o que el proceso innovador esté sometido a incertidumbre, de modo que no puede garantizarse la obtención de resultados en una fecha fija.

Como ejemplo de modelo determinista se considera el elaborado por Pérez Castrillo (1990), quien realiza un análisis en el que cada empresa incurre en el momento inicial en un coste de I+D, de forma que cuanto mayor sea el gasto se reducirá el tiempo de realización del proyecto. El primer resultado que se obtiene es que existe justificación para subvencionar los costes o los resultados de un monopolista, ya que éste siempre desarrollará una innovación más tarde que el planificador social porque, como se desprende de los modelos de incitación pura, la valoración que hace el planificador de la innovación es siempre mayor a la que hace el monopolista.

Como cabía esperar, en este tipo de contextos competitivos la lógica es distinta a la considerada por Arrow y Dasgupta y Stiglitz, ya que si ahora la empresa quiere innovar tiene que invertir en I+D más que sus rivales. Por tanto, se hace necesario que la empresa tome en consideración el comportamiento de sus rivales para decidir cuánto gasta en investigación. A nivel teórico, la situación ha de plantearse como un juego en el que la estrategia de cada empresa es la fecha en la que harán el descubrimiento. Como cada una de las empresas está dispuesta a aumentar su gasto en I+D siempre que obtenga beneficios por introducir la innovación, la solución del juego conduce a que una empresa invierta una cantidad igual al beneficio que puede obtener de dicha innovación. De esta manera, la innovación se produce en el momento en el que todos los beneficios de la misma se disipan. Al final, la empresa que obtiene la patente no consigue con ella ningún beneficio, en tanto que el resto, sabiendo de antemano que van a perder la carrera, se retiran antes de que la competición comience.

Pérez Castrillo llega al resultado de que en un marco competitivo la innovación se producirá antes que en una situación de monopolio; sin embargo, no es posible comparar inequívocamente si la competencia en I+D conducirá a que la innovación sea prematura respecto a lo socialmente deseable. La causa de esta indeterminación proviene de que, por

una parte, como indican los modelos de incitación pura, en contextos competitivos las empresas valoran menos de lo socialmente óptimo las innovaciones reductoras de costes, de modo que existe tendencia a que gasten poco en I+D y a que la innovación sea tardía. Pero, por otro lado, la competencia que se establece entre las empresas para ser la ganadora de la carrera provoca la aparición de externalidades negativas que, al no ser internalizadas por las empresas, motivan que el gasto en I+D tienda a ser excesivo y la fecha de la innovación sea prematura. El resultado final depende de la magnitud relativa de ambas distorsiones.

Cuando la estructura del mercado es un monopolio amenazado por un entrante potencial, el resultado se parece mucho al obtenido en el marco competitivo, ya que aunque el monopolista no está tan interesado como el entrante en desarrollar la innovación, sí lo está en evitar perder su situación de monopolio. Por tanto, competirá para prevenir la entrada del rival haciendo que la innovación se produzca antes de lo que hubiera deseado un monopolista no amenazado. Nuevamente, la aparición de la innovación será previa o posterior a la fecha elegida por el planificador social dependiendo de los dos efectos comentados.

En resumen, los modelos deterministas de carrera por la patente arrojan un resultado distinto al de los modelos de incitación pura, pues el efecto de la menor valoración que hacen las empresas de la innovación puede quedar compensado, o incluso ser superado, por el problema del *common pool*, que incita a las empresas a ser la primera en innovar gastando en la competición más de lo socialmente deseable. Este problema surge porque los intereses de las empresas y del planificador son distintos. A este último sólo le interesa que la innovación se desarrolle, mientras que una empresa desea ser el único propietario de una patente que le permita reducir sus costes de producción¹¹.

En cualquier caso, los modelos deterministas, en los que sólo una de las empresas realiza actividades de I+D y el resto se abstiene, no proporcionan una buena descripción de la realidad. Esto es así porque no tienen en cuenta que la incertidumbre, característica intrínseca a la competencia en I+D, hace posible que más de una empresa invierta para conseguir una misma innovación, ya que como a priori no se puede conocer quién será el ganador de la carrera, es posible que más de una empresa participe en ella.

Los modelos no deterministas más simples son los que consideran que el tiempo que pasa hasta que se produce el descubrimiento, esto es, la fecha de la innovación sigue

¹¹ Una concepción más abierta del papel jugado por el tiempo en los modelos deterministas se encuentra en los modelos de Harris y Vickers (1985a y 1985b), quienes consideran sendos modelos deterministas con información completa donde dos empresas compiten por una innovación, pero en la que los gastos en I+D no se ejecutan en un único periodo de tiempo sino que realizan una sucesión de inversiones en el tiempo. Sus conclusiones no se separan demasiado de las aquí comentadas, aunque su interés se centra en cuestiones -como las estrategias de prevención- distintas a las que animan esta investigación. Una buena síntesis de estos dos trabajos se encuentra en Pérez Castrillo (1990).

una distribución de probabilidad del tipo exponencial. La probabilidad de que una empresa tenga éxito en un momento determinado del tiempo es constante y depende sólo de la cantidad de recursos que la empresa dedica a I+D en ese periodo. De esta forma, el proceso innovador no tiene memoria, esto es, la experiencia acumulada o los avances parciales en el proyecto no se consideran. Además, la probabilidad de que una empresa realice un descubrimiento no está influida por los recursos destinados a investigación por sus competidores¹².

El artículo pionero entre los modelos no deterministas es el de Loury (1979), quien considera que la empresa sólo incurre en gastos fijos en I+D, que paga al principio de la carrera y le proporcionan una probabilidad constante de hacer el descubrimiento en cada momento del tiempo hasta que la competición finaliza. El principal resultado del modelo de Loury es que cuando crece el número de empresas en la industria, el nivel de inversión de equilibrio de cada empresa disminuye y, por tanto, cada una tenderá a innovar más tarde. La razón es que la entrada de un nuevo competidor en la carrera por la innovación reduce el beneficio esperado de la innovación y, en consecuencia, los incentivos a investigar. Sin embargo, la fecha esperada de introducción de la innovación está más próxima porque la reducción del gasto en el resto de empresas es menor que el aumento en la dedicación de recursos a investigación provocado por la nueva entrada.

Si la tecnología de innovación presenta rendimientos decrecientes, la competencia en I+D queda representada por un número infinito de empresas dedicando una cantidad infinitesimal de recursos a investigación. A Loury esta situación no le parece muy representativa de la realidad y, por ello, presta atención especial a la situación en la que la tecnología de innovación presenta inicialmente rendimientos crecientes. Así, en ausencia de barreras a la entrada en la carrera, los beneficios de participar en la misma caen hasta cero posiblemente con un número finito de empresas en la industria. En esas condiciones, el equilibrio a largo plazo conlleva que las empresas no exploten al máximo las economías de escala en I+D, ya que el excesivo número de empresas participantes en la carrera no lo hacen rentable. Para Loury, éste es uno de los tres factores que esencialmente impiden la asignación eficiente de recursos, ya que desde el punto de vista social lo adecuado sería que un número finito de empresas aprovecharan al máximo estas economías de escala. Sin embargo, en esa situación cada una de estas empresas obtendría beneficios esperados positivos, por lo que habrían incentivos a que nuevas empresas entrasen en la competencia

¹² Posteriormente, en el apartado 2.1.4., se abordará un conjunto de investigaciones que sí hacen depender los resultados de las actividades de I+D de una empresa de los gastos en I+D del resto de empresas de la industria e incluso de fuentes externas a la industria. Sin embargo, estas contribuciones no suponen que las actividades de I+D adoptan la forma de carrera por la patente, ni que las actividades de investigación estén sometidas a incertidumbre.

hasta que los beneficios se disipasen completamente. Esa entrada adicional de competidores da pie a que investiguen más empresas de lo que sería socialmente óptimo.

La segunda distorsión consiste en que dado un número de empresas en la industria, cada una invertirá más de lo socialmente necesario para innovar. La explicación es que mientras un planificador social es indiferente sobre quién gane la carrera, cada empresa desea ser la ganadora. Por ese motivo, los incentivos privados a innovar superan los sociales. Este es el mismo efecto de *common pool* que se ponía de manifiesto en los modelos deterministas y ahora consiste en que cuando una empresa aumenta su esfuerzo en I+D provoca una reducción de los beneficios esperados por todas las empresas.

Por último, la incapacidad de los inversores privados para apropiarse de los beneficios sociales de las innovaciones que financian hace que normalmente el valor social supere el privado, introduciendo un sesgo en la decisión privada. En cualquier caso, Loury opta por pasar por alto esta divergencia.

Estas distorsiones hacen que Loury sugiera que la intervención pública necesaria es la reducción de la vida de la patente hasta una duración que consiga que el número de empresas existente en la industria lleve a cabo el gasto en I+D socialmente óptimo. Además, es necesario proporcionar un subsidio o recabar un impuesto que consiga que los beneficios de las empresas sean cero cuando existe ese número de empresas.

Para Lee y Wilde (1980), los resultados de Loury son sensibles a su especificación de los costes de I+D; por ello, proponen que para desarrollar investigación las empresas deban incurrir en un coste fijo exógenamente especificado y, posteriormente, hacer frente a costes en cada momento del tiempo -costes recurrentes en la terminología de Kamien y Schwartz (1989)- hasta que alguna empresa tenga éxito. En este marco, la entrada de nuevas empresas en la industria hace aumentar el gasto en I+D, lo que contradice el resultado de Loury. No obstante, Lee y Wilde coinciden en que cuanto mayor sea el número de empresas, antes se produce la introducción de la innovación.

Para analizar la optimalidad de la solución no cooperativa, Lee y Wilde comparan el número de empresas que compiten -que coincide con el número de proyectos que se emprenden- cuando no es posible la cooperación con el número de proyectos independientes que desarrollaría simultáneamente un planificador social, que es el mismo que adoptaría un monopolista discriminador de precios. Su conclusión es que si los beneficios esperados de innovar en el equilibrio no cooperativo no son negativos, un monopolista que lleve a cabo el mismo número de proyectos que se emprenden en el equilibrio no cooperativo realizará una inversión en I+D menor. Más aún, el número de proyectos que llevaría a cabo el monopolista es menor que el característico de la solución no cooperativa. De esta forma, los resultados de Lee y Wilde en lo que se refiere al bienestar concuerdan con los que obtiene Loury cuando la tecnología de innovación tiene un

tramo con rendimientos crecientes, esto es, que existe una tendencia a que se gaste demasiado en investigación tanto a nivel individual como agregado.

Dixit (1988), recogiendo una sugerencia de Lee y Wilde, construye un modelo en el que los costes fijos y variables se determinan endógenamente. De esta forma, se refunden las visiones de Lee y Wilde y de Loury, pues la probabilidad instantánea de innovar depende tanto de los costes fijos en que incurra la empresa como de los costes recurrentes que satisfaga la empresa a lo largo de la carrera¹³. A diferencia de los modelos anteriores, en los que el número de empresas es finito, Dixit supone un continuo de empresas¹⁴ donde únicamente algunas de ellas participarán en la competición. De esta forma, se simplifica la resolución del modelo porque la incidencia de cada empresa en la probabilidad agregada de éxito en cada momento del tiempo es tan pequeña que se puede suponer que pueden obviarla al tomar sus decisiones.

Dixit compara los gastos fijos y recurrentes en los que incurren las empresas con los que elegiría un planificador social. Las divergencias provienen de dos de las vías señaladas por Loury¹⁵. Por una parte, las economías externas captadas por la disparidad entre el beneficio social y el privado que Dixit incorpora en su modelo al suponer que parte del beneficio social no es apropiable por la empresa. Por otra, el problema del *common pool* que conduce a que las empresas inviertan demasiado. La diferencia entre el equilibrio y el óptimo refleja el balance entre estos dos efectos contrapuestos, por lo que cabe tanto subinversión como sobreinversión en I+D.

Para Dixit, una solución óptima consiste en alterar los beneficios apropiables de la empresa ganadora por medio de un premio o un impuesto. No serían necesarios impuestos ni subsidios a los costes fijos o recurrentes ya que, si las empresas eligen adecuadamente su probabilidad instantánea de lograr la innovación, determinarán de forma óptima los *inputs*

¹³ Pérez Castrillo y Verdier (1989) consideran la elección conjunta de gastos fijos y recurrentes, al igual que Dixit (1988), suponiendo una forma funcional particular para la relación entre los recursos dedicados a I+D y la probabilidad instantánea de innovar. Entre otros objetivos, analizan los diferentes resultados que encuentran tanto Loury como Lee y Wilde cuando consideran el efecto que la entrada de una empresa adicional en la carrera por la patente tiene sobre el esfuerzo en I+D llevado a cabo por el resto de empresas. La razón para que el resultado sea distinto es que la aparición de más competidores tiene dos efectos inmediatos: por un lado, disminuye la esperanza de beneficio y, por otro, aproxima la fecha esperada del descubrimiento. Si los costes son fijos sólo tiene vigencia el primer efecto, reduciendo la inversión de las empresas. Por el contrario, si los costes son variables, la empresa también tendrá en cuenta el acortamiento de la carrera por lo que gastará más en cada periodo. En el modelo de Lee y Wilde predomina el segundo efecto, en tanto que en el modelo de dos costes de Pérez Castrillo y Verdier se demuestra que los resultados de Loury son los que se manifiestan cuando el número de empresas que participan es suficientemente elevado.

¹⁴ Dixit plantea que este supuesto sólo es válido para determinadas industrias, como las de semiconductores o de biotecnología, pero no para otras, como la de aviación.

¹⁵ La vía señalada por Loury que no aparece es la que está causada por las economías de escala en I+D. Es normal, puesto que Lee y Wilde y Dixit se desprecupan de ellas porque los costes fijos iniciales evitan el problema de las infinitas empresas que se planteaba Loury.

que minimicen sus costes. También es posible conseguir el óptimo subsidiando o gravando de la misma forma ambos *inputs*, pero no uno sólo porque tales políticas distorsionan las elecciones de las empresas e impiden alcanzar el óptimo. Así, subsidiar la entrada inicial de empresas reduce los costes fijos irrecuperables (*sunk costs*), mientras que subsidiar los costes variables altera la tasa de descuento de las empresas y el precio relativo de los *inputs*.

Un comentario adicional de Dixit es que las empresas de mayor tamaño sí toman en consideración el efecto de su elección de esfuerzo en I+D sobre la probabilidad de éxito agregada y, por tanto, internalizan parte de la externalidad del *common pool*. Por ello, Dixit afirma que, en un equilibrio de Nash con empresas de este tipo, la política óptima debería ser específica a cada empresa, de forma que las empresas más grandes deberían recibir mayores premios o soportar menores impuestos.

La diferencia más sustancial entre los trabajos que se han expuesto es la forma que adopta la inversión en I+D. En todos ellos se obtienen resultados compatibles con los que se manifiestan en los modelos deterministas, pero evitando la simplificación de que sólo realizan I+D los ganadores. Sin embargo, los modelos que carecen de memoria, al no permitir avances parciales en la carrera, fuerzan a que las empresas tomen sus decisiones al principio de la misma y no tengan motivos para alterarlas, fallando a la hora de recoger las interacciones estratégicas que surgen cuando varias empresas compiten para obtener la innovación. Para solucionar este problema se ha incorporado como determinantes de la probabilidad de innovar tanto las acciones presentes como las pasadas de la empresa, dando lugar a modelos que toman en consideración la experiencia¹⁶, como el de Reinganum (1981)¹⁷, quien plantea un marco en el que, aunque la innovación es estocástica, cuando la empresa dedica recursos a investigar acumula conocimiento que aumenta la probabilidad instantánea de innovar que la empresa tendrá en el futuro. Esta autora considera que dos empresas compiten por obtener una patente de forma que conjuga la rivalidad de los modelos basados en el análisis de teoría de juegos, como los de Loury, de Lee y Wilde y de Dasgupta y Stiglitz, con la visión dinámica característica de la teoría de la decisión de Kamien y Schwartz. En consecuencia, la técnica analítica adecuada es la de juegos en tiempo continuo.

¹⁶ Fudenberg, Gilbert, Stiglitz y Tirole (1983), Grossman y Shapiro (1987) y Harris y Vickers (1987) plantean modelos con estas características. No obstante, los objetivos de Gilbert et al. consisten en analizar las relaciones estratégicas que se producen en el tiempo entre líder y seguidor, y el artículo de Grossman y Shapiro y el de Harris y Vickers estudian la forma en que las inversiones en I+D se disponen en el tiempo. Ninguno de estos objetivos está próximo a la temática de esta investigación por lo que no se analizan. Pérez Castrillo (1990), por el contrario, sí los incluye en su revisión de las relaciones teóricas entre estructura de mercado e I+D.

¹⁷ Reinganum (1982) generaliza este modelo para un número de empresas mayor que dos, aunque al no proporcionar un análisis de bienestar no se incluye en esta revisión.

A diferencia del resto de modelos deterministas con memoria, Reinganum sí analiza la optimalidad social del nivel de inversión en I+D, obteniendo que la posibilidad de lograr rentas de monopolio induce un mayor esfuerzo, al igual que la existencia de rivalidad, pues las empresas tienden a sobreinvertir para ser los primeros en tener éxito y hacerse con la patente. Por otra parte, el carácter de bien público del conocimiento hace que las empresas no puedan apropiarse de todo el valor del conocimiento generado, invirtiendo menos en I+D. Aunque el sistema de patentes tiene como objetivo mitigar este problema de apropiabilidad, el valor social de una innovación puede exceder a las rentas de monopolio.

Para Reinganum, que la inversión en I+D sea o no excesiva depende del balance entre los efectos de la falta de apropiabilidad y de la externalidad de *common pool*. Si el conocimiento es un bien público puro -no apropiable- y el valor social de la innovación es suficientemente elevado respecto al privado, las empresas invertirán menos de lo socialmente adecuado. Por el contrario, si el conocimiento es apropiable, entonces aunque haya una mala asignación de recursos no será posible establecer la dirección del sesgo. En definitiva, el grado en que es apropiable y transferible el conocimiento así como los propios parámetros del modelo tienen influencia en la prescripción de políticas de subsidiación.

Una aproximación un tanto diferente es la de Gallini y Kotowitz (1985), quienes representan el proceso de I+D en forma de series de experimentos o avenidas que culminan en el desarrollo exitoso de una innovación. Los experimentos se extraen, sin reemplazo, de una población conocida y sólo un subconjunto de ellos conducen al éxito. Al no existir reemplazo, surge un proceso de aprendizaje endógeno en la medida que cuando un proyecto falla, la probabilidad de éxito de los restantes aumenta. Así, la probabilidad de éxito no sólo depende de los fondos dedicados en cada periodo sino también del conocimiento adquirido en el pasado, lo que proporciona memoria al proceso de búsqueda.

Se supone que la invención, que está protegida completamente por derechos de patente, es llevada a cabo por empresas neutrales ante el riesgo y que todas las líneas de investigación requieren el mismo coste y son igualmente rentables ex-ante, es decir, las líneas de investigación sólo se diferencian en que unas permiten alcanzar el éxito y otras no. Además, no existen divergencias entre los beneficios sociales y privados de la actividad de I+D por lo que se evitan los problemas de apropiabilidad.

Gallini y Kotowitz derivan cuántas líneas de investigación llevaría a cabo un planificador social y lo comparan con el comportamiento de un conjunto de empresas compitiendo por la innovación. Sus resultados dependen de si el valor actual de los beneficios que recibe el ganador superan o no el coste de emprender instantáneamente todas las líneas de investigación. Si es rentable desarrollarlas todas, un planificador social seguiría una secuencia en la que el número de proyectos que se llevan a cabo se iría reduciendo con el tiempo. Sin embargo, si no es rentable emprenderlos todos el planificador incrementaría gradualmente el número de proyectos que desarrolla en cada periodo hasta

llegar a un máximo, a partir del cual comenzaría a reducir su esfuerzo investigador. Este diferente comportamiento refleja el efecto de dos tipos de incentivos. Por una parte, la empresa obtiene un beneficio esperado -que puede ser positivo o negativo- por cada línea adicional que emprende en cada periodo. Por otra, retrasar la investigación de una línea a periodos posteriores proporciona beneficios, ya que más tarde se dispondrá de más información, pero también supone un coste debido a que el proyecto postpuesto podría ser el que conduce a la innovación. Es interesante señalar que, cuando no es rentable desarrollar todas las líneas, el beneficio esperado de llevar a cabo los primeros experimentos es negativo, pero se emprenden porque permiten obtener beneficios informacionales de cara a la investigación futura.

Cuando existe libre entrada en investigación los resultados son muy distintos. Si el beneficio esperado de cada proyecto es inicialmente positivo (es decir, si es rentable recorrer todos los caminos) las empresas recorrerán todas las avenidas instantáneamente. De hecho, la investigación en cada línea será replicada por tantas empresas como para que todos los beneficios se disipen. Por el contrario, cuando el beneficio esperado de llevar a cabo un proyecto individual es negativo, ninguna empresa estará interesada en innovar porque no puede aprovecharse de las ventajas de la búsqueda secuencial descrita más arriba.

En consecuencia, el modelo de Gallini y Kotowitz predice que la libre entrada en investigación conduce o bien a una excesiva dedicación de recursos a I+D, de hecho a la replicación innecesaria de experimentos, o bien a la imposibilidad de investigar. La lección para la intervención pública es que la limitación de los gastos en I+D para evitar la duplicación no es suficiente para lograr la eficiencia. También es necesaria la coordinación activa de la investigación o proporcionar derechos exclusivos al desarrollo en el tiempo de la misma. Gallini y Kotowitz hacen una matización según la cual las ineficiencias del desarrollo paralelo, en comparación con las que surgen de la duplicación de esfuerzos, dependen de la naturaleza del proceso de I+D. Así, cuanto mayor es la incertidumbre sobre la identidad, número y resultados de las distintas líneas de investigación, el papel de la duplicación parece más importante y menos espacio queda para la coordinación de la investigación. Al revés sucede cuando la incertidumbre disminuye. Estos comentarios son relevantes si se considera, como hacen Gallini y Kotowitz, que la investigación implica mucha incertidumbre (muchas líneas a explorar) mientras que cuando se trata de desarrollo tecnológico quedan pocas líneas en las que explorar. Es decir, que la coordinación es más necesaria en los estadios finales de desarrollo del producto o del proceso, donde la incertidumbre es reducida porque ya se han identificado los proyectos más prometedores.

2.1.3. Competencia en I+D con estructura del mercado de productos endógena.

En los modelos planteados hasta ahora, las empresas desarrollan proyectos de investigación con la finalidad de obtener una patente que les proporcione un flujo futuro de beneficios. Los perdedores de la competición simplemente no obtienen ningún beneficio y pierden las inversiones en I+D que han realizado. Beath et al. (1989) parten de un modelo muy similar al de Lee y Wilde (1980), en el que la empresa elige simplemente la probabilidad instantánea de innovación que equilibra los ingresos y los costes adicionales de adelantar la fecha esperada de descubrimiento, pero consideran que antes de que se realice la innovación las dos únicas empresas existentes obtienen flujos de beneficios positivos (π), mientras que posteriormente tanto el ganador como el perdedor obtienen beneficios distintos a los iniciales (π_G y π_P , respectivamente) y, además, el beneficio del perdedor no tiene por qué ser inferior al que obtenía previamente. Con estos cambios, Beath et al. muestran que, en ausencia de competencia en I+D, el premio por introducir una innovación viene dado por la diferencia $\pi_G - \pi$, a la que denominan el incentivo del beneficio. Puesto que para Lee y Wilde los beneficios previos a la innovación son nulos, en el modelo de Beath et al. el efecto incentivo lleva a una introducción de innovaciones más lenta. De hecho, cuanto mayor es el beneficio previo a la innovación menor es el gasto en I+D. Por otro lado, cuando la empresa se enfrenta a competencia en I+D surge el efecto "amenaza competitiva", que está originado por la cantidad que la empresa dejaría de ganar, a partir de ese momento y para siempre, si la otra empresa tiene éxito de forma inmediata¹⁸, que viene dado por $\pi_P - \pi$.

Para Beath et al., el comportamiento de cada una de las empresas depende de si el efecto incentivo es grande o pequeño respecto a la amenaza competitiva; pues el signo de la pendiente de la función de reacción de la empresa depende de la magnitud relativa de ambos. De esta forma, identifican dos situaciones distintas. La primera se produce cuando el efecto incentivo es pequeño respecto a la amenaza competitiva de la empresa, es decir, que la empresa no está interesada en innovar pronto porque no va a aumentar mucho sus beneficios; sin embargo, le preocupa la pérdida que puede sufrir si el rival tiene éxito. Por ello, si la otra empresa aumenta su gasto en I+D reaccionará aumentando el esfuerzo propio para así evitar que la otra se adelante. El segundo caso puede tener lugar, por el contrario, cuando la imitación es relativamente fácil y la diferencia entre ganar o no la carrera es pequeña. En un caso como este, a la empresa no le preocupa quién introduzca la innovación, por lo que reduce su gasto en investigación en respuesta a incrementos en el llevado a cabo por la empresa competidora.

Una empresa se encontrará en una situación o en otra dependiendo de factores como la facilidad de imitación, que reduce el efecto amenaza competitiva porque el

¹⁸ Estos autores lo miden suponiendo que la otra empresa gasta tanto en I+D que su éxito es inminente.

beneficio tras la innovación que obtiene el perdedor es parecido al del ganador ($\pi_G \approx \pi_P$), o la existencia de patentes infinitas efectivas, que lo hace importante, ya que en ese caso tras la innovación el ganador aumenta su beneficio mientras el perdedor lo ve reducido ($\pi_G > \pi > \pi_P$). Es importante para la intervención pública que la empresa se encuentre en un caso u otro porque mientras en el segundo la competencia en I+D conduce a la empresa a gastar más de lo que sería óptimo, en el primero aparece el problema del *free rider* que origina la insuficiente dedicación de recursos.

En el análisis de Beath et al., las magnitudes relativas del efecto incentivo de los beneficios y de la amenaza competitiva para cada una de las empresas motivan el surgimiento de cuatro posibles tipos de modelo con diferente equilibrio de Nash. Beath et al. emplean este marco de análisis para responder a la cuestión de si debe subsidiarse o no la investigación y el desarrollo en un contexto de I+D estratégica, en el que cada una de las empresas está situada en un país diferente y los gobiernos pueden intervenir para favorecer sus intereses nacionales mediante subsidios o impuestos a las actividades de investigación. Aunque en esta revisión se ha dejado a un lado esta línea de investigación, que es tratada entre otros por Spencer y Brander (1983) y Dixit (1988), la visión de Beath et al. se incorpora -aunque de forma breve- por ser especialmente sugerente en cuanto que los resultados que obtienen pueden ser reducidos al contexto de dos empresas en un mismo país.

Los resultados que se obtienen dependen de la naturaleza de las funciones de reacción de las dos empresas. No sirve de nada subsidiar la I+D y lo más conveniente es gravarla, si ambos países tienen la misma percepción de la importancia relativa de estas fuerzas, es decir, en el caso en que el factor incentivo supere en los dos países a la amenaza competitiva, o si este último es mayor que el efecto incentivo. La intuición es simple: cuando predomina la amenaza competitiva, al subsidiar la investigación se fuerza a la otra empresa a invertir más aún y, como se dijo, en este caso ya se está invirtiendo demasiado. Si el efecto incentivo es el que prevalece, interesa conseguir que la empresa del otro país invierta más en I+D, para así reducir el coste de disfrutar pronto de la innovación. Sin embargo, subsidiando a la empresa nacional se conseguirá que la empresa del otro país reaccione, justo al revés de lo que se desea.

Por el contrario, el subsidio a la I+D será beneficioso si los dos países difieren en la importancia relativa de ambos efectos. Si destaca el efecto amenaza en el país y el efecto incentivo en el extranjero, interesa que la innovación se produzca lo antes posible, y que sea la empresa nacional la que innove; en este contexto, al subsidiar la I+D se logra que el otro país responda reduciendo su I+D mientras que la empresa nacional aumentará su esfuerzo. Cuando se produce la situación inversa, el subsidio incentivará la investigación en ambos países.

Puesto que la estructura del modelo empleada por Beath et al. no incorpora inicialmente la existencia de dos países, nada impide que las dos empresas estén situadas en

el mismo país y, por tanto, sujetas a la actuación del mismo gobierno. Así, el análisis de Beath et al. sugiere que el gobierno debe llevar a cabo políticas diferenciadas para empresas distintas, esto es, que las reglas de actuación no pueden ser generales sino específicas a grupos de empresas. Los modelos que se revisan a continuación aportan conclusiones acordes con esta idea.

El modelo de Beath, et al. dio pie al tratamiento de Delbono y Denicolò (1990 y 1991), quienes incorporaron al modelo de Lee y Wilde (1980) la competencia en el mercado de productos. La modificación de Delbono y Denicolò es una forma más sofisticada de introducir los puntos de partida de Beath et al., según los cuales inicialmente los beneficios no tienen que ser cero necesariamente y no hay razón para que sólo el ganador de la carrera varíe su beneficio. La mayor complejidad proviene de que el flujo de beneficios en cada una de las situaciones no es exógeno, sino que se determina endógenamente dependiendo de la rivalidad que exista en el mercado del producto. Por ello, sus modelos consisten en juegos en dos etapas, en la primera de las cuales las empresas deciden cuánto gastan en I+D y se produce la carrera por la innovación. Una vez que la fase de I+D finaliza, comienza la segunda etapa del juego en la que las empresas compiten en el mercado de productos.

Las diferencias fundamentales entre el modelo de Delbono y Denicolò y el de Lee y Wilde provienen de los dos efectos identificados por Beath et al., esto es, el efecto incentivo de los beneficios y la amenaza competitiva. En este nuevo marco, la incidencia de un aumento en el número de empresas sobre el esfuerzo dedicado por cada una de ellas ya no es claramente positiva como en el modelo de Lee y Wilde, sino que hay que considerar tres nuevos factores. Por una parte, después de la innovación incluso los perdedores consiguen beneficios positivos, por lo que existe un menor incentivo a investigar. Ahora bien, si sólo existiese este efecto se mantendrían los resultados de Lee y Wilde. Por otra parte, aparecen dos componentes asociados a la amenaza competitiva y al efecto incentivo provocado por la posibilidad de obtener mayores beneficios. Al igual que para Beath et al., estos dos efectos tienen signo contrario y existe ambigüedad en conocer cuál es mayor.

Delbono y Denicolò emprenden el análisis desde dos líneas diferentes según el artículo que se considere. Así, en su trabajo publicado en 1991 incorporan al modelo de Lee y Wilde la competencia en cantidades en el mercado de producto, obteniendo resultados que no sostiene el modelo de Lee y Wilde. En primer lugar, que se produzca un incremento en el número de empresas puede tener como consecuencia tanto un incremento como una disminución del esfuerzo individual en I+D, ya que Delbono y Denicolò demuestran que si la innovación es drástica, es decir, si el ganador obtiene poder de monopolio, un aumento en

el número de empresas incrementa el esfuerzo en I+D de las mismas¹⁹. No obstante, el resultado más interesante es que la conclusión de Lee y Wilde podría no ser cierta si la innovación no es drástica. Para mostrarlo, recurren a un ejemplo concreto que indica que, en determinadas circunstancias, no sólo el esfuerzo individual puede disminuir a medida que aumenta el número de empresas, sino que también puede reducirse el esfuerzo agregado.

En segundo lugar, Delbono y Denicolò llevan a cabo un análisis del bienestar para comparar si el gasto agregado en I+D es mayor o menor que el socialmente óptimo, es decir, el que se obtiene cuando existe competencia en el mercado de bienes y diseminación instantánea del conocimiento técnico. En su modelo no sólo se produce la tendencia a la duplicación de esfuerzos en I+D, como en Lee y Wilde, sino que también la amenaza de los competidores en la carrera por innovar hace que las empresas sobreinviertan en I+D. Sin embargo, si el valor social de la innovación supera al privado, existirá una tendencia a la subinversión en I+D y, a priori, no puede asegurarse qué efecto prevalece, por lo que Delbono y Denicolò pueden como mucho asegurar que, en su ejemplo concreto, si la eficiencia de la tecnología de investigación es muy reducida respecto a la tasa de descuento, el esfuerzo en I+D en el equilibrio será menor que en el óptimo social.

El segundo artículo de Delbono y Denicolò (1990) está muy relacionado con el primero y, para los propósitos de esta revisión, únicamente cabe destacar que en él demuestran que las empresas invierten más de lo socialmente óptimo cuando la competencia es del tipo Bertrand en el mercado del producto y, posteriormente, se protege al ganador con una patente de vida infinita. La explicación de este resultado es que con competencia en precios, las empresas invierten demasiado tratando de ser monopolistas. Cuando la innovación es drástica, o cuando no lo es pero se emplea el ejemplo de Delbono y Denicolò, puede afirmarse que bajo competencia en precios se dedican más recursos que con competencia del tipo Cournot. Este resultado está en línea con el obtenido en Delbono y Denicolò (1991) porque cuando las empresas actúan al estilo cournotiano no está claro si sobreinvierten o no respecto al óptimo social.

Al igual que Delbono y Denicolò, Quirnbach (1993) también plantea un modelo en dos etapas en el que incorpora explícitamente la competencia en el mercado de productos. Sin embargo, en la primera etapa, las empresas no deciden cuánto gastan en I+D sino simplemente si llevan o no a cabo actividades de I+D. Dicho de otro modo, el juego comienza cuando surge una idea nueva que proporciona una determinada probabilidad de conseguir una innovación a aquellas empresas que dediquen una cantidad fija de recursos a investigar en esa dirección.

¹⁹ No es sorprendente pues correspondería a un modelo como el de Lee y Wilde, excepto que las empresas tendrían inicialmente beneficios positivos.

Otra peculiaridad del trabajo de Quirnbach es que no es posible la protección mediante patente²⁰, por lo que no se desencadena la típica carrera para llegar el primero, sino que todas las empresas que tienen éxito pueden fabricar el nuevo producto²¹ y compiten hasta que el juego llega a su fin, cuando la nueva tecnología se convierte en conocimiento público o bien queda obsoleta al ser superada por una innovación que surge de forma exógena (ya que no se plantean secuencias de innovaciones).

Quirnbach analiza equilibrios simétricos²² cuando en el mercado se establece competencia de Bertrand, de Cournot o se alcanza un acuerdo colusivo. La dificultad para obtener resultados teóricos generales fuerza el que la mayor parte de sus resultados se basen en simulaciones a partir de dos modelos en los que se suponen rendimientos constantes en producción, utilizando la forma funcional lineal e isoelástica para la demanda del mercado. Su objetivo es mostrar cómo el coste de investigar, la probabilidad de éxito y el grado de competencia en el nuevo mercado influyen sobre el número de empresas que realizan I+D y en el bienestar esperado.

El resultado más importante que se extrae de su análisis es la necesidad de realizar taxonomías: ni todos los tipos de investigación son iguales, ni es posible encontrar un grado de colusión óptimo válido para todas las circunstancias. Además, esto implica que no debe

²⁰ Al final de su trabajo introduce la posibilidad de patentar, de forma que la primera empresa que tenga éxito sea la única capaz de producir el bien hasta que quede obsoleto, o la patente expire y la imitación sea posible y sin coste. Esto le permite extraer, entre otras, las siguientes conclusiones:

- La protección mediante patentes estimula las actividades de I+D cuando la tecnología presenta rendimientos crecientes pero no siempre cuando son decrecientes. En este sentido, las patentes parecen favorecer el desarrollo de los monopolios naturales.
- La protección mediante patentes de una industria que es casi perfectamente colusiva reduce los incentivos a realizar I+D si la tecnología exhibe rendimientos suficientemente decrecientes
- Una justificación de las patentes es que favorecen la investigación. Cuando la imitación es lenta, la conducta colusiva puede servir para el mismo propósito. Sin embargo, ambos incentivos simultáneamente pueden reducir la I+D con tecnologías con rendimientos decrecientes.
- En cuanto a los efectos sobre el bienestar, con rendimientos constantes, el bienestar y los beneficios son los mismos tanto para un monopolista con patente como para un oligopolio que maximiza los beneficios conjuntos. Así, para proyectos con probabilidad moderada o alta y coste de investigación bajo o moderado, el bienestar esperado con protección de patentes es normalmente menor, y con frecuencia bastante inferior al que corresponde a la industria de Bertrand o Cournot no protegidas con patentes. Para proyectos con probabilidad de éxito muy baja o costes de investigación muy altos, la protección de patentes podría no sólo no incrementar, sino incluso reducir el bienestar esperado respecto a cualquier industria no totalmente colusiva sin patentes.

²¹ Este planteamiento tiene el mismo efecto que suponer que el proceso de imitación es idéntico en costes que el de innovar.

²² El comportamiento en la primera fase del modelo puede ser tanto simultáneo como secuencial, obteniéndose en ambos casos el mismo equilibrio en estrategias puras (que es el considerado en esta revisión). Cuando la decisión es secuencial también es posible un equilibrio en estrategias mixtas; sin embargo, no parece necesario analizarlo ya que no aporta nada sustancial en relación a los objetivos de esta investigación. Tan sólo incorpora una nueva fuente de incertidumbre denominada "riesgo estratégico", motivada porque el número de empresas que deciden investigar se convierte en una variable aleatoria.

llevarse a cabo una intervención horizontal que alcance a todas las empresas por igual sino que la actuación pública debe particularizarse.

Empleando simulaciones para los dos tipos de modelos con distintos valores de coste de investigación y probabilidades de éxito de los proyectos, obtienen conclusiones cuantitativas que les permiten sostener que, excepto para proyectos con muy baja probabilidad de éxito, la industria que maximiza conjuntamente los beneficios no funciona muy bien en términos de bienestar a pesar de su mayor esfuerzo en I+D y las industrias menos colusivas -con competencia al estilo de Bertrand o Cournot- exhiben con frecuencia un nivel de bienestar esperado sustancialmente superior. En realidad no existe una estructura de mercado que sea siempre la mejor, no obstante, comparando el bienestar obtenido cuando se optimiza el grado de colusión con el que logra el mejor funcionamiento se observa que las diferencias son pequeñas. El mensaje es, en cualquier caso, que un nivel alto de colusión no es, con frecuencia, lo mejor y que, cuando lo es, no es sustancial el aumento del bienestar que proporciona.

Quirnbach analiza el efecto de los costes de investigación y de la probabilidad de éxito sobre el número de empresas que deciden invertir en I+D. Su resultado es que unos costes de innovación más elevados siempre desaniman la realización de I+D; sin embargo, el aumento en la probabilidad de éxito no tiene un efecto claro, ya que, aunque eleva la rentabilidad esperada de participar en las actividades de I+D también hace más fácil la innovación para los rivales. Como el efecto neto sobre los beneficios esperados puede ir en cualquier dirección, las consecuencias para las políticas gubernamentales que afectan a la probabilidad de innovar son importantes. Por una parte, es posible que medidas relacionadas con el medioambiente, la salud o la seguridad (que merman las posibilidades de obtener un nuevo producto que pueda ser comercializado) no reduzcan el número de empresas que realizan I+D. Por otra, es posible que la financiación por parte del gobierno de conocimiento científico adicional que eleve la probabilidad de éxito de los proyectos no estimule el esfuerzo en I+D sino que desplace gasto privado en I+D. No obstante, Quirnbach sugiere la existencia de un conjunto de proyectos con una probabilidad de éxito suficientemente reducida, en los que se verifica que un aumento en dicha probabilidad hace crecer el beneficio esperado de emprender tareas de investigación. Esto le permite sostener que la financiación del gobierno a la investigación más básica, en aquellas áreas donde la investigación comercial está más alejada, induce a una mayor investigación privada.

Quirnbach también evalúa la optimalidad del número de empresas que realizan I+D, sosteniendo que cualquiera que sea el tipo de industria que se considere, se produce una subinversión en I+D en proyectos de alto coste y baja probabilidad de éxito. Sin embargo, una industria que maximiza conjuntamente los beneficios sobreinvierte si los proyectos son de bajo coste y alta probabilidad. También una industria de Cournot tiene tendencia a sobreinvertir, pero una industria Bertrand casi seguro que subinvertirá.

En cuanto a las implicaciones para la intervención, los subsidios o gravámenes a la actividad de I+D alteran los costes privados de investigar, y con ellos al número de empresas que investigan así como el bienestar esperado en equilibrio. Sin embargo, el bienestar final puede estar tanto más próximo como más alejado del óptimo. De hecho, Quirnbach argumenta que ninguna política puede ser óptima en todos los casos - incluso en términos cualitativos- ya que sus efectos dependen de las características de coste y riesgo de los proyectos y del grado de colusión de la industria. No obstante, extrae algunas reglas de actuación. Así, no parece demasiado equivocado el subsidiar todos los proyectos con una baja probabilidad de éxito en todas las industrias y todos los proyectos en industrias altamente competitivas. Por el contrario, en industrias altamente colusivas no debe fomentarse la inversión en proyectos con probabilidad moderada o alta si los costes son modestos, sino que más bien debe ser desincentivada. Por último, para industrias moderadamente competitivas la mejor opción puede ser dejarlas actuar por sí mismas.

Las conclusiones de este apartado no se alejan demasiado de las que ponían de manifiesto los modelos de carrera por la patente, es decir, sigue sin poder afirmarse a priori si existe subinversión o sobreinversión en I+D. Sin embargo, las aportaciones de Beath et al. y de Delbono y Denicolò hacen que los resultados sean sensibles al modo en que compiten las empresas en el mercado de producto; por ello, la intervención pública no puede dejar de tener en cuenta la estructura del mercado del producto.

Quirnbach llega aun más lejos e incorpora, como argumentos del problema, las características de la investigación que desarrollan las empresas. En cualquier caso, la conclusión última es similar: la actuación pública no puede ser igual en todos los casos, sino que tiene que ir precedida de la comprensión de las características de los procesos de innovación que hacen necesaria la intervención en un sentido u otro. En este orden de cosas, el trabajo de Quirnbach es un ejemplo a seguir en la investigación teórica futura.

2.1.4. Modelos que incorporan las externalidades de los procesos de I+D.

Los trabajos que han sido revisados hasta este momento prestan mucha atención al efecto que las inversiones en I+D realizadas por una empresa tienen en su competición con el resto, pero los problemas de apropiabilidad de los resultados de las actividades de I+D quedan en un segundo plano. Los estudios que se incluyen en este apartado, por el contrario, se centran en torno a la falta de apropiabilidad del conocimiento, atribuyéndola a las externalidades de los propios procesos de investigación y desarrollo.

La idea subyacente en estos modelos con externalidades es descrita por Kamien et al. (1992, p.1298) de un modo que recuerda mucho al artículo de Gallini y Kotowitz (1985): los procesos de I+D se llevan a cabo en forma de ensayo y error, es decir, que consisten en procesos multidimensionales más que unidimensionales. Esto es, no se sigue una única línea de manera que sólo la empresa más adelantada genera externalidades a

las que van más rezagadas sino que, al existir muchas opciones que deben ser probadas para saber si son o no adecuadas, cuando una empresa emprende una línea de investigación que no es fructífera beneficia a todas las demás. De este modo, no es que los resultados finales de los proyectos puedan ser imitados por otras empresas, sino que los avances parciales que experimenta una empresa son aprovechados por el resto de la industria (e incluso por otras industrias). Ello da lugar al concepto de I+D efectiva, según el cual una empresa no sólo aprovecha su propio gasto en I+D, sino también porciones del llevado a cabo por otros agentes.

La organización de este apartado es la siguiente. Primero se analiza el artículo pionero de Spence (1984), que aborda los efectos que las externalidades tienen sobre la I+D realizada por las empresas. Posteriormente, los de Levin y Reiss (1988) y Cohen y Levinthal (1989), que mejoran el de Spence y partiendo de modelos teóricos obtienen modelos econométricos aplicables. La limitación de estos dos últimos trabajos es que no realizan análisis de bienestar y, por tanto, no despejan la duda de si las externalidades de los procesos de I+D consiguen o no alterar las conclusiones que se han revisado hasta ahora. La solución se ha encontrado en otra línea de investigación que surge del artículo de Spence y estudia la cooperación entre las empresas para desarrollar I+D. Para los objetivos de este capítulo, no parece necesario entrar de lleno en este nuevo campo de investigación; aunque si es relevante el análisis de bienestar que se realiza en estos trabajos, que permite reforzar el análisis de Spence²³ al evaluar la optimalidad de la inversión en I+D cuando las actividades de investigación generan externalidades.

Spence (1984) plantea un modelo en que las inversiones de I+D reducen, de forma determinista, los costes medios de producción de las empresas, que son independientes de la cantidad producida. La característica más importante es que la reducción de costes que consigue una empresa depende de la acumulación de conocimiento, que está determinada no sólo por sus gastos en investigación, sino también por los del resto de la industria. La acumulación de conocimiento se supone lineal tanto en el gasto propio como en el agregado de las demás empresas, aunque este último queda ponderado por un parámetro que recoge la magnitud de las economías externas. Las externalidades tienen dos efectos contrapuestos, porque si bien merman los incentivos a invertir en I+D también hacen menor la cantidad de recursos que la industria en su conjunto tiene que utilizar para lograr un recorte determinado en los costes de producción.

Las conclusiones de Spence provienen de simulaciones sobre un ejemplo, en el que un número determinado de empresas, que compiten en cantidades y actúan simétricamente,

²³ La contribución de Spence no sólo ha dado pie a los trabajos que se relatan en este apartado, la forma de plantear las externalidades de conocimiento también ha influido en los estudios aplicados que se comentan en el apartado 2.3.1.

producen el mismo bien y se enfrentan a una demanda con elasticidad constante. Aunque el proceso de I+D es determinista, más de una empresa invierte en investigación porque, como la competencia es en cantidades, el ganador no se lo lleva todo.

El primer resultado de Spence es que la existencia de externalidades hace disminuir las reducciones de costes de las empresas. Además, para Spence, los mercados funcionan bien en el caso de que la investigación sea poco efectiva para reducir los costes o si es muy efectiva y barata, pero no ocurre lo mismo cuando las oportunidades para reducir costes mediante la investigación requieren gastos en I+D sustanciales. Por eso, este autor concentra su análisis en este último caso y compara tanto los incentivos a desarrollar I+D como el funcionamiento global del mercado respecto al óptimo, esto es, cuando el precio es igual al coste marginal.

De forma sintética, Spence apunta las siguientes proposiciones. En un mercado no regulado, los incentivos a desarrollar actividades de I+D son bastante menores que los óptimos y, además, se desvanecen con las externalidades. A medida que el número de empresas en la industria crece y cae la concentración, los incentivos se deterioran inicialmente para luego crecer. Sin embargo, si las externalidades son bastante grandes pueden reducirse constantemente cuando decrece la concentración. Esto parece sugerir que los mejores resultados en términos de bienestar se consiguen en industrias bastante concentradas en las que el grado de apropiabilidad es elevado.

Las externalidades tienen un pronunciado efecto negativo sobre el funcionamiento de la industria y la reducción de costes. Ahora bien, aunque parecería adecuado concluir que deberían ser eliminadas, Spence señala que sería un error, porque incluso sin ellas no se lograría la asignación óptima y, además, una mayor apropiabilidad eleva la inversión necesaria para conseguir un determinado nivel de reducción de costes. La solución óptima consiste en subsidiar los gastos en I+D en una cuantía que depende del número de empresas en la industria, del grado de apropiabilidad y de la elasticidad precio de la demanda. Su ejemplo muestra que, siempre que las externalidades sean significativas²⁴, se consiguen incrementos significativos en el bienestar mediante la aplicación de un subsidio.

Además, Spence plantea que en la realidad no es fácil conocer el valor concreto de la elasticidad de demanda y el grado en que el conocimiento se difunde, por lo que simula el efecto de un subsidio del 70% sobre los gastos en investigación, con independencia del grado de externalidades y el número de empresas en la industria. Este autor encuentra que, a pesar de su simplicidad, la medida es adecuada para mejorar el funcionamiento de la industria excepto cuando la apropiabilidad del conocimiento es completa o muy alta, o bien prácticamente nula. En el primer caso, el subsidio no es adecuado porque ya existen

²⁴ Spence considera aceptable que la mitad de los gastos en I+D realizados por las empresas rivales engrosen el bagaje de conocimiento de la empresa.

demasiados incentivos a la I+D; en el segundo no lo es a causa de que un subsidio del 70% es escaso para compensar el carácter de bien público de la investigación.

Spence estudia también qué sucede si las externalidades no se conocen por anticipado²⁵, esto es, si las empresas no son conscientes de que los resultados de su investigación beneficiarán a sus competidores. Su conclusión es que estas industrias funcionan mejor porque las empresas son más agresivas en sus decisiones de inversión en I+D, ya que piensan que la investigación sólo reducirá sus propios costes de producción. El desconocimiento de las externalidades actúa en el mismo sentido que el subsidio a la innovación, excepto que al hacer mayores las inversiones en I+D elevan las barreras a la entrada de nuevas empresas, mientras que los subsidios aumentan el número de competidores que pueden existir en la industria.

Por su parte, Levin y Reiss (1988) analizan, en un contexto estático, las relaciones entre externalidades de I+D, las oportunidades tecnológicas y la estructura de mercado. Sin embargo, como se centran en equilibrios simétricos, se ven obligados a restringir su aportación a la consideración de las diferencias interindustriales en I+D. La particularidad de este trabajo consiste en integrar no sólo las actividades de I+D destinadas a la reducción de costes de producción sino también las orientadas hacia la creación de demanda mediante innovaciones de producto.

Mientras que para Spence los costes de producción de las empresas dependen sólo del gasto en I+D desarrollado en el conjunto de la industria, para Levin y Reiss también están influenciados por la investigación que realiza la propia empresa. De esta forma, el conocimiento desarrollado por otras empresas de la industria no tiene por qué ser un sustituto perfecto del generado por la empresa²⁶.

Este modelo consta de tres ecuaciones. La primera explica la concentración de cada industria, y las dos restantes el ratio de I+D de producto respecto a las ventas y el ratio de I+D de proceso respecto a las ventas. Estas dos últimas ecuaciones son muy similares, ya que las variables explicativas representan fundamentalmente las oportunidades tecnológicas que las empresas encaran al llevar a cabo I+D de producto o proceso y la apropiabilidad de los resultados de la I+D. A su vez, este segundo factor recoge tanto la extensión como la productividad del conocimiento compartido, al considerar Levin y Reiss que las industrias no difieren únicamente en la magnitud de las externalidades de I+D sino también en la utilidad de las mismas, siendo distintos sus efectos sobre la intensidad en I+D de las

²⁵ Cuando existe una percepción imperfecta de las externalidades se obtienen resultados intermedios a los dos casos polares (conocimiento pleno y total ausencia del mismo) estudiados por Spence.

²⁶ Existe un trabajo previo de Levin y Reiss (1984) en el que los costes de producción de las empresas dependen del conjunto de conocimiento generado en la industria, es decir, el conocimiento generado por el resto de empresas de la industria es sustituto perfecto del que genera la propia empresa. En la medida que este modelo es un caso particular del de Levin y Reiss (1988) no se le presta atención especial.

empresas. Así, el mayor grado de externalidades la reduce, mientras el incremento en su productividad -a pesar de que es una forma de falta de apropiabilidad- la hace crecer.

Levin y Reiss analizan, en base a un ejemplo concreto, cómo varía el gasto en I+D cuando cambian las condiciones de oportunidad y apropiabilidad subyacentes, y obtienen los siguientes resultados:

- Cuando sólo se realiza I+D de proceso, la concentración e intensidad de I+D aumenta con las oportunidades tecnológicas y la elasticidad de la demanda. También crecen con la productividad de las externalidades, pero disminuyen con la extensión de las mismas. Sólo el último efecto es identificado por Spence (1984), porque en su modelo la I+D propia y la de sus rivales son sustitutos perfectos. Cuando son sustitutos imperfectos, el incremento en la productividad aumenta la intensidad, a pesar de que supone una menor apropiabilidad en la medida que la I+D propia mejora con incrementos en el conocimiento industrial.

- Cuando se realiza tanto I+D de producto como de proceso, no es posible determinar sin ambigüedades el signo de los efectos. Ahora bien, de los resultados empíricos que obtienen se puede deducir que incrementos en la magnitud de las externalidades de producto y proceso reducen la concentración y el ratio de I+D total respecto a las ventas, mientras que los incrementos en la productividad de las externalidades tienen el efecto opuesto, tendiendo a incrementar el gasto propio en I+D y a reducir el número de empresas. Bajo ciertas circunstancias, como cuando la magnitud de las externalidades es prácticamente cero, mayores externalidades de proceso (alternativamente, de producto) pueden inducir suficiente sustitución como para incrementar la intensidad de la I+D de producto (alternativamente, de proceso).

Levin y Reiss completan su análisis estimando las tres ecuaciones con datos de corte transversal para 130 líneas de negocio industriales. Utilizando sólo las ecuaciones relativas a la intensidad en I+D de las empresas, y sin entrar en detalles acerca de las variables que recogen la importancia de la oportunidad tecnológica y las externalidades, es posible aprovechar la evidencia obtenida por Levin y Reiss para calibrar la importancia de las externalidades de la I+D de proceso así como la productividad de las mismas.

Estos autores prueban varias especificaciones que corresponden a los diferentes supuestos sobre las condiciones de apropiabilidad de los resultados de la I+D que se han planteado en la literatura: no existen externalidades (Dasgupta y Stiglitz (1980a)), la I+D propia es un sustituto perfecto de la realizada por el resto de empresas de la industria (Levin y Reiss (1984)) y la I+D externa es un sustituto imperfecto de la llevada a cabo por la empresa (Levin y Reiss (1988)). Sus resultados no son demasiado alentadores, ya que, aunque encuentran evidencia de que los gastos en innovación de la empresa y de la industria no son sustitutos perfectos, la razón de este resultado es que no pueden rechazar la hipótesis

de que las externalidades sean inexistentes. Además, no consiguen captar con gran precisión las diferencias interindustriales en la extensión y productividad de las externalidades.

El modelo de Cohen y Levinthal (1989)²⁷ se diferencia fundamentalmente de los de Spence (1984) y de Levin y Reiss (1988) en que atribuyen a las actividades de investigación y desarrollo un segundo papel, consistente en mejorar la capacidad de las empresas para asimilar y explotar información ya existente²⁸. Cohen y Levinthal consideran que esta segunda función de la investigación ha sido descuidada desde que Arrow (1962a) y Nelson (1959) otorgaron al conocimiento tecnológico de dominio público el carácter de bien público teniendo en cuenta que sus costes de transferencia del conocimiento -que identifican con los de procesamiento inmediato de la información o costes de imitación- son reducidos en relación a los de generar nuevo conocimiento. De esta forma, se ha dejado sin contestar la pregunta de qué determina los costes de asimilar conocimiento tecnológico. Su planteamiento es que si los costes son relativamente pequeños es porque previamente las empresas han llevado a cabo considerable I+D en la vecindad de la emisión, es decir, la empresa ya ha invertido en el desarrollo de la capacidad de absorción en el campo relevante. Para ellos, los costes de aprendizaje pueden ser sustanciales en el largo plazo, y se manifiestan en forma de una provisión de conocimiento previo que constituye la capacidad de absorción de la empresa.

Cohen y Levinthal incluyen como fuentes básicas de conocimiento tecnológico tal y como se indica en la ecuación (1.) no sólo el generado por la propia empresa, sino también el que proviene de sus competidores y el que se origina en el exterior de la industria, que, a su vez, puede proceder tanto de otras industrias como de otro tipo de agentes, como son las universidades y centros públicos de investigación.

$$z_i = M_i + \gamma_i (\theta \sum_{j \neq i} M_j + T) \quad (1.)$$

La variación del *stock* de conocimiento científico y tecnológico (z) de una empresa i se compone así de su propio gasto en I+D (M_i) y de la porción (\mathbf{g}) que puede absorber de las externalidades, que están formadas a su vez por la parte (\mathbf{q}) de los gastos en I+D del resto de empresas de la industria (denotadas por j) y del conocimiento extraindustrial (T).

El grado de externalidades, \mathbf{q} , se determina de forma exógena teniendo en cuenta las condiciones de apropiabilidad; sin embargo, la capacidad de absorción (\mathbf{g}) depende del

²⁷ Cohen y Levinthal (1990) (en un trabajo que es previo al de 1989 aunque fue publicado después) desarrollan un modelo teórico idéntico excepto porque no toman en cuenta el efecto del conocimiento extraindustrial.

²⁸ Evenson y Kislev (1973) habían observado anteriormente que la transferencia internacional de tecnología agrícola dependía, en parte, de los esfuerzos en investigación que habían realizado las empresas que recibían los conocimientos. Esta complementariedad de la investigación realizada intramuros y en el exterior es apoyada también por Mowery (1983).

gasto en I+D pasado y presente de la empresa en ese momento y de un parámetro (**b**) que mide la dificultad de aprendizaje en base a las características del conocimiento científico y tecnológico. Por definición, cuanto mayor es el parámetro **b**, la capacidad de la empresa para asimilar conocimiento externo depende más de la propia I+D de la empresa, esto es, aunque la capacidad de absorción es menor para un gasto en I+D de la empresa dado, es más sensible a variaciones en dicho gasto en I+D. La interpretación que hacen Cohen y Levinthal de este parámetro es muy sugerente, ya que podría incluir la complejidad del conocimiento que requiere ser asimilado o lo próximo que está a las necesidades particulares de la empresa. Por ejemplo, el conocimiento generado por laboratorios universitarios dedicados a la investigación básica estará menos enfocado a la innovación empresarial que el que procede de proveedores de bienes intermedios o de laboratorios de investigación que trabajan por contrato.

Cohen y Levinthal definen un marco que les permite analizar las decisiones de gasto en I+D que adoptan un número determinado de empresas en un equilibrio de Nash simétrico en el que compiten mediante sus gastos en I+D. El reconocimiento del doble papel de la I+D sugiere que los factores que afectan al carácter y facilidad de aprendizaje influyen en los incentivos de las empresas a realizar I+D, es decir, la contribución de los conceptos de oportunidad tecnológica y apropiabilidad a la explicación del esfuerzo en I+D está mediatizada por la capacidad de la empresa para reconocer, asimilar y explotar información. Además, la contribución de la I+D a la generación de una capacidad de absorción por parte de la empresa genera una tendencia contrapuesta a la reducción de los incentivos a investigar cuando existen externalidades. En el modelo de Cohen y Levinthal, la mayor dedicación de recursos a I+D proviene de dos vías. Por una parte, el deseo de asimilar el conocimiento generado por otras empresas aumenta con la falta de apropiabilidad. Por otra, el desincentivo asociado a la filtración a otras empresas de los resultados de la investigación de la empresa queda amortiguado porque la capacidad de absorción de sus rivales no es completa.

La observación de que la I+D crea capacidad para asimilar y explotar nuevo conocimiento arroja luz sobre varias cuestiones. Por ejemplo, proporciona una explicación de por qué algunas empresas invierten en investigación básica incluso cuando los hallazgos se conviertan en conocimiento público. La razón es que les importan menos los resultados particulares que puedan obtener que ser capaces de identificar y potencialmente explotar el conocimiento científico y técnico generado por universidades o centros de investigación públicos, obteniendo de ese modo la posibilidad de ser los primeros en explotar las nuevas tecnologías. La investigación básica también puede permitir a las empresas actuar rápidamente en respuesta a las externalidades que genera un competidor. Esta perspectiva implica que las variables que influyen en los incentivos de las empresas a aprender podrían afectar a sus incentivos a desarrollar investigación básica.

Cohen y Levinthal no sólo desarrollan teóricamente sus hipótesis, sino que también relacionan empíricamente la intensidad en I+D de la unidad de negocio con las condiciones de oportunidad tecnológica, de apropiabilidad y de demanda²⁹. En general, sus estimaciones son consistentes con lo planteado teóricamente, pero también obtienen evidencia sobre algunos aspectos especialmente interesantes como son los siguientes:

- Existen diferencias en las características del desarrollo del conocimiento en los distintos campos científicos como la velocidad de avance, el grado en que el conocimiento se acumula sobre los avances previos (*acumulativeness*) y su proximidad a las necesidades de las empresas, que, a su vez, afectan a la capacidad de aprendizaje e influencia la oportunidad tecnológica del gasto en I+D.

- El conocimiento extraindustrial generado por las universidades tiene el máximo efecto sobre la intensidad en I+D, seguido por el que surge en las agencias del gobierno y laboratorios de investigación, aunque estadísticamente no pueda rechazarse que su efecto sea el mismo. El conocimiento generado por los proveedores tanto de materias primas como de equipos es el que menos incita a la investigación.

- Un aumento de la oportunidad tecnológica de las ciencias básicas, menos orientadas, (biología, química, geología, matemáticas y física) arrastra más I+D que en las ciencias aplicadas (ciencias agrícolas, matemáticas aplicadas e investigación de operaciones, informática, medicina, ciencia de los materiales, y metalurgia).

- La ciencia aplicada exterior tiende a sustituir la I+D interna mientras que la ciencia básica tiende a complementarla. La explicación sugerida por Cohen y Levinthal para este fenómeno es que la ciencia básica está menos orientada a los objetivos empresariales y, por tanto, la empresa necesita invertir más fuertemente para asimilarla.

Los trabajos de Levin y Reiss (1988) y de Cohen y Levinthal (1989) tienen el atractivo de ser aplicables empíricamente, lo que hace posible obtener conclusiones muy interesantes, pero no determinan la optimalidad de la actuación de las empresas³⁰. Para llenar este vacío, a continuación se hace una incursión en un conjunto de modelos que han sido desarrollados para estudiar los efectos de la cooperación de las empresas en actividades de I+D. Debe señalarse que estos trabajos no van a ser revisados hasta sus últimas consecuencias. Sólo se pretende obtener resultados adicionales que apoyen o

²⁹ Utilizan datos del cuestionario de Levin et al. (1987) y del *Federal Trade Commission's Line of Business Programme*.

³⁰ Hay que señalar que Cohen y Levinthal (1990) sí apuntan algunas implicaciones sobre el bienestar en base a un ejemplo concreto. Obtienen que el excedente social queda por debajo del óptimo, pero crece con la importancia de las externalidades (*q*) siempre que el grado en que la empresa puede asimilar nuevo conocimiento sea suficientemente alto. Esto se explica porque, a pesar de que el aumento de las externalidades reduce el incentivo a realizar actividades de I+D, el bienestar mejora como consecuencia del efecto sobre el beneficio social de la generación de una capacidad de absorción.

debiliten el resultado de Spence (1984) según el cual la inversión en I+D en presencia de externalidades de conocimiento tiene muchas posibilidades de ser subóptima.

2.1.4.1. La optimalidad de la inversión empresarial en I+D desde la óptica de los modelos que admiten la cooperación entre empresas.

Spence (1984, p.113) sugirió la cooperación para realizar actividades de I+D entre las empresas de una misma industria como alternativa para evitar la redundancia en dichas actividades. En respuesta, d'Aspremont y Jacquemin (1988 y 1990) iniciaron una línea de investigación tendente a analizar la cooperación cuando la investigación genera externalidades. Otros autores han extendido su trabajo³¹, siempre con la motivación de determinar si la colaboración en I+D mejora o no el bienestar y, por tanto, si debe ser permitida o no³². El interés en este punto no es estudiar esta nueva línea de investigación, sino ir más allá del modelo de Spence en lo que hace referencia a las actividades de I+D de las empresas cuando existen externalidades. Por eso, generalmente, no se compara el bienestar que se obtiene cuando las empresas cooperan en I+D con el que se alcanza sin cooperación, sino que se emplean resultados intermedios de estos artículos que hacen referencia a si la I+D que se realiza cuando las empresas no cooperan y existen externalidades en I+D es socialmente óptima.

El modelo de duopolio de d'Aspremont y Jacquemin ha sido generalizado por Suzumura (1992) para considerar, por una parte, un conjunto más amplio de estructuras de mercado y, por otra parte, llevar a cabo un análisis de bienestar más sofisticado. Por lo demás, ambos consisten en modelos en dos etapas, en la primera de las cuales las empresas deciden qué cantidad de recursos destinan a I+D y reducen sus costes variables medios de producción de forma determinista, incluyendo el efecto de las externalidades del tipo considerado por Spence. En la segunda etapa se compete en el mercado de productos, donde la variable estratégica es la cantidad vendida.

Comparando el equilibrio no cooperativo con el óptimo social³³, la primera conclusión que extrae Suzumura es que el nivel de investigación es socialmente insuficiente siempre que las externalidades sean suficientemente grandes. En ausencia de éstas, se llega a la solución habitual de excesivo gasto en I+D respecto al socialmente óptimo, al menos

³¹ Para una breve revisión de estos estudios ver Kamien et al. (1992).

³² Se ha dejado fuera el análisis del tipo de intervención que debe llevarse a cabo cuando las empresas pueden cooperar. La razón es que tomarlo en cuenta ampliaría mucho la extensión de la revisión de estos artículos.

³³ Suzumura (1992, p. 1314) plantea también un criterio de optimalidad social del tipo *second best* que tenga en cuenta que el gobierno no es omnipotente y no puede llevar a cabo políticas que obtengan la optimalidad social *first best*. Es decir, la optimalidad *second best* se obtiene cuando el gobierno consigue elegir los gastos en I+D adecuados pero no puede obligar a las empresas a igualar el precio al coste marginal. No obstante, obtiene los mismos resultados.

cuando el número de empresas sea mayor o igual que tres. Este resultado de Suzumura está en línea con el obtenido por Kamien et al. (1992), quienes lo justifican a través de la "externalidad de la ventaja competitiva", que consiste simplemente en que las empresas cuando deciden su esfuerzo en I+D tienen en cuenta que una parte se desbordará a sus competidores, por lo que reducen su gasto en I+D.

Si se permite a las empresas cooperar en la fase de investigación, pero no que lleguen a acuerdos colusivos en el mercado de productos, Suzumura³⁴ llega a la conclusión de que la inversión en I+D siempre será menor de lo socialmente óptimo, independientemente de la magnitud de las externalidades e incluso de que existan o no. Las conclusiones para la política tecnológica son, entonces, que si las externalidades son importantes debe apoyarse la inversión en I+D, tanto si las empresas cooperan o no, porque mejora el bienestar. En ausencia de externalidades, por el contrario, debe apoyarse la investigación cuando las empresas cooperan, pero es necesario restringirla cuando no lo hacen.

Simpson y Vonortas (1994) desarrollan un modelo complementario al de Suzumura y en línea con todos los comentados en el que existe un número arbitrario de empresas con competencia de tipo Cournot, y las externalidades no están restringidas a la forma lineal de Spence (1984). Sus conclusiones son similares a las de los demás modelos, pues la inversión en I+D reductora de costes tiene más posibilidades de ser subóptima cuanto mayor es el número de empresas y la magnitud de las externalidades. En ausencia de externalidades, el esfuerzo cuando no hay cooperación podría ser excesivo, pero si existen, aunque sean pequeñas, la inversión podría ser subóptima.

Ziss (1994) considera un modelo en dos etapas, pero con sólo dos empresas. Los productos son sustitutos y son producidos con costes marginales no decrecientes. La investigación y desarrollo reduce no sólo el coste marginal de la empresa, sino también el de la empresa rival. Bajo estas condiciones, el análisis del bienestar que hace Ziss conduce a que la cantidad producida y el esfuerzo en I+D sea inferior al óptimo socialmente si las dos empresas compiten en precios o si compiten en cantidades pero las externalidades son grandes.

De Bondt, Slaets y Cassiman (1992) plantean un modelo similar a los anteriores, pero su función de demanda incluye la diferenciación de productos. Mediante simulaciones obtienen que, como planteó Spence, las mayores externalidades desaniman las inversiones en I+D, aunque esa tendencia puede ser invertida en oligopolios diferenciados si los costes

³⁴ Los resultados de Kamien et al. son más complejos en la medida que estos autores toman en consideración distintas formas de cooperación en investigación según que simplemente coordinen sus actividades, compartan esfuerzos o ambas, es decir, decidan conjuntamente el nivel de gasto en I+D, compartan sus resultados o las dos. En cualquier caso, nunca llegan a acuerdos para restringir la competencia.

de investigación son bajos. La razón es que la diferenciación atenúa las reacciones de los rivales con competencia en cantidades, por lo que la filtración de las inversiones reductoras de costes hacia sus rivales no inhibe tanto la obtención de una ventaja competitiva.

En conclusión, estos trabajos apoyan la tesis de que la falta de apropiabilidad de los resultados de la investigación de las empresas, en este caso por la existencia de desbordamientos de conocimiento, puede ser el origen de subinversión en I+D por parte de las empresas. Es decir, son resultados que están en la línea de Spence y sugieren la actuación de la administración con medidas que tiendan a incentivar las actividades tecnológicas.

2.1.5. Características de los proyectos de I+D.

La literatura revisada en los apartados anteriores ha centrado su interés en la magnitud total de recursos que las empresas dedican a I+D; sin embargo, una materia tan importante como ésta son las características de la investigación en la que se materializa el gasto en I+D. Desde el punto de vista teórico³⁵, se han desarrollado modelos en los que se analiza fundamentalmente el riesgo implícito a los proyectos que las empresas deciden llevar a cabo (entendiendo por riesgo la variabilidad del resultado de las actividades de investigación), y en algún caso también se ha abordado la correlación existente entre los proyectos que desarrollan empresas rivales e incluso el grado en que los proyectos son radicales o no.

Este conjunto de modelos surgen tras el artículo de Dasgupta y Stiglitz (1980a), donde de un sencillo análisis parece deducirse que existe tendencia a que la competencia genere excesivo riesgo respecto al socialmente óptimo. Sin embargo, es el modelo de Dasgupta y Stiglitz (1980b) el que sirve de base a las contribuciones de Klette y de Meza (1986), Bhattacharya y Mookerjee (1986), Dasgupta y Maskin (1987) entre otras³⁶. Las hipótesis a verificar consisten en si los proyectos que llevan a cabo las empresas son o no más arriesgados de lo socialmente deseable, y si existe o no una excesiva correlación entre los proyectos que desarrollan las distintas empresas. Estos modelos enmarcan en un contexto en el que el ganador de la carrera es el único premiado y, además, ese beneficio es exógeno, es decir, no se toma en consideración la competencia en el mercado de bienes. Además, también se evita la posible divergencia entre los beneficios sociales y privados de las innovaciones.

³⁵ En el plano aplicado pueden consultarse Mansfield (1981) y Link (1982).

³⁶ Grossman y Shapiro (1986) también analizan la elección de proyectos en un marco con incertidumbre mostrando que una empresa neutral al riesgo prefiere un proyecto más arriesgado. No obstante, este trabajo se ubica en los modelos de la teoría de la decisión y no toma en consideración los efectos de la competencia en I+D.

Para hacer el problema abordable se toma como dada la decisión de cuánto gastar en I+D, es decir, que los resultados que se obtienen están condicionados a que exista o no optimalidad en el esfuerzo en I+D de las empresas. En otras palabras, la comparación se hace con el *second best*. Esta simplificación se refleja en que estos trabajos no suelen utilizar a la empresa como unidad de análisis sino que es un laboratorio de investigación, con un presupuesto determinado, el que decide el tipo de proyectos que emprende.

En un primer momento, Dasgupta y Stiglitz (1980b) parecían haber demostrado que, si los costes de llevar a cabo un proyecto de investigación son independientes del riesgo de los proyectos y existe neutralidad al riesgo, las empresas eligen proyectos menos arriesgados respecto a lo socialmente deseable, lo que estaba de acuerdo a la opinión convencional. Sin embargo, Klette y de Meza (1986) indicaron que este resultado no se sostiene ya que, con los supuestos de Dasgupta y Stiglitz (1980b), tanto las empresas como el planificador social prefieren los proyectos más arriesgados. Las razones para este comportamiento son de dos tipos. Por una parte, una tasa de descuento positiva justifica que, tanto las empresas como el planificador prefieran llevar a cabo un proyecto más arriesgado, ya que la ganancia que obtienen de adelantar el fin del proyecto es mayor que la pérdida que sufren si el proyecto se retrasa el mismo tiempo. La segunda ventaja de los proyectos arriesgados proviene de que, a medida que el número de laboratorios independientes crece, aumenta la probabilidad de que el descubrimiento se produzca antes. Por ello, la empresa individual elegirá los proyectos que elevan la probabilidad de que la innovación se produzca antes, incluso si esa estrategia conlleva reducciones en la probabilidad de hacer el descubrimiento en fechas tardías. El planificador, por su parte, es insensible a este segundo efecto pues desea que alguien innove, pero le es indiferente qué empresa obtiene éxito.

Klette y de Meza (1986) afirman que el resultado de Dasgupta y Stiglitz puede conseguirse si las distribuciones del tiempo necesario para conseguir el descubrimiento son suficientemente asimétricas y el número de competidores es pequeño. No obstante, dado el carácter restrictivo de estas condiciones, introducen una modificación en el marco de análisis de Dasgupta y Stiglitz de forma que el coste de los proyectos dependa de la estrategia seleccionada por la empresa, esto es, del riesgo del proyecto, para así conseguir soluciones interiores con mayor generalidad. Su conclusión es que, con distribuciones de probabilidad simétricas, el equilibrio del mercado nunca será excesivamente seguro, pero puede ser demasiado arriesgado. La causa es que el planificador social sólo tiene un motivo para preferir el riesgo mientras que los laboratorios individuales tienen dos. La misma razón que lleva a las empresas a invertir demasiado en I+D las hace también arriesgarse excesivamente.

Estos resultados son similares a los que obtienen Bhattacharya y Mookherjee (1986) bajo el supuesto de que el coste de la investigación no depende de la línea elegida y puede existir aversión al riesgo, que es común al planificador social y a las dos unidades de

investigación. En estas condiciones, cabe la posibilidad de que el riesgo elegido por los laboratorios coincida con el socialmente óptimo cuando el planificador social decida la opción más arriesgada; pero, con los supuestos adoptados, en el resto de situaciones, cuando el grado de aversión al riesgo de los dos laboratorios es suficientemente alto, el riesgo en el equilibrio es excesivo y la elección de los laboratorios no será óptima³⁷.

Por su parte, Dasgupta y Maskin (1987) consideran dos unidades de investigación y neutralidad ante el riesgo. Las estrategias de los dos laboratorios se eligen en un continuo, aunque los autores se concentran en equilibrios simétricos respecto al centro del intervalo. La mayor proximidad entre ambas decisiones implica mayor correlación entre las mismas. Además, se supone que cuanto más se aleje la estrategia del punto medio el proyecto es más inusual y, en consecuencia, resulta más costoso. Cada proyecto de investigación acaba obteniendo un resultado de una calidad determinada, y el proyecto de mejor calidad (que alternativamente puede interpretarse como el que tiene éxito antes) es el ganador de la carrera y, por tanto, el único que es premiado.

La calidad de los resultados de cada línea de investigación se extrae de una distribución de probabilidad que depende de la estrategia de investigación seguida por la empresa. El modo en que la estrategia altera a la forma de la distribución de la probabilidad varía a lo largo del artículo dependiendo de los intereses que en cada momento guían a los autores, tal y como se sintetiza a continuación³⁸.

La primera conclusión es que los proyectos que emprenden las unidades de investigación están demasiado correlados respecto a la elección eficiente. La razón es que cuanto más se diferencia la estrategia de investigación de una empresa respecto de la de su rival, mayor es la probabilidad de que el rival tenga éxito cuando la empresa en cuestión no lo tiene. En otras palabras, si una empresa reduce la correlación de su proyecto con el de su rival, le proporciona una externalidad positiva. Este efecto es beneficioso para la sociedad porque hace más seguro que alguien innove, pero no lo es para la empresa, que desea ser quien innove si alguien lo hace. El resultado es que la empresa preferirá proyectos más parecidos a los del otro laboratorio que la sociedad.

Dasgupta y Maskin también consideran estrategias que diferencian a los proyectos por su rendimiento esperado. Suponen, además, que el coste de investigación es mayor cuando la estrategia de investigación permite obtener proyectos con un mayor rendimiento esperado. En este caso, el alto coste privado de perder la carrera justifica que las empresas

³⁷ Bhattacharya y Mookherjee también analizan la elección de proyectos cuando no sólo difieren en el riesgo que suponen sino también en su grado de correlación. Para ello consideran dos modelos concretos que llevan a resultados idénticos a los que se obtienen cuando sólo es necesario elegir el riesgo de los proyectos.

³⁸ Los tres casos considerados corresponden, respectivamente, a si la estrategia afecta a la correlación entre los resultados de los proyectos, a la media de la distribución o a su varianza.

elijan proyectos con rendimientos esperados mayores que los que consiguen la eficiencia social. La idea que subyace a esta conclusión es que para la sociedad basta con que una empresa tenga un buen proyecto mientras que cada empresa quiere tener el mejor proyecto.

Por último, siempre que los cambios en las estrategias de las empresas no afecten a la media de la distribución, pero sí a su varianza y que la densidad de la probabilidad de la calidad del resultado no caiga demasiado rápido cuando aumenta la calidad del resultado, la empresa emprende proyectos excesivamente arriesgados, ya que si una empresa elige un proyecto más arriesgado inflige una externalidad negativa a su rival. La explicación de esta externalidad requiere tener en cuenta que, cuando una empresa elige un proyecto con mayor varianza, genera dos efectos. Por una parte, un perjuicio para el rival porque aumenta su probabilidad de obtener un proyecto mejor que el de su rival cuando éste tiene un proyecto de gran calidad. Por otra, proporciona un beneficio a su rival, ya que aumenta la probabilidad de que la otra empresa gane la competición aun cuando la calidad de su proyecto sea baja (debido a que ahora es más probable que la empresa que elige un proyecto más arriesgado tenga un proyecto aún peor). Sin embargo, como los rendimientos de un proyecto bueno son mayores que los de uno de mala calidad, el rival pierde más en el primer caso de lo que gana en el segundo. El balance entre ambos efectos perjudica de ese modo al laboratorio rival.

Para Bagwell y Staiger (1990), la causa de que las empresas asuman más riesgo del socialmente óptimo radica en el supuesto de que las innovaciones son drásticas y que, en consecuencia, el ganador de la carrera se convierte en productor monopolista. Por ello, su aportación se circunscribe a las innovaciones no drásticas, es decir, aquellas que no alteran la estructura de mercado. En otras palabras, el ganador no se lo lleva todo y, por tanto, los perdedores no son expulsados del mercado.

Otro supuesto que tampoco estiman razonable es que las empresas se apropien de todo el valor de las innovaciones. Por ello, consideran necesario determinar lo que sucede al excedente de los consumidores, y deben incorporar a su modelo las preferencias de estos agentes.

Bagwell y Staiger plantean un modelo en dos etapas de duopolio con producto diferenciado. En la primera etapa, las empresas deciden, de forma simultánea, cuanto gastan en I+D. Bagwell y Staiger introducen tanto innovaciones de proceso, que reducen los costes de producción, como innovaciones de producto, que afectan a la calidad del producto que vende la empresa. De esta forma, la inversión de la empresa en I+D da lugar a que al final de esta primera etapa la empresa obtenga un menor coste de producción (o una mejor calidad, si se invierte en I+D de producto) de acuerdo a una distribución de probabilidad determinada. En la segunda etapa, las empresas compiten en precios en un mercado con productos diferenciados.

Una característica importante de este modelo es que el gasto en I+D elegido por las empresas afecta el grado de riesgo de la I+D, es decir, a la varianza del coste de producción (o de la calidad del producto). Además, el riesgo crece con la complejidad del proyecto. De otro modo, mayor gasto en I+D hace posible aspirar a menores costes de producción (mayor calidad), pero, como la varianza de la distribución de probabilidad es mayor, el riesgo de la actividad de I+D es también superior.

Con esta estructura formal, Bagwell y Staiger llegan a la conclusión de que cuando una empresa incrementa su gasto en I+D, y con éste el riesgo, proporciona una externalidad positiva tanto a la otra empresa como a los consumidores. Por esta razón, afirman que las empresas asumen poco riesgo respecto al socialmente óptimo³⁹, justo al revés que en la literatura previa. Dado que en su modelo el riesgo crece con el gasto en I+D, la solución que recomiendan es la provisión de subsidios a la I+D empresarial.

Cabral (1994) se posiciona próximo a Bagwell y Staiger, ya que no plantea un modelo de carrera por la patente en la que el ganador se lo lleva todo, sino un modelo de innovación de producto en el que no se considera el tiempo y pueden existir varios ganadores⁴⁰. El modelo de Cabral consiste en dos empresas que deben repartir un presupuesto determinado exógenamente entre dos proyectos de investigación, que difieren en el riesgo implícito y dan lugar a innovaciones de producto en dos mercados distintos.

Cabral afirma que la competencia en el mercado puede implicar un nivel de riesgo de equilibrio excesivamente bajo desde el punto de vista social siempre que se satisfaga una condición, que se relaciona con la competencia en el mercado de productos. En concreto, requiere que la competencia en el duopolio sea bastante ineficiente debido a la ausencia de competencia en precios o a que existe mucha competencia que no es en precios, como puede ser la publicidad. En otras palabras, bajo colusión o competencia del tipo de Cournot, se verifica la condición de Cabral, pero no es así con competencia de Bertrand. De esta forma, la consecuencia práctica del resultado de Cabral es que las políticas que favorecen los proyectos que requieren mayores plazos y resultan más arriesgados tienen un papel que jugar siempre que la competencia en precios no sea la predominante.

La literatura, como ha quedado de manifiesto en toda esta sección, tiende a considerar de forma separada el efecto que la posición de mercado tiene en los incentivos a

³⁹ Bagwell y Staiger obtienen que sus resultados son robustos a la extensión de su modelo en varias direcciones como son: competencia en cantidades en el mercado de productos, decisión secuencial del gasto en I+D u oligopolio con un número de empresas mayor que dos. Por el contrario, sus resultados parecen sensibles a la especificación de la demanda. No obstante, el modelo se vuelve intratable cuando se especifican preferencias diferentes a las que plantean.

⁴⁰ El artículo de Cabral está inspirado en el comportamiento de la innovación en la industria farmacéutica, donde es frecuente que varias empresas tengan patentes que les permiten competir en el mercado. Además, Cabral también fija su atención en el efecto de la existencia de una agencia reguladora que aprueba que los nuevos medicamentos puedan ser comercializados.

invertir en I+D y en el modo en que las empresas eligen sus proyectos de I+D. Para paliar esto, Rosen (1991) desarrolla un modelo de duopolio⁴¹ en el que las empresas tienen diferente tamaño. Así, pretende estudiar simultáneamente las decisiones de cuánto gastar en I+D y la elección del tipo de proyecto. Rosen analiza la relación entre riesgo y rendimiento discutida por Dasgupta y Stiglitz combinándola con la flexibilidad de la empresa para elegir su gasto en I+D. Los niveles de inversión ya no son los únicos determinantes de la probabilidad de éxito, puesto que la empresa puede decidir invertir en mejorar de forma incremental su tecnología o bien tratar de lograr innovaciones más radicales.

El modelo considera dos empresas neutrales ante el riesgo que tratan de reducir sus costes de producción (los costes marginales son constantes). El juego consta de dos etapas: en la primera se decide simultáneamente cuánto invertir en I+D y en qué proyecto, y, en la segunda, se establece la competencia en el mercado de productos al estilo de Cournot una vez que todos los proyectos de investigación han finalizado. Dado que la competencia es en cantidades, la empresa que opera con menores costes marginales es la más grande, y viceversa.

Existe un continuo de proyectos independientes que se diferencian porque cuanto mayor es su probabilidad de éxito para un nivel fijo de inversión, menor es la reducción en el coste que se obtiene en caso de éxito. Es decir, cuanto más arriesgado es el proyecto mayor es la innovación esperada⁴². En cualquier caso, la probabilidad de éxito de un proyecto crece con la inversión en el mismo.

Inicialmente, Rosen considera que los nuevos avances se añaden a la tecnología disponible por la empresa, haciendo que la reducción del coste sea independiente del nivel previo de los mismos. Es decir, la innovación no permite obtener un coste determinado sino que lo hace variar en una cuantía dada⁴³. La empresa de menor coste medio, se beneficia más de una reducción determinada del mismo simplemente porque produce más. Por el contrario, la otra empresa prefiere proyectos arriesgados, ya que las pequeñas innovaciones le resultan menos ventajosas que a su rival. Con estos incentivos, el resultado que obtiene Rosen cuando las empresas eligen tanto los proyectos como las escalas de operación es que la empresa de bajo coste invierte más, mientras que la empresa de alto coste preferirá

⁴¹ Inspirándose en los trabajos de Dasgupta y Stiglitz (1980a), Gilbert y Newbery (1982), Reinganum (1983 y 1985) y Katz y Shapiro (1987).

⁴² De todos modos, el autor sólo considera innovaciones pequeñas para garantizar que el equilibrio sea único.

⁴³ Los avances que se logran se suponen específicos a la empresa que los genera, por lo que no son necesarias las patentes y no se puede aprender de los rivales; aunque Rosen afirma que extendiendo el modelo para que recoja externalidades, imitación o licencias no cambian los incentivos que subyacen en el modelo.

proyectos más arriesgados. De esta forma, se espera que la empresa pequeña reduzca más sus costes, aun cuando desarrolle un número menor de las innovaciones más importantes.

Rosen también plantea que las dos empresas elijan tanto su escala de investigación como el reparto de la misma entre un proyecto que mejore la tecnología existente y otro que denomina revolucionario. Su noción de proyecto revolucionario representa avances que reemplazan la tecnología existente, es decir, que vienen a coincidir con el concepto de innovación drástica en la medida que la empresa que tiene éxito puede operar como un monopolio a partir de ese momento. De esta forma, los beneficios que obtiene después del avance no dependen para nada de los que disfrutaba previamente.

En la medida que el productor de menor coste es el que menos se beneficia de introducir una innovación revolucionaria, es fácil entender los resultados que obtiene Rosen: la empresa de menor coste dedica menos recursos al proyecto revolucionario y más al que complementa su tecnología. Además, elige un proyecto que complemente su tecnología que es más seguro que el emprendido por la empresa de mayor coste. Su corolario es que la empresa pequeña será la que con una probabilidad más elevada desarrolle las innovaciones revolucionarias, sin embargo, se esperan mayores reducciones de costes provenientes de la grande, obtenidas a través de su inversión en tecnologías no revolucionarias. De esta forma, si las innovaciones revolucionarias son frecuentes, cabe esperar una cantidad considerable de rotaciones en el liderazgo de la industria. Por el contrario, sin cambios radicales, la empresa grande tenderá a aumentar su liderazgo en la industria.

Los resultados de Rosen tienen implicaciones importantes para la política de I+D, pues debe considerarse la naturaleza de los proyectos de investigación que están a disposición de las empresas. Por ejemplo, un subsidio a la inversión en I+D tiene un doble efecto: por un lado, hace más barata la investigación y, en consecuencia, la fomenta; por otro, al ser más barata la I+D, sitúa a cada empresa en mejor posición y puede conducirla a seleccionar proyectos más seguros. De esta forma, el subsidio aumenta el gasto en I+D pero no asegura en qué dirección se producirá el progreso tecnológico.

A modo de síntesis de este apartado: parece haber acuerdo en que la composición de la I+D de las empresas no es socialmente óptima. Sin embargo, conocer la dirección que toma la distorsión no es inmediato. Así, los estudios sobre la optimalidad del riesgo de la investigación que eligen las empresas no arrojan un resultado válido para todas las circunstancias. Por el contrario, depende de si las innovaciones son drásticas o no. Además, la elección depende de características de cada empresa, como es la eficiencia en la producción en el artículo de Rosen.

Por todo ello, la conclusión a la que se puede llegar es que, al igual que en la elección de la cantidad de recursos que las empresas dedican a I+D, no es fácil conocer las

distorsiones que existen en la composición de la cartera de proyectos por parte de las empresas y, en consecuencia, no pueden existir reglas sencillas que guíen la actuación pública.

2.2. LA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA EN LOS MODELOS DE CRECIMIENTO ENDÓGENO.

Los modelos que se han considerado en la primera sección de este capítulo analizan las decisiones de las empresas sobre qué cantidad de recursos dedicar a investigación, dando lugar a lo que se puede denominar una "teoría de mercado de la innovación". Aunque este trabajo se ha dirigido en varias direcciones, todos los estudios tienen en común determinados aspectos. En primer lugar, emplean el análisis parcial. Además, en estas aportaciones predominan ampliamente las relativas a innovaciones de proceso reductoras de costes, dejando al margen las innovaciones de producto. Por último, si bien reflejan la competición que se establece entre las empresas para introducir una innovación, estos trabajos obvian totalmente que en la realidad las innovaciones son permanentemente superadas por nuevos avances, esto es, que no basta con suponer que la innovación será desplazada posteriormente, transcurrido un lapso determinado exógenamente, sino que el propio modelo debe ser capaz de determinar la fecha de introducción de dicha nueva innovación.

En los últimos años, se han realizado avances, dentro de una línea de investigación diferente: la teoría del crecimiento endógeno, que han superado estas limitaciones. Aunque este campo de investigación está siendo muy fructífero en términos de publicaciones, las aportaciones que son relevantes para esta investigación son relativamente escasas. La razón hay que buscarla en que, teniendo en cuenta el objetivo de analizar la optimalidad de las decisiones de las empresas en materia de I+D, sólo resultan relevantes los modelos que incorporan explícitamente la existencia de un sector de investigación empresarial que dedica recursos para innovar. Por ello, se ha considerado pertinente comenzar con una breve introducción a los modelos de crecimiento que delimite el alcance de la presente revisión al mínimo imprescindible. Posteriormente, se analizan los trabajos que cumplen con todos los requisitos que Romer (1990) consideró esenciales para la construcción de modelos de crecimiento endógeno, que hacen confluír la teoría de mercado de la innovación con la teoría del crecimiento endógeno.

2.2.1. Los modelos de crecimiento endógeno: una acotación.

Los primeros modelos neoclásicos de crecimiento incidían en la importancia que el ahorro y la acumulación de capital tienen en la evolución de la renta per cápita, y señalaban al descenso en la rentabilidad del capital como freno en última instancia del proceso. Sin embargo, al medir las fuentes del crecimiento americano, Solow y otros autores encontraron que el producto del trabajador se había incrementado mucho más de lo que se podía explicar mediante la acumulación de capital bajo los supuestos tradicionales. Aparece así el

"residuo de Solow", que es interpretado como resultado de la acumulación de conocimiento técnico.

Los estudios empíricos de Abramovitz (1956) y Solow (1957) atribuían al progreso técnico casi el noventa por ciento del crecimiento experimentado por la renta per cápita americana durante la primera mitad del siglo. Se hacía, por tanto, necesario integrar el progreso tecnológico en la teoría del desarrollo económico. No obstante, su introducción se planteó de forma exógena, y convirtió al progreso técnico en el único determinante de la tasa de crecimiento a largo plazo. Las consecuencias fueron que los modelos de crecimiento exógeno implicaban la ruptura de toda conexión razonable entre inversión y crecimiento, y no dejaban instrumentos de política económica con los que influir sobre el ritmo de desarrollo.

Ante estos hechos insatisfactorios, las reacciones vinieron por dos vías. Por un lado, se recuperó un papel central para el proceso de acumulación de capital como vehículo transmisor de las nuevas tecnologías, de manera que el progreso tecnológico se incorporaba en el capital. Por otro, se hizo aparente la necesidad de estudiar los factores responsables de la mejora de las técnicas productivas, es decir, de endogeneizar el progreso técnico considerando la adquisición y diseminación de conocimientos útiles como una actividad económica más. Sin embargo, los intentos de endogeneización se vieron dificultados porque el sector inventivo produce información. Las propiedades de la información complican bastante el análisis porque para que el inventor tenga incentivos a realizar I+D es necesario que obtenga rentas de monopolio lo que obliga a los modelos de crecimiento endógeno a apartarse de la competencia perfecta. Por ello, aunque existen modelos de crecimiento endógeno desde los años sesenta⁴⁴, se enfrentaban al obstáculo de incorporar a modelos dinámicos las estructuras de mercado no competitivas que demanda este problema. Han sido necesarios avances en organización industrial y en el dominio por parte de los economistas de las técnicas de análisis de sistemas dinámicos para vencer estas barreras y, por eso, hasta mediados de los años ochenta, no se ha reactivado esta línea de investigación.

En la actualidad, los modelos de crecimiento endógeno constituyen la síntesis de los modelos de crecimiento exógeno con los avances microeconómicos en la "teoría de mercado de la innovación". Su característica fundamental es la insistencia en que el aumento de la productividad de los factores debe entenderse como un proceso económico, sensible a las fuerzas del mercado. Sin embargo, el carácter endógeno del cambio técnico no conlleva necesariamente una actividad premeditada que genere mejoras tecnológicas. Así, se han explorado modelos en los que existen rendimientos crecientes y la tecnología se explica

⁴⁴ Revisiones más generales de los modelos de crecimiento y valoraciones críticas tanto sobre el estado de la cuestión como su futuro desarrollo pueden encontrarse en Wan (1975), De la Fuente (1992) y Solow (1994). Por su parte, los trabajos de Helpman (1992), Grossman y Helpman (1994), Jones y Manuelli (1994) y Romer (1994) se centran en los modelos de crecimiento endógeno.

como una función de los niveles contemporáneos de los factores productivos (Romer (1987)) y otros en los que se produce aprendizaje por la práctica en los que la adquisición de saber es un resultado de actividades de producción e inversión (Arrow (1962b), Sheshinski (1967), Romer (1986), Lucas (1988) y Stokey (1988)).

En cualquier caso, el objetivo que se persigue en este capítulo es analizar si una política de promoción de la investigación está justificada. Por este motivo, los únicos modelos que tienen interés son aquellos en los que la producción de conocimientos útiles requiere la asignación explícita de recursos. La adquisición de conocimientos es entonces una actividad costosa y el progreso técnico debe analizarse como el resultado de un proceso inversor. Aún así, el campo es muy amplio, porque estos conocimientos pueden considerarse tanto capital humano, que las unidades familiares acumulan dedicando tiempo y recursos a la educación, como saber abstracto creado por las empresas mediante la investigación, que adopta la forma de diseños para nuevos productos y procesos.

Nuevamente, apelando a que el interés de esta investigación se centra en el comportamiento empresarial, se acota el campo de estudio, reduciéndolo a los estudios que introducen un sector de investigación que intenta mejorar bienes y procesos productivos con la finalidad de obtener beneficios⁴⁵. Precisamente, los modelos recientes de crecimiento endógeno han puesto el énfasis en aquellas actividades del sector privado de la economía que contribuyen al avance técnico más que en las llevadas a cabo por el sector público.

Un subconjunto de estos modelos ha pretendido acomodar todos los hechos que Romer (1994) considera requisitos necesarios para un modelo de crecimiento y que hacen que estos confluyan con los de la "teoría de mercado de la innovación". Son los que a veces se llama modelos neoschumpeterianos⁴⁶, porque el incentivo a innovar proviene del poder de monopolio temporal que se adquiere en caso de éxito.

⁴⁵ Estos modelos aparecen ya en los años sesenta, aunque muchos evitan los problemas de apropiabilidad y estructura de mercado recurriendo al planificador social o a reglas que determinan el volumen de recursos dedicados al sector investigador (Uzawa (1965) y Nordhaus (1967)). Otros, sin embargo, utilizan especificaciones más satisfactorias sobre la forma en que las empresas se apropian de los beneficios que se derivan de su investigación. Destacan, entre otros, los artículos de Ruff (1969), Nordhaus (1969) y Shell (1973).

⁴⁶ Romer (1994) identifica otras dos clases de modelos de crecimiento endógeno: los modelos con externalidades, como el de Romer (1987), y los modelos lineales. Los modelos lineales suponen que existen tres *inputs* de la economía, a saber, capital físico, capital humano e investigación. Los tres son *inputs* ordinarios, es decir, no existen problemas de no rivalidad y, en consecuencia, no existen rendimientos crecientes que impidan la construcción de modelos de crecimiento con competencia perfecta.

Los cinco puntos esenciales señalados por Romer (1994) son⁴⁷:

a) En una economía de mercado hay muchas empresas.

b) Los descubrimientos tienen la característica de poder ser usados por muchas personas simultáneamente, es decir, que mientras que los bienes ordinarios son rivales, la información no lo es.

c) No es necesario aumentar los *inputs* no rivales para aumentar la producción. La consecuencia problemática es que si las empresas operan en un marco competitivo no es posible remunerar a los *inputs* que fueron utilizados para producir los descubrimientos.

d) El avance tecnológico se debe a actuaciones de los agentes económicos. De esta forma, la tasa agregada de descubrimiento es endógena; aunque los descubrimientos parezcan deberse a fuerzas fuera de control, como puede ser cuando son efectos colaterales de otra actividad o los incentivos del mercado no juegan ningún papel.

e) Muchos individuos y empresas tienen poder de mercado y obtienen rentas de monopolio debido a los descubrimientos, ya que, a pesar de que las innovaciones sean no rivales, existe un cierto grado de excluibilidad, al menos de forma temporal.

En los modelos neoschumpeterianos, el papel de la investigación es central, pero las preocupaciones y resultados que resaltan sus autores son diversas. El objetivo de esta sección es, sin embargo, bastante concreto y se centra en los aspectos normativos del problema: analizar si las empresas dedican suficientes recursos a innovar respecto a lo que sería deseable desde el punto social. Además, en íntima relación con lo anterior, se pretende extraer si en estos estudios se han analizado los efectos de los subsidios⁴⁸ a la I+D y si serían deseables.

Todos los modelos que se revisan atribuyen a la investigación el papel de generador de invenciones. Junto a ellos se encuentra un grupo de trabajos, en algunos casos próximos a la teoría del comercio internacional, en los que se tiene en cuenta explícitamente que las innovaciones pueden ser imitadas (Seegerstrom et al. (1990), Grossman y Helpman (1991b), Seegerstrom (1991) y Rustichini y Schmitz (1991)). De esta manera, el innovador es el único poseedor del derecho a producir ese nuevo bien (final o intermedio) tan sólo de forma temporal, esto es, hasta que es imitado por otra empresa. Estos estudios han sido descartados porque no realizan análisis de bienestar. De todos modos son muy interesantes

⁴⁷ La visión de Nelson y Winter (1982) acomoda los cinco hechos. Sin embargo, en opinión de Romer (1994), su estilo de trabajo debe entenderse como complementario a la teoría formal más que como un sustituto.

⁴⁸ El motivo de centrar la política de innovación en los subsidios es, siguiendo a Grossman y Helpman (1991b, p.573), que estos instrumentos sirven para aglutinar una amplia gama de medidas que los gobiernos pueden adoptar para apoyar las actividades de innovación e imitación.

porque analizan los efectos que las políticas que apoyan la innovación tienen sobre las actividades de imitación y viceversa.

En una línea distinta se sitúa el trabajo de Zhang (1993), que resulta atractivo para los objetivos de esta investigación, ya que toma en consideración explícitamente la política de investigación. Para este autor, el gobierno financia actividades de investigación en universidades y centros públicos de investigación que aumentan el *stock* común de conocimiento. Las actividades productivas emplean este conocimiento para producir de forma que la investigación aumenta la productividad de los factores trabajo, capital y tierra. Además, su modelo considera que las actividades productivas hacen crecer el conocimiento de la sociedad a través de procesos de aprendizaje por la práctica. La limitación de este trabajo proviene de que no llega a introducir un sector privado de investigación que busque beneficios, por lo que su modelo no cumple los requisitos para ser incorporado en esta sección.

2.2.2. Modelos de invención.

Los modelos de invención obvian la posibilidad de que la producción del bien se traslade desde el productor monopolista inicial hacia otros productores. Lo habitual es que una patente de vida infinita proteja los derechos del inventor⁴⁹, aunque en la práctica la producción del nuevo bien no tiene que ser indefinida, ya que puede ser expulsado del mercado por otro innovador.

Dentro de los modelos de invención, existen dos enfoques distintos. El primero, el elegido por Romer (1990), supone que cada nuevo descubrimiento introduce un nuevo bien que compite con todos los demás, esto es, que la diferenciación de los productos es horizontal. El segundo, que emplean Grossman y Helpman (1991a) y Aghion y Howitt (1992), consiste en imaginar la innovación tecnológica como un proceso de mejora de la calidad de los productos existentes. En este segundo caso, la innovación genera un proceso de destrucción creativa al estilo de Schumpeter, que provoca la obsolescencia de los productos a medida que van siendo reemplazados por otros mejores.

Todos los modelos considerados son dinámicos y de equilibrio general, por lo que requieren la descripción de todos los mercados de la economía. Por ello, con la finalidad de abreviar al máximo la exposición de estos modelos, es conveniente indicar algunas características comunes a todos ellos. En primer lugar, todas las actividades de producción e investigación se desarrollan en un contexto competitivo. La única razón para que algún productor disfrute de poder de mercado es que consiga innovar, en cuyo caso puede ser premiado con una patente permanente.

⁴⁹ Judd (1985) estudia el efecto de otras reglas de patente sobre el nivel de innovación en relación al socialmente óptimo.

La utilidad de los consumidores es, en todos los casos, separable en el tiempo con tasa de preferencia temporal constante, de forma que el tipo de interés se iguala siempre a la tasa de descuento. La función de utilidad instantánea varía, sin embargo, entre los modelos, siendo elegida en gran medida por cuestiones técnicas.

Los mercados de capitales no ocupan un papel central en la presente investigación, por lo que no se entra en los detalles concretos de su formalización. Estos mercados son necesarios para captar el ahorro necesario para la realización de I+D mediante un activo cuyo valor depende del éxito o fracaso de la actividad de investigación. La libre entrada en investigación asegura que en cada momento el rendimiento esperado de esta actividad iguale el tipo de interés de mercado ajustado por el riesgo inherente a la innovación.

El modelo de Romer (1990) es, en esencia, un modelo neoclásico de un único sector con cambio tecnológico, pero ha sido aumentado para que la explicación del cambio tecnológico sea endógena. El progreso se manifiesta en la aparición de nuevos bienes de capital⁵⁰ que hacen posible la fabricación de bienes finales más modernos. Aunque la fabricación de cada uno de estos bienes finales requiere el descubrimiento o invención de un bien de capital (un nuevo diseño), una vez que el bien de consumo empieza a ser producido todos los bienes intermedios son utilizados en el proceso productivo. De esta forma existen tres sectores: el de investigación, que crea nuevos diseños, el de bienes intermedios, que produce bienes de equipo partiendo de diseños, y el de bienes finales⁵¹ que requiere bienes de capital. Hay que señalar que los bienes finales nunca son sustitutos cercanos de otros existentes, de forma que la innovación no genera la obsolescencia de productos inventados previamente.

Romer obvia, por considerarla intrascendente, la incertidumbre del proceso inventivo que afrontan las empresas, es decir, el número de innovaciones que surgen a nivel agregado en cada momento del tiempo depende de forma cierta de la cantidad de recursos que se dedican al sector de investigación. De hecho, aunque en otros modelos se ha introducido aleatoriedad en los descubrimientos, al final pierde importancia a nivel agregado en el equilibrio estacionario.

Se consideran tres factores productivos: capital, trabajo y capital humano, además de un indicador de tecnología que se define como el número de diseños que se han desarrollado hasta ese momento. El *stock* de capital humano y la oferta de trabajo son constantes, mientras que el capital y el indicador de tecnología crecen de forma endógena. Los bienes de capital son producidos en un sector separado que dispone de la misma tecnología que el sector de producción final y convierte, siempre que se tenga el

⁵⁰ Los términos bien de capital, bien de equipo y bien intermedio se consideran equivalentes.

⁵¹ En el sector de bienes finales, como la función de producción es homogénea de grado uno, se supone que existe sólo una empresa produciendo cada bien y que es precio aceptante.

conocimiento adecuado, un número fijo de unidades de bien final en una unidad de capital. En el sector de bienes intermedios existe una única empresa productora de cada bien de equipo que disfruta para siempre de una patente, por lo que tiene comportamiento monopolista.

El capital humano es siempre rival, pero el conocimiento requiere una atención especial. Por una parte, cuando se desarrolla un nuevo diseño sólo el inventor puede producir el nuevo bien, lo que permite que una única empresa produzca cada bien intermedio. Puesto que la competencia es monopolista, el conocimiento es excluible. Ahora bien, como en este modelo la tasa de crecimiento del número de diseños depende linealmente del *stock* de conocimiento de la economía, cuando se realiza una invención se incrementa la productividad del capital humano en el sector de investigación, y todas las actividades de I+D se benefician del nuevo descubrimiento. Este conocimiento es no rival, pero además no es excluible por lo que aparecen externalidades positivas. Para Romer, tanto los efectos externos como la fijación de precios por encima del coste marginal son características esenciales para integrar las peculiaridades del conocimiento en un modelo de crecimiento. Aunque no todo el valor social de una innovación es apropiado por el inventor, los agentes obtienen un beneficio de invertir en nuevo conocimiento gracias al poder de mercado que adquieren.

Romer demuestra la existencia de un equilibrio con crecimiento equilibrado en el que el conocimiento global (número de diseños), el *stock* de capital y la producción de bienes finales crecen a una tasa constante, mientras que el capital humano dedicado a la producción de bien final y a investigación permanecen constantes. El resultado es que la tasa de crecimiento de la producción depende linealmente del capital humano que se dedique en el equilibrio a investigación.

La tasa de crecimiento se reduce con el tipo de interés, porque el flujo descontado de ingresos por dedicar capital humano a desarrollar nuevos diseños se hace menor y, por tanto, tenderá a dedicarse más capital humano a producir bienes ya existentes en lugar de a desarrollar otros nuevos. Las decisiones de acumular capital y de invertir en investigación están separadas, por eso el efecto de un subsidio a la inversión en equipamiento financiado con un impuesto fijo -que equivale a una reducción en el número de unidades de bien final necesarias para producir una unidad de bien de equipo- no tiene, con las formas funcionales empleadas por Romer, efecto sobre los recursos dedicados a investigar ni sobre la tasa de crecimiento de la economía. La razón hay que buscarla en un efecto de equilibrio general que provoca que la mayor rentabilidad del capital humano dedicado a la producción se compense con una mayor rentabilidad del capital humano en su uso alternativo, la investigación.

Aunque Romer señala que la interpretación adecuada es que el efecto es ambiguo, algo que la teoría no puede resolver a priori, lo que está claro es que su efecto no es el

mismo que el de un cambio en el tipo de interés. Su ejemplo es que si existen muchos abogados y *M.B.A.* y no suficientes ingenieros, un subsidio a la acumulación de capital físico es una medida débil y posiblemente contraproducente. Esta conclusión está en desacuerdo con la intuición desarrollada por los economistas a partir del modelo de un sector, en el que el producto marginal del capital es igual al tipo de interés de mercado, por lo que cualquier acción que incremente el *stock* de capital y reduzca el producto marginal de capital tiene el mismo efecto sobre el crecimiento que una reducción del tipo de interés.

El tamaño del *stock* de capital humano es de gran importancia en este modelo porque es el *input* del sector de investigación, en el que existen rendimientos crecientes. Cuando aumenta el capital humano dedicado a investigación, el producto marginal del mismo crece debido a que el *stock* de conocimientos es mayor. En consecuencia, un aumento en el *stock* de capital humano hace que aumente más que proporcionalmente la cantidad de capital humano destinada a investigación y el crecimiento económico acaba siendo mayor. Por el contrario, si la dotación de capital humano es excesivamente pequeña es posible que no sea rentable investigar y se produzca el estancamiento.

El efecto de un subsidio al empleo de capital humano en el sector de investigación (financiado con impuestos de cuantía fija) tiene efectos equivalentes a un incremento en la productividad del capital humano en la generación de nuevos diseños. En el largo plazo, se dedica más capital humano a investigación y el crecimiento es mayor.

Existen dos razones que hacen pensar que se dedica poco capital humano a investigación. La más obvia es que la investigación tiene efectos externos positivos ya que la no excluibilidad del conocimiento hace que cada nuevo diseño eleve la productividad de todos los individuos que investiguen posteriormente. En segundo lugar, el *input* que se produce en el sector de investigación es adquirido por un sector monopolista y, en consecuencia, el productor del nuevo diseño se apropia sólo de una fracción del beneficio social neto. Ambos efectos llevan a que, mientras que el valor del producto marginal del capital humano en el sector de bienes finales es igual al salario, en el sector de investigación supere al salario a causa de que el precio de la patente sólo es una parte de su valor social.

En estas condiciones, la asignación de capital humano a investigación a lo largo de la trayectoria de crecimiento equilibrado es menor que la que surge de resolver el problema de un planificador social y, por tanto, en el primer caso el crecimiento será menor que en el óptimo. La política sugerida por Romer -aunque no proporciona una demostración rigurosa- consiste en subsidiar la acumulación de nuevos conocimientos⁵².

⁵² Romer también señala que en un contexto más realista, en el que el capital humano se acumule de forma endógena, la oferta de este factor será demasiado baja. Como resultado, una política *second best* para un

Sala-i-Martín (1994) plantea una versión más simple del modelo de Romer en la que no existe capital humano, de forma que el factor de escala es el trabajo. La única distorsión existente es el monopolio del que disfrutaban los productores del bien intermedio, pero conduce, igual que en el modelo de Romer, a que la solución de mercado sea distinta de la que elige un planificador. Sala-i-Martín rechaza la política de subsidiar la investigación porque, aunque haga aumentar la tasa privada de rendimiento de las actividades de I+D, introduce una distorsión en la elección de la cantidad de bien intermedio. La solución estibaría en subsidiar el uso de bienes intermedios por parte de las empresas productoras de bienes finales, de manera que estas se enfrenten a un precio competitivo. Este subsidio corregiría la cantidad demandada de productos intermedios, elevando el rendimiento privado de la inversión en I+D hasta igualarlo al rendimiento social y consiguiendo, de ese modo, la optimalidad de la inversión privada.

El artículo de Aghion y Howitt (1992)⁵³ analiza aquellas innovaciones industriales que mejoran la eficiencia de los procesos productivos. Cada innovación consiste en la invención de un bien intermedio de mayor calidad que hace posible obtener el bien de consumo con menores cantidades del bien intermedio. Se supone que, cada vez que se produce una mejora, se multiplica por un factor mayor que la unidad la cuantía total del bien de consumo que se obtiene con una cantidad dada de bienes intermedios.

Al igual que en Romer (1990), se considera la existencia de tres sectores: investigación, bienes intermedios y bien de consumo. Los factores productivos, cuyas dotaciones se suponen fijas, son trabajo no cualificado, que se emplea para producir el bien de consumo, trabajo cualificado, que sirve tanto para producir el bien intermedio como para investigar, y trabajo especializado, que se dedica sólo a investigación.

Aghion y Howitt definen un periodo de tiempo como el lapso que existe entre dos innovaciones. Su duración es aleatoria por naturaleza, ya que la probabilidad instantánea de hacer un descubrimiento es un proceso de Poisson que depende de la cantidad de trabajo cualificado y especializado que dedica cada empresa en ese periodo de tiempo. La entrada en investigación es libre y no existen externalidades contemporáneas en investigación. No obstante, sí se producen externalidades intertemporales porque las innovaciones elevan la productividad para siempre, es decir, que el siguiente descubrimiento incrementará la calidad de los *inputs* partiendo del nivel alcanzado previamente.

gobierno que no puede afectar a la asignación del capital humano entre sectores podría consistir en subsidiar la producción de capital humano.

⁵³ Aunque el artículo de Aghion y Howitt fue publicado en 1992, su versión en documento de trabajo apareció en el año 1990, por eso sus efectos se han dejado sentir sobre artículos que fueron publicados antes de 1992. Este es el motivo por el que se revisa justo después del artículo de Romer.

El innovador es premiado con una patente de vida infinita que le permite ser monopolista en la producción del nuevo bien intermedio y, en consecuencia, apropiarse de los beneficios en el mercado del bien de consumo. La idea schumpeteriana de la destrucción creativa se encuentra en el núcleo de este modelo ya que, como todos los bienes intermedios son producidos con una misma tecnología lineal empleando sólo trabajo cualificado, aunque existe un número creciente de bienes intermedios, cada vez que se produce un descubrimiento deja de emplearse el anterior por no ser competitivo. La consecuencia es que el poder de monopolio sólo durará un periodo de tiempo, esto es, hasta que se produzca la siguiente innovación, momento en el que el monopolista será desplazado por un nuevo monopolista. La obsolescencia de los bienes intermedios que surge con este proceso da lugar a que la generación de nuevos productos no sólo cree ganancias para el inventor sino también pérdidas para el monopolista establecido previamente⁵⁴.

En este modelo, en el que el trabajo no cualificado y el especializado tienen un único uso, la única elección que se debe adoptar es cómo repartir el *stock* de trabajo cualificado entre investigación y fabricación del bien intermedio. Esta decisión se toma considerando simultáneamente el coste marginal de la investigación y el beneficio marginal de investigar. A pesar de la aleatoriedad, la investigación llevada a cabo en un periodo de tiempo está relacionada negativamente de forma determinista con la magnitud de la investigación esperada para el siguiente periodo a través de dos efectos:

- El primero es consecuencia de la destrucción creativa. La investigación llevada a cabo en un periodo depende de la prospectiva de las rentas de monopolio que se pueden apropiar, que es creciente con la duración del periodo siguiente. Este lapso depende, no obstante, negativamente de la intensidad con que se investigue en el periodo siguiente. Por ello, cuanto más se investigue en el periodo siguiente menos incentivo existirá a invertir en I+D en el actual.

- El trabajo cualificado es usado tanto en investigación como en fabricación, originándose así un efecto de equilibrio general a través del salario del trabajo cualificado que relaciona negativamente la investigación actual con la inmediata. La lógica es que si se espera que en el periodo siguiente se investigue más, entonces el salario del trabajo cualificado será mayor en el periodo siguiente. En esas condiciones, se reduce la investigación actual porque los mayores salarios futuros reducen las rentas de monopolio que se podría apropiar el innovador.

⁵⁴ En este modelo, un monopolista nunca se sucede a sí mismo, es decir, que la innovación nunca la lleva a cabo la empresa establecida porque sus incentivos son siempre menores que los de otro productor. La razón es que, aunque en caso de éxito ambos obtendrían el mismo valor descontado del flujo de beneficios, el primero perdería todos los beneficios de los que ya disfruta.

Si es rentable dedicar recursos a investigar, existe un único equilibrio estacionario en el que se dedica una cantidad constante de trabajo cualificado a investigar y la economía crece porque surgen innovaciones de acuerdo al proceso de Poisson⁵⁵. La estática comparativa del equilibrio estacionario en el modelo de Aghion y Howitt permite afirmar que la cantidad de trabajo especializado dedicado a investigación aumenta si decrece el tipo de interés o bien se incrementa la magnitud de cada innovación, la dotación de trabajo cualificado o el parámetro de llegada de la siguiente innovación⁵⁶. Empleando un ejemplo con una función de producción del tipo Cobb-Douglas, puede obtenerse un resultado adicional de estática comparativa que toma en cuenta el grado de poder de mercado del monopolista del producto intermedio a través del índice de Lerner. La conclusión es que investigará sólo si existe un nivel mínimo de poder de mercado que permita obtener suficientes beneficios de monopolio.

Aghion y Howitt comparan el nivel socialmente óptimo de investigación con el obtenido en el equilibrio estacionario destacando las siguientes diferencias:

- El planificador social toma en cuenta el beneficio permanente de la siguiente innovación, mientras que la empresa privada de investigación no considera los beneficios posteriores a la siguiente innovación. Esto da origen a externalidades intertemporales.

- Existe un problema de apropiabilidad que hace que los beneficios sociales marginales de investigar sean menores que los privados. Es un problema similar al que se produce en los modelos de análisis parcial en los que las empresas compiten por una innovación.

- Tiene lugar un efecto denominado "robo de negocio"⁵⁷, que se debe a que la empresa privada de investigación no internaliza la pérdida que su innovación causará al monopolista establecido. Por el contrario, el planificador social toma en cuenta la destrucción del rendimiento social de la innovación previa.

⁵⁵ Aghion y Howitt apuntan la posibilidad de que se produzcan otros equilibrios como puede ser uno en el que se alterne un periodo de fuerte investigación con otro de baja investigación, o bien que se produzca una trampa de crecimiento si se prevee que en el siguiente periodo va a existir una excesivamente elevada actividad investigadora que desanima completamente la investigación actual.

⁵⁶ Un aumento del parámetro que mide la velocidad de llegada de una nueva innovación (I) hace aumentar el empleo de investigadores debido a que estos son más efectivos y este efecto es más fuerte que la mayor destrucción creativa que se espera en el siguiente periodo. Sin embargo, si este parámetro pudiese variar de periodo a periodo se podrían encontrar estados de la naturaleza en los que el parámetro fuese alto, lo que podría interpretarse como una ola de innovaciones, y otros en los que fuese pequeño de modo que una línea de investigación podría estarse agotando. De este modo, existiría un equilibrio estacionario para cada I . En este contexto, un aumento de I en el siguiente periodo podría desanimar la investigación, ya que eleva la tasa esperada de destrucción creativa, haciendo caer la tasa media de crecimiento de la economía.

⁵⁷ Traducción de "business-stealing".

- Por último, bajo *laissez faire*, el sector de bienes intermedios, que compite con el de investigación por mano de obra cualificada, es monopolista y, por tanto, demanda menos trabajo que el óptimo socialmente, por lo que se investiga demasiado.

La externalidad intertemporal y el efecto apropiabilidad tienden a hacer que la tasa de crecimiento y la dedicación de trabajo especializado a investigación sean menores que las óptimas, mientras que la distorsión de monopolio y el efecto "robo de negocio" hacen que se investigue demasiado, por lo que el crecimiento supera el socialmente deseable. De este modo, el crecimiento puede ser tanto mayor como menor que el óptimo. En conclusión, no está claro si debe apoyarse o no la actividad innovadora⁵⁸.

Para Grossman y Helpman (1991a) la innovación tecnológica permite la obtención de variedades de mayor calidad de uno de los bienes finales. Se considera que existe un número infinito de productos cada uno de los cuales puede tener infinitas calidades. Cuando una empresa tiene éxito en mejorar un producto, la calidad de la nueva variedad multiplica por un factor constante mayor que la unidad (I) la de la mejor variedad existente en ese momento, de forma que un producto que haya sido mejorado j veces tendrá una valoración I^j veces la inicial. Los consumidores tienen una función de utilidad que es separable en el tiempo, y la utilidad instantánea del consumidor recoge el efecto de la calidad de cada variedad de producto. En todos ellos, la utilidad que le depara a un consumidor una unidad de la variedad j de un bien es proporcional a la calidad (I^j) de la misma, por lo que las variedades de un mismo bien son sustitutos perfectos. Por el contrario, los bienes finales no son sustituibles entre sí.

En este modelo sólo existe un sector investigador y un sector de bienes finales, desapareciendo el sector de bienes intermedios de Romer y de Aghion y Howitt. El único factor productivo es el trabajo, cuya dotación es constante en el tiempo, y la producción de cada unidad de bien tiene lugar, bajo rendimientos constantes a escala, empleando, independientemente de la calidad, sólo una unidad de trabajo. De este modo, el coste marginal de una unidad de bien es el mismo para todas las variedades y productos.

Para Grossman y Helpman, es necesario dedicar trabajo a investigación si se pretende innovar. Esta actividad se introduce en el modelo mediante un proceso de Poisson en el que la probabilidad instantánea de hacer un nuevo descubrimiento depende sólo de la intensidad de los recursos dedicados en ese periodo. A pesar de que la aleatoriedad se introduce de forma similar a la empleada por Aghion y Howitt, existe una diferencia que debe ser comentada: para Grossman y Helpman la duración de los periodos de tiempo es

⁵⁸Aghion y Howitt extienden su modelo para considerar las innovaciones no drásticas, que el tamaño de las innovaciones sea endógeno e incluso que existan muchos bienes intermedios (y también el monopsonio estratégico). Los resultados de estática comparativa así como el análisis del bienestar sólo quedan ligeramente matizados.

siempre la misma, pero el descubrimiento no tiene que hacerse en un sólo periodo. Esta discrepancia se sustenta en que en el modelo de Grossman y Helpman existen infinitos productos, por lo que no es posible definir la duración del periodo como el tiempo que pasa hasta el descubrimiento, como hacen Aghion y Howitt; la solución es que en cada periodo, de longitud fija, se produzcan competiciones simultáneas para mejorar todos los productos, en las que sólo algunos tienen éxito.

En lo que sí se parecen mucho los modelos de Aghion y Howitt y de Grossman y Helpman es en su carácter schumpeteriano, y en las implicaciones que tiene cada innovación. La sustituibilidad perfecta entre variedades, unida a la posibilidad de fabricar productos de cualquier calidad al mismo coste, genera obsolescencia de las variedades a medida que se asciende por la "escalera de la calidad". Como el consumidor nunca adquirirá productos de calidades inferiores si no es a un precio menor que mantenga constante la relación calidad-precio, el innovador, que está protegido por una patente de duración infinita, es capaz de apropiarse del mercado siempre que no supere el precio **I**.

Existe libre entrada en la carrera por la patente, por lo que normalmente la empresa invierte en investigación obteniendo beneficio cero, y el coste de innovar en términos de unidades de trabajo es el mismo tanto para la empresa que produce el bien en estado más avanzado como para la empresa entrante. De este modo, se está recogiendo el carácter de bien público de la tecnología ya que el entrante dispone de la misma información que la empresa establecida. De hecho, este modelo origina externalidades intertemporales, al igual que el de Aghion y Howitt, en la medida que cada éxito no sólo permite fabricar una nueva variedad de un bien sino que abre la posibilidad a cualquier empresa de realizar esfuerzos para mejoras posteriores.

Como los beneficios son los mismos en todas las industrias, independientemente de la calidad que haya alcanzado cada producto, al emprendedor le es indiferente en qué carrera participar⁵⁹. Por eso, Grossman y Helpman se centran en un equilibrio simétrico en el que todos los productos son buscados con la misma intensidad. En el equilibrio dinámico, el gasto total es constante y cada producto es mejorado con la misma probabilidad instantánea en cada periodo de tiempo, de forma que el modelo predice una distribución de calidades que evoluciona constantemente con productos individuales saltando posiciones relativas dentro de esa distribución. En consecuencia, aplicando la ley de los grandes números, la utilidad crece a una tasa constante.

La intensidad de recursos dedicados a innovar crece con la dotación de factor trabajo, con la reducción del coste de innovar medido en términos de trabajo y con la

⁵⁹ Excepto la empresa líder, que no compite en su propio mercado para mejorar la calidad de su producto. La razón es que el beneficio que obtendría es menor que el que le proporcionaría participar en cualquier otra carrera.

magnitud de la mejora de calidad (I) que se consigue con cada innovación. Grossman y Helpman calculan la intensidad óptima en innovación y la comparan con la de equilibrio, llegando a la conclusión de que los incentivos del mercado a la I+D son excesivos si los incrementos en la calidad logrados con cada innovación son bastante grandes o demasiado pequeños, pero son insuficientes cuando λ toma valores intermedios. Este hallazgo puede relacionarse con las distorsiones de mercado identificadas por Aghion y Howitt:

- Un efecto excedente del consumidor, que se origina porque, cuando se produce una innovación, los consumidores pagan el mismo precio, pero reciben un producto de mayor calidad durante toda la vida de esa variedad, es decir, hasta que se produce una nueva innovación.

- Un efecto externalidad intertemporal, en la nomenclatura de Aghion y Howitt, debido a que la mejora de calidad sirve de base a las innovaciones futuras.

- Un efecto "robo de negocio" ya que se destruye el excedente del productor del monopolista establecido.

Grossman y Helpman consideran conjuntamente el efecto excedente del consumidor y la externalidad intertemporal, obteniendo una expresión que crece en forma logarítmica con la magnitud del aumento de la calidad que se logra con cada innovación (I). Combinando esta expresión con la del efecto "robo de negocio", se llega a que sólo con valores intermedios del "escalón" la innovación es inferior a la óptima. En esas condiciones, el óptimo no siempre puede conseguirse mediante un subsidio a los gastos en investigación sino que a veces requerirá un impuesto.

Grossman y Helpman (1991a) plantean también una variante de su modelo, que se relaciona con el modelo de Romer (1990), en la que el cambio tecnológico consiste en el desarrollo de nuevas variedades de productos diferenciados horizontalmente. Para este fin, emplean consumidores con preferencia por la variedad *à la* Dixit y Stiglitz (1977). En este caso, el coste de desarrollar nuevas variedades de producto es decreciente con el *stock* global de conocimiento que, por simplicidad, se aproxima mediante el número de variedades existentes.

Las formas reducidas del modelo basado en la variedad y el basado en la calidad son equivalentes, por lo que los resultados de estática comparativa ya comentados se sostienen, si bien el significado e interpretación de los parámetros es ahora algo distinto. En ambos casos, la actividad de I+D genera externalidades. En el modelo de crecimiento basado en la variedad, la externalidad es bastante explícita y proviene de que cada nueva variedad reduce el coste de desarrollo de nuevos productos. En el modelo basado en la calidad, la externalidad es implícita y consiste simplemente en que, cuando una empresa mejora la calidad, el resto de competidores puede dedicar sus esfuerzos a la siguiente mejora pues adquieren inmediatamente el conocimiento generado por el último innovador.

Las dos visiones difieren, no obstante, en sus implicaciones para el bienestar; puesto que cuando la innovación da lugar a nuevos productos el efecto excedente del consumidor compensa exactamente el efecto "robo de negocio", que en este caso proviene de la reducción de los beneficios de todos los competidores. De esta forma, persiste una externalidad positiva que es, justamente, la externalidad intertemporal y, al igual que en Romer, la tasa óptima de innovación supera a la de mercado.

Las aproximaciones de Aghion y Howitt y Grossman y Helpman incorporan la visión schumpeteriana de la innovación como proceso de destrucción creativa. Young (1993b)⁶⁰ considera, sin embargo, que ignoran la complementariedad que existe entre muchas tecnologías, pues en muchas ocasiones las nuevas invenciones crean más que destruyen rentas de las viejas tecnologías. Esto es, para Young, muchas tecnologías pasan por un ciclo de vida en el que inicialmente resultan complementadas por las nuevas hasta que son sustituidas por ulteriores innovaciones.

La justificación de Young se basa en ejemplos históricos como el motor de vapor o el barco de vapor⁶¹. En ambos casos, las invenciones originales estaban lejos de ser superiores y poder reemplazar a la energía hidráulica en la manufactura o en los veleros. Sólo nuevos avances que resolvieron sus problemas prácticos hicieron posible que estas tecnologías pudieran sustituir de forma generalizada a las anteriores, dejándolas obsoletas. Incluso, como señala Young, la propia difusión del barco de vapor hizo aparecer un nuevo uso para el velero pues servía como transporte de bajo coste del carbón necesario para sus competidores.

El modelo de Young tiene muchos puntos en común con los anteriores. Por ejemplo, relacionándolo con Aghion y Howitt, considera, además del sector de investigación y el de bienes finales, un sector de bienes intermedios. La innovación tecnológica consiste en el descubrimiento de un bien intermedio cada vez más avanzado que hace más eficiente el proceso productivo, en este caso porque la cantidad de trabajo necesaria para producir un bien intermedio se reduce cuanto más avanzado es. Como en Grossman y Helpman (1991b), el único factor productivo es el trabajo, cuya oferta es fija. La obtención de un nuevo bien intermedio hace posible, como en el artículo de Romer, la aparición de un nuevo bien de consumo. Igualmente, se elimina el riesgo inherente al proceso de investigación suponiendo que la tasa agregada de invención es una función lineal de los recursos dedicados -en este caso trabajo- a investigación.

Los bienes finales son obtenidos por empresas perfectamente competitivas combinando *inputs* intermedios en una función de producción tipo *C.E.S.* El cambio

⁶⁰ A pesar de que este artículo fue publicado después que Young (1993a), se ha considerado preferible comentarlo primero.

⁶¹ Ver Young (1993b, pp. 776-777) y los capítulos 10 y 11 de Rosenberg (1979).

importante respecto a los otros modelos es que, aunque la aparición de un bien s sólo es posible tras el descubrimiento del bien intermedio s , para su fabricación pueden combinarse todos los bienes intermedios que se hubiesen descubierto hasta ese momento. Además, cuando surjan nuevos bienes intermedios, también será posible incorporarlos al proceso productivo del bien s , aunque sólo hasta un límite a partir del cual las diferencias técnicas son demasiado grandes. En el modelo de Young el bien intermedio más moderno que puede emplearse⁶² es $s\mathbf{q}$ siendo $\mathbf{q}^{\mathcal{I}}$, por lo que \mathbf{q} mide el mercado que encuentra un nuevo *input* entre los productos ya existentes. Por ejemplo, si adoptase el valor mínimo de uno, indicaría que el productor del nuevo *input* sólo podría venderlo al fabricante del bien recién descubierto. Si, por el contrario, fuese infinito cualquier productor de bienes finales podría emplear el nuevo *input*.

Dependiendo de la magnitud de ese mercado, las nuevas invenciones pueden ser tanto complementarias como sustitutivas o, lo que es igual, creativas o destructivas:

- Cuando se inventa un nuevo bien intermedio, parte de los productos existentes en ese momento lo usarán. Además, a medida que se inventen nuevos *inputs* surgirán bienes para cuya producción podrá ser empleado. Estos efectos generan la complementariedad de las invenciones.

- Simultáneamente, dado un gasto de los consumidores, la expansión del número de *inputs* a disposición de las empresas reducirá la demanda de cada bien intermedio existente. Además, al existir nuevos bienes, los consumidores adquirirán una mayor variedad de los mismos y, por extensión, de bienes intermedios. Estos dos efectos generan la disipación del gasto de productores y consumidores, motivando el carácter sustitutivo de las invenciones.

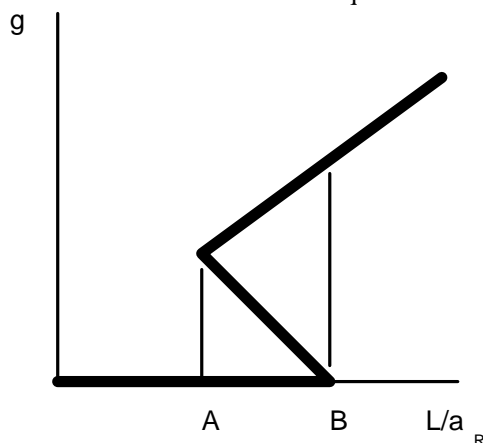
La importancia de cada uno de estos efectos depende del mercado inicial que encuentre el bien intermedio. Cuando es pequeño, cada invención pasa por un ciclo de vida, ya que inicialmente las nuevas invenciones son complementarias, pues aumentan el mercado para ese *input*; pero, a medida que el producto madura, predomina el efecto diversificación del gasto y las nuevas invenciones se hacen sustitutivas. Por el contrario, cuando \mathbf{q} es grande predomina desde el principio la disipación del gasto y las innovaciones son sustitutivas.

La tensión entre complementariedad y sustitución en el proceso de invención origina equilibrios múltiples, tal y como se muestra en el gráfico 1. Young muestra que son posibles varios tipos de equilibrio en función del tamaño del mercado en relación a los costes de innovación (L/aR) que coincide con la máxima tasa de aumento del número de bienes intermedios que puede llegar a tener una economía si dedica todo el trabajo a investigar. Así, en mercados pequeños (a la izquierda de A en el gráfico 1) sólo es posible

⁶² Este aspecto es una simplificación de la función de producción de Romer (1990), en la que cualquier bien podía emplear cualquier bien intermedio pasado y cualquiera que se descubriese en el futuro.

que la tasa de innovación (g) sea cero y se produzca estancamiento. A medida que el tamaño crece, surge la posibilidad de que existan múltiples equilibrios que dependen de lo optimistas o pesimistas que sean los innovadores (entre A y B). Cuando el tamaño es suficientemente grande (a la derecha de B) sólo existe un equilibrio.

Gráfico 1: Tasa de innovación de equilibrio en Young (1993b).



Para valores muy pequeños o muy grandes del tamaño relativo del mercado, el modelo se comporta como el de invención. En ambos casos, pequeñas intervenciones como un subsidio a la actividad inventiva, tienen efectos pequeños y continuos en la tasa de innovación de la economía. Sin embargo, para valores intermedios, este modelo presenta importantes discontinuidades e indeterminaciones, por lo que la selección de uno de los equilibrios depende de la coordinación de expectativas (Krugman (1991) y Matsuyama (1991)) y, además, las propiedades de estática comparativa de ambos son totalmente opuestas⁶³. La consecuencia es que un subsidio a la invención aumenta la tasa de innovación si predomina el efecto de la sustitución entre innovaciones, pero lo reduce si predomina la complementariedad. Como señala Young, el resultado no es sorprendente ya que cuando aumenta la rentabilidad de una actividad en la que el beneficio de los agentes es localmente decreciente con su esfuerzo, será necesario un aumento de su actividad para volver al equilibrio, como es el caso en las proximidades del equilibrio con sustitución. Cuando el equilibrio implica actividad inventiva complementaria, los beneficios de los agentes crecen con su esfuerzo y, por tanto, la única forma de alcanzar el equilibrio tras el subsidio a la innovación es que reduzcan su esfuerzo.

Una característica importante de la visión de Young descrita hasta el momento es que los consumidores poseen una preferencia por la variedad excesivamente fuerte, ya que si se deja de consumir alguna porción de bienes la utilidad se vuelve infinitamente negativa.

⁶³ Para Young (1993b, p. 805) lo normal es que los modelos generen equilibrios múltiples, y si los modelos de crecimiento endógeno no se han planteado este tipo de problemas es porque los efectos externos se suponen relacionados de forma monótona con el nivel de actividad. Una vez que se relaje este supuesto, será necesario analizar las implicaciones que tiene para la formulación de políticas el hecho de que cada equilibrio tenga diferentes propiedades de estática comparativa.

En equilibrio general, un cambio en la tasa de invención (g) origina un cambio drástico en el tipo de interés porque los consumidores tratarán de desplazar su consumo hacia el futuro. Cuando esto ocurre, el efecto del tipo de interés cancela exactamente el efecto sustitución debido a la disipación del gasto del consumidor entre una mayor variedad de productos, lo que simplifica enormemente la dinámica del modelo. Cuando las preferencias de los consumidores no cancelan los efectos del ciclo de vida característicos del modelo, la indeterminación crece aún más, siendo posible una variedad de expectativas de la actividad inventiva futura. En cualquier caso, Young señala que la dinámica del modelo es extraordinariamente sensible a la selección de preferencias

Existe otro modelo de Young que también tiene como punto de partida su visión de que las innovaciones no alcanzan su mejor posición para competir en el momento de su introducción sino posteriormente. En este caso, Young (1993a) considera que el progreso técnico incorpora una interacción entre la invención deliberada y el aprendizaje no premeditado⁶⁴. No obstante, para Young el aprendizaje por la práctica no puede ser indefinido, pues, de hecho, en la historia han existido periodos extraordinariamente largos de estancamiento tecnológico. La visión más razonable, en opinión de Young, es que cuando un nuevo proceso técnico es inventado se produzca un fuerte aprendizaje, pero pasado cierto tiempo las posibilidades de aumentar su productividad se reduzcan con lo que el aprendizaje se ralentiza e incluso se detiene. En cualquier caso, siempre existe conocimiento que no puede ser acumulado mediante la investigación sino que se adquiere de forma casual. En la medida que la mayoría de las nuevas tecnologías son en el momento de su aparición ampliamente inferiores a las que tratan de reemplazar, son estas mejoras incrementales las que hacen posible que dominen a los sistemas de producción más antiguos, como en el caso del barco de vapor. Las innovaciones sólo son competitivas inicialmente en un pequeño rango de funciones especializadas, pero después dominan en una amplia gama de actividades.

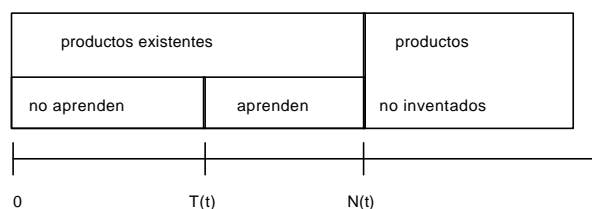
Young señala la falta de realismo implícita al desarrollo independiente de los modelos de invención y de aprendizaje. Su modelo, por el contrario, conjuga las características de los modelos de invención con las de los modelos de aprendizaje.

Los empresarios dedican trabajo, único factor disponible, a investigar con la finalidad de crear nuevos productos que se obtengan por métodos más eficientes y, por tanto, con menores costes. Existe libre entrada en el proceso de invención, pero cuando una empresa tiene éxito obtiene una patente de vida infinita y compite de forma monopolística con el resto de propietarios de patentes.

⁶⁴ Young emplea el término "serendipity" que literalmente significa "The faculty of making happy and unexpected discoveries by accident" (The Concise Oxford Dictionary of Current English, 5ª ed., Oxford and the Clarendon Press, 1970, Oxford).

Para incluir en su modelo tanto el proceso de invención como la posibilidad del aprendizaje acotado y simétrico en todos los sectores, Young supone que existe un continuo de bienes ordenados en la recta real de acuerdo a su sofisticación técnica, tal y como se muestra en el esquema 1. El bien más sofisticado que es posible producir en un momento t del tiempo y aún no ha experimentado aprendizaje, se denomina $N(t)$. A medida que los productos se encuentran más hacia la izquierda se han beneficiado de más aprendizaje y, en consecuencia, menos pueden mejorar. El producto $T(t)$ marca el límite a partir del cual se ha agotado el aprendizaje. Este esquema conduce a que el coste unitario de producción sea decreciente entre 0 y $T(t)$ y creciente entre $T(t)$ y $N(t)$.

Esquema 1: El aprendizaje en el modelo de Young (1993a)



El aprendizaje se representa como un aumento gradual del bien límite $T(t)$. La velocidad de este movimiento depende de la cantidad de trabajo dedicado a producir todos los bienes entre $T(t)$ y $N(t)$. Dicho de otro modo, los procesos de aprendizaje por la práctica no se relacionan con la cantidad producida de un bien concreto sino con la producción total de las industrias que experimentan aprendizaje. Es una característica importante, porque hace posible que una industria que en un momento del tiempo no sea competitiva experimente reducciones de costes, que harán que en un momento posterior pueda vender su producción.

Existen L consumidores representativos, cada uno de los cuales oferta una unidad de trabajo y trata de maximizar el valor presente descontado del logaritmo de una función de utilidad separable en el tiempo sujeto a una restricción intertemporal. La utilidad instantánea del consumidor adopta una forma concreta que genera una demanda de consumo de cada bien con elasticidad renta unitaria y una preferencia por la variedad fuerte pero acotada. De esta forma, los cambios en los precios hacen que en el tiempo los bienes más avanzados sustituyan a los más primitivos. De hecho, el consumidor preferirá siempre los bienes más baratos, lo que unido a su preferencia acotada por la variedad hace que elija un precio máximo a pagar por un bien. Los productos con costes de fabricación superiores no serán adquiridos, y el consumidor comprará una mayor cantidad de un bien determinado cuanto más barato sea.

Con esta información, las empresas maximizan su beneficio fijando el precio medio entre el precio límite $P(Z)$ y su coste unitario de producción. En cada momento del tiempo quedarán obsoletos los productos a la izquierda de $Z(t)$, producto para el que, por definición, el precio límite iguala el coste de producción. Ahora bien, son posibles dos

tipos de solución, según $N(t)-T(t)$ ⁶⁵ supere o no un determinado valor crítico. En primer lugar, es posible que todos los bienes que quedan a la derecha de $T(t)$ tengan un coste de producción menor que $P(Z)$, con lo que el consumidor adquirirá alguna cantidad de todos los bienes que están experimentando aprendizaje. La segunda posibilidad se produce cuando existen productos sofisticados que no se pueden vender debido a que el aprendizaje no ha sido suficiente y su coste es aún demasiado elevado. En este caso, sólo se venden en el mercado productos en un intervalo con centro en $T(t)$.

Existen dos tipos extremos de equilibrio. En el primero se produce estancamiento a causa de que no es rentable investigar. Esta situación se produce si el coste de investigar o el tipo de interés son altos, o si existe una dotación de factor trabajo excesivamente pequeña, es decir, si el mercado es excesivamente reducido. En este caso, el aprendizaje no tiene importancia, es decir, el modelo se comporta exactamente igual que el de invención: en el equilibrio las únicas restricciones en el proceso de crecimiento son los incentivos a trasladar recursos desde la producción de bienes hacia el desarrollo de nuevas tecnologías.

La segunda alternativa es que la investigación sea rentable, de forma que el crecimiento en el equilibrio sea positivo. Si el tamaño del mercado es suficientemente grande, entonces la brecha entre el producto más sofisticado que se sabe producir y el producto $T(t)$ será demasiado amplia como para que todos los productos que experimentan aprendizaje sean rentables. Es decir, los incentivos a innovar son tan fuertes que se desarrollan productos que en principio no se pueden vender. De este modo, si el tamaño del mercado es grande y los costes de investigar son bajos el modelo se comporta exactamente como un modelo de *learning by doing* con parámetro de aprendizaje constante. En esa situación, los incentivos a producir diferentes tipos de bien determinan el crecimiento de la economía, y no los incentivos a realizar investigación y desarrollo. Cuando una empresa inventa un nuevo producto no puede venderlo en el mercado porque su coste de producción es muy elevado; sin embargo, el aprendizaje en la producción hace que su coste vaya disminuyendo, por lo que gana cuota de mercado. Una vez que el aprendizaje llega a su fin, las reducciones de precios provocadas por los menores costes de los bienes más sofisticados hacen que este producto vaya siendo desplazado hasta quedar obsoleto.

A la pregunta de si debe subsidiarse la investigación en estos casos extremos debe responderse por partes. En la segunda posibilidad no tiene sentido, ya que los incentivos a la invención no juegan ningún papel pues siempre existen demasiados bienes "adelantados a su tiempo" a la espera de poder entrar en el mercado. Por el contrario, en el primer caso sí podría tener sentido apoyar la investigación, porque puede hacer rentable la innovación y sacar a la economía de esa trampa en la que no hay crecimiento.

⁶⁵ En el equilibrio estacionario esta diferencia será constante.

2.3. ESTUDIOS EMPÍRICOS SOBRE LA DIVERGENCIA ENTRE LAS TASAS DE RENTABILIDAD SOCIALES Y PRIVADAS DE LA INVERSIÓN EN ACTIVIDADES DE I+D.

En las dos secciones anteriores se ha revisado la literatura teórica buscando argumentos que justifiquen o rechacen la intervención pública en apoyo de las actividades de I+D de carácter empresarial. Como los resultados de estos trabajos no arrojan resultados concluyentes, la forma más inmediata de solucionar esta indeterminación teórica es llevar a cabo estudios aplicados que aporten evidencia sobre si la inversión en I+D es realmente insuficiente o si, por el contrario, es excesiva. Los trabajos empíricos realizados hasta el momento, sin embargo, están aún lejos de conseguir recoger los efectos puestos de manifiesto por la teoría. En concreto, no incorporan el impacto de la competencia en I+D, que es uno de los factores que explican la sobreinversión en investigación⁶⁶.

Volviendo a los trabajos teóricos ya revisados, un factor que desincentiva las actividades de investigación llevadas a cabo en la industria es la falta de apropiabilidad de los resultados de las actividades de I+D, que se traduce en que la tasa social de rentabilidad del gasto en I+D sea superior a la tasa privada y en que la inversión privada sea menor que la socialmente óptima. Siguiendo por esta línea, es interesante obtener evidencia, al menos aproximada, sobre si es importante la falta de apropiabilidad del nuevo conocimiento generado por las empresas cuando investigan, es decir, acerca de si las externalidades son relevantes. Cuanto mayores sean, es decir, cuanto más amplia sea la divergencia entre la tasa social y la privada, más probable es que el menor incentivo que supone compense el resto de distorsiones que afectan a la inversión en actividades tecnológicas.

Por eso, la respuesta que se va a dar en esta sección no corresponde a la pregunta de si los estudios empíricos justifican la intervención pública. Forzosamente, se refiere a

⁶⁶ Los estudios empíricos tienden a analizar las diferencias en el grado en que las empresas se involucran en actividades de I+D, como los que han sido revisados por Cohen y Levin (1989). En estos trabajos, se han considerado como factores determinantes de la variabilidad innovadora, tanto entre empresas de una misma industria como entre varias industrias, a la demanda del mercado, a la oportunidad tecnológica y a las condiciones de apropiabilidad.

Para los propósitos de este capítulo, no es necesario estudiar las causas por las que unas empresas son más intensivas en I+D que otras (aunque los artículos de Levin y Reiss (1984 y 1988) y de Cohen y Levinthal (1989 y 1990), que fueron analizados en el apartado 2.1.4., abordan esta cuestión); pero sí son relevantes los factores que, en opinión de Cohen y Levin han motivado que se haya progresado poco en la especificación y cuantificación de este tipo de modelos, porque de alguna manera son los que están limitando la capacidad de la literatura empírica para responder a la pregunta inicial.

Las razones que apuntan son, por una parte, que la preocupación principal ha recaído siempre en los efectos del tamaño de la empresa y la estructura de mercado. Además, no existe un criterio claro de cómo hacer operativos los conceptos de apropiabilidad y oportunidad tecnológica. Por último, pero sin duda muy importante, los datos necesarios para el análisis aplicado con frecuencia son inadecuados, cuando no imposibles de obtener.

otra pregunta más simple, como es si existe evidencia⁶⁷ que lleve a creer que las divergencias entre las tasas de beneficio sociales y privadas son suficientemente importantes para hacer pensar que las empresas subinvierten en I+D y sugerir que la intervención pública pueda ser adecuada, aun cuando no sea posible obtener una visión completa de sus efectos. Además, como ya se ha dicho, a pesar de la importancia que le otorgan los modelos teóricos, no existen estudios que sean capaces de incorporar el componente estratégico de las decisiones de I+D. El único trabajo, entre los que se revisan, que hace mención del impacto de la competencia en I+D es el de Jaffe (1986).

Quedan fuera de esta revisión aquellos estudios que no obtienen una medida de la divergencia entre la rentabilidad social y privada de la inversión en I+D, ya que el objetivo de esta sección no es saber si las actividades de I+D tienen una alta rentabilidad o no, sino recabar evidencia sobre la importancia de las externalidades de la investigación. Entre estos trabajos están los descritos en Pakes y Schankerman (1984) y Griliches (1988), así como los más recientes de Hall y Mairesse (1995) y Griliches y Regev (1995) y las referencias que aparecen en ellos. En España también se han llevado a cabo investigaciones de este tipo (Lafuente et al. (1985), Grandón y Rodríguez Romero (1991) y Rodríguez Romero (1993)), que son tratadas al final de esta sección por su relación con el trabajo de Fluvíá (1990), en el que sí se considera el efecto de las externalidades de I+D.

2.3.1. Estudios empíricos.

Mansfield (1972) realizó un resumen de los estudios que hasta ese momento habían estimado las tasas de rentabilidad de las inversiones en I+D en distintos sectores⁶⁸. Su conclusión fue que se disponía de poca evidencia para formular un juicio fiable sobre si existe o no subinversión en I+D. Sin embargo, indicó que prácticamente todos los estudios que habían abordado la cuestión llegaban al resultado de que podría existir subinversión en determinados tipos de I+D, y que las tasas marginales de rentabilidad de ciertos tipos de I+D parecían muy altas.

Más recientemente, Bresnahan (1986) y Trajtenberg (1989) estiman las tasas sociales de rentabilidad de la inversión en I+D para dos casos concretos, que tienen en común originar innovaciones de producto. Trajtenberg analiza la introducción de una innovación médica, el escáner T.A.C. (Tomografía Axial Computerizada), y Bresnahan la utilización de grandes ordenadores por parte de instituciones financieras. La metodología

⁶⁷ Griliches (1992) proporciona una exposición de la literatura que ha tratado de determinar la importancia de las externalidades de I+D que coincide en parte con la aquí analizada, aunque pone más énfasis en los trabajos relacionados con la agricultura.

⁶⁸ Entre ellos destaca el artículo de Griliches (1958) sobre la rentabilidad de la I+D en agricultura, los de Mansfield (1965) y Misarian (1969) sobre la industria química y petrolera, respectivamente, y el de Fellner (1970), que realiza cálculos para la economía en su conjunto.

que emplean no los hace comparables y, como no calculan las tasas de rentabilidad privada, no permiten determinar la importancia de la divergencia entre éstas y las sociales. No obstante, Bresnahan extrae la conclusión de que, en comparación con el gasto en ordenadores, las externalidades hacia las empresas que los adoptan y sus consumidores han sido importantes, si bien, como su análisis está realizado en un sector en el que los ordenadores son especialmente valiosos, no puede garantizar que este resultado sea generalizable al resto de la economía.

Por su parte, Trajtenberg aporta algunos comentarios relevantes para la aplicación de la política tecnológica. Los resultados que obtiene, acerca de que el perfil temporal del flujo de gastos en investigación y desarrollo tecnológico no está correlado con el de las ganancias de la empresa, implica que las tasas de rentabilidad social de la I+D no son informativas como guía para la intervención pública. Por ello, la cuestión no es tanto si el apoyo público a la I+D está justificado, sino más bien hasta cuando debe ser provisto a lo largo del ciclo de vida de una innovación. En su investigación sobre el escáner T.A.C. resultaba deseable promover la investigación inicialmente, pero dejaba de serlo después de 1976. El problema, según Trajtenberg, es que, si hubiera que esperar a tener evidencia sobre los rendimientos de la I+D para decidir qué campos apoyar, el resultado podría ser no hacer nada, es decir, una vez que se dispone de información sobre la necesidad de intervenir, el apoyo puede no ser ya necesario. Así, aprender más sobre la evolución en el tiempo de las innovaciones puede contribuir sustancialmente al diseño de la política pública en este área. En este sentido, es crucial comprender lo que sucede en las primeras etapas de desarrollo de los sectores de alta tecnología porque en ellas se lleva a cabo la parte fundamental de la actividad innovadora.

A diferencia de los trabajos de Bresnahan y Trajtenberg, Mansfield et al. (1977) sí estiman las tasas de rentabilidad social y privada del gasto en I+D. Estos autores también analizan innovaciones concretas, aunque aplican su metodología a diecisiete innovaciones industriales desarrolladas, entre finales de los años cincuenta y principios de los setenta, en empresas de distintos tamaños pertenecientes a varias industrias ubicadas en el noreste de Estados Unidos. La mayoría de estas innovaciones no constituyen grandes avances, sino mejoras rutinarias o de importancia media, que Mansfield et al. dividen en tres grupos: innovaciones de producto utilizadas por empresas, innovaciones de producto cuyo usuario son las familias e innovaciones de proceso. Consideran que el mismo tipo de modelo es aplicable a todas las innovaciones de su muestra correspondientes a una misma clase y, aunque la información recabada tiende a adaptarse a las peculiaridades de cada innovación, en la práctica, las diferencias metodológicas entre los tres tipos de innovaciones son pequeñas.

El cuadro 1, que resume los resultados de las estimaciones de las tasas internas de rentabilidad privada y social de las diecisiete innovaciones, pone de manifiesto varias

conclusiones. La primera de ellas es que la tasa social de rendimiento en todas estas innovaciones es muy alta, sobre todo teniendo en cuenta que es una estimación conservadora, ya que todos los supuestos adoptados se dirigen a calcular los beneficios sociales mínimos. También es notorio que las tasas privadas son mucho más bajas que las sociales. De hecho, en aproximadamente el 30% de los casos, ninguna empresa hubiera encontrado rentable invertir en la innovación -si hubiera conocido previamente la rentabilidad privada de la misma-, pero hubiera merecido la pena desde el punto de vista social. Según Mansfield et al., esta evidencia quedaría reforzada si se considerasen aquellas innovaciones que las empresas no desarrollaron por haberlas estimado como no rentables, pero que sí lo eran socialmente.

Cuadro 1: Tasas de rentabilidad de las innovaciones.

Industria que produce la innovación	Tipo de innovación	Tipo de usuario	Tasa de rendimiento (%)	
			Social	Privada
1. Primera Transformación de metales	Producto	Empresa	17	18
2. Maquina herramienta	Producto	Empresa	83	35
3. Sistemas de control	Producto	Empresa	29	7
4. Construcción	Producto	Empresa	96	9
5. Sembradoras	Producto	Empresa	54	16
6. Equipamiento industrial	Proceso	Empresa	92	47
7. Papel	Producto	Empresa	82	42
8. Hilo	Producto	Empresa	307	27
9. Control industrial	Producto	Empresa	27	37
10. Electrónica	Producto	Empresa	negativa	negativa
11. Química	Producto	Empresa	71	9
12. Química	Proceso	Empresa	32	25
13. Química	Proceso	Empresa	13	4
14. Química	Proceso	Empresa	56	31
15. Limpieza de hogares	Producto	Familia	209	214
16. Quitamanchas	Producto	Familia	116	4
17. Productos para lavavajillas	Producto	Familia	45	46
Mediana			56	25

Fuente: Mansfield et al. (1977).

Mansfield et al. pretendieron llegar más allá analizando los determinantes de esta divergencia, para lo que estiman por mínimos cuadrados un modelo de regresión en el que las diferencias entre las tasas de rendimiento social y privado dependen del valor de la innovación, de si fue o no patentada y de una estimación de los costes mínimos de imitar legalmente la innovación. A pesar del reducido tamaño muestral y de que la muestra no es aleatoria, encuentran evidencia estadística de que la disparidad tiende a crecer con la importancia de las innovaciones y con la facilidad de imitación, aunque el hecho de que la innovación esté patentada no parece influir en el grado de divergencia.

Como se ha comentado, las importantes divergencias entre tasas sociales y privadas de rentabilidad puestas de manifiesto por Mansfield et al. apuntan a que la intervención pública en apoyo de las actividades de I+D en las empresas es necesaria. No

obstante, la metodología habitual no ha sido la empleada por estos autores, sino que se han adoptado aproximaciones en la línea del trabajo de Spence (1984), estimando modelos que inciden en las reducciones de costes generadas por las innovaciones tecnológicas y en los que las externalidades proceden del propio proceso de investigación.

En síntesis, las diferencias fundamentales entre el trabajo de Mansfield et al. y el resto de los que se analizan son dos: por una parte, la unidad de análisis para Mansfield es una innovación concreta, mientras que en el resto no se consideran innovaciones ni proyectos de investigación individuales sino la evolución en el tiempo de los costes y las demandas de factores productivos -especialmente capital tecnológico- de las empresas. Por otra, el estudio de Mansfield et al. no plantea modelos formales sofisticados; pero introduce en sus estimaciones todas las peculiaridades de cada innovación, justo al revés que en los otros artículos, en los que se emplea una visión más agregada del problema.

Bernstein (1988) y Bernstein y Nadiri (1988 y 1989) ponen en práctica modelos, cuyas preocupaciones y objetivos esenciales son tanto estimar el efecto sobre los costes de I+D de las externalidades como analizar los sesgos que originan en la demanda de factores. Además, obtienen las tasas sociales y privadas de rentabilidad de las inversiones en capital de I+D. El procedimiento que emplean consiste en enfrentar a las empresas a programas más o menos complejos de minimización de sus costes de producción, que dependen no sólo de los factores productivos tradicionales sino también del *stock* de capital de I+D y de las externalidades que éste genera en el interior de una industria, entre distintas industrias⁶⁹ o ambas. A partir de estos planteamientos teóricos, llegan a formular modelos econométricos que pueden ser estimados con la información disponible.

A pesar de haber sido elaborados por los mismos autores y de su proximidad en el tiempo, los tres trabajos difieren bastante en sus planteamientos. El artículo de Bernstein (1988) explora tanto las externalidades que se producen en el seno de la industria en que opera una empresa como las que provienen del resto de industrias. Sin embargo, Bernstein y Nadiri (1988) estudia las externalidades interindustriales y Bernstein y Nadiri (1989) las intraindustriales. El modo en que estos modelos incorporan las externalidades es similar, pues se suponen relacionadas de forma directa con el capital de I+D⁷⁰ de las empresas generadoras de la externalidad. Para facilitar la estimación de los modelos, en Bernstein y Bernstein y Nadiri (1988) el capital generador de la externalidad se introduce retardado (lo

⁶⁹ Los modelos empíricos van de este modo más lejos que los teóricos que se centran en el estudio de las externalidades intraindustriales, con alguna excepción como Cohen y Levinthal (1989).

⁷⁰ Un problema común al que se enfrentan estos trabajos es la construcción del capital de I+D de las empresas. Se realiza en función de los gastos de I+D que cada empresa hace teniendo en cuenta que el capital de I+D se deprecia más rápidamente que el capital físico, como sostienen, por ejemplo, Pakes y Schankerman (1984).

que permite la exogeneidad de las externalidades); por el contrario, Bernstein y Nadiri (1989) suponen que las externalidades se dejan sentir inmediatamente.

En el cuadro 2 se detallan los datos empleados en cada trabajo, que son diferentes en cuanto a periodo, número de industrias e incluso nacionalidad. También se presentan sintéticamente algunas características del procedimiento de estimación empleado en cada uno de ellos, incidiendo sobre todo en sus similitudes y divergencias.

Cuadro 2: Síntesis de la información y metodología utilizada para las estimaciones.

Bernstein (1988)	Bernstein y Nadiri (1988)	Bernstein y Nadiri (1989)
Datos anuales de 170 empresas canadienses correspondientes a 7 industrias. El periodo es 1978-81.	Utiliza datos entre 1958 y 1981 de 5 industrias estadounidenses.	Realiza sus estimaciones en cuatro industrias. El periodo considerado es 1965-78 y el número total de empresas es 48.
Se emplea una función translogarítmica que incluye los factores trabajo, materiales, capital físico y capital de I+D, así como el efecto de las externalidades.		Derivan las ecuaciones a estimar, a través de un proceso de minimización del valor presente de los costes a lo largo de un horizonte infinito, en el que existen costes de ajuste
Ecuaciones simultáneas formado por la ecuación de costes translogarítmica (sin los términos de segundo grado) y las porciones de los mismos que se dedican a adquirir cada uno de los factores productivos. Como la suma de todas las cuotas de gasto es uno, se elimina una de las ecuaciones.		Sistema de tres ecuaciones simultáneas para cada industria que explican la demanda de factor variable y la inversión en capital físico y en I+D.
Estimación por el método de máxima verosimilitud empleando el <i>pool</i> de datos. Hace posible la inclusión de parámetros específicos para cada empresa, como hacen Bernstein (1988), y Bernstein y Nadiri (1989).		

Fuente: Bernstein (1988) y Bernstein y Nadiri (1988 y 1989). Elaboración propia.

A pesar de todo, los modelos de Bernstein (1988) y Bernstein y Nadiri (1988) son bastante similares. Una diferencia destacable es que el *stock* de capital de I+D entra en el proceso de minimización de costes de Bernstein, pero no en el de Bernstein y Nadiri, quienes consideran que es un factor cuasifijo en la medida que el desarrollo de los proyectos de investigación lleva tiempo. Además, mientras Bernstein supone sólo dos fuentes de externalidades para cada empresa (una intraindustrial y otra procedente del exterior de la industria), Bernstein y Nadiri (1988), que están preocupados por identificar la procedencia de las externalidades, emplean un procedimiento iterativo en el que las externalidades que pueden afectar a una industria pueden proceder de cualquiera de las demás industrias. Sus resultados finales corresponden a aquellas estimaciones que incorporan las fuentes interindustriales de reducciones de costes más plausibles, en vista de la satisfacción de las condiciones de regularidad de la función de costes y la significación estadística de los parámetros.

El planteamiento de Bernstein y Nadiri (1989) es mucho más complejo, ya que considera factores cuasifijos tanto al capital físico como al tecnológico y trata de explicar la inversión que en el tiempo realizan las empresas en ambos factores teniendo en cuenta la

existencia de costes de ajuste, además de las externalidades características de la inversión en I+D.

Griliches (1992) apunta como problemas de estos trabajos que requieren el uso de los precios de los factores y de la producción. Esto es así porque es difícil obtener buenos indicadores del precio de los factores, especialmente para el capital de I+D y para el capital físico. Más aún, como los precios y la producción necesarios deben ser los esperados más que los reales, la utilización de la producción ex-post produce la aparición no garantizada de economías de escala que puede sesgar los coeficientes del capital de I+D.

La exposición del método de estimación de estos tres modelos resultaría excesivamente extensa y, en cualquier caso, dadas las especificidades de cada uno de ellos, no sería fácil realizar comparaciones. Por eso, se ha considerado preferible incidir en sus resultados finales, esto es, en los efectos que las externalidades tienen en la evolución de los costes de producción y en las demandas de factores, especialmente en la inversión en I+D. También es relevante la comparación de las tasas sociales y privadas de rentabilidad del capital de I+D que llevan a cabo. Para evitar confusiones, se revisan de forma secuencial.

La incidencia que las externalidades tienen sobre los costes medios de producción ha sido medida por Bernstein (1988) en forma de elasticidades como se muestra en el cuadro 3, donde se observa que el signo de las elasticidades es negativo en todas las industrias consideradas y, además, que las externalidades interindustriales ejercen una mayor presión sobre los costes de producción que las intraindustriales. Bernstein también detecta diferencias ostensibles según la industria receptora en cuanto a la incidencia de las externalidades que atribuye a que la intensidad en I+D varía entre industrias. Así, en el cuadro 4 se muestran los ratios de capital de I+D respecto a los costes de todas las industrias consideradas, reflejándose la existencia de dos grupos de industrias diferenciados por su intensidad en I+D. Las industrias de alimentos y bebida, papel y fabricación del metal tienen ratios muy inferiores de capital de I+D respecto a los costes en comparación con las de productos eléctricos, químicos y maquinaria no eléctrica. Tomando en cuenta conjuntamente la información de los cuadros 3 y 4, se pone de manifiesto que los costes unitarios responden más a las externalidades intraindustriales en aquellas industrias en las que la relación capital de I+D respecto a los costes de producción es mayor, como son las de la aviación, la industria eléctrica y la química. Sin embargo, el efecto de las externalidades interindustriales es más acusado en aquellas industrias con intensidades en I+D relativamente menores. Así, un incremento en las externalidades de I+D (o de conocimiento) genera mayores beneficios en las empresas rivales en aquellas industrias con

propensiones relativamente mayores a gastar en capital de I+D y entre industrias en las que la propensión a gastar en I+D es relativamente menor⁷¹.

Cuadro 3: Elasticidades de los costes unitarios y de la demanda de capital de I+D respecto a las externalidades intraindustriales e interindustriales.

Industria	Costes unitarios		Demanda de capital de I+D	
	Externalidades		Externalidades	
	intraindustriales	interindustriales	intraindustriales	interindustriales
Alimentos y bebida	-0,058 (0,027)	-1,117 (0,469)	-0,672 (0,302)	-5,771 (1,609)
Papel	-0,052 (0,021)	-0,941 (0,338)	-0,338 (0,078)	-6,502 (1,925)
Fabricación del metal	-0,051 (0,026)	-0,973 (0,444)	-0,856 (0,384)	-5,096 (1,797)
Maquinaria no eléctrica	-0,049 (0,025)	-0,957 (0,277)	-1,288 (0,349)	-3,651 (1,278)
Aviación	-0,079 (0,035)	-0,814 (0,204)	0,539 (0,118)	-3,874 (1,902)
Productos eléctricos	-0,110 (0,068)	-0,546 (0,205)	0,541 (0,202)	-3,644 (1,546)
Productos químicos	-0,126 (0,133)	-0,524 (0,133)	0,368 (0,151)	-3,540 (1,496)

Fuente: Bernstein (1988). Son porcentajes medios basados en un incremento del uno por ciento en la externalidad. Entre paréntesis figura la desviación típica.

Cuadro 4: Intensidad en I+D de las industrias consideradas por Bernstein (1988)

Industria	Número de empresas	Capital de I+D/Costes (%)
Alimentos y bebida	21	4,280
Papel	24	3,027
Fabricación del metal	20	3,954
Maquinaria no eléctrica	24	10,783
Aviación	18	6,072
Productos eléctricos	21	53,690
Productos químicos	42	16,866

Fuente: Bernstein (1988).

Aparte de su efecto sobre los costes de producción, las externalidades pueden originar sesgos en la demanda de factores. Atendiendo a los resultados del cuadro 3, puede decirse que en todas las industrias se observa que las externalidades interindustriales actúan como un sustituto del capital de I+D propio. Es decir, las externalidades interindustriales crean un incentivo para que las empresas se aprovechen de los esfuerzos de otras industrias. Este efecto es bastante pronunciado en las industrias con propensiones a gastar en I+D

⁷¹ Bernstein encuentra que la respuesta a las externalidades intraindustriales es diferente según que el propietario de la empresa sea canadiense o extranjero. Así, excepto en la industria de alimentación, el efecto marginal de las externalidades intraindustriales sobre los costes medios es mayor cuando el propietario no es canadiense. Sin embargo, no existen discrepancias en la respuesta ante las externalidades interindustriales para ninguna de las siete industrias consideradas. Por ello, no sólo es necesario tener en cuenta el tipo de externalidad sino también la nacionalidad del propietario de la empresa.

relativamente menores como alimentación, papel y fabricación de metal. El efecto de las externalidades intraindustriales sobre la demanda de capital de I+D es menor en valor absoluto. Además, la respuesta varía entre empresas, puesto que las que operan en industrias con propensiones a gastar en I+D relativamente pequeñas tienden a sustituir la externalidad intraindustrial por su propio capital de I+D, mientras que, en las que presentan altas propensiones, las externalidades intraindustriales complementan su propio capital de I+D.

Las demandas de trabajo, materiales y capital físico⁷² también responden a las externalidades de la inversión en I+D. En todas las industrias, la demanda de trabajo se reduce como resultado de un incremento en las externalidades interindustriales, y lo mismo sucede con los materiales (exceptuando a la industria de la aviación). El capital físico resulta complementario a las externalidades interindustriales en aquellas industrias en las que la propensión a invertir en capital de I+D es relativamente alta; en el resto, el gasto en I+D en otras industrias sustituye capital físico. Las consecuencias de las externalidades intraindustriales no muestran un patrón tan claro y, además, su efecto sobre las demandas de factores son mucho menores que las externalidades interindustriales.

Como el capital de I+D se incorpora al proceso de minimización de costes de las empresas, su tasa privada de rentabilidad coincide con la del capital físico, esto es, 11,62%⁷³. La tasa social de beneficio del capital de I+D de una empresa iguala a la tasa privada más la reducción en los costes que proporcionan tanto a las empresas rivales de la misma industria como de otras industrias. Para todas las industrias consideradas, la disparidad entre la tasa social y la privada es sustancial; aunque, en las industrias con mayores propensiones al gasto en I+D, las tasas sociales de beneficio (netas de depreciación) son entre un 25% y un 115% mayores que las privadas, mientras que en el resto son superiores entre un 20% y un 72%.

⁷² Por brevedad, no se reproducen las elasticidades relativas a la demanda de capital físico, trabajo y materiales.

⁷³ Si el capital de I+D no se incorporase al proceso de minimización, entonces la rentabilidad del capital físico y del capital de I+D diferirían. Sin embargo, existe evidencia de que la tasa privada de rentabilidad del capital de I+D excede la del capital físico, por lo que las estimaciones de la rentabilidad social estarían, como mucho, sesgadas a la baja. Así, Mohnen, Nadiri y Prucha (1986) obtienen las siguientes tasas netas de rentabilidad del capital y de las inversiones en I+D para el total de empresas industriales en Estados Unidos, Japón y Alemania en el periodo comprendido entre 1965-66 y 1977-78 .

		EEUU	Japón	Alemania
	Capital	10	13	9
	I+D	11	15	13

Tal y como se muestra en el cuadro 5, el efecto de las externalidades⁷⁴ intraindustriales es mayor que el provocado por la inversión en I+D en empresas ajenas a la industria, ya que el primero contribuye al 38% de la tasa social mientras que el último lo hace al 10%⁷⁵. Además, las externalidades interindustriales marginales son bastantes similares en todas las industrias, lo que es indicativo de que la divergencia en las tasas sociales entre las distintas industrias proviene de la magnitud de las externalidades entre las empresas rivales dentro de una industria, siendo mayores en industrias con propensiones a la I+D relativamente mayores. En suma, el diferencial entre las tasas sociales y privadas de beneficio y la variabilidad entre industrias se debe a las externalidades intraindustriales que emanan de la inversión en investigación y, en consecuencia, es mayor en las industrias con mayores intensidades en I+D.

Cuadro 5: Tasas sociales de rentabilidad del capital de I+D.

Industria	Externalidad intraindustrial marginal	Externalidad interindustrial marginal	Tasa de beneficio social	Porcentaje de divergencia
Alimentos y bebida	6,45	1,94	20,01	72,2
Papel	7,16	1,65	20,43	75,8
Fabricación del metal	6,45	2,12	20,19	73,8
Maquinaria no eléctrica	5,53	2,20	19,35	66,5
Aviación	9,23	2,18	23,03	98,2
Productos eléctricos	11,91	2,24	25,77	121,8
Productos químicos	12,50	2,41	26,43	127,5

Fuente: Bernstein (1988).

Bernstein y Nadiri (1988) obtienen evidencia, que se resume en el cuadro 6, de que, en todas las industrias consideradas, el coste variable se reduce a causa de los efectos externos⁷⁶, pero no proporcionan información sobre la incidencia en los costes unitarios. En cuanto a los sesgos producidos por las externalidades, lo primero que debe señalarse es que no puede calcularse el efecto sobre el capital de I+D, porque su demanda no se determina mediante la minimización de costes de producción. En cualquier caso, excepto en la industria de productos eléctricos, existen sesgos en la demanda de factores a causa de las externalidades. El resultado que se obtiene es que el sesgo en las demandas de trabajo y de materiales fue siempre en la misma dirección, pero opuesta a la de capital físico. Así, en la industria química y en la de material de transporte, las externalidades son complementarias

⁷⁴ Las externalidades son marginales porque se consideran las reducciones de costes que provoca un incremento marginal del capital de I+D de una empresa.

⁷⁵ La consideración conjunta de los resultados de Bernstein puede parecer confusa ya que las elasticidades intraindustriales son mucho más débiles que las interindustriales, pero la divergencia que provocan entre las tasas sociales y privadas de rentabilidad es mucho mayor en el primer caso. La razón estriba en que en un caso se mide en términos porcentuales y en el otro en términos absolutos.

⁷⁶ Bernstein y Nadiri ofrecen resultados de su análisis para los años 1961, 1971 y 1981; sin embargo, dada su similitud los comentarios se refieren sólo al último año.

al capital físico y sustituyen trabajo y materiales, mientras en las industrias de maquinaria no eléctrica e instrumentos científicos sucede justamente lo contrario.

En este caso, la rentabilidad del capital de I+D no tiene que coincidir con la del capital físico, ya que el capital de I+D es considerado un factor cuasifijo. Como era de esperar, la tasa social difiere de la privada a causa de las externalidades, que en este caso se miden por la suma de las reducciones marginales de los costes reales en las otras industrias. Los porcentajes de divergencia entre las tasas de rentabilidad social y privada son muy importantes, como se manifiesta en la última columna del cuadro 6. Destacan sobre todo las brechas existentes en las industrias de instrumentos científicos y productos químicos, pero en general todas son llamativas.

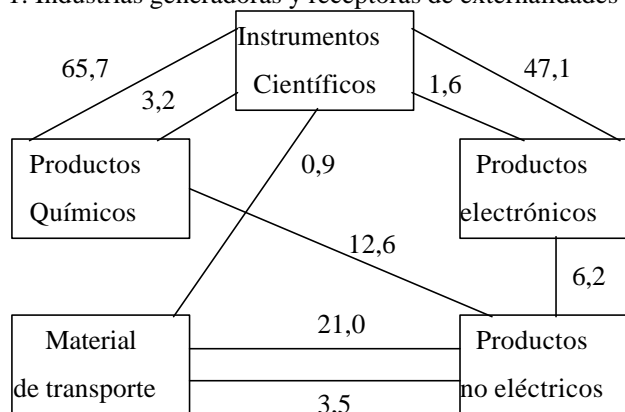
Cuadro 6: Tasas de rentabilidad del capital de I+D

Industria	Efecto de las externalidades sobre la reducción de costes variables	Tasa de rentabilidad del capital físico	Tasa de rentabilidad del capital de I+D (%)		Porcentaje de divergencia
			Privada	Social	
Productos Químicos	-0,089	13,5	13,3	29,1	118
Equipo no electrónico	-0,058	13,6	24,0	45,0	87,5
Productos electrónicos	-0,119	13,9	22,4	30,2	34,8
Material de transporte	-0,092	11,7	11,9	16,3	37
Instrumentos científicos	-0,078	11,8	16,1	128,9	700

Fuente: Bernstein y Nadiri (1988).

El análisis de Bernstein y Nadiri también desvela la procedencia y destino de las externalidades interindustriales, tal y como se ilustra en el gráfico 1. Así, la industria de instrumentos científicos origina externalidades importantes en las de productos químicos y electrónicos, que se traducen en el 65,7% y 47,1%, respectivamente, de divergencia entre la rentabilidad social y privada de sus inversiones en I+D. La investigación desarrollada en la industria de productos no electrónicos sólo produce reducciones de costes en la de material de transporte, pero, desde el punto de vista social, suponen un 22% de rentabilidad adicional a los gastos que realiza en I+D. El gráfico 1 refleja una conclusión importante del trabajo de Bernstein y Nadiri: las externalidades que recibe una industria emanan de un número limitado de industrias y, además, no existe ninguna industria cuyo gasto en I+D genere externalidades en todas las demás.

Gráfico 1: Industrias generadoras y receptoras de externalidades



Fuente: Bernstein y Nadiri (1988). Elaboración propia.

Aunque el análisis de Bernstein y Nadiri (1989) es mucho más amplio que los anteriores, sus resultados son parecidos. La diferencia más notable estriba en la necesidad de evaluar la situación tanto a corto plazo, cuando el capital físico y el tecnológico difieren de los deseados y se está produciendo inversión neta en ellos, como a largo plazo, cuando los factores cuasifijos, esto es, capital físico y tecnológico son elegidos óptimamente. En el corto plazo (cuadro 7), tanto los costes variables como los medios se redujeron en respuesta a las externalidades intraindustriales y, aunque los efectos son muy inelásticos, superan en mucho las estimadas para el capital físico y de I+D. Los resultados son cualitativamente iguales en el largo plazo (cuadro 8); ahora bien, como era de esperar, las demandas de los factores cuasifijos son más elásticas en el largo plazo, aunque siguen siendo altamente inelásticas. También los efectos sobre los costes variables y medios son más elásticos que en el largo plazo; de hecho, fueron prácticamente el doble que en el corto plazo.

Cuadro 7: Valor medio en el corto plazo de las elasticidades de I+D sobre el capital de I+D, el capital físico, el coste variable y el coste medio.

Industria	Capital de I+D	Capital físico	Coste variable	Coste medio
Química	-0,0290	-0,0331	-0,1800	-0,1269
Petróleo	-0,865	-0,0347	-0,1825	-0,1144
Maquinaria	-0,0550	-0,0383	-0,1134	-0,0768
Instrumentos	-0,0321	-0,0151	-0,0929	-0,0489

Fuente: Bernstein y Nadiri (1989).

Cuadro 8: Valor medio en el largo plazo de las elasticidades de I+D sobre el capital de I+D, el capital físico, el coste variable y el coste medio.

Industria	Capital de I+D	Capital físico	Coste variable	Coste medio
Química	-0,0764	-0,1010	-0,2787	-0,1867
Petróleo	-0,1649	-0,1410	-0,2678	-0,2167
Maquinaria	-0,1125	-0,0504	-0,1508	-0,1179
Instrumentos	-0,0732	-0,0299	-0,1416	-0,0967

Fuente: Bernstein y Nadiri (1989).

El cuadro 9 muestra la tasa de rentabilidad social neta del capital de I+D y el porcentaje de divergencia respecto a la tasa de rentabilidad privada⁷⁷. La conclusión es que la tasa social excede notoriamente de la privada en todas las industrias, destacando que la relación que determina la divergencia entre las tasas privadas y sociales depende de la magnitud del efecto de las externalidades sobre los costes (a_0), el número de empresas en cada industria, y el grado en que el capital de I+D propio afecta al coste variable de producción (a_2). Como se observa en el cuadro 8, las industrias de petróleo e instrumentos se caracterizan porque las externalidades de I+D tienen importantes efectos reductores de costes, lo que hace importante la brecha entre los beneficios sociales y privados de la investigación; pero, como el propio capital de I+D es bastante efectivo para disminuir los costes de producción, se tiende a compensar el efecto anterior. El resultado conjunto es, no obstante, que en estas industrias la divergencia entre rentabilidades de la empresa y de la industria en su conjunto es bastante mayor que en las industrias química y de maquinaria.

Cuadro 9: Rentabilidad social de la inversión en investigación.

Industria	Número de empresas	a_0	a_2	Tasa de rentabilidad social neta (%)	Porcentaje de divergencia
Química	18	-0,0057	-1,0325	11,99	67
Petróleo	5	-0,0556	-1,5133	16,04	123
Maquinaria	11	-0,0038	-0,7344	9,36	30
Instrumentos	14	-0,0113	-1,2855	13,64	90

Fuente: Bernstein y Nadiri (1989).

Goto y Suzuki (1989) realizan un trabajo en una línea parecida a los de Bernstein y Nadiri. Su primer objetivo es relacionar el crecimiento de la productividad con los recursos que las empresas dedican a I+D. Para ello, utilizan una función de producción del tipo Cobb-Douglas en la que el capital de I+D se incorpora como un factor productivo junto al trabajo y al capital. Obtienen una ecuación en la que la evolución de la tasa de variación de la productividad total de los factores se explica por las variaciones de la tasa de cambio tecnológico externo y de la inversión anual en capital de I+D respecto al valor añadido de la empresa. El parámetro que acompaña a esta última variable es el producto marginal del capital de I+D o, en otras palabras, la tasa de rentabilidad de la inversión en I+D.

Goto y Suzuki estimaron esta ecuación de tres formas distintas empleando dos conjuntos de datos diferentes. La primera muestra que utilizaron constaba de información sobre cuarenta grandes empresas japonesas pertenecientes a siete industrias en el periodo 1976-84. Estimaron la ecuación para cada una de las siete industrias⁷⁸, obteniendo las tasas

⁷⁷ Como consecuencia de que la inversión en capital de I+D se incorpora al proceso de minimización intertemporal de los costes, la tasa de rentabilidad privada de las inversiones en I+D coincide con la tasa de rentabilidad del capital físico, que es el 7,2% en todas las industrias.

⁷⁸ La dimensión temporal de cada uno de los *pool* de datos y la estructura de retardos en las variables es distinta en cada industria porque se tiene en cuenta la existencia de retrasos entre el momento en que se

de rentabilidad⁷⁹ que aparecen en la primera columna del cuadro 10. También estimaron la misma ecuación sustituyendo la tasa de variación anual del capital de I+D de la empresa por el gasto anual en I+D, llegando a los resultados que aparecen en la siguiente columna del cuadro 10.

Su segundo conjunto de datos abarca un número mayor de empresas e industrias, aunque tiene la limitación de que las observaciones corresponden a grupos de tres empresas para proteger los datos de las empresas. En este caso, se vieron obligados a emplear los gastos en I+D en lugar del capital tecnológico de las empresas. Los resultados corresponden al caso tres en el cuadro.

Cuadro 10: Tasas de rentabilidad del capital de I+D estimadas.

Industria	Número de empresas	Tasa de rentabilidad (caso 1)	Tasa de rentabilidad (caso 2)	Número de observaciones	Tasa de rentabilidad (caso 3)
Química inorgánica industrial	5	0,32 (1,30)	0,45 (2,10)	71	0,40 (2,49)
Química orgánica industrial	5	0,56 (3,67)	0,81 (3,87)	56	0,57 (3,76)
Farmacia y medicina	13	0,42 (3,56)	0,23 (1,72)	49	0,25 (2,01)
Vidrio	4	0,25 (0,72)	0,19 (0,40)	29	0,19 (0,58)
Maquinaria eléctrica industrial	5	0,22 (2,34)	0,53 (2,90)	99	0,23 (2,25)
Elementos para instrumentos electrónicos y equipos de comunicaciones	5	0,22 (1,62)	0,22 (1,07)	35	0,19 (1,46)
Vehículos de motor	3	0,33 (2,39)	0,32 (1,96)	47	0,25 (1,39)

Fuente: Goto y Suzuki (1989). Entre paréntesis el valor de los estadísticos t.

El resumen de las estimaciones según las tres alternativas es el siguiente. En el caso 1, las tasas de rentabilidad significativamente distintas de cero van desde el 22% al 56%, mientras que en el caso 2 se sitúan entre el 23% y el 81%. Con la segunda muestra quedan entre el 19% y el 57%. Así, las tasas de rentabilidad de la inversión en I+D en las empresas industriales japonesas se sitúa en torno al 40%.

Aunque con métodos diferentes, Goto y Suzuki también pretenden estimar el efecto que las actividades de I+D en las industrias suministradoras de bienes intermedios y de equipo tienen en la industria que los adquiere. La idea subyacente es que la competencia entre productores hace que los usuarios de bienes intermedios y de equipo que incorporan

produce la inversión en I+D y aquel en que esta afecta a la productividad a causa de que pasa tiempo entre que la tecnología es incorporada en productos y vendida.

⁷⁹ La tasa de rentabilidad que se obtiene es el exceso de rentabilidad de capital de I+D y de personal dedicado a I+D respecto a la obtenida por otros tipos de capital y trabajadores. La razón es que no se dispone de información desagregada sobre otros tipos de trabajo y capital. Ver Schankerman (1981).

tecnología no paguen un precio que refleje las mejoras en su calidad que provienen del esfuerzo tecnológico realizado. De esta manera, los efectos de la I+D se incorporan en los bienes intermedios y de equipo, afectando al crecimiento de la productividad del comprador. En cualquier caso, de acuerdo con Griliches (1992) esto no es producto de las externalidades de conocimiento sino tan solo de problemas de medida de los factores productivos y sus precios. Si los índices de precios de los bienes de capital reflejaran las mejoras en su calidad desaparecería la necesidad de considerar este efecto.

Goto y Suzuki estiman la matriz de flujos tecnológicos mediante las transacciones reflejadas en la tabla *input-output*, y aproximan la parte del gasto en I+D realizado por una industria que se dirige hacia cada una de las otras industrias incorporado en bienes de equipo o bienes de capital. Sus resultados se obtienen relacionando el crecimiento de la productividad entre 1978 y 1993 para 50 industrias con el gasto en I+D de la industria⁸⁰ (E_1) y el incorporado (E_2), en ambos casos en relación al producto total (Q) (los tres datos se refieren a 1980). Los resultados indican que el coeficiente de la variable capital incorporado respecto al producto total es muy superior que el del capital tecnológico propio, lo que sugiere a los autores que la tasa social de rentabilidad de las inversiones en I+D es muy superior a la privada.

Otro de los objetivos de Goto y Suzuki es identificar por separado el efecto del capital tecnológico incorporado en los productos vendidos por la industria electrónica (E_e). Su intención es evaluar si el progreso en electrónica contribuye no sólo al crecimiento de la productividad de industrias relacionadas sino a todas aquellas que emplean la tecnología electrónica para controlar el proceso de producción⁸¹. De hecho, la intensa competencia ha motivado que el progreso tecnológico en electrónica haya provocado que los precios se hayan incrementado poco respecto a la mejora en la calidad de los productos, por lo que parece que los usuarios han captado porciones importantes de las mejoras producidas. En contra de lo esperado, la nueva variable (E_e) no resulta significativa, esto es, no se sostienen las conclusiones que eran válidas para el conjunto de la industria.

En respuesta a este resultado inesperado, Goto y Suzuki replantean su modelo para considerar la posibilidad de que el principal impacto sobre otras industrias se produzca a través de la difusión o desbordamiento del conocimiento. Para ello emplean el concepto de distancia tecnológica sugerido por Griliches (1979) y puesto en práctica por Jaffe (1986 y 1988), que consiste en que una industria puede usar la tecnología desarrollada por otra cuya posición es similar, es decir, cuya distancia tecnológica es reducida. Para ello, introducen

⁸⁰ No se utilizan *stocks* de capital de I+D por el elevado grado de dificultad que supone estimar la tasa de obsolescencia del capital de I+D incorporado.

⁸¹ Para obtener las estimaciones eliminaron las observaciones correspondientes a empresas relacionadas con la electrónica. De este modo, analizaron el impacto de las industrias de la electrónica sobre el resto.

una variable (E_e') que conjuga el gasto en I+D de una industria relacionada con la electrónica con la distancia tecnológica de cada industria respecto a la electrónica⁸². Sus resultados sugieren que el efecto de la variable E_e' en relación al valor añadido es positivo y significativo, lo que indica que el impacto de la tecnología electrónica sobre el crecimiento de la productividad de otras industrias se transmite principalmente a través de la difusión del conocimiento tecnológico, más que por la transacción de bienes que incorporen la tecnología electrónica. Además, Goto y Suzuki apuntan que esta conclusión podría sostenerse para otras industrias de alta tecnología, en las que los progresos son muy rápidos.

En resumen, la evidencia de Goto y Suzuki refuerza la obtenida por Bernstein (1988) y Bernstein y Nadiri (1988 y 1989) de que las tasas de rentabilidad social difieren de forma importante de las privadas debido a la existencia de efectos externos. Además de esto, su análisis del sector electrónico sugiere que en el caso de los sectores de alta tecnología, en los que las inversiones en I+D son vitales, los máximos responsables de la falta de apropiabilidad de las inversiones en I+D son los rebosamientos de conocimiento entre empresas. En definitiva, el trabajo de Goto y Suzuki justifica que tanto en el plano teórico como en el aplicado, se esté trabajando en el análisis de las externalidades que surgen de las actividades de I+D de las empresas.

Menos reconfortante resulta el trabajo de Jaffe (1986), el único que incorpora los aspectos competitivos de las actividades de I+D en las empresas junto a las externalidades. Aunque este autor obtiene estimaciones cuantitativas de los efectos que la oportunidad tecnológica y las externalidades tienen sobre la productividad de la investigación privada, parece relevante insistir en su forma de abordar el estudio de los efectos de las externalidades.

Para Jaffe, resulta extremadamente difícil medir directamente las externalidades. De hecho, señala que, si bien desde un punto de vista puramente tecnológico las filtraciones del conocimiento constituyen sin ambigüedad una externalidad positiva, desafortunadamente sólo son observables diversas manifestaciones del éxito en I+D de la empresa.

Por esta causa, la externalidad tecnológica positiva se confunde con el efecto negativo que la competencia en I+D de las otras empresas tiene sobre los resultados de la propia empresa. Aunque con los datos existentes no es posible distinguir entre ambos efectos, Jaffe trata de encontrar evidencia a través de tres indicadores de éxito innovador. Su idea básica es que existe una relación estable entre la inversión realizada por una empresa en I+D y la producción de nuevo conocimiento económicamente útil. Como a pesar de que el nuevo conocimiento no es observable sí lo son varias de sus consecuencias,

⁸² La nueva variable se construye para 1976 porque se considera que el efecto de las externalidades requiere más tiempo para afectar a la productividad.

plantea el efecto que tienen las actividades de I+D de una empresa sobre las patentes de una empresa, sus beneficios y su valor de mercado. Para ello, estima tres ecuaciones, cada una de las cuales relaciona una de estas variables con las externalidades, la oportunidad tecnológica y otras variables relativas a la industria⁸³.

Las variables más relevantes para la presente investigación son las que hacen referencia a la I+D desarrollada por la empresa y al *pool* de conocimientos que pueden ser provechosos para ella. Jaffe supone que las externalidades que puede aprovechar una empresa son proporcionales al gasto en I+D que hacen otras empresas en las proximidades del espacio tecnológico; por eso, la construcción del *pool* de conocimientos requiere un procedimiento que estime el potencial de externalidades relevante para una empresa a través de la suma ponderada del gasto en I+D del resto de empresas. Estas ponderaciones se determinan en base a la proximidad entre las empresas en su comportamiento con respecto a las patentes⁸⁴.

La estimación de la ecuación de patentes⁸⁵ muestra rendimientos prácticamente constantes a escala respecto al capital de I+D de la propia empresa, y la elasticidad de las patentes respecto al gasto en I+D de las rivales está cercana a 1,1 para la empresa media⁸⁶. Así, si todas las empresas incrementasen un 10% su capital de I+D, las patentes se incrementarían en un 20% y más de la mitad de este efecto se debería a las externalidades. Atendiendo a los efectos de las externalidades, el impacto directo del *pool* de conocimientos es que reduce los beneficios y el valor de mercado de la empresa. No obstante, la interacción entre la I+D propia y ajena implica que los rendimientos de la I+D propia se ven acrecentados por las externalidades. De hecho, para la empresa media, la elasticidad de sus beneficios respecto al *pool* de conocimientos es 0,1. Así, si todas las empresas incrementasen en un 10% su gasto en I+D, sus beneficios podrían aumentar en un

⁸³ Las conclusiones finales de Jaffe se obtienen mediante la estimación por variables instrumentales de un conjunto de datos relativo a 432 empresas. Utiliza dos cortes transversales que corresponden a la media de los datos de tres años centrados en 1973 y 1979. Jaffe aplica logaritmos, de forma que sus parámetros puedan ser interpretados en forma de elasticidades.

⁸⁴ Jaffe agrupa las empresas en función de su proximidad medida a través de la distribución de las patentes que cada empresa ha obtenido en 49 categorías que previamente define. De esta forma, obtiene 21 grupos que se introducen en las ecuaciones a estimar en forma de variables ficticias.

Jaffe desarrolla esta metodología, que permite caracterizar la posición tecnológica del programa de investigación de las empresas, no sólo para construir variables relativas a las externalidades, sino también a la oportunidad tecnológica, mejorando los trabajos que utilizan variables ficticias sectoriales para recoger el efecto de la oportunidad tecnológica.

⁸⁵ Debe señalarse que, mientras que en la ecuación de patentes se usa el gasto en I+D como indicador de actividad de I+D, en las otras dos se emplea el *stock* de conocimiento acumulado, que fue construido utilizando información pasada de los gastos de I+D de la empresa y una tasa de depreciación del 15%.

⁸⁶ Como el modelo está planteado en logaritmos para poder interpretar los coeficientes como elasticidades, la empresa media es la que tiene un logaritmo del capital de I+D coincidente con la media de esta variable en la muestra.

3%. Por su parte, las empresas que gastan poco en I+D pueden llegar a ver reducido su beneficio. El efecto sobre el valor de la empresa, medido por la "q de Tobin"⁸⁷, es similar, aunque la variable diferenciadora de las empresas es ahora el ratio entre el gasto en I+D y el capital de la empresa. Así, una empresa con logaritmo del gasto en I+D y logaritmo del capital iguales a la media muestral aumentaría su valor si creciesen las externalidades, pero el efecto será negativo si su ratio gasto en I+D/capital fuera suficientemente pequeño.

El efecto negativo del *pool* en las ecuaciones de beneficios y valor de mercado de la empresa es identificado por Jaffe como el efecto competitivo puesto de manifiesto en los modelos teóricos. Aunque este efecto directo no es significativamente distinto de cero a los niveles de significación convencionales, se rechaza al nivel del uno por ciento la hipótesis de que el coeficiente de esta variable sea cero en ambas ecuaciones. Este resultado lleva a Jaffe a sostener que tanto las externalidades tecnológicas como los efectos competitivos son relevantes cuando se analizan los rendimientos económicos de la investigación de la empresa. Comparando las empresas en cuyo entorno se realiza mucha I+D con aquellas otras en las que se hace poco, las primeras están caracterizadas por menores beneficios y valor de mercado, pero mayores rendimientos por hacer I+D. Para las empresas con presupuestos en I+D próximos a la media, el efecto neto de la I+D realizada por otros es positivo.

En las conclusiones de su artículo, Jaffe indica que, para comprender las implicaciones para la estructura industrial y la intervención pública, se requeriría más trabajo detallado sobre las diferencias en la magnitud de las externalidades entre diferentes áreas y también en el examen de las externalidades en un contexto en el que se incluye el componente estratégico de la I+D. La primera de estas tareas ha sido abordada en los trabajos empíricos que se han revisado en esta sección; sin embargo, la investigación sobre las implicaciones que el comportamiento estratégico tiene en presencia de externalidades es aún una tarea pendiente.

La síntesis que puede hacerse de todos los trabajos revisados es coincidente con la hecha por Griliches (1992), según la cual existe un número de trabajos que apuntan en la dirección de que las externalidades de I+D están presentes, su magnitud puede ser bastante grande y, en consecuencia, la tasa de rentabilidad social puede quedar significativamente por encima de la privada. En cualquier caso, todos los estudios revisados hasta este momento en esta sección tienen la característica de utilizar información microeconómica para estimar las tasas de rentabilidad social y privada de la inversión en actividades de I+D. Sin embargo, si la magnitud de las externalidades es del calibre puesto de manifiesto, Griliches (1992) hace un ejercicio según el cual las tres cuartas partes del crecimiento en la

⁸⁷ La "q de Tobin" mide el valor en el margen de una unidad de capital adicional de la empresa. Se aproxima mediante el valor del capital de la empresa por cada acción.

productividad total de los factores puede deberse a las actividades de I+D, procediendo la mayor parte de este efecto de las externalidades. Por eso, antes de pasar a la literatura española, vale la pena hacer referencia a un trabajo de Coe y Helpman (1995) que parte del marco teórico que proporcionan los modelos de crecimiento endógeno de la sección 2.2. y utiliza información agregada para buscar evidencia sobre la existencia de externalidades de conocimiento.

Coe y Helpman plantean que la productividad total de los factores⁸⁸ aumenta como consecuencia de la innovación tecnológica tanto si ésta se traduce en una mayor diversidad de *inputs* intermedios como si produce mejoras de calidad de los *inputs* intermedios. Además, el aumento de la productividad total de los factores no sólo proviene del esfuerzo en I+D realizado en el propio país, sino también de la I+D realizada en el resto de países, cuyos beneficios se transmiten a través de la importación de bienes y servicios⁸⁹. De esta forma, para Coe y Helpman, la fuente de divergencia entre las tasas privadas y las sociales es la existencia de externalidades de conocimiento que se producen a nivel internacional y que se transmiten mediante el comercio internacional.

En el modelo de Coe y Helpman, algunos *inputs* intermedios son comercializados internacionalmente, pero no todos. Por eso, los *stocks* de capital de I+D nacional y extranjero no son sustitutos perfectos y la productividad total de los factores se explica por las variaciones en ambos *stocks* de capital de I+D.

Utilizando datos de 21 países de la OCDE más Israel para el periodo 1971-1990, Coe y Helpman estiman las tasas de rentabilidad privada y social de la I+D⁹⁰. Obtienen que la tasa de rentabilidad media de la inversión en I+D fue del 123 por ciento para los países de Grupo de los siete⁹¹ (G7) y el 85% en los restantes quince países considerados⁹².

⁸⁸ Definen la productividad total de los factores como el cociente entre la producción total y la que se obtendría con una tecnología Cobb-Douglas con rendimientos constantes a escala partiendo de los factores capital y trabajo.

⁸⁹ A nivel teórico, la importancia de los movimientos de mercancías en la propagación de los beneficios se ha tratado en Grossman y Helpman (1991c).

⁹⁰ En sus estimaciones juntan las series temporales de los 21 países y obtienen un panel al que se le aplican las técnicas de cointegración. Aunque los resultados de los *test* de cointegración no fueron concluyentes, Coe y Helpman consideran válido su modelo en base a la consistencia y plausibilidad de los resultados que ofrece.

⁹¹ Alemania, Canadá, EEUU, Francia, Italia, Reino Unido y Japón.

⁹² Aunque el *stock* de capital de I+D extranjero está definido como la media ponderada por las importaciones de los *stocks* de capital de I+D de los países con los que comercia. Coe y Helpman incorporan el volumen de comercio (fracción de las importaciones respecto al Producto Interior Bruto) como un determinante de la magnitud de las externalidades de conocimiento internacionales. Por eso, la elasticidad de la productividad total de los factores respecto al *stock* de capital de I+D extranjero varía entre los países de acuerdo a la magnitud de sus importaciones y, en consecuencia, también las tasas de rentabilidad de la inversión en I+D.

Para los países del G7, la tasa media de rentabilidad mundial (o social) de su inversión en I+D fue del 155%. La diferencia entre la tasa mundial y la propia está alrededor del 30 por ciento, lo que implica una gran externalidad internacional de I+D. En otras palabras, un cuarto de los beneficios totales de la inversión en I+D de un país del G7 se traslada a sus socios comerciales. En consecuencia, a nivel agregado se ponen de manifiesto fuertes externalidades, tal y como sucede en los estudios de corte microeconómico.

Una vez revisada la literatura que se ha publicado en el resto del mundo, es el momento de considerar el trabajo de Fluvía (1990)⁹³, que es el único que ha estimado la magnitud de las externalidades de I+D en la economía española. Sin embargo, antes de comentar sus resultados merece la pena prestar atención al trabajo de Lafuente et al. (1985a), que es el primero que indaga empleando datos españoles en la relación entre acumulación de capital tecnológico y crecimiento de la productividad. Estos autores, siguiendo a Griliches (1980) y Griliches y Lichtenberg (1982), parten de una función de producción agregada de la economía en la que el capital tecnológico se incluye como factor productivo y obtienen una relación técnica que liga la variación de la productividad global de los factores con el crecimiento en el stock de capital tecnológico. El coeficiente que relaciona ambas variables se interpreta como la tasa social de rentabilidad excedentaria de las inversiones en capital tecnológico⁹⁴.

Para estimar esta tasa de rentabilidad utilizan la serie de productividad global propuesta por Myro (1982) y una serie de capital tecnológico calculada al efecto por Lafuente et al. La estimación se realiza por mínimos cuadrados generalizados bajo varias hipótesis de tasa de depreciación del capital tecnológico, considerando el efecto que puede tener el cambio tecnológico incorporado en los bienes de capital. El resultado que obtienen es que el valor estimado de la productividad marginal del capital tecnológico es elevada, por término medio se sitúa entre el 650 y el 850 por ciento entre 1965 y 1980. Esta tasa de rentabilidad es, desde el punto de vista teórico, el cociente entre la elasticidad de la productividad total respecto al capital tecnológico y el ratio entre PIB y capital tecnológico. Su elevadísimo valor se justifica porque, aunque la elasticidad de la productividad total respecto al capital tecnológico es razonable (entre 0,1 y 0,16), el PIB es entre 40 y 80 veces mayor que el *stock* de capital.

Mientras que Lafuente et al. siguen una aproximación macroeconómica, Fluvía conjuga datos microeconómicos de corte transversal y de serie temporal. Utiliza un panel de

⁹³ Es una síntesis de Fluvía (1989).

⁹⁴ Es una tasa de rentabilidad excedentaria, al igual que las ya comentadas de Goto y Suzuki (1989), por el problema de doble contabilización de los *inputs* tecnológicos. El calificativo de social se debe a que la estimación se realiza a partir del *output* total y no de estimaciones de beneficios.

datos incompleto procedente de la encuesta de Grandes Empresas Industriales Españolas del Ministerio de Industria y Energía en el periodo 1973-1981, en el que el número de empresas oscila entre las 500 de 1973 y las 1344 de 1981.

Fluviá incorpora el efecto de las externalidades de I+D, que originan que los beneficios de la inversión en I+D que realiza una empresa son captados por otras empresas de la industria (no se consideran las externalidades que van a parar a los consumidores o a sectores que adquieren los bienes finales que incorporan el progreso tecnológico). Estas externalidades se incorporan en la función de producción de cada empresa incluyendo una variable que recoge la suma de los capitales tecnológicos de las empresas tecnológicamente más cercanas.

Sus estimaciones de la elasticidad del capital tecnológico están en el intervalo 0,12-0,18 y se traducen en que las tasas de rentabilidad privada del capital tecnológico oscilan entre el 70 y el 200%, muy por encima de las calculadas para otros países, aunque inferiores a las obtenidas por Lafuente et al.

Los resultados de Fluviá indican un importante efecto del *pool* de capital tecnológico sobre la productividad. Después de controlar por los factores no observables y las diferencias entre sectores, la productividad media de las empresas en sectores con mayor capital tecnológico es superior que la de aquellas en industrias con menor capital tecnológico. Si se acepta que estas diferencias se deben a las externalidades de I+D, los cálculos sobre la tasa de rendimiento social (entendiendo social como intraindustrial) son sensiblemente mayores, entre 200 y 400%, acercándose a las de Lafuente et al.. De esta forma, las empresas internalizan en torno a la mitad de los beneficios de la inversión en I+D.

Posteriormente, Grandón y Rodríguez Romero (1991) y Rodríguez Romero (1993) han abordado el problema empleando técnicas de datos de panel⁹⁵ (en ambos casos se trata de un panel completo) sobre la misma encuesta del Ministerio de Industria y Energía que Fluviá. El interés de estos autores va encaminado a obtener estimaciones más ajustadas de la tasa de rentabilidad de la inversión en capital tecnológico y no a medir la divergencia entre tasas sociales y privadas, por eso no tienen en cuenta el efecto de las externalidades. Para abreviar la exposición, en el cuadro 11 se presentan de forma sintética los resultados obtenidos en estos trabajos junto a los de Lafuente et al. y Fluviá.

⁹⁵ El trabajo de Rodríguez Romero considera que tanto la actividad económica como la tecnológica son variables endógenas de un sistema de ecuaciones simultáneo.

Cuadro 11: Tasa de rentabilidad del capital tecnológico en la economía española.

	Datos	Estimación	Periodo	Elasticidad	Productividad marginal del capital tecnológico
Lafuente et al. (1985a)	Temporales	Mínimos Cuadrados Generalizados	1964-1980	0,11-0,16 ^a	650-850%
Fluviá (1990)	Empresas	Panel incompleto	1973-1981	0,12-0,18 ^b	70-200% ^e
Grandón y Rodríguez Romero (1991)	Empresas	Panel Estimador intragrupos	1973-1981	0,04-0,044 ^c	18-25% ^f
Rodríguez Romero (1993)	Empresas	Panel Método Generalizado de los Momentos	1974-1981	0,047 ^d	19-26% ^f

Fuente: Rodríguez Romero (1993), con modificaciones propias.

^a Dependiendo de varias hipótesis sobre la depreciación del capital tecnológico y perfil de evolución (p. 64).

^b Depreciación del capital tecnológico 0,25. Variables ficticias sectoriales.

^c Depreciación del capital tecnológico 0,15. Variables ficticias sectoriales.

^d Depreciación del capital tecnológico 0,25. Variables ficticias sectoriales.

^e Sin considerar las externalidades sobre otras empresas de la industria.

^f Obtenidas dividiendo la elasticidad por el cociente entre capital tecnológico y ventas.

Lo más destacable del cuadro anterior es que la elasticidad de la productividad respecto a la inversión en capital tecnológico de los trabajos de Grandón y Rodríguez Romero y de Rodríguez Romero es muy inferior a la de Lafuente et al. y Fluviá. Igualmente la estimación de la productividad del capital tecnológico es mucho menor.

La explicación de estas diferencias se debe seguramente a la información que se utiliza en cada uno de los análisis, tal y como indican Grandón y Rodríguez Romero. En ese sentido, aunque todos los estudios utilizan información de la misma fuente y los periodos de tiempo considerados son similares, el número de empresas encuestadas fue creciendo paulatinamente y los resultados se pueden alterar bastante dependiendo de que las incorporaciones se tengan o no en cuenta. Así, en el panel incompleto de Fluviá tienen mucha influencia las empresas que sólo contestaron a las dos últimas encuestas, mientras que esas empresas no se incluyen en los datos de Grandón y Rodríguez Romero.

2.4. CONCLUSIONES.

Esta investigación analiza la intervención pública en apoyo de la I+D llevada a cabo a través de los Proyectos Concertados del Plan Nacional de I+D. Ahora bien, para que este objetivo tenga sentido, deben existir razones que avalen la necesidad de dicha actuación. Este capítulo pretende justamente aportar justificaciones para la misma.

La aproximación seguida en la primera sección consiste en ofrecer un panorama de los modelos teóricos que analizan, desde la perspectiva de lo que puede denominarse la teoría del mercado de la innovación, en qué medida las actuaciones de las empresas difieren de las que conducen a la optimalidad social. En la discusión sobre la necesidad de intervención debe tomarse en consideración simultáneamente la cantidad de recursos dedicados a I+D y si las decisiones que adoptan las empresas sobre las características de los proyectos que emprenden permiten alcanzar situaciones óptimas. Sin embargo, en la literatura se han estudiado estos dos problemas por separado.

El grueso de las aportaciones consideradas en la primera sección se centran exclusivamente en la optimalidad de la decisión de cuánto gastar en I+D. A pesar de esta simplificación, la complejidad del campo de estudio ha supuesto que el acercamiento al mismo se produzca analizando sólo una parte de las características del proceso de I+D, dejando el resto en un segundo plano. Los primeros modelos (Arrow (1962a), Dasgupta y Stiglitz (1980a) y Tandon (1984)) tratan de comparar el valor que tienen las innovaciones para las empresas con el que les otorgaría un planificador social. De esta forma, los resultados que se desprenden de todos ellos es que, en ausencia de cualquier otro factor que genere divergencias entre la valoración social y privada de una innovación, el esfuerzo en I+D es excesivamente reducido como consecuencia de que el productor no se apropia la totalidad del excedente social (sólo un discriminador perfecto podría hacerlo).

No obstante, en estos primeros trabajos no se considera un aspecto central del problema que consiste en que las empresas compiten en I+D para obtener una innovación mejor que sus rivales o, según suele formularse teóricamente, llegar a ella antes que el resto. Esta segunda característica de los procesos de I+D es muy importante cuando el innovador es premiado con una patente que impide la imitación (o, al menos, la apropiabilidad puede asegurarse mediante otros métodos) y, por tanto, otorga ventaja a la empresa ganadora respecto a sus rivales. En este sentido, el segundo grupo de modelos que se ha revisado se ha englobado bajo el título de carreras por la patente precisamente porque hacen hincapié en la competición de las empresas para lograr ser la primera en finalizar con éxito su proyecto de investigación.

La introducción del aspecto competitivo de la I+D pone de manifiesto un fallo de mercado que viene a unirse a la divergencia entre la valoración social y la privada de la

innovación. Es un efecto de *common pool* que surge porque las empresas invierten más de lo socialmente adecuado con la finalidad de ganar. Su justificación es simple: a la sociedad no le importa quién gane la carrera sino sólo que se logre la innovación, mientras que, por el contrario, cada empresa quiere ser la que innove.

La consideración simultánea de los dos fallos en la asignación de recursos no permite afirmar si las empresas subinvierten o sobreinvierten en actividades tecnológicas. Esta conclusión se obtiene tanto en aquellos modelos que consideran determinista el proceso de I+D como los que introducen aleatoriedad mediante procesos estocásticos sin memoria (Loury (1979), Lee y Wilde (1980), Dixit (1988) y Pérez Castrillo y Verdier (1989)) o con memoria (Reinganum (1981) y Gallini y Kotowitz (1985)).

Entre los modelos no deterministas, en los que no importa la experiencia que se adquiere mientras dura la carrera, el más amplio es el de Dixit. En el que los costes de investigación incorporan una parte fija inicial y otra que se satisface en cada uno de los periodos en los que se investiga, siendo endógena la importancia relativa de cada uno de estos dos tipos de costes. Aunque las conclusiones no se alteran en lo esencial respecto a las de Loury, que sólo incorpora costes fijos, y a los de Lee y Wilde, que consideran tanto costes fijos exógenos como recurrentes, las consecuencias que extrae Dixit para la intervención pública son sugerentes. En primer lugar, en la medida en que la composición de los gastos de investigación entre costes fijos y variables es elegida por la empresa, para acercar las decisiones de la empresa al óptimo social puede sustituirse la utilización de subsidios o impuestos que afectan a los beneficios que puede apropiarse la empresa por subsidios o gravámenes que modifiquen por igual tanto los costes fijos como los recurrentes. En segundo lugar, como las empresas de mayor tamaño internalizan parte de la externalidad de *common pool*, la actuación pública debe ser específica a cada empresa en función de su tamaño.

Entre los modelos con memoria, destaca el mecanismo de Gallini y Kotowitz (1985), en el que la probabilidad de hacer un descubrimiento es creciente a medida que las empresas van recorriendo las posibilidades existentes de hacer el descubrimiento, y puede originar la existencia de sobreinversión en I+D, aunque también es posible que la investigación no sea rentable. En el primer caso habría que limitar las actividades innovadoras, mientras que, en el segundo, Gallini y Kotowitz sugieren la conveniencia de coordinar las actividades de investigación de las empresas para que pueda aprovecharse la información que desvela el seguimiento organizado de las líneas de investigación. Además, esta última posibilidad es más relevante en la fase de desarrollo tecnológico, cuando ya se conoce aproximadamente el número de opciones que, como máximo, habrán de intentarse antes de tener éxito.

Una limitación de los modelos de carrera por la patente es que no incorporan la competencia en el mercado de productos que se desata tras la innovación, al considerar

exógeno el premio que recibe el ganador. Beath, Katsoulacos y Ulph (1989) dan un primer paso en esa dirección identificando los efectos "incentivo" y "amenaza competitiva", que originan que el interés de una empresa por innovar puede ser su propio deseo de aumentar sus beneficios o simplemente evitar que otro lo haga. Como consecuencia, la actuación pública adecuada depende de la importancia de cada uno de esos efectos.

Posteriormente, Delbono y Denicolò (1990 y 1991) y Quirmbach (1993) construyen explícitamente modelos en dos etapas en los que la magnitud de los efectos "incentivo" y "amenaza competitiva" se determina en relación a la forma en que se establece la competencia en el mercado del producto. Sus conclusiones, en lo que respecta a la intervención pública, no son diferentes a las puestas de manifiesto en los modelos más simples de carrera por la patente. Sin embargo, proporcionan algunas sugerencias adicionales con los supuestos de partida que adopta cada uno. Así, los resultados de Delbono y Denicolò apuntan a que los recursos destinados a investigación dependen de que la competencia en el mercado de productos se establezca a través de precios o cantidades. Por su parte, Quirmbach (1993) concluye que no es posible encontrar una política de I+D óptima para todas las situaciones e identifica grupos de proyectos que son más apropiados para recibir financiación en función del riesgo, del coste de investigación y del grado de colusión en la industria. Su regla de actuación pública es subsidiar todos los proyectos con baja probabilidad de éxito y todos los proyectos de las industrias muy competitivas. Por el contrario, es mejor desincentivar los proyectos con probabilidad de éxito moderada y costes de investigación bajos que se llevan a cabo en industrias altamente colusivas. Para las industrias moderadamente competitivas lo mejor parece ser no actuar.

La existencia de externalidades del propio proceso de I+D como fuente de divergencia entre la valoración social y la privada de las innovaciones es abordada en la contribución de Spence (1984), que origina varias líneas de investigación. Para Spence las reducciones que experimentan los costes de una empresa no sólo dependen de su esfuerzo en I+D, sino que también provienen de los gastos en I+D del resto de su industria. De esta forma, surgen externalidades de conocimiento que conducen a Spence a afirmar, utilizando un ejemplo concreto, que los incentivos a la I+D son inferiores a los óptimos y se deterioran con la magnitud de las externalidades. Este resultado no es extraño porque, al concentrarse en los modelos con externalidades en I+D, Spence emplea un modelo con competencia en cantidades en el que no existe protección por patentes, de forma que desaparece el deseo de querer ser el primero que impulsaba a las empresas a invertir más de la cuenta.

Las implicaciones que extrae Spence para la intervención pública son muy interesantes porque, además de calcular el subsidio óptimo a las actividades de I+D, muestra que, cuando la porción del gasto en I+D que se filtra a los competidores adopta valores intermedios, un subsidio fijo -en su caso del 70%- es una medida adecuada. El resto de artículos que consideran el análisis de bienestar cuando existe tanto competencia en el

mercado de productos como externalidades en el proceso de I+D (d'Aspremont y Jacquemin (1988 y 1990), De Bondt, Slaets y Cassiman (1992), Kamien et al (1992), Simpson y Vonortas (1994) y Ziss (1994)) llegan a conclusiones similares a las de Spence, en el sentido de que, si la falta de apropiabilidad de los resultados de la I+D es suficientemente importante, la inversión en investigación es subóptima.

Las aportaciones de Levin y Reiss (1988) y de Cohen y Levinthal (1989) también siguen la aproximación de Spence, pero sus objetivos son más empíricos que teóricos. Por un lado, la conclusión de Levin y Reiss de que no es posible rechazar la hipótesis de que las externalidades de I+D sean inexistentes puede reducir el interés del planteamiento iniciado por Spence si se considera que es un resultado general. Por otro, la hipótesis de Cohen y Levinthal de que el aprendizaje juega un papel en la explicación de por qué las empresas sacan provecho de la I+D llevada a cabo por otras empresas requiere más trabajo teórico para determinar su efecto sobre el bienestar.

A pesar de la complejidad de los modelos revisados, la conclusión es bastante simple: la divergencia entre la valoración social y la privada de los resultados de la investigación, tanto porque el productor no puede apropiarse completamente del excedente de los consumidores como porque parte de los resultados de la investigación se filtran a sus competidores, conduce a que la asignación de recursos a I+D es demasiado baja. Por el contrario, si la competencia por lograr la innovación es intensa, existe una fuerza que actúa en sentido contrario, esto es, hacia un gasto en I+D excesivo. Estos dos efectos contrapuestos no permiten, a priori, determinar si el gasto en I+D será o no inferior al óptimo.

En la segunda sección la atención se centra en aquellos modelos de crecimiento endógeno que consideran que existen muchas empresas y el avance técnico se debe a los esfuerzos que hacen éstas para desarrollar innovaciones que les permitan obtener, aunque sea temporalmente, rentas de monopolio. De esta forma, se ha completado la visión ofrecida en la primera sección para considerar un marco de equilibrio general en el que las innovaciones pueden dar lugar a mejoras de los productos o a la aparición de otros nuevos y en el que la innovación es superada posteriormente. Además, siguiendo la tónica de la primera sección, lo fundamental es identificar los factores que explican las distorsiones existentes respecto al óptimo social para, así, analizar si los subsidios a la investigación que realizan las empresas son necesarios y adecuados.

Desde el punto de vista del bienestar, puede afirmarse que no existen grandes diferencias entre estos modelos y los que se han revisado en la primera sección, esto es, parece que el hecho de tomar en consideración secuencias de innovaciones y la interacción de todos los mercados de la economía no altera la conclusión de que la intervención pública en materia de I+D debe hacerse con precaución, calibrando si los incentivos que tienen las empresas son excesivos o insuficientes respecto a los que serían socialmente óptimos. Así,

cuando la investigación va destinada a mejorar la calidad de los productos (Grossman y Helpman (1991a)) o a reducir sus costes de producción mediante la introducción de *inputs* de mayor calidad (Aghion y Howitt (1992)), no está garantizado que la cantidad de recursos destinados a innovar sea menor que la óptima y, en consecuencia, la política de apoyo a la I+D empresarial debe adoptarse con cautela.

Los únicos estudios en los que se puede garantizar la subinversión en I+D son aquellos en los que se supone que el avance técnico da lugar a aumentos en la variedad de los productos (Romer (1990), Grossman y Helpman (1991a) y Sala-i-Martin (1994)). Para Romer, la subinversión en investigación se produce por la existencia de una externalidad intertemporal unido al monopolio que se establece en el mercado del producto de bien intermedio. En el trabajo de Grossman y Helpman sólo se debe a la externalidad intertemporal y en el de Sala-i-Martin a causa del monopolio en el mercado de bien intermedio. Como resultado, aunque efectiva, la solución de subsidiar la investigación no es la óptima en los trabajos de Romer y Sala-i-Martin. Por su parte, Grossman y Helpman no estudian la política óptima.

Los modelos de Grossman y Helpman (1991a) y Aghion y Howitt (1992) en los que la innovación consiste en mejoras de la calidad, siguen mostrando el mismo resultado que los de carrera por la patente, ya que la inversión en I+D puede ser superior o inferior a la óptima. Sin embargo, este resultado se debe a la aparición de nuevas distorsiones. En el de Aghion y Howitt, además de que el beneficio privado de investigar es menor que el social, existe una externalidad intertemporal, que proviene del hecho de que una vez que se ha mejorado la calidad, los avances posteriores partirán de ese nivel, y ambos tienden a hacer que la inversión sea subóptima. En sentido opuesto ejercen su influencia el efecto "robo de negocio", según el cual una empresa cuando innova no tiene en cuenta las pérdidas que inflige a la empresa establecida, y el monopolio en el sector de bienes intermedios, que, al competir con el sector de investigación por trabajo cualificado, hace que en este último sector se emplee demasiado trabajo cualificado.

Grossman y Helpman (1991a) llegan a resultados similares, pero como su modelo no incluye un mercado de bienes intermedios, y la mejora de la calidad se produce directamente en el bien final, no existe la última distorsión de Aghion y Howitt. Surge, sin embargo, un efecto sobre el excedente del consumidor, en la medida que cuando se introduce una innovación los consumidores siguen pagando el mismo precio, pero reciben un producto de mejor calidad. El efecto conjunto no está claro, el subsidio sólo es necesario para valores intermedios del aumento de calidad del bien final que se produce con cada innovación.

En la sección 2 también se revisan los trabajos de Young (1993a y 1993b) que, aunque no llevan a cabo análisis de bienestar, ponen de manifiesto la necesidad de enriquecer los modelos para incorporar el hecho de que cuando las innovaciones aparecen

en el mercado no tienen que ser competitivas, sino que puede ser necesaria la aparición de nuevas tecnologías complementarias (Young 1993b) o que junto a la invención costosa y premeditada existe aprendizaje por la práctica (Young 1993a).

En el primer caso puede surgir un ciclo de vida por el que las tecnologías inicialmente son complementadas por nuevos avances hasta que llega un momento en que son sustituidas por innovaciones posteriores. Como resultado de la tensión entre complementariedad y sustitución pueden surgir equilibrios múltiples, en cada uno de los cuales el efecto sobre la actividad inventiva de los subsidios a la invención es diferente.

En el trabajo de Young (1993a), se introduce el aprendizaje por la práctica, pero este no es indefinido sino que sólo se produce en los primeros momentos tras la introducción de una innovación. Puesto que es un modelo que conjuga la innovación y el aprendizaje, existen dos tipos extremos de equilibrio. El primero surge cuando el mercado es pequeño o el coste de investigación es alto, de modo que la investigación no es rentable. En estas condiciones se produce el estancamiento y el modelo se comporta como uno de invención, por lo que puede tener sentido favorecer la investigación para poder salir de la situación de estancamiento. Sin embargo, cuando el mercado es grande o el coste de investigar es pequeño, los incentivos a innovar son tan fuertes que cuando surgen los nuevos productos no se pueden vender, siendo necesario el aprendizaje posterior. En la medida que siempre existen bienes "adelantados a su tiempo" no tiene sentido apoyar la investigación.

En definitiva, los modelos de crecimiento endógeno han proporcionado una visión más completa del problema, lo que ha generado la aparición de nuevas distorsiones. Sin embargo, los resultados no cambian respecto a los ya detectados en los modelos de análisis parcial: persiste la indeterminación respecto a si la inversión privada en I+D es o no inferior a la socialmente óptima y, además, la intervención pública no puede ser única y válida para todas las situaciones.

Tras analizar los modelos de la teoría de mercado de la innovación y de la teoría del crecimiento endógeno, también queda patente que aunque cada modelo considere diferentes distorsiones, el factor que siempre lleva a la subinversión privada en I+D es la divergencia entre la rentabilidad social y la privada de las actividades de I+D. Por eso, cuanto mayor sea la brecha que separa ambas tasas de rentabilidad más sencillo resulta pensar que la inversión en I+D es demasiado pequeña. Con la finalidad de obtener evidencia sobre la importancia de las externalidades que generan las actividades de I+D, en la sección tercera se revisan las aportaciones empíricas que arrojan luz sobre la magnitud de esta divergencia. Estos trabajos, a pesar de sus diferencias metodológicas, llegan a resultados que son bastante coincidentes y, de hecho, los distintos planteamientos los hacen complementarios.

Mansfield et al. (1977) se aproximan al problema tratando de captar las especificidades de cada innovación, mientras que el resto parte de desarrollos teóricos y estimaciones econométricas; sin embargo, los resultados son similares: las externalidades de las actividades de investigación y desarrollo tecnológico originan divergencias sustanciales entre las tasas sociales y privadas de rentabilidad de la inversión en I+D.

Mansfield aporta un resultado muy interesante. Al estimar las tasas de rentabilidad sociales y privadas de proyectos concretos, es capaz de indicar que las grandes divergencias entre ambas pueden llevar a que proyectos muy rentables para la sociedad sean descartados por las empresas por encontrarlos inviables. La consecuencia inmediata es que existe hueco para la intervención pública en apoyo de la investigación de carácter empresarial. Además, Mansfield no sólo estudia los efectos de la innovación tecnológica sobre las reducciones en los costes de producción, lo que permite suponer que las divergencias entre las tasas de rentabilidad detectadas en los modelos econométricos también se sostengan en innovaciones de producto.

Bernstein (1988), Bernstein y Nadiri (1988 y 1989) y Goto y Suzuki (1989) aportan evidencia adicional de que tanto las externalidades interindustriales como las intraindustriales existen y son de importancia. Bernstein (1988) obtiene que el efecto de las externalidades intraindustriales supera el de aquellos procedentes de otras industrias. No obstante, también parece desprenderse que, dentro de una misma industria, las empresas que dedican más recursos a I+D tienden a complementar su capital de I+D con las externalidades, mientras que las que son menos intensivas lo sustituyen.

Bernstein y Nadiri (1988) se concentran en las externalidades interindustriales y sus resultados indican que el efecto de éstas sobre la divergencia de tasas de rentabilidad es importante. Ahora bien, ni todas las industrias generan externalidades de la misma magnitud, ni existen relaciones entre todas y cada una de las industrias. Se hace necesario trazar el diagrama de relaciones interindustriales para conocer el efecto que el fomento de la innovación en un determinado sector tiene en el resto. A esto hay que añadir la aportación de Goto y Suzuki (1989) de que en los sectores de tecnología avanzada, como el de electrónica, el efecto que tiene sobre otras industrias la difusión o desbordamiento del conocimiento es más importante que el progreso tecnológico que se incorpora en los bienes de capital e intermedios que venden al resto de industrias. Si se acepta este resultado como válido, no basta con observar simplemente el flujo de transacciones intersectoriales, sino que será necesario descubrir las vías por las que se difunde el conocimiento.

También muestra la importancia de las externalidades de conocimiento el artículo de Coe y Helpman (1995), que parte de los modelos de crecimiento y en el que las externalidades de I+D se manifiestan a nivel internacional.

El único trabajo que analiza la importancia de las externalidades de I+D con datos españoles es el de Fluvial (1990), para quien la tasa social de rentabilidad de la investigación es el doble que la privada, obteniendo, así, tasas de rentabilidad social de gran magnitud, tal y como habían obtenido previamente Lafuente et al. (1985) con datos agregados. Los estudios posteriores de Grandón y Rodríguez Romero (1991) y de Rodríguez Romero (1993) han reducido la magnitud de las tasas de rentabilidad de Fluvial, sin embargo no se han dirigido a la estimación de la importancia de las externalidades de I+D.

Aunque sólo el trabajo de Levin y Reiss (1988) no encuentra evidencia estadísticamente significativa de la existencia de externalidades de I+D, las dos aportaciones más conflictivas a la hora de justificar la intervención pública son las de Trajtenberg (1989) y de Jaffe (1986). La primera porque al considerar la evolución temporal de las innovaciones defiende la intervención pública sólo en determinados estadios de su desarrollo, lo que complica la aplicación de la política tecnológica. El trabajo de Jaffe porque pone de manifiesto que estos trabajos empíricos sólo están considerando una de las distorsiones que están presentes cuando las empresas toman decisiones acerca de la inversión en actividades tecnológicas, que es la falta de apropiabilidad de sus resultados, sin considerar los aspectos competitivos. En otras palabras, los modelos empíricos siguen teniendo en cuenta solamente los incentivos a innovar (aunque de una forma sofisticada), pero aún no han incorporado la competencia en I+D, que ocupa desde hace tiempo un lugar preponderante en los modelos teóricos.

Pese a que la mayor parte de este capítulo se dedica a analizar los diferentes incentivos a la inversión en I+D de un agente privado respecto a los de un planificador social, una segunda fuente de divergencia entre las actuaciones de una empresa y las que consiguen la optimalidad proviene de las características de los proyectos que llevarían a cabo cada uno de ellos. La comparación de dichas características se analiza en el último apartado de la sección 1.

Desde que Dasgupta y Stiglitz (1980a y 1980b) introdujeron el problema del riesgo de los proyectos elegidos por la empresa, este ha sido el aspecto que más literatura ha generado. Sin embargo, los resultados que se han obtenido distan de ser claros. Si bien la respuesta mayoritaria de estos modelos es que la inversión en I+D es excesivamente arriesgada (Klette y de Meza (1986), Bhattacharya y Mookherjee (1986) y Dasgupta y Makin (1987)), parece que esto es consecuencia de que se han construido partiendo de modelos de carrera por la patente en los que, como es lógico, el ganador se lo lleva todo. Sin embargo, cuando, como hacen Bagwell y Staiger (1990) y Cabral (1994), se permite que puedan existir varios ganadores, es posible que el riesgo en que incurren las empresas sea inferior al óptimo, lo que parece un resultado más fácil de aceptar.

El único trabajo que considera simultáneamente los incentivos de las empresas a invertir en I+D junto a las características de la cartera de proyectos seleccionada es el de

Rosen (1991). Este autor divide a los proyectos de acuerdo a su probabilidad de éxito y a si sus efectos son revolucionarios o se añaden a la tecnología ya existente. Su predicción es que todas las empresas no eligen la misma composición de su cartera de I+D, y su mensaje para los gestores de la política de I+D es que los subsidios pueden incentivar el gasto total en I+D, aunque también es posible que alteren su composición llevándola hacia elecciones demasiado seguras.

Para finalizar, parece que existen suficientes distorsiones como para poder sostener que, sin medidas correctivas, el gasto y composición del gasto en I+D elegidos por las empresas no serán compatibles con la optimalidad social. El problema es que no está claro el tipo de medidas adecuadas, ni siquiera si debe fomentarse o penalizarse la I+D o si debe facilitarse que las empresas asuman riesgo o todo lo contrario.

Parece difícil que la teoría pueda avanzar para recoger simultáneamente la multiplicidad de factores que se ha apuntado que influyen en las decisiones de las empresas y, sobre todo, que se obtenga un resultado concluyente. Es más, las conclusiones de los modelos analizados sugieren que la actuación pública no debe ser única sino que depende de muchos factores (grado de protección que ofrecen las patentes o el resto de mecanismos utilizados en su defecto o junto a ellas, tamaño de la empresa, tipo de competencia que se establece en el mercado de productos, externalidades de conocimiento existentes en cada industria o incluso país, fase de la investigación -básica o desarrollo tecnológico- si las innovaciones aumentan la variedad o la calidad de los productos, el coste de la investigación, la probabilidad de éxito de los proyectos, etc.)

La solución que parece más prometedora es la realización de análisis de simulación que consideren el efecto de estos factores sobre las decisiones de las empresas de forma que puedan obtenerse reglas de actuación de la administración que sean aceptables para un abanico de posibilidades, tal y como han hecho, por ejemplo, Spence (1984) y Quirnbach (1993).

CAPÍTULO 3

LA FINANCIACIÓN PÚBLICA DE LA INVESTIGACIÓN EMPRESARIAL REALIZADA CON LA COLABORACIÓN DE CENTROS PÚBLICOS DE INVESTIGACIÓN: LOS PROYECTOS CONCERTADOS.

En el capítulo 2 se ha realizado una aproximación al dilema sobre la necesidad o no de que el sector público lleve a cabo actuaciones para apoyar la realización de actividades de I+D en las empresas. Aunque la respuesta no es clara a nivel teórico, en la práctica los gobiernos aplican medidas para incentivar la investigación empresarial. España no es ajena a este fenómeno y ha dispuesto un conjunto de programas con este fin.

El primer propósito de este capítulo es, precisamente, presentar de forma muy sintética las principales líneas de actuación de la administración española en apoyo de la investigación. Si bien, dado el objetivo de este trabajo, el principal interés recae en aquellas medidas destinadas a apoyar la investigación en las empresas, se ha considerado necesario dedicar cierta atención no sólo a la política tecnológica sino también al Plan Nacional de I+D; plan que surge a finales de los años ochenta y trata de llevar a cabo una labor coordinadora de las actuaciones públicas en la materia. El análisis del Plan Nacional de I+D se justifica, además de por aglutinar una parte importante de la financiación de la actividad investigadora española, porque, como ya se ha indicado, en el próximo capítulo de esta investigación se estudia el funcionamiento de los Proyectos Concertados, que son una figura especial en la medida que, aunque se destina a las empresas, surge con el Plan Nacional y recibe financiación del mismo. Esta característica implica que los Proyectos Concertados deban ser considerados dentro del conjunto de instrumentos integrados en el Plan Nacional que están diseñados para mejorar las relaciones entre el sector productivo y el mundo académico.

Tras describir el funcionamiento de los Proyectos Concertados y mostrar su evolución en los últimos años, en el apartado 3.1.3. se extraen las características peculiares de los mismos. En este sentido, destacan su papel en la articulación del sistema de ciencia y tecnología, así como el hecho de que consistan en créditos sin interés para la realización de proyectos de investigación de carácter precompetitivo. Para tener una idea de las implicaciones que estos rasgos tienen en la concesión y financiación de los proyectos de I+D presentados por las empresas, que se abordarán en el capítulo 4, se hace necesario revisar, por una parte, la literatura teórica y empírica que ha estudiado las relaciones que se establecen entre los investigadores del mundo académico y los de la industria y, por otra, la problemática que supone la financiación de la inversión empresarial, especialmente en actividades de I+D. La razón para revisar esta literatura es obtener apoyo para poder hacer sugerencias sobre el tipo de empresas y proyectos a los que parece más adecuado que se les conceda un Proyecto Concertado.

3.1. LA POLÍTICA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA EN ESPAÑA: UNA SÍNTESIS.

Tras la Segunda Guerra Mundial, los países más avanzados se hacen conscientes de la necesidad de establecer marcos institucionales propicios a la investigación así como de destinar grandes presupuestos a I+D. Sin embargo, España era ajena a todos estos procesos y careció de un diseño global de política de ciencia y tecnología hasta bien entrados los años ochenta. En el primer apartado de esta sección se ofrece una visión esquemática de las carencias fundamentales que aquejaron las escasas actuaciones llevadas a cabo en apoyo de la ciencia y la tecnología desde 1939 así como de la situación en que se encontraba, a finales de los años ochenta, nuestro país en comparación con el resto de países de la Comunidad Europea, Japón y Estados Unidos.

En el apartado segundo se describe el marco en el que se desenvuelve la política de ciencia y tecnología española desde que cambia la estrategia de intervención a raíz de la aprobación de la Ley de la Ciencia. Aunque todas las actuaciones públicas en el ámbito de la ciencia y la tecnología pretenden estar orientadas hacia los mismos objetivos y existen mecanismos de coordinación entre todos los organismos involucrados, se ha dividido la exposición en dos subapartados. El primero está dedicado a la intervención orientada hacia la investigación de carácter básico o precompetitivo liderada por el Ministerio de Educación y Ciencia y que queda definida en la Ley de la Ciencia. El segundo sintetiza la intervención dirigida a la innovación empresarial, en la que el papel fundamental corresponde al Ministerio de Industria y Energía y al Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI).

El propósito de esta sección no es abordar en detalle el funcionamiento del sistema español de ciencia y tecnología, ni siquiera proporcionar una descripción pormenorizada del gasto de la administración en cada uno de los instrumentos de política científica y tecnológica. De la misma manera, tampoco se desea hacer una evaluación global de las actuaciones de política científico-tecnológica que se han llevado a cabo en España. En ese sentido, algunos autores han realizado intentos de evaluación de la política de ciencia y tecnología o, al menos, han hecho incursiones en sus fortalezas y debilidades. Entre estos intentos, que se han llevado a cabo desde distintas aproximaciones y con distintos pretensiones, cabe citar a Quintanilla (1991), Lafuente y Oro (1992), Martín (1992), Sanz Menéndez y Pfretzschner (1992), Sanz Menéndez et al. (1993), Buesa (1993 y 1994), Sanz Menéndez (1994) y, más recientemente, pero de forma colateral, Muñoz (1995), Bravo y Quintanilla (1995) y Sanz Menéndez (1995a). Además, recientemente, Espinosa de los Monteros et al. (1995a y 1995b), Fernández et al. (1995) y Espinosa de los Monteros et al. (1996) han realizado evaluaciones de diversos Programas Nacionales.

El objetivo perseguido consiste simplemente en poner a los Proyectos Concertados en relación con el conjunto de la intervención pública que en este campo se ha estado

llevando a cabo en España en los últimos años. Por último, en el apartado 3.1.3 se analiza con más detalle la figura de los Proyectos Concertados y se extraen las peculiaridades que deben ser tomadas en cuenta en el análisis que se realiza en el capítulo 4. Estos rasgos especiales de los Proyectos Concertados son estudiados en las secciones 2 y 3 de este capítulo.

3.1.1. Antecedentes.

Al finalizar la Segunda Guerra Mundial, Estados Unidos comenzó a institucionalizar una política científica orientada sobre todo al reforzamiento de su posición de gran potencia mundial. Un paso importante fue la aprobación de la *National Science Foundation*, que trató de definir la política científica nacional y coordinar las actividades gubernamentales en este campo. El resto de los países no se mostró tan interesado por el establecimiento de políticas explícitas de ciencia ni por la creación de organismos responsables de la coordinación hasta que la labor de difusión de la importancia de este tipo de intervención, llevada a cabo por la UNESCO y sobre todo por la OCDE, surtió efecto. Como resultado, a mediados de los años sesenta la situación había cambiado y la mayoría de los países actuaban en este campo. Aunque existían dos posiciones en cuanto a la forma que debían presentar las políticas científicas, ya que, por una parte, Francia y Alemania abogaban por un presupuesto diferenciado para la ciencia que actuase como instrumento de coordinación y, por otra, Estados Unidos prefería disponer de un conjunto de agencias con diferentes presupuestos y propósitos.

Hasta mediados de los años 70, la regla de actuación consistía en dotar con grandes presupuestos a la investigación científica. Posteriormente, este modo de actuar quedó matizado pues se comienza a percibir la necesidad de un análisis prospectivo del impacto de las actividades de I+D para evitar los efectos no deseados como la contaminación, los accidentes, etc. En otro orden de cosas, se exige de forma creciente la evaluación de los resultados científicos así como de las políticas de promoción y apoyo. En consecuencia, a principios de los años ochenta las políticas de ciencia y tecnología de los países más avanzados ya habían incorporado la necesidad de evaluación tanto de su impacto social como de sus resultados.

La situación en la que se encontraba la ciencia y la tecnología española en los años 80 era muy diferente. Al atraso que históricamente ha padecido nuestro país se unió la ausencia de una actuación política decidida en los cuarenta años previos. De hecho, sólo unas pocas acciones destacan desde el final de la Guerra Civil. Estas son las que se describen en este apartado¹.

¹ Sobre la situación en que se encontraba la investigación científica y técnica y los antecedentes de la política científico-tecnológica española pueden consultarse los trabajos de Lobo (1979), Martín y Rodríguez Romero (1979, 1985 y 1993), Isac (1985a), Muñoz y Ornia (1986), Buesa y Molero (1988),

La primera actuación notoria de este periodo es la fundación en 1939 del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). Su orientación era -y sigue siéndolo actualmente- clara hacia la investigación básica, como es lógico si se considera que surge como sucesora de la Junta de Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas que, desde 1907 hasta el comienzo de la Guerra Civil, pretendió fomentar la movilidad de investigadores con la comunidad científica internacional.

Los graves problemas de coordinación y planificación que aquejaban a la política de ciencia y tecnología española en los años sesenta se abordan mediante la constitución de la Comisión Asesora para la Investigación Científica y Técnica (CAICYT), institución a la que se unió en 1963 la Comisión Delegada del Gobierno de Política Científica. En 1964 se dota a la CAICYT con el Fondo Nacional para la Investigación, cuyo destino era aportar fondos adicionales a los centros públicos de investigación y a los centros privados sin fines de lucro.

Para intentar crear tecnología propia y subsanar el descuido que la política tecnológica estaba teniendo con el aparato productivo, el Fondo Nacional comienza a financiar actividades de I+D en las empresas. De esta forma, aparecen en 1968 los Planes Concertados de Investigación con la finalidad de financiar a través de créditos en buenas condiciones -que podían convertirse en subvenciones en caso de que la investigación resultase fallida- a los protagonistas de la actividad industrial para la generación de tecnología. Este estímulo se dirigía hacia las fases intermedias del proceso innovador y no hacia los proyectos orientados al mercado. Sin embargo, la escasez de recursos dirigidos al Fondo Nacional condujo al descuido de la innovación tecnológica en las empresas, que actuaban en un marco proteccionista estructurado sobre sectores maduros y de poca exigencia tecnológica.

La consecuencia de la escasa actividad innovadora del tejido industrial español fue la necesidad de adquirir tecnología foránea. Esta transferencia de tecnología contó con la permisividad del gobierno hasta 1973 y, posteriormente, fue sujeta a control a través del Registro de Contratos de Transferencia de Tecnología con la pretensión de seleccionar la adquisición de la tecnología más apropiada para los intereses nacionales. Sin embargo, ni la información del registro fue empleada para el asesoramiento de los compradores ni existió conexión entre las instituciones encargadas de la política tecnológica y las que debían orientar la adquisición de tecnología extranjera.

A lo largo de los años 70 se crearon nuevos departamentos gubernamentales vinculados a los ministerios de Educación y Ciencia y de Industria y Energía como la Dirección General de Política Científica y la Dirección General de Innovación Industrial y

Rojo (1988), Pampillón (1991), Sanz Menéndez y Muñoz (1992), Quintanilla (1992a), Sanz Menéndez et al. (1993) y Sanz Menéndez (1995b).

Tecnológica. Entre ellos, destaca la creación en 1977, como iniciativa del Banco Mundial, del Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI) con la finalidad de impulsar el desarrollo tecnológico en las empresas, es decir, de promover la investigación en las fases más próximas al mercado. El CDTI ha pervivido hasta la actualidad, aunque su estatus administrativo ha cambiado para dotarlo de mayor flexibilidad en su trato con las empresas. Teniendo en cuenta su importancia actual en la ejecución de la política tecnológica, en el apartado 3.1.2. se incidirá en las funciones que realiza.

La situación de crisis que se vivió a finales de los 70 y la constatación de los desafíos tecnológicos que se cernían sobre las empresas industriales llevaron al replanteamiento de la política de ciencia y tecnología. Así, a partir de 1979 la CAICYT orienta su actuación en tres direcciones, que han perdurado hasta la actualidad:

- Por una parte, la CAICYT comienza a priorizar de forma temática los recursos del Fondo Nacional, mostrando de esta forma su papel planificador. En 1981, surgen los Programas Especiales de Investigación y Desarrollo (en acuicultura, agroenergética, tecnología de alimentos y microelectrónica) y los Planes Movilizadores (en biotecnología y física de altas energías)², cuyas líneas han perdurado hasta la actualidad³. Estas acciones se caracterizaban por otorgar preferencia en la obtención de ayudas de la CAICYT o de los ministerios involucrados en el desarrollo tecnológico de las empresas.

- En segundo lugar, los proyectos de investigación se seleccionan atendiendo a su calidad, que es evaluada por ponencias de expertos cuyo control recae en el Gabinete de Estudios de la CAICYT.

- Por último, a partir de 1981 se permite la inclusión de un centro público en los proyectos de investigación en lo que se denominó Planes Concertados Coordinados⁴. Aunque tanto los Planes Concertados como los Coordinados tenían el carácter de préstamo sin interés, existen diferencias entre ambos. Así, en los primeros la financiación pública no supera el 50% del total, mientras que en los segundos la CAYCIT podía aportar hasta el 100% del coste del centro público de investigación. Generalmente, la devolución del préstamo sólo era exigida cuando el proyecto se calificaba como "éxito económicamente rentable" siendo el plazo de devolución cinco años en los Planes Concertados y 8 años en los Coordinados.

A pesar de estas actuaciones, el desfase entre las acciones de política de ciencia y tecnología llevadas a cabo en España y las emprendidas en los países más avanzados

² Para una descripción más detallada de estos programas ver Isac (1985b, pp. 67-70).

³ Con la excepción del Programa Especial de Agroenergética, que fue suprimido.

⁴ Ver Blanco (1983) para una explicación del funcionamiento de los Planes Concertados y los Planes Concertados Coordinados.

condujo a una situación desalentadora. Las principales carencias de nuestro país eran en primer lugar, la insuficiente dotación de recursos dedicados a la producción científica y técnica, además, los esfuerzos públicos en la materia no estaban priorizados ni existía coordinación entre las distintas instituciones; por último, la falta de articulación del sistema, esto es, la escasa integración de los sectores productivos, centros de investigación y universidades era patente.

Pavón y Goodman (1981)⁵ describen la situación indicando que las instituciones existentes en nuestro país se establecieron mimetizando a los países más desarrollados, pero en número sustancialmente menor y sin valorar su posible eficacia. Además, no fueron dotadas con los recursos necesarios y eran suprimidas o modificadas en periodos de tiempo tan cortos que no llegaban a alcanzar su madurez. La efectividad de estas instituciones se reducía más aún como consecuencia de la escasa interrelación que existía entre ellas, que se explica por la ausencia de un alto organismo responsable de la política científica y tecnológica, ya que, aunque la CAICYT asumió estas funciones, la estructura institucional no estaba bajo su control y, por lo tanto, no tenía capacidad para llevar a cabo sus planteamientos.

En esa misma línea, el Fondo Nacional para la Investigación y el Desarrollo Tecnológico fue establecido sin metas determinadas ni criterios precisos de actuación, lo que era normal dada la ausencia de estudios de prospectiva tecnológica. Esa imprecisión en el reparto del Fondo Nacional alcanzó a los Planes Concertados, que adolecían de falta de recursos y de criterios de selección.

Por último, existía una fuerte desconexión entre la investigación básica y la tecnología. La investigación en la universidad resultaba insuficiente y escasamente vinculada al sistema industrial, no existiendo una adecuada estructura de formación y entrenamiento de investigadores ni de gerentes para la innovación tecnológica. Además, los gastos en investigación de las empresas eran excesivamente reducidos y pocas instituciones financieras se orientaban al desarrollo tecnológico.

Todas estas carencias institucionales se traducían de forma directa en los indicadores españoles de ciencia y tecnología. Para proporcionar una visión del estado de las actividades de I+D que se realizaban en España, a continuación se describe someramente la situación existente justo antes de que las reformas que se diseñaron en la década de los 80 -que se exponen en el siguiente apartado- comenzaran a funcionar plenamente. Se ha elegido 1988 como fecha de referencia por ser el año en que culmina el cambio del marco institucional que da lugar al sistema actual. Además, para poder tener un referente con el que comparar la situación española, se emplean datos de los países de la

⁵ Una síntesis puede consultarse en Buesa y Molero (1988, pp. 201-203).

Comunidad Europea⁶, Estados Unidos y Japón utilizando información procedente de los Indicadores de ciencia y tecnología de la OCDE⁷.

Todos los indicadores ponen de manifiesto la escasez de recursos dedicados por España a investigación. En el cuadro 1 se muestra que tanto el gasto en I+D (medido en dólares de 1988)⁸ como el personal dedicado a actividades de investigación y desarrollo quedan muy por debajo de los dedicados por Alemania, Francia, Gran Bretaña e Italia. Lo peor es que, en términos absolutos, la dedicación española de recursos a I+D es comparable a la de un país de tan reducida dimensión como Bélgica, no supera en mucho a la danesa y es bastante menor que la holandesa.

En la tercera fila del cuadro 1 se aprecia que, en relación al Producto Nacional Bruto (PNB), la dedicación explícita de recursos a actividades de I+D en nuestro país es muy inferior a la media europea. Sólo Portugal y Grecia gastan en investigación una porción menor del PNB que España, de forma que incluso Irlanda muestra un indicador mayor. Resultados similares se obtienen cuando se considera el personal total dedicado a este tipo de actividades por cada 1.000 personas activas o el personal titulado que se encuadra en departamentos de investigación por cada 1.000 personas activas.

⁶ Quintanilla (1992b) lleva a cabo un análisis similar, comparando los recursos del sistema español de ciencia y tecnología en el periodo 1984-1990 con los del resto de países de la Comunidad Europea. Molero y Buesa (1995) consideran el periodo 1981-1992 y realizan la comparación con la Unión Europea, Italia, Irlanda y Francia utilizando unos pocos indicadores. Por su parte, Martín (1992) se centra en la evolución de los indicadores españoles.

⁷ Tanto el cuadro 1 como los gráficos de este apartado emplean datos de la OCDE (1993). Se ha excluido a Luxemburgo porque la OCDE no proporciona suficiente información. Los datos relativos a Japón no son las series originales, que sobrevaloran el personal dedicado a I+D y los costes laborales en I+D, sino a una corrección elaborada por la propia OCDE. En general se han empleado datos referidos a 1988, aunque fue necesario utilizar las series de 1989 para Alemania, Grecia, Holanda y la media de los países de la Comunidad Europea.

⁸ Para la comparación se han usado las paridades de poder de compra.

Cuadro 1. Indicadores de I+D para diversos países (1988).

		Alemania	Bélgica	Dinamarca	España	Francia	Gran Bretaña	Grecia	Holanda	Irlanda	Italia	Portugal	CE	Japón	EUA
1	Gasto en I+D (en millones de dólares de 1988)	29.502,6 2	2.280,6	1.135,3	2.768,1	19.326,7	17.901,7	297,87	4.579,31	254,5	9.787,1	341,7	86.481	48.526, 8	136.35 8
2	Personal de I+D total	426.447	36.770	23.146	54.807	283.099	277.800	9.586	64.460	8592	135.665	10.883	1.347.21 7	730.490	nd
3	Gasto en I+D respecto al PNB (%)	2,87	1,64	1,49	0,72	2,28	2,2	0,47	2,16	0,85	1,22	0,5	1,99	2,67	2,84
4	Personal de I+D respecto a población activa (‰)	14,3	8,9	8	3,7	11,7	9,8	2,4	9,9	6,6	5,6	2,4	9,3	11,8	nd
5	Científicos e ingenieros dedicados a I+D por cada 1000 personas activas.	5,9	4	3,6	2,1	4,8	4,6	1,4	4	4,8	3,1	1,1	4,2	7	7,5
6	Gasto en I+D empresarial respecto al total (%)	72,2	73,6	55,3	56,8	59,5	67	22,3	59,2	56,8	57,8	24,6	65,1	72,7	71,8
7	Gasto empresarial en I+D respecto al PNB(%)	2,07	1,21	0,82	0,41	1,35	1,47	0,1	1,28	0,48	0,7	0,12	1,29	1,94	2,04
8	Porcentaje del personal de I+D que trabaja en el ámbito empresarial	69,50	61,10	57,10	43,20	51,40	66,60	18,90	50,00	31,60	45,40	18,80	58,00	68,70	nd
9	Porcentaje de los científicos que se encuentran en el ámbito empresarial	64,2	51,3	40,9	27,4	45	68,5	13,9	40,2	21,1	40	9,5	52,3	67,7	77
10	Porcentaje del gasto en I+D empresarial financiado por las empresas	86	94,8	83,6	80,7	69,9	71	75,3	85,1	85,5	74,5	95,5	78,2	98,3	67,2

Fuente: OCDE (1993). nd: dato no disponible.

La situación en la que se encuentra la investigación española en 1988 desde luego no era nueva. Los gráficos 1 a 4 muestran claramente que si la comparación se hubiera realizado a principios de los años ochenta el panorama hubiera sido aún peor, ya que a lo largo de la década pasada los indicadores de dedicación de recursos, tanto en términos absolutos como relativos, mejoraron de forma continua. En los gráficos se observa que tras un periodo de estabilidad en los indicadores, en 1983 arranca una nueva etapa que se extiende hasta el final del periodo, durante el cual el gasto en I+D casi se duplicó, pasando de significar menos del 0,5% del PNB a más del 0,7%. Igualmente, el personal de I+D creció de forma considerable. A pesar de todo, el incremento de recursos fue insuficiente para asemejar a España a los países de su entorno.

Gráfico 1: Gasto en I+D en pesetas de 1988.

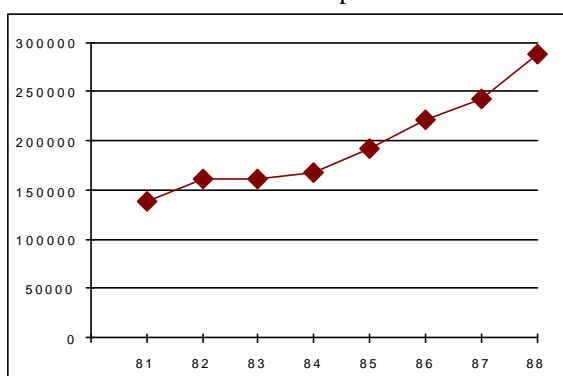


Gráfico 2: Gasto en I+D respecto a PNB (%).

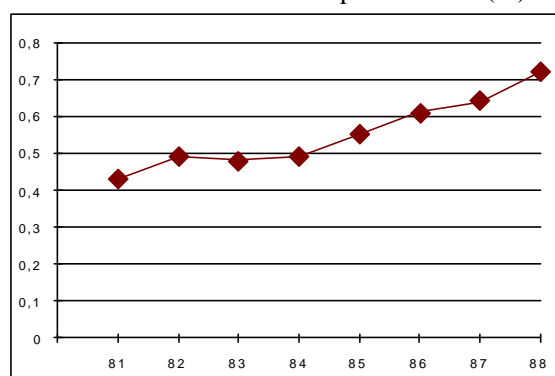


Gráfico 3: Personal de I+D total.

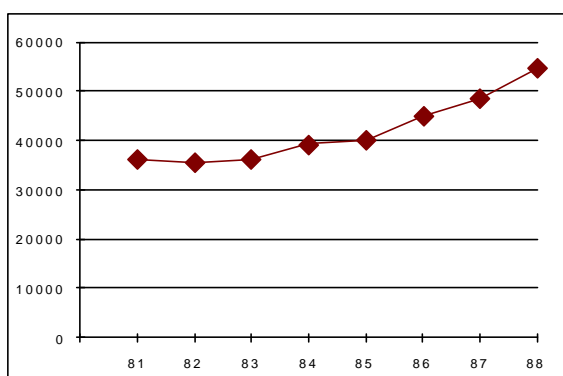
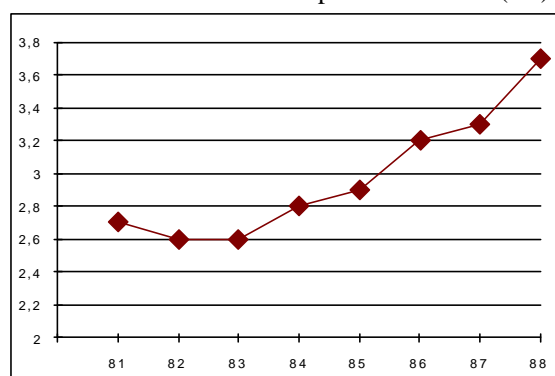


Gráfico 4: Personal I+D/población activa(‰).

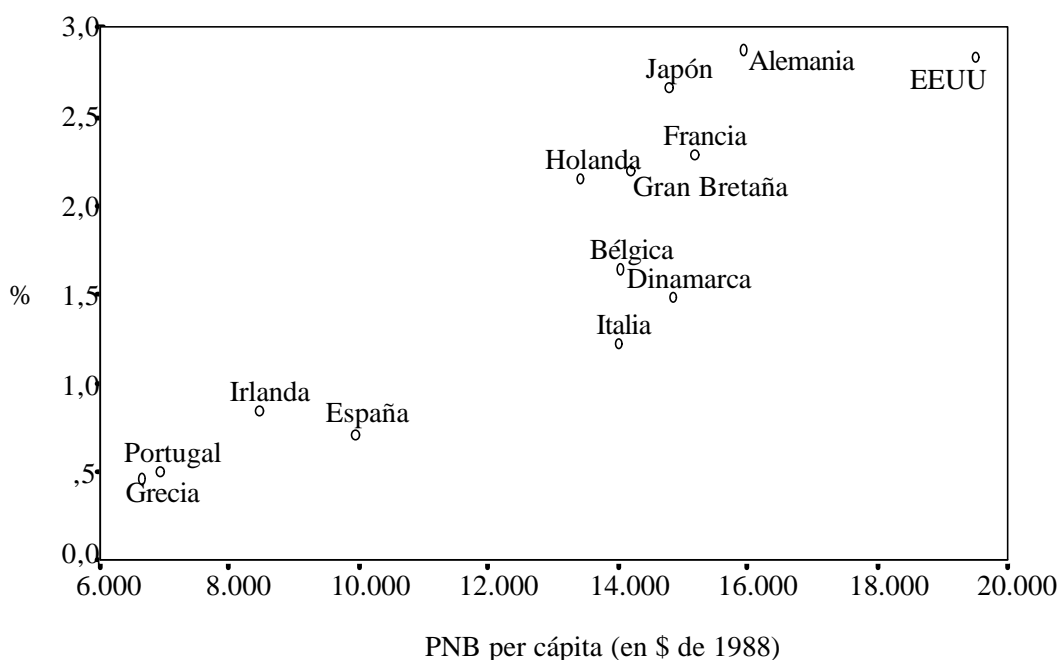


Los indicadores anteriores dan una idea de la situación del conjunto de la ciencia y la tecnología en España. No obstante, es especialmente interesante concentrar la atención en las actividades de carácter más tecnológico, esto es, las que emprenden las empresas para obtener nuevos productos y procesos que les permitan ser competitivos. La participación de las empresas en el gasto global en I+D (sexto indicador del cuadro 1) no es baja, ya que más de la mitad del gasto es ejecutado en ellas. Sin embargo, dado lo reducido que es el esfuerzo en I+D de las empresas españolas, dedican escasos recursos a I+D en relación al PNB. En la séptima fila del cuadro 1 se observa que, de los países analizados, tan solo Grecia y Portugal quedan por debajo del 0,41% del Producto Nacional, que es la magnitud del indicador español en 1988.

Atendiendo al personal de I+D, sea total o titulado (octavo y noveno indicador), se obtiene un perfil similar. Es, en cualquier caso, digno de mención que sólo el 27,4% de los licenciados e ingenieros que desempeñan trabajos relativos a I+D se encuentran en empresas. Este dato es aún más llamativo si se considera que la media comunitaria sobrepasa el 50%.

Una visión sintética de la posición que ocupa España en el grupo de países considerados puede obtenerse representando, como planteó Fagerberg (1988), en un mismo gráfico una medida de dedicación de recursos a investigación - el porcentaje del PNB dedicado a gasto en I+D- y un indicador de desarrollo del país. Este ejercicio se ha hecho para 1988 considerando la situación de los países que aparecen en el cuadro 1, y el resultado es el gráfico 5. La conclusión que se extrae ya ha sido apuntada por Quintanilla (1992b) y es clara: los países que tienen mayores rentas per cápita son los que dedican una porción mayor de su PNB a actividades de I+D. Atendiendo simultáneamente a ambos indicadores surgen dos grupos de países y España se encuentra, junto con Grecia, Irlanda y Portugal, en el de los rezagados, que dedican menos del 1 por ciento de su PNB a I+D.

Gráfico 5: PNB per cápita y dedicación de recursos a I+D (1988).



Los gráficos 6 y 7 manifiestan que en 1988 la debilidad de la I+D empresarial era mucho menor que la existente a principios de la década, pues el gasto en I+D en términos de PNB se había duplicado y el peso de los científicos de las empresas había crecido considerablemente. No obstante, esta afirmación debe quedar matizada porque la mala calidad de las estadísticas españolas hacía que inicialmente subestimasen la realidad, sobre todo en lo que se refiere a las empresas. Por eso, a medida que se emprendió la mejora del proceso de recogida de información, la dedicación de recursos a actividades de I+D tendió a crecer para aproximarse a la realidad.

De todos modos, vale la pena poner este resultado en relación con el que obtienen Molero y Buesa (1995), quienes señalan que, según la estadística de I+D del INE, en 1992 las empresas públicas que sólo representaban el 3,82% del total ejecutaban cerca del 19% del gasto. Además, las empresas con control mayoritario extranjero (24,5% del total) ejecutaban el 44,8% del gasto y aportaban el 54,6% de los fondos directos de las empresas. De ambos hechos se deduce que las empresas españolas de capital privado realmente representan una parte reducida del esfuerzo.

Gráfico 6: Gasto en I+D empresarial respecto al Producto Nacional Bruto (%).

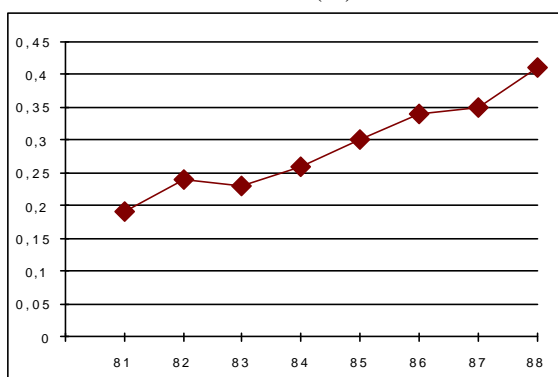
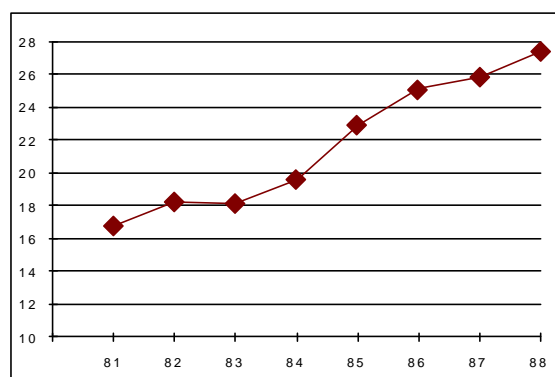


Gráfico 7: Científicos en el ámbito empresarial respecto al total de científicos (%).



En la última fila del cuadro 1 se muestra que las empresas españolas financiaban algo más del 80% del gasto en I+D que ejecutaban, lo que es un valor próximo a la media comunitaria, aunque aproximadamente diez puntos porcentuales por encima de las francesas y británicas. Este lugar intermedio que ocupa España es, sin embargo, producto del cambio de tendencia que se produce en 1983 y que hace que el sector público, como consecuencia de los cambios en la política científica y tecnológica que se exponen en la próxima sección, pase de financiar el 4% del gasto empresarial a sobrepasar el 15% (gráfico 9) mientras la parte financiada por las empresas evoluciona en sentido contrario (gráfico 8)⁹. Todo ello en un periodo en que el gasto empresarial crece considerablemente, por lo que el gobierno pasó de aportar en 1983 menos del 0,01 % del PNB a más del 0,6% cinco años después¹⁰.

⁹ El gasto empresarial en I+D no sólo es financiado por el sector empresarial y el sector público. La financiación también puede proceder del extranjero o de otras fuentes del interior del país, como instituciones sin ánimo de lucro. No obstante, las dos primeras fuentes son, con mucho, las más importantes.

¹⁰ Soete (1992) también analiza la evolución de la intensidad en I+D financiada por el sector público de diversos países de la OCDE a lo largo de los años ochenta para tener una visión del apoyo público a la investigación. La diferencia más sustancial con la visión que se está ofreciendo es que toma en consideración la importancia relativa de los fondos públicos de I+D dedicados a la defensa.

Gráfico 8: Porcentaje del Gasto en I+D empresarial financiado por la industria.

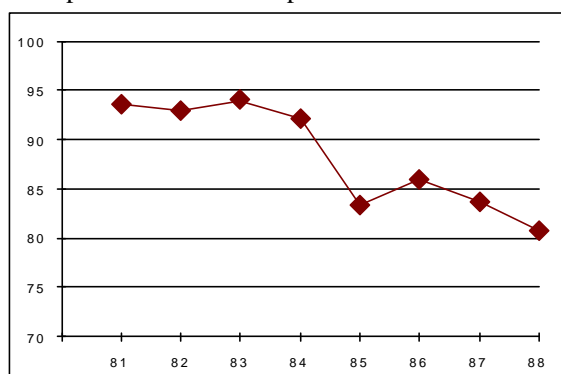
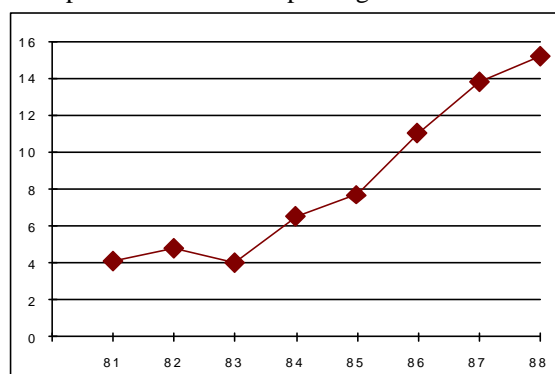


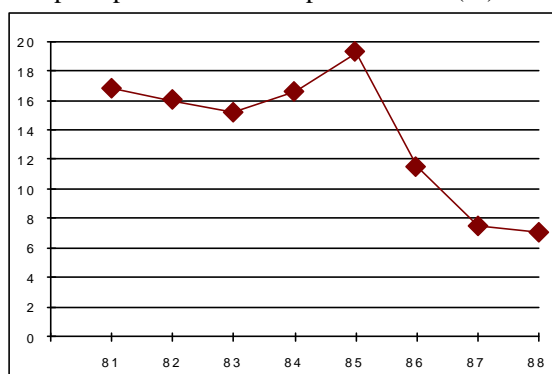
Gráfico 9: Porcentaje del Gasto en I+D empresarial financiado por el gobierno.



La debilidad de la innovación española se manifiesta también en los indicadores de resultados. Martín (1992, pp.282-287) examina la evolución de las publicaciones en revistas científicas y de las patentes. Siguiendo su trabajo, se puede afirmar que el número de publicaciones realizadas por investigadores nacionales en revistas científicas, concretamente las recogidas en la base de datos del *International Scientific Institute (ISI)*, muestra una tendencia creciente que se traduce en que la participación relativa de la producción científica española pase del 0,8% en 1982 a 1,3% en 1988.

Por su parte, las estadísticas de patentes proporcionan una orientación sobre el grado en que los esfuerzos en I+D se traducen en avances técnicos aplicables al proceso productivo y, en ese sentido, la evolución del número de patentes solicitadas en España y el desglose de su titularidad entre residentes y extranjeros dan una cierta idea sobre la marcha de la capacidad inventiva de los agentes económicos residentes en relación a los de otros países. En el gráfico 10 se observa claramente que el ratio entre patentes concedidas a residentes y el total de patentes concedidas cae en el periodo 1981-1988, sin embargo, también parece claro que ese resultado se debe a la existencia de un cambio estructural en 1986, año en que se aprueba la Ley española de Patentes, que marca el inicio de importantes cambios en este terreno en nuestro país, como son la incorporación a la Oficina Europea de Patentes y la adhesión al Tratado de Cooperación en Materia de Patentes.

Gráfico 10: Número de patentes solicitadas en España por residentes respecto al total (%).



Fuente: Martín (1992)

Por último, para ofrecer una visión sintética de los ingresos y pagos por tecnología, en el gráfico 11 se ha representado las tasas de cobertura de la balanza de pagos tecnológicos para algunos países de la CE y Japón. En todos ellos, los pagos tecnológicos superan los ingresos, siendo Estados Unidos con una tasa de cobertura de 4,57 el principal oferente de tecnología. En cualquier caso, destaca la gran dependencia española de la tecnología extranjera y, sobre todo, (gráfico 12) que a lo largo de la década pasada la necesidad de adquirir tecnología foránea fue creciente¹¹.

Gráfico 11: Tasa de cobertura de la balanza de pagos tecnológicos (1988).

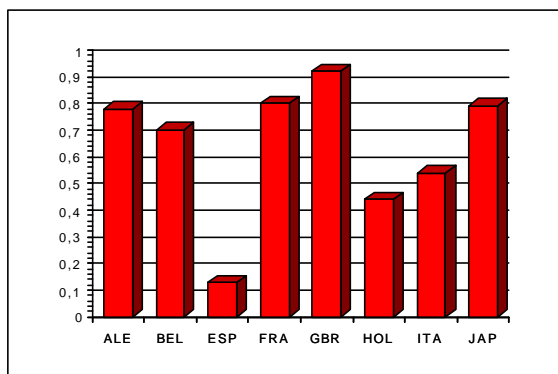
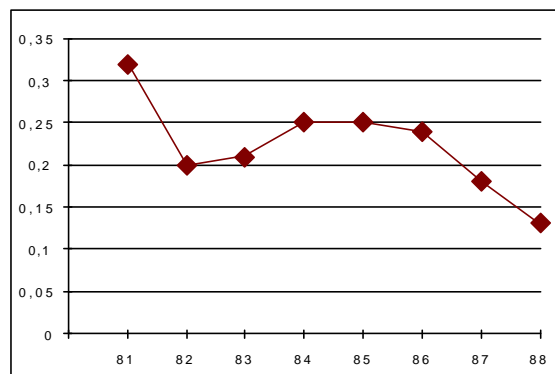


Gráfico 12: Tasa de cobertura de la balanza de pagos tecnológicos. España.



En conclusión, a pesar de que la intervención del gobierno a lo largo de la década de los ochenta hizo crecer los recursos destinados a investigación y desarrollo de forma importante, España seguía ocupando en 1988 una posición muy atrasada dentro de la Comunidad Europea. Además, el mayor desfase relativo en cuanto al esfuerzo tecnológico sigue teniendo lugar en el sector de empresas, apreciándose que el sustancial aumento del apoyo financiero público a las actividades llevadas a cabo por las empresas no ha recibido la respuesta esperada por parte de éstas. Por último, el abultado déficit de la balanza de pagos tecnológicos indica la debilidad del proceso de generación de innovaciones¹².

Es en este contexto en el que se puede entender la necesidad de actuaciones públicas en apoyo de las actividades científico tecnológicas que existía a finales de los años ochenta, cuando entra en funcionamiento el sistema de coordinación de la investigación que sigue vigente en la actualidad.

3.1.2. El sistema actual.

El diseño del sistema de ciencia y tecnología que surgió en los años ochenta y continúa vigente hoy en día, tiene como piedra angular la Ley de Fomento y Coordinación

¹¹ Sánchez (1992) también pone de manifiesto la acusada dependencia tecnológica de la economía española mediante el análisis del contenido tecnológico de los sectores industriales. Salvo excepciones, el contenido tecnológico importado es superior en todos los sectores, esto es, que el contenido tecnológico de sus importaciones de mercancías y los pagos de tecnología no incorporada superan sus gastos en I+D.

¹² Véase Casado (1995) para un diagnóstico de la capacidad tecnológica de la economía española a través del comercio tecnológico entre 1970 y 1992.

General de la Investigación Científica y Técnica (1986), conocida como Ley de la Ciencia¹³. No obstante, los mecanismos que desde el sector público se han puesto en práctica para fomentar las actividades de investigación se pueden dividir en tres grupos en función de sus objetivos y de las instituciones que los promueven. Por una parte, se encuentra el conjunto de actuaciones que arranca de la Ley de la Ciencia, que en buena medida constituye la política científica española. Por otra, los planes que se han impulsado desde el Ministerio de Industria y Energía (MINER) y que corresponden a lo que se podría calificar como política tecnológica. Estas son las dos líneas de intervención que se analizan a continuación.

En tercer lugar, junto a ellas, España participa en programas internacionales, que se justifican en que, actualmente, las actividades tecnológicas con frecuencia deben realizarse con la participación de entidades de países diversos y, por ello, se hace necesario contar con medidas capaces de financiar este tipo de proyectos. En este sentido se encuentran los acuerdos bilaterales que con este fin pueden adoptarse, y, sobre todo, los acuerdos multilaterales¹⁴. Entre estos últimos destacan el Programa Marco de la CEE, Eureka y el Programa de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo-Quinto Centenario (CYTED-D)¹⁵.

En cualquier caso, los instrumentos mencionados no agotan las medidas de apoyo existentes; hay que añadir las actuaciones de la Comunidades Autónomas, así como algunas de las establecidas por la propia administración central, como por ejemplo la desgravación fiscal a las actividades de I+D desarrolladas por las empresas.

¹³ La Ley de la Ciencia vino acompañada de otras modificaciones en el sistema legal español, en esa línea en 1983 se aprueba la Ley de Reforma Universitaria (L.R.U.) con la finalidad de flexibilizar y racionalizar el funcionamiento del sistema universitario español. Además, para crear un clima favorable a la innovación se adoptan la ley de Patentes (1986) y la ley de Propiedad Industrial (1987).

¹⁴ Para un análisis de la participación española en los diferentes acuerdos de cooperación ver CDTI (1993). También se exponen los programas internacionales en los que participa España en los trabajos de Isac (1985a), Buesa y Molero (1988), Arnés (1990), Caballero (1992), Comisión de las Comunidades Europeas (1993), entre otros.

¹⁵ Los programas de la Agencia Espacial Europea (ESA) y el Laboratorio Europeo para Física de Partículas (CERN) también tiene carácter multilateral. Por su parte, los proyectos del Airbus o el avión europeo de combate, aunque suponen importante colaboración tecnológica internacional, no constituyen propiamente programas dirigidos al fomento de la I+D.

3.1.2.1. El Plan Nacional de I+D¹⁶.

Antes de la Ley de la Ciencia, el Ministerio de Educación y Ciencia y el Ministerio de Industria y Energía compartían la principal responsabilidad en la gestión, coordinación y fomento de la I+D a escala nacional, aunque otros siete ministerios desarrollaban tareas en el mismo sentido. La Ley de la Ciencia pretendía poner fin a este modelo sectorizado, sustituyéndolo por un modelo basado en la coordinación, el establecimiento de prioridades y la planificación. Para lograr este objetivo se adoptó en 1988 el Plan Nacional de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico, que, desde entonces, marca las líneas prioritarias de actuación en materia de investigación científica y desarrollo tecnológico, programa los recursos disponibles e integra las actuaciones en el campo de la I+D de los sectores productivos, los organismos de investigación y las universidades.

Como mecanismo básico de programación en los campos de la investigación y el desarrollo tecnológico, en el Plan Nacional se integran todos aquellos programas de I+D a los que se les otorga prioridad por su interés general, así como aquellos que, por ámbito de aplicación y naturaleza de objetivos, tienen carácter sectorial, pero para los que se requiere una tarea de coordinación y armonización. De hecho, una de las características principales del Plan Nacional de I+D es que constituye un intento de hacer congruentes las actuaciones de los distintos ministerios con competencias en materia de investigación.

El Plan Nacional de I+D ha pretendido tanto el incremento de los recursos destinados a investigación como la garantía de que esta financiación sea regular. Para que el Plan sirva como instrumento de programación, tiene un carácter plurianual aunque, para dotarlo de mayor flexibilidad, es revisable anualmente. Tras una primera fase que se extendió entre 1988 y 1991, se puso en práctica una segunda en el periodo 1992-1995; en la actualidad se ha iniciado la tercera fase, que cubre hasta 1999.

Hay que señalar que el Plan Nacional no se encamina sólo hacia el fomento de la investigación básica de carácter científico sino que apoya el desarrollo tecnológico en las empresas. Es más, entre sus objetivos está la promoción de la comunicación y la actuación concertada de las universidades y organismos públicos de investigación con las empresas.

Para la consecución de los objetivos del Plan Nacional, la Ley de la Ciencia crea la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (CICYT) con responsabilidad en la planificación, elaboración, coordinación, evaluación y seguimiento del Plan Nacional de

¹⁶ Pueden encontrarse descripciones generales del Plan Nacional en Lafuente y Oro (1991 y 1992), Pampillón (1991) y Rojo (1991). Además, las memorias de la Comisión Interministerial para la Ciencia y la Tecnología proporcionan una visión general del funcionamiento del Plan Nacional.

Sobre las motivaciones que desde la administración se apuntan como causa de la puesta en marcha del Plan Nacional de I+D pueden consultarse a Maravall (1988) y Rojo (1988). Ambos artículos aparecen en el número 11 de la revista *Política Científica*, donde también se presenta una síntesis del contenido del Plan Nacional en su primera fase (véase pp. 11-27).

I+D. La CICYT trata de continuar la labor desarrollada por la Comisión Asesora para la Ciencia y la Tecnología, aunque en este caso se la ha dotado de una estructura institucional¹⁷ propia, de forma que tenga capacidad para llevar a cabo los objetivos que se proponga.

Tal y como establece la Ley de la Ciencia, el Plan Nacional está integrado, como mínimo, por las siguientes cuatro figuras, que reflejan sus objetivos de programación y coordinación:

1) Programas Nacionales de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico.

Antes de la puesta en práctica del Plan Nacional, el 80% de los fondos públicos dedicados a financiar actividades de investigación eran de carácter sectorial. Por el contrario, los Programas Nacionales son la expresión de la priorización del destino de los fondos públicos dedicados a estas actividades en función de su interés económico y tecnológico.

El punto de partida para formular prioridades lo constituyeron los Programas Especiales de I+D y los Planes Movilizadores puestos en marcha por la CAICYT a principios de los años ochenta. Para que un área fuese considerada prioritaria debía acomodarse a más de uno de los siguientes criterios:

- Estar relacionada con algún plan nacional vigente en aquel momento, como, por ejemplo, el Plan Energético Nacional (PEN).

- La comunidad científica y técnica debía contar con producción científica adecuada a su posible aplicación con el sector productivo, o, al menos, con capacidad para interactuar con él.

¹⁷ En la CICYT están representados todos los ministerios que tienen competencias en el fomento de la investigación, de forma que esta comisión pueda desempeñar adecuadamente sus funciones. Pero, además, para hacer factible la programación de los recursos y la coordinación de acciones, la CICYT dispone de dos órganos consultivos. El Consejo General de la Ciencia y la Tecnología debe promover la coordinación de la investigación científica y técnica de las comunidades autónomas y la administración central. El Consejo Asesor para la Ciencia y la Tecnología reúne a la comunidad científica, los agentes sociales y los responsables de programar la actividad científica.

A un nivel más operativo, la Comisión Permanente de la CICYT se encarga de la elaboración de los Programas Nacionales de I+D y de la tutela del funcionamiento científico-técnico del Plan Nacional. En la base del organigrama aparece la Secretaría General del Plan Nacional de I+D con funciones de coordinación, gestión y apoyo a las actividades que se integran en el Plan Nacional.

La Agencia Nacional de Evaluación y Prospectiva (ANEP) es un órgano de apoyo cuya responsabilidad consiste en evaluar, generalmente por el procedimiento de "evaluación por pares", la calidad científico-técnica de las solicitudes presentadas a las acciones del Plan Nacional de I+D. Además, aunque esta faceta no se ha desarrollado, la Comisión Permanente de la CICYT puede encargarle estudios en materia de investigación científica y desarrollo tecnológico. La ANEP es, por tanto, continuadora de la labor desarrollada por el Gabinete de Estudios de la CICYT.

Por último, junto a esta estructura organizativa se encuentra una Comisión Mixta Congreso-Senado que se encarga del seguimiento del Plan Nacional así como de la Política de Ciencia y Tecnología.

- El sector productivo debía ser dinámico.
- Existir deficiencias dentro de cualquiera de las dos comunidades en un sector estratégico para el país.
- Ser área prioritaria en programas internacionales y coincidir total o parcialmente con intereses españoles.
- Constituir un área de interés socioeconómico para España que presentase problemas que puedan ser resueltos por actividades de I+D.
- Permitir la reconducción de programas en vigor.

A partir de estos criterios, el Plan arranca con los Programas Nacionales que figuran en el cuadro 2, que serían posteriormente modificados en su segunda y tercera fase. Estos programas se agrupan en las áreas que aparecen en negrita en dicho cuadro, y que se han mantenido prácticamente inalteradas a lo largo de estos años.

2) En paralelo a la priorización de áreas tecnológicas para la financiación de actividades de I+D, se establecen Programas Nacionales de Formación de Personal Investigador en los campos privilegiados por los Programas Nacionales, de forma que se pueda contar con grupos capaces de desarrollar proyectos de calidad.

El subprograma de ayudas al intercambio de personal investigador entre las empresas y los centros públicos de investigación (CPI) merece ser destacado, ya que va dirigido a aproximar a la comunidad académica a los problemas que existen en las empresas y a permitir que los investigadores del sector empresarial conozcan qué les pueden aportar los equipos que trabajan en universidades y organismos públicos de investigación.

3) La tercera figura son los Programas Sectoriales en materia de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico, que aunque son propios de los distintos departamentos ministeriales, se incluyen en el Plan Nacional porque por su amplitud, requieren coordinación y armonización tanto entre sí como con los Programas Nacionales. Entre ellos cabe destacar el Programa Sectorial de Promoción General del Conocimiento y el Programa Sectorial de Formación de Profesorado y Perfeccionamiento de Personal Investigador, ambos del Ministerio de Educación y Ciencia, el Programa Sectorial de I+D Agrario y Alimentario del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca y el Fondo de Investigaciones Sanitarias (FIS) del Ministerio de Sanidad y Consumo y el de Estudios de las Mujeres y del Género del Ministerio de Asuntos Sociales.

Cuadro 2: Programas Nacionales

1988-1991	1992-1995	1996-1999
Tecnologías de la Producción y de las Comunicaciones	Tecnologías de la Producción y de las Comunicaciones	Tecnologías de la Producción y de las Comunicaciones
<ul style="list-style-type: none"> • Automatización Avanzada y Robótica • Investigación Espacial • Nuevos Materiales • Tecnologías de la Información y las Comunicaciones • Microelectrónica 	<ul style="list-style-type: none"> • Tecnologías Avanzadas de la Producción • Investigación Espacial • Materiales • Tecnologías de la Información y las Comunicaciones 	<ul style="list-style-type: none"> • Tecnologías Avanzadas de la Producción • Investigación Espacial • Materiales • Tecnologías de la Información y las Comunicaciones • Aplicaciones y Servicios Telemáticos • Tecnologías de Procesos Químicos
Calidad de Vida y Recursos Naturales	Calidad de Vida y Recursos Naturales	Calidad de Vida y Recursos Naturales
<ul style="list-style-type: none"> • Biotecnología • Salud • I+D Farmacéutico • Investigaciones sobre el Deporte • Investigación Agrícola • I+D Ganadero • Sistemas y Recursos Forestales • Tecnología de Alimentos • Conservación del Patrimonio Natural y Procesos de Degradación Ambiental • Recursos Marinos y Acuicultura • Recursos Geológicos 	<ul style="list-style-type: none"> • Biotecnología • Ciencias Agrarias • Medio Ambiente y Recursos Naturales • Salud y Farmacia • Tecnología de Alimentos 	<ul style="list-style-type: none"> • Biotecnología • I+D agrario • I+D en Medio Ambiente • Salud • Tecnología de Alimentos • Recursos Hídricos • I+D sobre el Clima • Ciencia y Tecnología Marinas
Programas Socioculturales	Estudios Sociales, Económicos y Culturales	Estudios Sociales y Económicos
<ul style="list-style-type: none"> • Problemas Sociales y Bienestar Social • Patrimonio Histórico • Estudios Sociales y Culturales sobre América Latina 	<ul style="list-style-type: none"> • Estudios Sociales, Económicos y Culturales 	<ul style="list-style-type: none"> • Estudios Sociales y Económicos
Programas Horizontales y Especiales	Programas Horizontales y Especiales	Programas Horizontales y Especiales
<ul style="list-style-type: none"> • Formación de Personal Investigador • Investigación en la Antártida • Física de las Altas Energías • Información para la Investigación Científica y el Desarrollo Tecnológico • Interconexión de Recursos Informáticos (IRIS) 	<ul style="list-style-type: none"> • Formación de Personal Investigador • Investigación en la Antártida • Física de las Altas Energías • Información para la Investigación Científica y el Desarrollo Tecnológico 	<ul style="list-style-type: none"> • Formación de Personal Investigador • Investigación en la Antártida • Física de las Altas Energías • Fomento de la Articulación del Sistema Ciencia-Tecnología-Industria (PACTI)

Por último, se encuentran los Programas de las Comunidades Autónomas, que son actuaciones promovidas por determinadas regiones que requieren coordinación con acciones de la administración central y cuya financiación es compartida habitualmente por la comunidad autónoma y la CICYT.

Las cuatro figuras anteriores se plasman en instrumentos o ejes de actividad, que pueden dividirse en tres grupos¹⁸ de acuerdo a los objetivos que persiguen:

a) El primer conjunto está dirigido a los centros públicos de investigación (CPI) y engloba los Proyectos de Investigación y de Infraestructura científico-técnica. Con ellos se trata de financiar la investigación y dotar de infraestructura a universidades y organismos de investigación de titularidad pública.

b) La segunda línea de actuaciones trata básicamente de fomentar la relación entre las actividades de los centros públicos de investigación y las emprendidas en el ámbito empresarial. Un objetivo importante es estimular a los investigadores de universidades y organismos públicos de investigación (OPI) para que difundan al sistema productivo los resultados de sus proyectos¹⁹. En este sentido, destaca el establecimiento de la red de oficinas de transferencia de resultados de investigación, red OTRI/OTT, que está compuesta de pequeñas unidades (OTRI) ubicadas en las universidades, organismos públicos de investigación y asociaciones de investigación empresariales, que reciben asesoramiento y son coordinadas desde la oficina de transferencia de tecnología (OTT) dependiente de la Secretaría General del Plan. Su cometido es promover la transferencia de la oferta científico-técnica de universidades y organismos públicos de investigación hacia los sectores productivos.

Como instrumento para impulsar la valorización de la I+D pública, desde 1989 se puso en práctica el Programa de Estímulo a la Transferencia de Resultados de Investigación (PETRI) con la finalidad de dotar a la red OTRI/OTT de un instrumento que permita incentivar a los grupos de investigación básica y aplicada para que dediquen parte de sus esfuerzos a acciones de I+D cuyos resultados puedan ser transferidos con alta probabilidad y a corto plazo a las empresas. Concretamente, consisten en ayudas puntuales a grupos de investigación de universidades y organismos públicos de I+D para que puedan completar los resultados científicos de sus proyectos con datos tecnológicos que permitan precisar su viabilidad industrial, y así facilitar su transferencia a una empresa o sector socioeconómico.

¹⁸ No se han considerado las acciones especiales porque, como su nombre indica, no tienen objetivos claramente definidos sino que sirven de apoyo al resto de instrumentos. De hecho, en muchos casos, sirven para facilitar la presentación de propuestas a medidas de apoyo nacionales o internacionales.

¹⁹ Más información sobre estas actuaciones se puede encontrar en Castro (1993), Giner y Represa (1993), Oro (1993) y Tortosa (1993).

En algunos casos, la ayuda procede sólo del Plan Nacional y en otros las empresas cofinancian el proyecto.

Para facilitar el funcionamiento de la red, desde 1990 funciona la base de datos DATRI, que contiene la oferta científica y tecnológica de las entidades incluidas en la red OTRI-OTT. Su cometido es facilitar la búsqueda de socios para participar en proyectos de investigación, la utilización de equipos, instrumentos, etc. de coste muy elevado o que requieren personal muy especializado, o cualquier actividad en la que sea necesario seleccionar expertos en determinados campos tecnológicos como la organización de cursos, evaluación de proyectos, etc.

c) El tercer grupo de instrumentos está formado por los Proyectos Concertados²⁰ y los Proyectos Integrados, que está muy relacionado con el conjunto de instrumentos anterior, ya que también se orientan a la mejora de la articulación del sistema de ciencia y tecnología. De hecho, la red OTRI-OTT sirve para canalizar tanto los Proyectos Concertados como los Integrados.

Ambos tratan de fomentar, además, la colaboración de empresas y centros públicos de investigación²¹ en proyectos de investigación de carácter precompetitivo en las áreas de Calidad de Vida y Recursos Naturales y de Tecnologías de la Producción y las Comunicaciones. Representan el relanzamiento de los Planes Concertados Coordinados que puso en marcha la extinta CAICYT.

La diferencia entre ambos instrumentos proviene de que los Proyectos Integrados se crearon para apoyar el desarrollo de proyectos de gran envergadura que integran (de ahí su denominación) tecnologías diversas y deben ser desarrollados por grupos de investigación de centros públicos y empresas. Entre ellos están el Plan Nacional de Comunicaciones de Banda Ancha (PLANBA) y la Acción Integrada para Materiales Compuestos Avanzados de Uso en Transporte (MAT).

Los dos últimos grupos de instrumentos se han integrado en la tercera fase del Plan Nacional en el Programa de Fomento de la Articulación del Sistema Ciencia-Tecnología-Industria (PACTI). Desde el punto de vista del fortalecimiento de las relaciones entre empresas y CPI, las novedades que surgen son, por una parte, la nueva Red de Apoyo a la Innovación Tecnológica, coordinada por el MINER, que pretende recoger la demanda tecnológica de las empresas y, por tanto, ser complementaria de la red OTRI-OTT. Por otra parte, la creación de la figura de la entidad promotora observadora (EPO) que consiste en una

²⁰ Los Proyectos Concertados son descritos con más detalle en el apartado 3.1.3..

²¹ Este último grupo de instrumentos ha sido posible gracias a que el artículo 11 de la Ley de Reforma Universitaria permite al profesorado universitario contratar con empresas la realización de trabajos de carácter científico-técnico.

empresa o unidad de la administración que propone que se acometa una actividad de I+D o declara su interés por una ya iniciada y hace un seguimiento de su progreso, pudiendo destacar en el grupo ejecutor a personal cualificado a tiempo parcial.

En la nueva fase del Plan no sólo se apoyará la colaboración entre empresas y CPI, sino que también se crean los Proyectos Cooperativos, mediante los cuales se financia la colaboración entre empresas y centros tecnológicos. Además, el PETRI incorpora una nueva modalidad de actuación en la que se sufragan los gastos que suponga la transferencia de tecnología desde los CPI hacia los centros tecnológicos.

Por último, cabe señalar que aunque la CICYT nace con la pretensión de amalgamar las actuaciones del sector público en favor de la I+D, desde el principio ésta optó por fortalecer la coordinación de la Política de ciencia y tecnología mediante la delegación de la gestión de determinados ejes de actividad del Plan Nacional a otros organismos o departamentos ministeriales. Además, de esta forma la administración de estas actuaciones se hace más eficiente al poder economizar costes. En esa línea, es de destacar que el Plan Nacional asigna al CDTI funciones relativas a la evaluación de aquellos proyectos en los que intervengan empresas y la promoción de la explotación comercial de las tecnologías desarrolladas por centros públicos de investigación y empresas. Por supuesto, el CDTI debe gestionar sus recursos de acuerdo con las orientaciones y criterios que se determinen en el Plan Nacional.

3.1.2.2. La política tecnológica.

Mientras que las actuaciones del Plan Nacional de I+D están orientadas hacia la investigación básica y el desarrollo precompetitivo de tecnología, la política tecnológica española puede asimilarse al conjunto de acciones llevadas a cabo por el Ministerio de Industria y Energía (MINER)²² con la finalidad de favorecer la innovación industrial.

El MINER presta apoyo directo a los proyectos que se dirigen a la mejora de la competitividad empresarial. En ese sentido, hay que señalar que su intervención se encamina a fomentar la I+D en el sector industrial, promover la calidad industrial y apoyar a las medianas y pequeñas empresas²³. Para los objetivos de esta investigación es suficiente con sintetizar los planes que apoyan la I+D industrial, e incidir, por su especial transcendencia, en el papel que desempeña el CDTI.

²² Aunque en los últimos años los sucesivos gobiernos han modificado las competencias del ministerio en el que se ubica el área de industria se ha optado por denominarlo siempre MINER.

²³ El Plan Nacional de Calidad y el Instituto para la Pequeña y Mediana Empresa son dos ejemplos de intervenciones que pretenden fomentar la calidad y apoyar a las empresas de menor dimensión.

Una síntesis de los planes que desde 1990 se han puesto en práctica puede encontrarse en Modrego (1994a y 1994b).

Dentro de las acciones emprendidas para apoyar las actividades de I+D se pueden encontrar dos grandes grupos. Por una parte, las acciones de carácter horizontal y, por otra, los planes sectoriales. Entre los primeros destaca el Plan de Actuación Tecnológico Industrial (PATI), que es el principal pilar en el que se basa la política tecnológica y, por eso, se le dedica una atención especial, aunque junto a él han existido otros como el Programa Industrial y Tecnológico Medioambiental (PITMA), el Programa de Apoyo al Registro de la Propiedad Industrial o la Ayuda para la Cualificación Técnica e Industrial en la empresa.

Los programas sectoriales tienen objetivos más específicos y, por ese motivo, no se realiza una exposición detallada de los mismos. Sin ánimo de ser exhaustivos, están encaminados, mediante la concesión de subvenciones, al ahorro de energía y el desarrollo de energías alternativas; a la aparición de nuevas líneas de actividad en el sector de la energía y recursos minerales, la mejora tecnológica y la reducción de costes en la minería; la promoción de la I+D y la introducción de nuevas técnicas, nuevos materiales y productos en el sector textil; y a fomentar la I+D en el sector aeronáutico y espacial.

Aunque algunos de los planes sectoriales subvencionen actividades de I+D y los planes horizontales incidan en la realización de actividades de I+D en las empresas mediante la formación de personal cualificado o la dotación de infraestructura tecnológica, el mecanismo por el cual el Ministerio de Industria subvenciona la realización de actividades de I+D en las empresas es el Plan de Actuación Tecnológico Industrial (PATI)²⁴. Si bien el PATI fue puesto en marcha en 1991, sería erróneo considerar que sólo entonces da comienzo el fomento público de la innovación, puesto que ya con anterioridad existían diversos programas sectoriales, e instituciones como el CDTI, que venían desarrollando su labor desde mucho antes. En cualquier caso, el PATI pretende una mejor organización y una potenciación de los recursos disponibles, con vistas a optimizar el impacto sobre el nivel tecnológico de la industria española.

Los antecedentes del PATI se encuentran en un conjunto de programas de apoyo al esfuerzo de innovación en la industria puestos en marcha a lo largo de los años ochenta por el Ministerio de Industria y Energía. El más antiguo de estos programas fue el Plan Electrónico e Informático Nacional (PEIN), que se aplicó inicialmente entre 1984 y 1987 y, en una segunda fase, entre 1988 y 1990. El PEIN fue un programa sectorial dirigido a la potenciación de las tecnologías de la información y las telecomunicaciones, pero tenía un fuerte componente horizontal (de difusión en los restantes sectores de actividad), consustancial con la naturaleza de dichas tecnologías. Con los mismos periodos de vigencia que el PEIN se desarrolló el Plan de Automatización Industrial Avanzada (PAUTA), cuyo carácter horizontal es aún más

²⁴ La exposición del funcionamiento del PATI y sus antecedentes se ha extraído de López (1990), Rodríguez Cortezo (1990), Triana (1990 y 1991), Ministerio de Industria, Comercio y Turismo (1991a, 1991b, 1991c, 1991d y 1991e), López y Álamo (1994) y Ministerio de Industria y Energía (1994).

acusado. Su objetivo era el apoyo a la investigación, desarrollo y difusión de las aplicaciones de la fabricación flexible. Aunque ya desde sus inicios el PAUTA fue complementario del PEIN, en su segunda fase su gestión es común ya que PAUTA se engloba en PEIN. Los propósitos concretos del PAUTA, aparte de la creación de un sector de automatización nacional, eran la mentalización social de la necesidad de la automatización y, además, el aprovechamiento de la cultura de colaboración con CPI de reconocido prestigio, fomentada primero por la CAICYT y luego por el Plan Nacional.

Junto al PEIN y al PAUTA, el Plan para el Fomento de la Investigación en la Industria Farmacéutica (FARMA) estuvo en vigor entre 1987 y 1990 con el objetivo de facilitar la aparición de un sector industrial con tecnología propia, capaz de desarrollar patentes de producto de calidad apropiada para los mercados internacionales. La razón para su puesta en práctica fue que la entrada en vigor de la ley española de patentes de 1986 y la integración de España en el Convenio de la Patente Europea quedaron en suspenso hasta octubre de 1992 para los productos químicos y farmacéuticos, de forma que era necesario aprovechar ese lapso temporal para impulsar al sector.

Finalmente, hay que mencionar el Programa de Innovación Tecnológica, que se extendió desde 1985 a 1990, cuyas ayudas iban dirigidas a todas las ramas de la industria con la finalidad de apoyar la dotación de equipos de laboratorio en centros de I+D, la formación de personal, la participación en programas internacionales y la cooperación de las empresas con centros de investigación en todas las ramas de la industria.

Estos cuatro programas, heterogéneos en su origen y contenido, generaban ayudas al desarrollo tecnológico en las empresas en aspectos sectoriales (PEIN y FARMA), de difusión horizontal de las tecnologías (PEIN y PAUTA), y de creación de infraestructura y cooperación internacional (Programa de Innovación)²⁵. Para garantizar la continuidad de estos esfuerzos en el marco impuesto por el Mercado Único Europeo surge el Plan de Actuación Tecnológico Industrial (PATI), que pretende la aplicación de tecnologías avanzadas que contribuyan a mejorar la competitividad del sistema productivo, así como la eficacia de las infraestructuras. Aunque con este programa se trata de mejorar la eficiencia de los sectores productivos, en su aplicación priman los aspectos horizontales, esto es, su difusión al conjunto del sistema productivo. Los criterios que se aplican son la concentración en nichos de tecnología y, sobre todo, en aquellas tecnologías que puedan tener más impacto en la industria tradicional. Además, es destacable el interés puesto en el aprovechamiento industrial de aquellos resultados de investigación obtenidos en programas nacionales e internacionales.

²⁵ A estos mecanismos hay que añadir los programas internacionales y, tras el ingreso de España en la Comunidad Europea, los programas europeos.

En 1994 se puso en marcha el segundo PATI, que va a continuar desarrollando las mismas áreas prioritarias que el primer PATI en el periodo comprendido entre 1994 y 1996, si bien desde su aparición está prevista una revisión en 1996 que lo prolongue hasta 1998. De esta forma, se pone en práctica el PEIN IV, que sigue la pauta marcada por el PEIN III y se hace más selectivo, promocionando determinados segmentos de la electrónica, la informática y las telecomunicaciones, aunque seguirá apoyando al subsector de componentes electrónicos y a las actividades de diseño en el campo de la microelectrónica.

El apoyo a la industria farmacéutica se mantiene a través de la tercera edición de FARMA, al igual que el Plan de Infraestructura Tecnológica (PIT) que, aunque aparece por primera vez en el PATI, es continuador de la labor del Plan de Innovación Tecnológica. También prosigue su actividad el programa PAUTA, que mantiene su independencia respecto de PEIN desde la aprobación del primer PATI. Su objetivo es doble, por un lado se apuesta por una industria española de automatización con alto nivel tecnológico y proyección internacional y, por otro, se desea difundir estas tecnologías en el sector industrial.

En el primer PATI apareció el Plan de Desarrollo Tecnológico en Biotecnología, Tecnologías Químicas y Tecnologías de los Materiales (BQM) con el objetivo de facilitar el desarrollo y la introducción de nuevas tecnologías en las áreas de biotecnología, tecnologías químicas avanzadas y tecnología de materiales, dado que su aplicabilidad se extiende a una gran cantidad de productos industriales. Esta iniciativa, que se puso en práctica debido a que los mecanismos existentes aplicables a estas áreas eran insuficientes a causa de que el Plan Nacional tiene un carácter más básico y de que en los programas internacionales es complejo obtener los retornos adecuados, se desgaja en el segundo PATI en dos programas independientes. Por una parte, en el área de Tecnologías de los Materiales inicia su actividad el Programa TECMA que pretende la elección de segmentos de tecnologías prioritarias para su especial consideración, así como apoyar proyectos que desarrollen tecnologías en las líneas prioritarias ya seleccionadas como son aceros especiales, aleaciones ligeras, cerámicas avanzadas, adhesivos poliméricos, materiales compuestos, etc. Por otra parte, el Programa de Biotecnología y Tecnologías Químicas (BTQ) potencia, en las líneas prioritarias establecidas en cada una de estas áreas, la investigación y difusión de estas tecnologías.

Junto a las acciones anteriores, gestionadas por el propio Ministerio de Industria, se encuentra la labor de promoción tecnológica que el CDTI lleva a cabo directamente y que se instrumenta principalmente a través de las siguientes actividades²⁶:

- En primer lugar, gestiona todos aquellos programas que le han delegado otras instituciones, el ejemplo más claro son los Proyectos Concertados del Plan Nacional de I+D²⁷.

²⁶ Sobre el funcionamiento del CDTI, puede consultarse: Fontela et al. (1992), las memorias del CDTI y Modrego (1994a y 1994b).

Del mismo modo, administra la participación española en los programas comunitarios, en CYTED-D Innovación (conocido como Iberoeka) y algunos acuerdos bilaterales, siendo una de sus funciones velar por la obtención de retornos científicos, tecnológicos e industriales adecuados en los programas internacionales.

La gestión por parte del CDTI de las ayudas que tienen un marcado carácter empresarial se justifica no sólo en la búsqueda de coordinación entre los organismos públicos, sino también en la capacidad del CDTI para evaluar el contenido tecnológico y económico-financiero de los proyectos de desarrollo en los que intervengan las empresas.

- Como complemento a la labor anterior, el CDTI puede financiar con cargo a su propio presupuesto proyectos de investigación y desarrollo realizados por empresas. Destacan los Proyectos de Desarrollo Tecnológico, que se concretan en la concesión de créditos con interés privilegiado a proyectos bastante próximos al mercado, generalmente coordinados con los programas puestos en práctica por el Ministerio de Industria que se engloban en PATI y el Programa Industrial y Tecnológico Medioambiental (PITMA). Además, al igual que los Proyectos Concertados, tienen la peculiaridad de que sólo son reembolsados en su totalidad si el proyecto es calificado como éxito técnico. Esta modalidad de financiación se emplea no sólo para apoyar proyectos desarrollados por empresas nacionales en solitario sino también para la participación de proyectos conjuntos incluidos tanto en el Programa Eureka como en CYTED-D Innovación.

El CDTI también concede créditos de prefinanciación a las empresas que acuden a programas internacionales, cubriendo de este modo los costes que suponen las fases de preparación de los proyectos. En este caso, el CDTI no asume ningún riesgo técnico y la tasa de interés es la utilizada para los créditos blandos.

En 1992 comenzaron su andadura los Proyectos de Innovación Tecnológica para apoyar a las empresas en su adaptación o incorporación de nuevas tecnologías o tecnologías avanzadas ya existentes cuyo riesgo técnico sea pequeño y su periodo de maduración corto. La financiación de estos proyectos se hace conjuntamente por el CDTI y entidades bancarias, pudiendo, además, existir financiación procedente de comunidades autónomas.

- Junto a las actuaciones anteriores, ligadas directamente al estímulo de la I+D, el CDTI lleva a cabo actividades tendentes a la asimilación de tecnologías extranjeras por parte de las empresas españolas. Sin embargo, es prioritaria su intervención para la promoción de la explotación industrial de las tecnologías desarrolladas por las empresas españolas, sobre

²⁷ Esta labor del CDTI no es nueva, ya que antes de la aprobación de la Ley de la Ciencia, colaboraba con la CAICYT en la evaluación de los proyectos de investigación aplicada y de desarrollo que solicitaban ayuda financiera pública a través del mecanismo de los denominados Planes Concertados, antecesores de los Proyectos Concertados.

todo las desarrolladas con financiación pública. En este sentido, destacan los estudios que el CDTI está realizando para analizar la posibilidad de transferir las tecnologías que se han generado con financiación CDTI desde que este organismo comenzó a funcionar.

También para facilitar la transferencia de la tecnología española al exterior, el CDTI ha puesto en práctica una serie de servicios de apoyo a las empresas para que comercialicen tecnología en otros países. En esta línea, se han firmado acuerdos con *brokers* internacionales para la distribución de tecnologías CDTI en sus respectivos países y se han creado los Proyectos de Promoción Tecnológica, destinados a prestar ayuda financiera a las empresas españolas que, habiendo desarrollado una tecnología nueva, desean comercializarla en el exterior. La financiación se realiza a través de la concesión de créditos privilegiados que pueden alcanzar hasta un 70% del presupuesto total del proyecto. Las fases del proceso de comercialización de la tecnología que pueden acogerse a estas ayudas son la obtención de una patente nacional, los estudios de novedad internacional, la extensión internacional de la patente, el cálculo del precio de la tecnología, la promoción comercial de la tecnología, etc.

- Por último, en la actividad del CDTI tienen gran importancia las actividades de difusión tecnológica, de forma que participa activamente en la creación y distribución de bases de datos y en la organización de jornadas, mesas redondas y seminarios.

En lo que respecta a la labor del CDTI en apoyo de la realización de actividades de I+D, los instrumentos financieros utilizados son los siguientes²⁸:

- Una de las modalidades de financiación son los créditos sin interés, cuyo objetivo es suministrar financiación a largo plazo y sin coste financiero. Resulta apropiada para proyectos de alto riesgo técnico y larga duración. Dentro del CDTI se aplican habitualmente a Proyectos Concertados, aunque pueden también concederse a Proyectos de Desarrollo Tecnológico que presenten un alto grado de investigación básica en sectores estratégicos. La cuantía del crédito cubre hasta un cincuenta por ciento del presupuesto del proyecto y el plazo de amortización es de cinco años, con uno de carencia, a partir de la financiación del desarrollo del proyecto.

- Por otra parte, los créditos privilegiados son aquellos que se conceden a bajo tipo de interés. Se trata de la modalidad financiera que más habitualmente utiliza el CDTI y tiene como objetivo suministrar financiación a medio plazo y a un coste financiero bajo, apropiada para proyectos que presentan un riesgo técnico medio y un corto periodo de desarrollo. Estos créditos se aplican a la financiación de los Proyectos de Desarrollo Tecnológico y Proyectos de Innovación Tecnológica, así como a los de Promoción Tecnológica. En estos casos, la

²⁸ Sobre el modo en que el CDTI financia proyectos, véase, además de las referencias generales ya indicadas, Arnés (1993 y 1994) y Casilda (1993).

financiación asciende hasta la mitad del presupuesto del proyecto y el plazo de amortización es de dos a seis años.

- Los créditos subordinados se aplican a la financiación de Proyectos de Desarrollo Tecnológico que sean de alto interés tecnológico y alto riesgo tecnológico y comercial, y que necesiten de una financiación a mayor plazo por las características de su periodo de maduración. Se trata de proyectos promovidos por el propio CDTI, pudiendo alcanzar la financiación el 50% del presupuesto del proyecto. Es un instrumento financiero dirigido a pequeñas y medianas empresas ya implantadas o de nueva creación, asociaciones de interés económico, *joint-ventures*, consorcios, etc. Se amortiza en función del *cash-flow* que se genere o de la fórmula que contractualmente se establezca.

- Por último, los créditos subsidiados se aplican a los Proyectos de Innovación Tecnológica, según una fórmula de financiación conjunta entre el CDTI y una entidad bancaria que haya suscrito previamente un convenio de colaboración con el CDTI y el Instituto de Crédito Oficial (ICO). En esta modalidad el CDTI aporta hasta un 25% del total del proyecto mediante un crédito privilegiado, subvencionando además en cuatro puntos el tipo de interés que aplique el banco a su parte (hasta un 25%). El plazo de amortización del crédito subvencionado es de cinco años con dos de carencia y con amortizaciones semestrales durante los tres años siguientes.

Las actuaciones del propio Ministerio de Industria y del CDTI están marcadas por la misma estrategia de promoción tecnológica. El apoyo concedido a cada proyecto -sea emprendido por empresas españolas o en el marco de la colaboración de Eureka o Iberoeka - es instrumentado de una forma u otra según su carácter más o menos básico, es decir, por su proximidad al mercado. Así, hasta el inicio de la segunda etapa del PATI, los proyectos cuyo contenido era básicamente investigación son financiados por el CDTI a través de Proyectos Concertados del Plan Nacional de I+D y, además, podían recibir subvenciones del Ministerio de Industria. A medida que los proyectos tenían un componente mayor de desarrollo tecnológico, el CDTI aportaba financiación a través de Proyectos de Desarrollo y el Ministerio de Industria podía conceder también subvenciones. En cualquier caso, un proyecto nunca podía (ni puede en la actualidad) recibir ayudas por encima del setenta por ciento de su presupuesto.

En la nueva etapa, que comienza con la aprobación de la segunda fase del PATI, las subvenciones se conceden de manera más selectiva ya que se asocian al carácter básico o precompetitivo de los desarrollos emprendidos o a las prioridades predefinidas de las acciones propuestas. Por su parte, los créditos concedidos por el CDTI tienen una aplicación más general en las actuaciones que están más cercanas al mercado y no necesariamente incluidas en prioridades estrictas. Lo más novedoso es que normalmente las subvenciones y los créditos no confluyen en un mismo proyecto, sino que son considerados mecanismos

alternativos. La confluencia para formar un paquete privilegiado sólo se produce en los programas de más alta prioridad como la iniciativa Eureka o el Plan Nacional del Espacio. Por su parte, los préstamos retornables en función del éxito se conceden cuando actúan como empresas de cabecera en proyectos de gran entidad que generan actividad subcontratada en empresas pequeñas y medianas.

Los créditos bancarios con interés preferente están dirigidos a la incorporación de desarrollos de tecnologías avanzadas en sectores usuarios. Se conceden como una fórmula de promoción de la modernización del sistema productivo, facilitando la demanda de productos y procesos que contribuyan a tal modernización. Evidentemente, la oferta de estos créditos con tasa de interés subvencionada tiene un carácter selectivo, dirigido a segmentos de usuarios de tecnologías sectoriales muy estrictamente delimitadas en función del interés general que presenta la aplicación de las tecnologías en cuestión.

3.1.3. Los Proyectos Concertados.

De la exposición que se ha realizado en esta sección se desprende que, dentro de las actividades que se llevan a cabo en España en el ámbito de la ciencia y la tecnología, hay dos líneas de actuación bastante delimitadas que son la del Plan Nacional y la del Ministerio de Industria y Energía. La primera trata de apoyar la realización de investigación de carácter más básico, sobre todo en el mundo académico, mientras que la última se dirige directamente a la I+D empresarial. Sin embargo, también se ha puesto de manifiesto que el Plan Nacional tiene entre sus objetivos promover la investigación en las empresas y la colaboración de éstas con los centros públicos de investigación. Con ello se pretende fomentar la participación de estos centros en las actividades de I+D de las empresas y la adecuada transferencia al sector productivo de aquellos resultados de la investigación pública que puedan dar lugar a nuevos procesos o productos de interés industrial. En otras palabras, se intenta pasar de una situación de autonomía del sistema de ciencia-tecnología a otra en la que exista articulación del sistema de ciencia-tecnología-industria. En este contexto, el Plan Nacional promueve acciones que facilitan la comunicación y los intercambios entre los elementos del mismo, de manera que se forme un tejido reticular que constituya la trama del sistema de ciencia-tecnología-industria. Entre ellas, están el establecimiento de la red OTRI-OTT o el Programa de Estímulo a la Transferencia de Resultados de Investigación (PETRI), pero también los Proyectos Concertados.

Dado que los Proyectos Concertados son el objeto del estudio que se realiza en el capítulo 4, merece la pena prestar un poco más de atención a sus características y evolución. En cualquier caso, lo relevante de las próximas páginas no es tanto la exposición de sus características sino de las implicaciones que éstas tienen para la intervención pública.

Los Proyectos Concertados son proyectos de investigación realizados por empresas en líneas temáticas acordes con los objetivos del Plan Nacional de I+D y reciben financiación con cargo al Fondo Nacional de I+D. No obstante, la gestión de los Proyectos Concertados se encomienda al CDTI.

En los cuadros 3 y 4 se refleja el número de proyectos aprobados en los distintos Programas Nacionales en los periodos 1988-91 y 1992-93 para las dos áreas en las que se conceden Proyectos Concertados (Tecnologías de la Producción y de las Comunicaciones y Calidad de Vida y Recursos Naturales). La razón para emplear dos cuadros es que, como se ha dicho anteriormente, en la segunda fase del Plan Nacional de I+D hubo modificaciones en los Programas Nacionales. En ambos periodos destaca que la mayor parte de los proyectos se ubican en el área de tecnologías de la producción y las comunicaciones.

Cuadro 3: Distribución por áreas de los Proyectos Concertados aprobados.

1988-1991	Número	Presupuesto total	Aportación del Plan Nacional
Tecnologías de la Producción y de las Comunicaciones	270	35.687,8	15.814,7
• Automatización Avanzada y Robótica	39	6.203,3	2.522,5
• Investigación Espacial	69	7.825,5	3.785,0
• Nuevos Materiales	102	12398,1	5.375,2
• Tecnologías de la Información y las Comunicaciones	45	6.987,7	3.080,5
• Microelectrónica	15	2.273,2	1.051,5
Calidad de Vida y Recursos Naturales	173	15.931,1	7.092,7
• Biotecnología	29	2.869,7	1.325,6
• Salud	8	1.009,0	423,3
• I+D Farmacéutico	19	4.235,6	1.814,8
• Investigación Agrícola	17	1.583,8	755,2
• I+D Ganadero	7	580,6	261,0
• Sistemas y Recursos Forestales	11	530,2	235,2
• Tecnología de Alimentos	41	2.269,0	1.029,5
• Conservación del Patrimonio Natural y Procesos de Degradación Ambiental	16	1.246,3	514,3
• Recursos Marinos y Acuicultura	23	1.345,4	629,1
• Recursos Geológicos	2	261,5	104,7

Fuente: Memoria del Plan Nacional 1991. Los valores monetarios están expresados en millones de pesetas.

Cuadro 4: Distribución por áreas de los Proyectos Concertados aprobados.

1992-1993	Número	Presupuesto total	Aportación del Plan Nacional
Tecnologías de la Producción y de las Comunicaciones	132	14.067,4	5.518,7
• Tecnologías Avanzadas de la Producción	25	3.567	1.363,2
• Investigación Espacial	15	819	391,6
• Materiales	52	4.943	1.927,8
• Tecnologías de la Información y las Comunicaciones	40	4.738,4	1.836,1
Calidad de Vida y Recursos Naturales	75	6.478,3	2.667,2
• Biotecnología	6	766,2	306,4
• Ciencias Agrarias	26	1751	711,7
• Medio Ambiente y Recursos Naturales	11	793,8	310,5
• Salud y Farmacia	16	2.249,4	899,6
• Tecnología de Alimentos	16	1.097,9	439

Fuente: Memorias del CDTI. Los valores monetarios están expresados en millones de pesetas.

Los Proyectos Concertados son proyectos de investigación precompetitiva, por lo que suponen un riesgo técnico elevado y sus resultados no son directamente comercializables. Otro rasgo definitorio de los Proyectos Concertados es que para que un proyecto pueda ser aprobado tiene que verificar, como requisito casi ineludible, la obligación de ser realizado en colaboración con universidades y organismos públicos de investigación. Esta es la forma en que los Proyectos Concertados tratan de impulsar la articulación del sistema de ciencia-tecnología-industria.

Junto a las características anteriores, que afectan al tipo de investigación que es apoyada por el Plan Nacional y al modo en que ésta se realiza, el instrumento Proyecto Concertado también presenta rasgos diferenciados desde el punto de vista del modo en que se instrumentan las ayudas. En ese sentido, los Proyectos Concertados consisten en créditos sin intereses cuya cuantía cubre hasta un cincuenta por ciento del presupuesto del proyecto, con un plazo de amortización de cinco años, y uno de carencia, venciendo la primera anualidad un año después de la terminación del proyecto. En cualquier caso, la financiación que proporciona el Plan Nacional a este tipo de proyectos puede coordinarse con subvenciones procedentes del Ministerio de Industria y de las comunidades autónomas.

Además, los Proyectos Concertados incluyen una cláusula de riesgo técnico según la cual, en el caso de que el proyecto no consiga sus objetivos técnicos, la empresa queda exenta de devolver la totalidad de la cantidad prestada y, si cede al CDTI los derechos de explotación económica del proyecto, únicamente debe reintegrar, en cinco anualidades, el resultado de aplicar a los activos fijos adquiridos el porcentaje de financiación pública o bien el 25 por ciento de la financiación pública del proyecto, si esta última cantidad es mayor.

Para terminar de ofrecer una visión inicial de lo que han sido hasta ahora los Proyectos Concertados, es interesante analizar algunas cifras significativas de su funcionamiento. En el cuadro 5 se reflejan los presupuestos anuales del Fondo Nacional de I+D y el montante total de los compromisos adoptados por el Plan Nacional de I+D para la

realización de Proyectos Concertados, expresados en términos monetarios y en relación al total de fondos públicos. Mientras que en el presupuesto del Fondo Nacional de I+D se aprecia cierta estabilidad a lo largo de todo el periodo, con cifras cercanas a los 20.000 millones de pesetas, a partir de 1990 las cantidades dedicadas a la realización de Proyectos Concertados sufren continuas reducciones. Esta disminución llega al extremo de que el nivel de compromiso para el año 1993 es casi 1.000 millones de pesetas menor que el alcanzado en el primer año de vida de la acción.

Cuadro 5: Evolución de las aportaciones del Fondo Nacional de I+D.

	Presupuesto del Fondo Nacional	Compromisos del Plan con los Proyectos Concertados	Porcentaje
1988	13.043	4.785	36,6%
1989	19703	5.758	29,2%
1990	24.224	6.558	27,0%
1991	19.919	5.805	29,1%
1992	19.530	4.394	22,5%
1993	20.396	3.874	18,9%

Fuente: Memorias de actividades del Plan Nacional de I+D. Cifras en millones de pesetas.

El cuadro 6 abunda en la idea anterior, mostrando que desde 1988 el número de proyectos aprobados crece y con él la aportación total con cargo al Fondo Nacional de I+D y el presupuesto total de los mismos, llegándose a movilizar 15.000 millones de pesetas en 1990. Sin embargo, después de este año los tres indicadores han disminuido gradualmente. El porcentaje medio de la inversión que es financiado mediante créditos sin intereses fue reduciéndose desde el 51 por ciento de 1988 hasta alcanzar el 38,8 por ciento en 1992, aunque en 1993 ha crecido ligeramente.

Cuadro 6: Inversión y financiación de los Proyectos Concertados en el periodo 1988-1993.

	1988	1989	1990	1991	1992	1993
Número de proyectos	76	124	129	114	109	100
Presupuesto total de inversión	9.465	12.666	15.471	14.016	11.307	9.625
Compromisos de inversión CDTI	4.785	5.758	6.558	5.806	4.395	3.874
Porcentaje de inversión CDTI sobre el presupuesto total	51	46	42	41	39	40
Subvenciones públicas	1.161,3	1.703,6	2.499,9	2.433,5	1.836,7	1.420,2
Porcentaje de subvenciones públicas en el presupuesto total	12,2	13,4	16,1	17,3	16,2	14,7
Aportación empresas	3.518,8	5.204,1	6.412,4	5.777,9	5.075,0	4.331,5

Las cifras correspondientes al número de proyectos aprobados corresponden al 31 de diciembre de cada año, sin descontar los proyectos anulados ni remanentes presupuestarios. Asimismo, las cifras de desembolsos realizados durante el ejercicio hacen referencia a proyectos aprobados en cualquier año y están medidas en millones de pesetas.

Fuente: Arnés (1993), memorias del CDTI y memorias del Plan Nacional. Elaboración propia.

No obstante, hay que indicar que el apoyo público a los Proyectos Concertados no se reduce sólo a los créditos sin interés sino que también pueden recibir subvenciones públicas de diversas fuentes como son el MINER o las comunidades autónomas. En el cuadro 6, que incluye el desglose de la procedencia de los fondos que financian los Proyectos Concertados,

se observa que en el periodo 1988-91 el peso de las subvenciones aumentó en más de cinco puntos porcentuales.

En cuanto a la colaboración de universidades y organismos públicos de investigación en los Proyectos Concertados, pueden extraerse algunos comentarios del cuadro 7:

- En los dos primeros años se admitió la realización de proyectos por las empresas en solitario, pero desde 1990, en que se concedieron dos proyectos sin que participasen CPI, no se han producido nuevas excepciones a la regla de que los Proyectos Concertados requieren colaboración de investigadores académicos.

- En torno al 15,5% del presupuesto total de los proyectos aprobados en el periodo 1988-1993 se ha destinado a actividades realizadas en CPI.

- Para los proyectos que se han llevado a cabo con colaboración se ha requerido la participación de entre 1,4 y 1,6 CPI.

- La aportación media a los CPI para los proyectos que han contado con su colaboración está en torno a los 18 millones de pesetas, si bien fue algo superior en 1988 y menor en 1993.

Cuadro 7: Resumen de la participación de CPI en los Proyectos Concertados aprobados.

	1988	1989	1990	1991	1992	1993
Número de proyectos aprobados	76	124	129	114	109	98
Número de proyectos con participación de CPI	47	106	127	114	109	98
Número de convenios	69	156	200	182	152	145
Aportación de CPI (Mptas.)	1186,3	2059	2380,9	2136,6	1971,7	1.551,1
Porcentaje del presupuesto total que se aporta a los CPI.	12,5	16,3	15,4	15,2	17,4	16,5
Aportación media a los CPI por Proyecto Concertado realizado en colaboración (Mptas).	25,2	19,4	18,5	18,8	18,1	15,8
Número de Investigadores de CPI movilizados	109	212	266	169	nd	nd

Fuente: Memorias del Plan Nacional 1990 y 1991. Memorias del CDTI 1992 y 1993. Elaboración propia. nd.: no disponible.

Una vez expuestas las características de los Proyectos Concertados, surge la cuestión de si, tomándolas como referencia, cabe hacer algunas sugerencias sobre su idoneidad y sobre su efectividad para promover la investigación y la colaboración con CPI en los diversos tipos de empresas y de proyectos.

En primer lugar, volviendo a la línea argumental del capítulo 2, el carácter precompetitivo de la investigación puede servir para justificar el apoyo público, dado que su lejanía del mercado puede acentuar la falta de apropiabilidad de sus resultados y, además, posiblemente reduzca la presión por ser el primero que es causante de la excesiva inversión en I+D.

Por otro lado, el requisito de contar con la colaboración de investigadores del sector público sólo parece tener sentido si realmente existen obstáculos al establecimiento de vínculos entre los investigadores del mundo académico y los de la industria, esto es, si la ausencia de colaboración entre empresas y centros públicos de investigación no se debe a que la investigación que son capaces de desarrollar los investigadores académicos carece de interés en el ámbito empresarial sino a otras causas. Más aún, estas actuaciones pueden tener más efecto si estos obstáculos se diluyen una vez que se establecen relaciones entre ambos colectivos. Por todo esto, en la sección 2 de este capítulo se abordan los estudios que se han realizado para dilucidar si realmente existen barreras a la colaboración y si estas desaparecen o pierden relevancia una vez que se han generado relaciones formales e informales entre investigadores.

En cuanto a los mecanismos de financiación, el hecho de que no consistan en subvenciones sino en créditos hace necesario revisar la literatura para determinar tanto si esta forma de apoyo instrumentada mediante créditos sin intereses es adecuada como si es más apropiada para unas empresas que para otras. Esta es la finalidad de la sección 3 de este capítulo.

Una tarea que queda pendiente consiste en analizar el efecto que la cláusula de riesgo técnico de los Proyectos Concertados tiene sobre las decisiones que toman las empresas respecto a cuánto investigar y a qué tipo de proyectos llevar a cabo. El motivo para no abordarla es que, tal y como se expuso en el apartado 1.5. del capítulo 2, los modelos teóricos aún no han conseguido proporcionar una respuesta clara a la pregunta de si el riesgo de los proyectos es menor que el socialmente óptimo o, por el contrario, es mayor. En estas condiciones, no tiene mucho sentido tomar en consideración la conveniencia de liberar a las empresas del riesgo técnico, y más cuando la información disponible para la parte empírica de esta investigación no es suficiente para proporcionar una visión del funcionamiento de esta cláusula en la práctica. En definitiva, lo máximo que se puede afirmar es que la cláusula de riesgo técnico posiblemente incentivará la realización de más gasto en I+D y, sobre todo, en proyectos arriesgados, pero no se sabe si conducirá a un riesgo excesivo o acercará el riesgo de las carteras al socialmente óptimo.

3.2. LA COLABORACIÓN ENTRE EMPRESAS Y CENTROS PÚBLICOS DE INVESTIGACIÓN.

Pavitt (1987) sitúa el inicio del análisis de las relaciones entre ciencia y tecnología en La Riqueza de las Naciones, en la que Adam Smith identificaba a los "filósofos u hombres de especulación" como una de las tres mayores fuentes de tecnología, junto con los productores y usuarios de maquinaria. Ya en la década de 1830, Alexis de Tocqueville predijo un creciente papel para la ciencia en la sociedad norteamericana, pues su aplicación podría crear considerables oportunidades de beneficio, de forma que las empresas aumentarían su demanda de científicos aplicados. La investigación básica, no restringida por preocupaciones de inmediata aplicación, sería necesaria para que no se agotasen las oportunidades de aplicación rentables. La realidad ha confirmado la predicción de Tocqueville, pues la contribución de la ciencia a la tecnología ha sido creciente.

En la actualidad, la investigación desarrollada en instituciones académicas es considerada como una fuente de innovación industrial muy valiosa. Por eso, no es sorprendente que los países adopten políticas para crear un marco institucional que facilite las interacciones entre la investigación industrial y la académica. Entre estas actuaciones se encuentran la creación de parques tecnológicos, de oficinas de enlace entre universidades y empresas o incluso el apoyo directo a los proyectos de investigación desarrollados conjuntamente por investigadores académicos y de la industria.

Como se ha señalado en la sección anterior, una de las características peculiares de los Proyectos Concertados es, precisamente, que obligan, como requisito casi inexcusable, a que el proyecto financiado sea realizado contando con la participación de centros de investigación de carácter público. Por eso, se ha considerado relevante repasar la literatura que estudia las relaciones entre la investigación que desarrollan los centros de carácter público y la llevada a cabo por las empresas. Es una literatura muy amplia, por lo que no debe interpretarse como una revisión exhaustiva, sino más bien como una aproximación al problema que se estudia, en la que se presta atención sobre todo a los trabajos más recientes.

Esta sección se desarrolla según el siguiente esquema. En primer lugar se abordan las relaciones entre ciencia y tecnología. Para ello, se trata de establecer la existencia de un ámbito científico y otro tecnológico delimitados. A partir de esta diferenciación se analiza el modo en que la ciencia influye en la tecnología, o, dicho de otra manera, se indaga en la aportación que el sistema público de investigación realiza a las actividades de I+D empresariales. En segundo lugar, se revisan aquellos trabajos que han intentado medir la magnitud del efecto de las actividades realizadas en universidades y otros organismos de investigación de titularidad pública sobre los resultados de las actividades de I+D de las empresas. Entre ellos destacan los estudios que, emulando el artículo de Jaffe (1986),

consideran el papel de las externalidades de la investigación académica. En tercer lugar, se estudian con algo más de detenimiento las relaciones de colaboración entre universidad y empresa, incidiendo en los objetivos y mecanismos por los que se establecen estos vínculos, así como las barreras que deben superarse para que lleguen a implantarse. En el cuarto apartado se reseñan los estudios realizados sobre las relaciones de colaboración entre empresas y CPI en España. En el cuarto apartado se abordan los estudios realizados en España sobre las relaciones de colaboración entre empresas y CPI.

3.2.1. Ciencia y tecnología.²⁹

En la aproximación teórica que Arrow (1962a) desarrolló, la investigación sirve para producir información. A partir de entonces, el análisis económico de la actividad de I+D descansa en el reconocimiento de que la información, considerada como un bien económico, presenta características peculiares. A pesar del avance que ha experimentado la economía de la tecnología, cuyas consecuencias ya han sido exploradas en el capítulo 2 de esta investigación, se han dedicado muchos menos esfuerzos a la economía de la ciencia. La economía de la investigación científica básica arranca con los trabajos de Nelson (1959) y Arrow (1962a), que inciden en las dificultades para la apropiación privada de los hallazgos de la investigación básica. Los escritos que surgen a partir de ellos constituyen la elaboración de tres proposiciones centrales (David, Mowery y Steinmueller (1992)):

- El valor económico de la investigación básica es difícil de predecir e incluso de medir de forma retrospectiva, ya que la investigación básica se realiza en la frontera del conocimiento, y, por tanto, sus rendimientos son altamente inciertos, esto es, que pueden obtenerse rápidamente o diferirse largo tiempo.

- La realización de los beneficios económicos de la investigación básica es difícil, por lo que los rendimientos privados de esta inversión son muy inciertos, sobre todo en relación a los que recibe la sociedad en su conjunto.

- La divergencia entre rendimientos sociales y privados conduce a la proposición de que existe un fallo de mercado que, en ausencia de medidas correctoras, llevaría a la subinversión en ciencia. Este argumento es el que ha conducido a la financiación pública de la ciencia.

Posteriormente, Dasgupta y David (1985 y 1994) se plantean sentar las bases de lo que denominan la nueva economía de la ciencia³⁰. Para ellos, como se expondrá seguidamente, la ciencia universitaria y la I+D industrial se rigen por distintas normas e instituciones. La nueva economía de la ciencia tiene como ambiciones exponer la lógica

²⁹ Las siguientes páginas siguen sobre todo los trabajos de Dasgupta y David (1985 y 1994) y de Pavitt (1987).

³⁰ Una síntesis de la visión de Dasgupta y David se puede encontrar en Dasgupta (1987).

subyacente de las instituciones de la ciencia y examinar las implicaciones que estas características institucionales diferenciales tienen para la asignación eficiente de los recursos. Para ello, Dasgupta y David se apoyan en las contribuciones clásicas de la sociología de la ciencia, añadiendo a los hallazgos de la vieja economía de la ciencia algunos otros³¹ que proceden principalmente de la creciente literatura analítica que trata los problemas del comportamiento bajo información asimétrica e incompleta y los de la dinámica de las "carreras y juegos de espera" de Dasgupta (1988)³².

Para realizar una aproximación a las relaciones entre ciencia y tecnología no es necesario abordar las características de esta línea de investigación, sin embargo, no está de más dar respuesta a la pregunta de si existe diferencia entre ciencia y tecnología o, de otro modo, si es útil para los economistas distinguir entre ambas. Dasgupta y David plantean que reconocer esta diferencia hace comprender mejor por qué la posición de la ciencia académica en las sociedades industriales modernas es exaltada y, a la vez, su situación es tan económicamente precaria como para requerir constante financiación pública.

Una diferenciación tradicional es que la ciencia se ocupa de la producción de conocimiento que es más general y fundamental para comprender el orden natural, pero de menos aplicación práctica inmediata. Así, la ciencia genera conocimiento sobre fenómenos naturales y actividades que tienen que ver con su descubrimiento, mientras que el conocimiento generado por la tecnología concierne a mecanismos y procesos útiles. De esta forma, ambas son independientes y distinguibles por la naturaleza de sus respectivos productos: en el primer caso documentos escritos y en el segundo objetos, procesos, etc.

Dasgupta y David consideran que esta forma de distinción es cada vez menos prometedora, ya que en campos como la biología molecular, la bioquímica o la física del estado sólido es difícil clasificar a una persona como científico o técnico observando sus actividades o los resultados que obtiene. De todas formas, para Pavitt (1987), Dasgupta y David caen en una trampa al generalizar desde lo particular en lo que son actividades muy heterogéneas, pues los estudios realizados muestran que el contenido de la ciencia es, en general, diferente del de la tecnología y que la naturaleza y amplitud de la interacción entre

³¹ El estilo de análisis de la nueva economía de la ciencia deriva del reconocimiento de tres características de los procesos de producción, diseminación y uso del conocimiento:

- El esfuerzo, el talento o la preocupación de los investigadores son difíciles de controlar.
- Con frecuencia, existen indivisibilidades en el proceso de creación de conocimiento.
- El conocimiento generado en las actividades de investigación puede ser mantenido alejado del dominio público a elección del investigador. Las características del sistema de incentivos y los costes que acarrea determina la información que se desvela de forma total o parcial y la que es guardada en secreto.

³² En este trabajo, Dasgupta considera las carreras por la patente en presencia de externalidades de conocimiento. Cuando la externalidad de conocimiento que el ganador de una carrera proporciona a los perdedores supera al beneficio de ganarla es preferible ser imitador que innovador. En ese caso, no cabe hablar de carreras por ser el primero sino de juegos de espera.

ambas varía considerablemente entre sectores industriales, y que esas interacciones son importantes temas para el análisis y la política. En cualquier caso, de acuerdo a Dasgupta y David, si se llegase a aceptar que la ciencia busca lo abstracto y general mientras la tecnología persigue lo concreto y particular, surgiría el problema de que la clasificación resultante no es clara, ya que una misma disciplina puede ser más o menos fundamental que otra según como se enfoque la clasificación³³.

Si se identifica la investigación básica de Arrow (1962a) con la ciencia, en la medida que sus resultados constituyen información que sirve como factor productivo a otras actividades inventivas, es más difícil apropiarse de su valor que si fuera aplicable directamente a la producción de bienes físicos. Además, su valor está más sujeto a conjeturas y, por tanto, tiene más tendencia a ser subestimado. En consecuencia, la investigación básica es, según Arrow, más arriesgada. En cualquier caso, para Dasgupta y David tampoco es prometedor esta división basada en el grado de incertidumbre del resultado de la investigación. Aunque se tienda a ver los resultados de la investigación científica como sometidos a gran incertidumbre y a considerar que la investigación tecnológica es costosa, pero más rutinaria y, en consecuencia, comparativamente más predecible, Dasgupta y David sostienen que el riesgo es inherente a toda la investigación, incluida la llevada a cabo en la industria. Además, la diferencia en el riesgo de la investigación no permite una clasificación ex-ante entre lo que es ciencia y tecnología.

La mejor aproximación, en opinión de Dasgupta y David, consiste en utilizar las diferencias observables en el carácter social de la investigación, que se reflejan en las actividades que desarrollan los investigadores y las acciones que se llevan a cabo para la transmisión de la información. En este sentido, los científicos actúan como si estuvieran obligados a desvelar inmediatamente los nuevos descubrimientos y someterlos a la inspección crítica de otros miembros de la comunidad, es decir, se instruye a los científicos a tratar una nueva teoría, los principios de un nuevo equipo o un nuevo fenómeno observado como un bien público, sin reparar en la identidad de su autor. En pocas palabras, la regla consiste en revelar completamente los resultados de la investigación³⁴. Por el contrario, en el ámbito de la tecnología, los hallazgos no deben ser completamente revelados al resto de sus miembros. Los tecnólogos practican el secreto porque desvelar los resultados de la investigación reduce las rentas privadas del descubridor en la medida que debería compartirlas con otros.

³³ Ver Dasgupta y David (1985, p.11) para un ejemplo concreto.

³⁴ Los beneficios para la comunidad científica de desvelar los resultados son dos. Por una parte, como el conocimiento sirve de *input* para la producción de nuevo conocimiento, se facilita la aparición de descubrimientos posteriores. Por otra parte, la revelación hace posible que grupos de expertos evalúen los nuevos hallazgos y reduzcan el riesgo de error, lo que beneficia a los científicos que los usen.

Esta diferente forma de actuar descansa en la diferencia de objetivos de las organizaciones sociales a las que pertenecen. La ciencia trata de incrementar el *stock* de conocimiento, mientras que la tecnología pretende obtener las rentas privadas que puedan derivarse de este conocimiento. Así, la ciencia trata al conocimiento como un bien público de consumo y la tecnología como un bien de capital privado.

En el ámbito de la tecnología, el pago por la investigación son las rentas del conocimiento apropiadas privadamente, por lo que se hace necesario recurrir al secreto o a las patentes. Sin embargo, cualquier mecanismo que restrinja la libre difusión de los resultados de la investigación hace imposible el uso eficiente del conocimiento. Por eso, puede explicarse el apoyo público prestado a las universidades, cuyos investigadores están aleccionados para difundir el nuevo conocimiento generado. Ahora bien, cuando se asignan recursos públicos, y dada la dificultad de supervisar el trabajo de los científicos, surge el problema de garantizar que no sean negligentes. La solución que se ha adoptado en el mundo de la ciencia es la regla de la prioridad, que es la base con que las sociedades científicas premian con reconocimiento público, y es también el terreno para reclamar a los colegas el reconocimiento informal de los logros de uno. Así, la regla de prioridad constituye una de las formas de pago a los científicos³⁵ y cumple con dos funciones. Por una parte, establece la competencia por los descubrimientos científicos, imitando la regla del "ganador se lo lleva todo" típica de la tecnología³⁶. Esta es una forma de evitar el problema de la imposibilidad de supervisar el esfuerzo de los científicos, ya que se les premia por sus logros. Por otra parte, sirve para hacer que se desvelen los nuevos hallazgos.

En síntesis, para Dasgupta y David, lo que diferencia las comunidades de investigadores dedicadas a ciencia y a tecnología no son sus métodos de búsqueda, ni la naturaleza del conocimiento obtenido, ni las fuentes con las que se financia. Son la naturaleza de los objetivos aceptados como legítimos dentro de las dos comunidades de investigadores, las normas de comportamiento especialmente en lo que al modo en que se desvela la información, y las características del sistema de remuneración lo que constituyen las diferencias estructurales entre ambas.

Por todo, se asocia el mundo de la ciencia con el de la investigación académica mientras que la tecnología se refiere a las actividades de investigación y desarrollo industriales. Lo que diferencia a un científico y a un tecnólogo no son sus habilidades o el contenido de su experiencia, sino las estructuras bajo las que la investigación tiene lugar y, más aún, lo que los investigadores hacen con sus hallazgos: la investigación llevada a cabo

³⁵ No sólo la fama y el reconocimiento constituyen el premio a los científicos. También sirven como señalizadores de su talento, permitiéndoles pasar al mundo de la tecnología donde podrán obtener beneficios materiales (Dasgupta y David (1985, pp. 27 y ss.))

³⁶ Como los científicos tienen, probablemente, aversión al riesgo es una suerte que se complementen enseñanza e investigación.

con la intención de vender los frutos secretamente pertenece sin ambigüedad al ámbito de la tecnología. En la medida que son estereotipos, esto no significa que las empresas no puedan encontrar ventajoso en ocasiones invertir recursos en investigación básica, o incluso organizar instalaciones de investigación de modo que emulen las características de apertura y cooperación que son características de las universidades. Tampoco impide que los científicos académicos en ocasiones traten de beneficiarse económicamente mediante la patente de sus invenciones o no compartiendo los resultados y métodos de investigación con otros científicos de su campo.

La distinción de Dasgupta y David entre ciencia y tecnología deja totalmente diferenciada la investigación desarrollada en las universidades y otros organismos públicos de la que se efectúa en las empresas. En cualquier caso, en la actualidad, según sostienen Rosenberg y Nelson (1994), se ha producido una clara división del trabajo entre la investigación académica y la industrial. La industria dedica sus esfuerzos a la mejora de productos y procesos, y sólo en unas pocas industrias las empresas se involucran en investigación de mayor plazo, más orientada hacia el avance del conocimiento. La investigación básica es considerada cada vez más como la tarea de las universidades, lo que no implica que no esté guiada por preocupaciones prácticas (como suele ocurrir en el campo de la ingeniería o la medicina); lo que sí parece claro es que las universidades tienden a concentrarse en las actividades de investigación, no estando interesadas en destacar por su buen hacer en actividades de desarrollo tecnológico. De esta forma, lo que hace con frecuencia la investigación universitaria es estimular y mejorar el poder de la I+D industrial más que proporcionar un sustituto. Como señala Nelson (1959), esto no significa que las universidades no puedan llevar a cabo investigación aplicada, más bien supone decir que su ventaja comparativa descansa en la investigación básica.

A continuación se analizan las relaciones que se establecen entre el ámbito científico y el tecnológico, teniendo en cuenta que el objetivo que anima esta revisión es conocer qué pueden aprovechar las empresas de la labor desarrollada en las universidades. Comprender las aportaciones que desde la universidad pueden hacerse a la innovación industrial requiere conocer primero el modo en que la investigación básica influye en el proceso de innovación.

Hoy en día es un lugar común³⁷ que el modelo lineal del proceso de innovación no es correcto. Según este esquema las nuevas ideas tecnológicas surgen como un resultado de los nuevos descubrimientos en ciencia y se mueven a través de la investigación aplicada, el diseño, la fabricación y, finalmente, el mercado. Dicho de otro modo, el cuerpo del conocimiento de investigación se considera como una cuenta de un banco intelectual de la que la sociedad puede gastar.

³⁷ Ver, por ejemplo, Rosenberg (1991) y Brooks (1994).

Brooks (1994) considera que este modelo lineal por el cual la ciencia influye en la tecnología, pero no al revés, no es adecuado, y, aunque se ha considerado típico del proceso de innovación tecnológica, sólo corresponde a casos excepcionales (como, por ejemplo, el láser, el ordenador o la naciente biotecnología). Las relaciones entre ciencia y tecnología son muy complejas e interactivas, y son con frecuencia diferentes dependiendo del campo y la fase del ciclo de vida tecnológico. De hecho, para Brooks, la relación entre ciencia y tecnología puede ser ejemplificada mejor en forma de dos flujos paralelos acumulativos de conocimiento, los cuales tienen muchas interdependencias y relaciones, pero cuyas conexiones internas son aún más fuertes. Su metáfora es la de dos cadenas de A.D.N. que pueden existir independientemente, pero no son funcionales hasta que están emparejadas.

En consecuencia, las relaciones entre ciencia y tecnología son complejas y, como señala Rosenberg (1991), la obtención del mapa completo de relaciones es un trabajo inmenso que llevará mucho tiempo desvelar. En cualquier caso, Rosenberg (1991), Pavitt (1991) y Brooks (1994), entre otros, ofrecen algunas claves para comprender las relaciones entre ciencia y tecnología. Aunque es cierto que uno de los papeles de la ciencia es proporcionar nuevo conocimiento que sirva como fuente de ideas para nuevas posibilidades tecnológicas, no hay que olvidar otras formas en que la ciencia influye en la tecnología:

- Es fuente de herramientas y técnicas y una base de conocimiento para la evaluación de la factibilidad de los diseños.

- Los instrumentos de investigación³⁸, técnicas de laboratorio y métodos analíticos usados en investigación pueden emplearse posteriormente en las prácticas industriales o de diseño, con frecuencia a través de disciplinas intermedias.

- Sirve como fuente para el desarrollo y la asimilación de nuevas habilidades humanas y capacidades eventualmente útiles para la tecnología.

- Contribuye a la creación de una base de conocimiento que se vuelve crecientemente importante para la evaluación de la tecnología en términos de su impacto social y medioambiental.

- Acrecienta una base de conocimiento que hace posible estrategias más eficientes para la investigación aplicada, el desarrollo y el perfeccionamiento de las nuevas tecnologías.

³⁸ Rosenberg (1992) investiga el papel jugado por la investigación universitaria como origen de los instrumentos de observación y medida y sugiere que la aparición y difusión de nuevas tecnologías de instrumentación son consecuencias centrales y frecuentemente olvidadas de la investigación científica básica. El impacto económico de la investigación básica que tiene lugar en una disciplina particular se expresa también a través de las nuevas tecnologías de instrumentación y las trayectorias posteriores de esas nuevas tecnologías. Si este papel es importante, los beneficios económicos de la investigación universitaria habrán sido sustancialmente subestimados.

- Por último, en la medida que el ámbito de la ciencia se identifica con el mundo académico, tampoco hay que olvidar el papel de las universidades como diseminador del conocimiento creado con anterioridad, y que es resaltado por Nelson (1986).

El impacto de la tecnología en la ciencia es de igual importancia y se produce, en primer lugar, porque el intento de afrontar dificultades, problemas inesperados u observaciones anómalas que se plantean en la industria en relación a nuevos productos o procesos productivos, y que es difícil que se planteen en un laboratorio universitario, son una fértil fuente de nuevas preguntas científicas que extiende la agenda de la ciencia. En segundo lugar, la tecnología sirve como fuente de instrumentos y técnicas que los científicos necesitan para dedicarse de forma más eficiente a nuevas y más complejas preguntas.

Volviendo al efecto de la ciencia sobre la tecnología, cabe hacer algunas consideraciones. Una característica de los trabajos que analizan estas relaciones es que se centran sobre todo en las industrias de alta tecnología, en las que estas relaciones son más fuertes. Tal vez esto suponga olvidar parte de las interacciones, sobre todo de la ciencia sobre la tecnología³⁹. Precisamente, según Rosenberg (1991), en las industrias de alta tecnología los intentos de superar la frontera tecnológica son lentos y caros debido a la escasa clarificación que la ciencia es capaz de ofrecer. Si la ciencia pudiera proporcionar una base predictiva más barata para conseguir configuraciones óptimas de diseño, los costes de desarrollo no serían tan elevados.

En cualquier caso, en general la ciencia que se utiliza para la innovación industrial suele ser ciencia bastante vieja. Los hallazgos científicos que influyen en actividades tecnológicas no son el resultado de investigaciones recientes. Los retrasos pueden ser verdaderamente largos, pasando muchas décadas entre un determinado incremento del fondo de la ciencia y la aplicación útil que de dicho incremento se pueda desprender en un momento determinado. Como señala Rosenberg, el paso de los descubrimientos científicos a las tecnologías listas para su comercialización es un tema sumamente complejo, intrínsecamente interdisciplinar, que está lejos de ser comprendido y de ser correctamente estudiado.

Además, el cuerpo de conocimiento que conocemos como ciencia está formado por un inmenso fondo en cuya frontera se producen pequeños incrementos anuales. Según Rosenberg, la verdadera importancia de la ciencia resulta disminuida en vez de realizada cuando se resalta excesivamente la importancia del incremento más reciente producido en dicho fondo.

³⁹ El trabajo de Gibbons y Johnston (1974), que se revisa más adelante, es interesante precisamente porque se centra en las industrias en las que las innovaciones están menos basadas en la ciencia.

La intensidad de las transferencias directas de conocimiento desde la ciencia básica a la aplicación varía ampliamente entre sectores de actividad económica y entre campos científicos. Por ejemplo, las relaciones en empresas químicas y farmacéuticas con la biología son fuertes, mientras las ligazones de las empresas electrónicas son también intensas, pero con actividades de investigación más aplicadas en el campo de la física.

La naturaleza del impacto de la investigación básica sobre la tecnología también varía considerablemente desde la generación de nuevas tecnologías "que marcan época" a los métodos para tratar los problemas aplicados pasando por las mejoras acumuladas en "industrias de flujo continuo" resultantes de análisis químicos rutinarios. En todos los casos, la tecnología viable requiere combinaciones de conocimiento procedentes de otras fuentes, incluyendo el diseño y la ingeniería de producción.

Por último, un rasgo importante de la relación entre la ciencia y la tecnología es, según Pavitt (1991), que las transferencias de conocimiento están incorporadas principalmente en personas, incluyendo contactos personales, y se sustentan en la participación en redes nacionales e internacionales.

Para concluir este apartado, antes de abordar los trabajos que han estimado los efectos de la investigación científica sobre los resultados de las actividades tecnológicas, es interesante considerar un trabajo de Nelson y Rosenberg (1994) en el que se analiza el modo en que la investigación universitaria contribuye al avance de la tecnología industrial y los campos en los que este rol es importante. Este estudio se realiza utilizando datos no publicados previamente del mismo cuestionario que emplearon Levin et al. (1987). A partir de ellos, obtienen las siguientes conclusiones, que dan una idea de la riqueza y diversidad de las relaciones entre la ciencia y la tecnología.

En cuanto a las industrias que consideran la investigación universitaria como importante o muy importante, destaca un conjunto de industrias relacionadas con la agricultura o silvicultura, que reflejan el papel de las universidades en estos campos (pesticidas, fertilizantes, alimentación animal o productos de alimentación). También es de esperar la presencia de la industria farmacéutica en vista de la importancia de la financiación federal de la investigación universitaria a través del Instituto Nacional de la Salud (NIH) de los Estados Unidos. Igualmente, están en la lista las más importantes industrias electrónicas y, como no, las de instrumentos científicos y de medida. En todos estos casos, las contribuciones de las universidades son frecuentemente patentables.

Respecto a los campos de la investigación universitaria que son citados como importantes o muy importantes por las industrias, predominan las disciplinas de las ciencias aplicadas y las ingenierías, mientras que muy pocas de las ciencias básicas son mencionadas. La excepción la constituye la química, aunque esto es normal en la medida que

una parte significativa de su trabajo está hecha tras la apreciación de problemas industriales prácticos.

El hecho de que la investigación universitaria en campos como la física o las matemáticas no se revele como importante, no debe interpretarse como indicador de que la investigación académica en estos campos contribuye poco al avance técnico. Más bien, se debe a que transcurre mucho tiempo hasta que los avances fundamentales en estas y otras disciplinas próximas tengan impacto en la tecnología industrial. Además, como señalan Rosenberg y Nelson, este impacto será indirecto, transmitiéndose a través de campos como la química, la ingeniería eléctrica o la ciencia de los materiales. Esta explicación se ve reforzada si se tiene en cuenta que cuando se pregunta por la importancia de los campos científicos en sí mismos, las disciplinas más básicas, como física o matemáticas, obtienen puntuaciones elevadas. Esta diferencia de respuestas da a entender que los entrevistados comprenden bien que, a pesar de que no se benefician directamente de estas disciplinas, sí lo hacen de otras más aplicadas, cuyo desarrollo está enriquecido por el avance en las ciencias más básicas. También refleja la importancia que se da a la formación que los científicos e ingenieros industriales reciben en estos campos cuando estudian en la universidad, a pesar que tenga poco uso directo en su entorno. Esta última causa se relaciona directamente con un trabajo anterior de Nelson (1986), en el que sostiene que la universidad tiene dos papeles diferentes: diseminador de conocimiento público y creador de nuevo conocimiento público. Los universitarios pueden ser capaces de enseñar lo que los nuevos investigadores industriales necesitan saber sin que su investigación sea relevante para la industria. Así, en muchas tecnologías, lo que se hace en I+D industrial está muy alejado de lo que hacen los académicos, mientras que en algunas áreas de la tecnología, la I+D industrial es muy dependiente de la investigación académica.

Estos dos roles de la universidad son investigados, obteniéndose que en química, ciencia de los ordenadores, ciencia de los materiales y metalurgia el papel de la formación es muy valorado; sin embargo, la relevancia de la investigación universitaria para el avance tecnológico es más limitada e indirecta. Aún así, las industrias cuyas tecnologías descansan en ciencias biológicas básicas o aplicadas (medicina y ciencia agrícola) parecen estar muy ligadas a las universidades tanto para el aprendizaje como para la investigación. Sus hallazgos son consistentes con la idea de que una gran parte de los acuerdos por los que las corporaciones financian investigación industrial tienen lugar en ciencias biológicas. En la industria de semiconductores existen muchos acuerdos, pero parecen dirigirse hacia el apoyo de la formación universitaria. Cuando se pone el énfasis en la investigación, el objetivo aparente de la industria es hacer la investigación universitaria más relevante, antes que simplemente incidir en investigaciones que ya estaban en marcha.

Esta conclusión es coincidente con la de otro estudio, sintetizado por Rosenberg y Nelson (1994), que fue realizado a partir de una serie de entrevistas llevadas a cabo en

USA a diecisiete altos directivos de investigación de empresas mayoritariamente grandes y exitosas⁴⁰. En él se relaciona la investigación universitaria con el avance técnico de la industria. La única área en la que los directivos buscan la investigación universitaria como fuente de invenciones es la biotecnología, donde la tecnología es muy nueva, si bien creen que el papel jugado por la investigación universitaria disminuirá a medida que la industria madure. Así, por ejemplo, en los medicamentos que no surgen de la biotecnología, las universidades raramente son la fuente directa de la innovación, aunque sí han abierto o señalado nuevas posibilidades a la investigación industrial. Por otro lado, en electrónica se diferencia entre las grandes invenciones, que con frecuencia surgen en la investigación académica, y las invenciones incrementales, que son las predominantes y surgen del esfuerzo de la investigación y el desarrollo industrial. Según Rosenberg y Nelson, en este trabajo la principal función de la investigación académica es mejorar la comprensión de las tecnologías, especialmente las nuevas, de forma que la industria pueda mejorarlas más efectivamente.

3.2.2. Estudios empíricos que miden la importancia de la investigación académica para la innovación industrial.

En el apartado anterior se ha puesto de manifiesto que la ciencia tiene efectos sobre la tecnología. A continuación se pretende obtener una aproximación cuantitativa de dicha influencia. Con este fin, se analizan algunos estudios en los que se trata de aproximar la magnitud de estos efectos.

En el resto de este apartado, primero se estudian los dos trabajos de Mansfield (1991 y 1992), que proporcionan una estimación de la tasa de rentabilidad social de la inversión en I+D realizada en las universidades, y, posteriormente, otros que surgen de la consideración del impacto de las externalidades del conocimiento generadas por la investigación llevada a cabo en el sector público. Todos estos trabajos tienen en común el objetivo de obtener estimaciones cuantitativas de la magnitud de la influencia de la investigación académica sobre las actividades de I+D que emprenden las empresas y los resultados que obtienen⁴¹. La tarea que queda pendiente es el análisis de los canales por los

⁴⁰ Government-University-Industry-Research Roundtable (1991). Citado por Rosenberg y Nelson (1994, p.343).

⁴¹ Previamente se habían realizado los estudios TRACES y HINDSIGHT (National Science Foundation (1969) y Office of the Director of Defense Research Engineering (1969)) que trataban de medir los rendimientos económicos de los descubrimientos en investigación básica mediante la consideración de los efectos de esos descubrimientos sobre la innovación de proceso y producto. Sin embargo, no llegaron a calcular una tasa de rentabilidad de la inversión en investigación básica. Por eso, y teniendo en cuenta su antigüedad, no se revisan detenidamente. Tampoco se abordan los estudios de Mansfield (1980), Link (1981) y Griliches (1986), pues aunque tratan de medir la rentabilidad social de la inversión en investigación básica, se concentran en la productividad de las industrias que invierten en investigación básica. En cualquier caso, críticas a todos estos trabajos se pueden encontrar en David et al. (1992).

que se transmite la influencia de la ciencia sobre la tecnología, labor que se pospone hasta el tercer apartado de esta sección.

Mansfield (1991 y 1992) hace un intento de medir los vínculos entre la investigación académica y la innovación industrial considerando sólo el papel de las universidades como generadoras de nuevo conocimiento. A partir de las respuestas de los ejecutivos de I+D de mayor nivel de 76 grandes empresas americanas ubicadas en siete industrias manufactureras, obtuvo información sobre el porcentaje de nuevos productos y procesos comercializados en el periodo 1975-85 que, de acuerdo a la opinión de estos ejecutivos, no se hubieran desarrollado sin retraso sustancial en ausencia de la investigación académica realizada durante los quince años anteriores a la innovación. Los resultados, que están en el cuadro 1, reflejan que los mayores indicadores se encuentran en la industria del medicamento y las más bajas en la industria del petróleo. En gran medida, la variabilidad interindustrial con respecto a nuevos productos puede explicarse por diferencias entre la intensidad en I+D de las empresas⁴². Una de las razones más importantes por las que esto es así es que las empresas más intensivas son las que tienden a mantenerse más próximas a la investigación desarrollada en el ámbito académico.

Cuadro 1: Porcentaje de nuevos productos y procesos basados en investigación académica reciente.

Industria	Porcentaje que no podría haber sido desarrollado (sin retraso sustancial) sin investigación académica reciente.		Porcentaje que fue desarrollado con ayuda muy sustancial de investigación académica reciente.	
	Productos	Procesos	Productos	Procesos
Procesamiento de información	11	11	17	16
Eléctrica	6	3	3	4
Química	4	2	4	4
Instrumentos	16	2	5	1
Medicamentos	27	29	17	8
Metales	13	12	9	9
Petróleo	1	1	1	1
Media	11	9	8	6

Fuente: Mansfield (1991).

Rosenberg y Nelson (1994) remarcan un resultado no señalado por Mansfield según el cual las industrias de equipamiento eléctrico, productos químicos y productos petrolíferos responden que sólo un pequeño porcentaje de sus nuevos productos fue significativamente dependiente de la investigación académica reciente. Esto no significa que el avance técnico en esos campos no está basado en la ciencia sino que, más bien, implica que la ciencia utilizada no es particularmente nueva o, al menos, los investigadores académicos ya no se ocupan de esos temas en ese momento.

⁴² Los porcentajes que aparecen en el cuadro 1 son medias (ponderadas por las ventas) de las respuestas proporcionadas por cada encuesta. Si se considerasen las medias no ponderadas resultarían indicadores de mayor magnitud, lo que indica, en coincidencia con Acs et al. (1994), que las empresas pequeñas se benefician más de la investigación académica.

En el cuadro 1 también se han recogido aquellas innovaciones que hubieran podido desarrollarse sin hallazgos recientes, pero hubiera sido más caro y hubiera requerido más tiempo. Con frecuencia, esto se podría haber traducido en que aunque técnicamente posible, no hubiera sido deseable económicamente haber desarrollado estas innovaciones en ausencia de investigación académica reciente.

Para obtener una idea de la importancia que la investigación académica tiene sobre la innovación industrial⁴³, Mansfield calcula las tasas sociales de rentabilidad de la investigación académica en el conjunto de las siete industrias consideradas⁴⁴. Para ello, compara el flujo de beneficios que surge cuando la inversión académica tiene lugar con el que se hubiera generado en ausencia de la misma, manteniendo constante la investigación no académica. La tasa de rentabilidad resultante se refiere a la inversión en investigación académica a nivel mundial (ya que las empresas acceden a los hallazgos realizados en todos los países), lo que impone limitaciones a los datos que se utilizan; no obstante, los resultados son poco sensibles a modificaciones en los mismos.

Mansfield estima que, para las innovaciones que no se hubieran desarrollado sin la investigación académica previa, el periodo medio de desfase entre que las inversiones en investigación académica se produjeron y las innovaciones se introdujeron fue de siete años. Por ello, para calcular la tasa de rentabilidad social considera como inversión la realizada entre 1975 y 1978 y como innovaciones industriales las que tuvieron lugar entre 1982 y 1985. En cuanto al flujo de beneficios, después de estimar el flujo de beneficios anual de las innovaciones, se considera que sólo son beneficios atribuibles a la investigación académica los flujos de beneficios del año en que se introduce la innovación y los siete siguientes. La

⁴³ No sólo es relevante el porcentaje de productos y procesos en los que la intervención del mundo académico es crucial, sino también el efecto sobre las ventas o las reducciones de costes que se consiguen, esto es, su importancia económica. Para ello, se utilizaron datos de los nuevos productos y procesos que las empresas obtuvieron en el periodo 1982-85 gracias a la investigación académica. Con esos datos se estimaron las ventas y las reducciones de costes correspondientes a 1985. Puesto que las medidas son simples aproximaciones y para evitar errores de muestreo, Mansfield sólo proporciona los datos correspondientes al conjunto de las siete industrias.

⁴⁴ En cualquier caso, hay que indicar que David et al. (1992) critican este tipo de aproximación fundamentada en el análisis coste beneficio en base a que los resultados de la investigación básica es raro que posean valor económico, si bien son *inputs* con importancia crítica para otros procesos de inversión que conduzcan a nuevos hallazgos en investigación y, a veces, innovaciones tecnológicas. Además, pasa por alto la necesidad de realizar inversiones complementarias para poder obtener los beneficios económicos de la investigación básica.

La solución para David et al. requiere una nueva aproximación al problema en la que la investigación básica, tanto cuando es exitosa como cuando es un fracaso, conduce a un aprendizaje sobre el mundo físico que proporciona mejor información para la investigación básica y el desarrollo tecnológico. De esta forma, la investigación básica no conduce a la introducción de nuevos productos en el mercado sino que interactúa de forma compleja e iterativa para incrementar la productividad de la investigación básica y aplicada. La interacción entre las distintas etapas del proceso innovador, incluyendo los intercambios de personal e información entre investigación básica y aplicada, contribuye al éxito en la innovación.

razón es que se adopta el supuesto de que las innovaciones hubieran requerido ocho años más en aparecer si las empresas no se hubieran beneficiado de la investigación académica⁴⁵.

Mansfield, después de realizar los ajustes necesarios⁴⁶, obtiene que la tasa de rentabilidad social de la investigación académica entre 1975 y 1978 fue del 28%⁴⁷, un resultado que Mansfield considera muy tentativo y que presenta sólo con finalidades exploratorias. En cualquier caso, su estimación se puede interpretar como un indicio de que, sin investigación académica reciente, habría una reducción sustancial en los beneficios sociales⁴⁸.

En el capítulo 2 se puso de manifiesto que las actividades de I+D de una empresa se desbordan hacia sus competidores de la misma industria e incluso hacia empresas de otras industrias, es decir, que existen externalidades de investigación entre empresas. Resulta aún más fácil pensar que estos desbordamientos se producen desde universidades a empresas, puesto que las primeras tienen menos incentivo a tratar de mantener en secreto su investigación y, de hecho, en el ámbito académico la regla de actuación predominante consiste en desvelar los resultados obtenidos. Por eso, el estudio de Jaffe (1986), que toma en consideración el efecto de las externalidades de conocimiento entre empresas, ha sido

⁴⁵ Hay que señalar que todos los supuestos que se realizan van en la dirección de subestimar la tasa de rentabilidad social.

⁴⁶ Mansfield toma en cuenta como beneficio de la investigación académica una parte de los efectos de las innovaciones que fueron introducidas con ayuda sustancial de la investigación académica. Se considera que no sólo se producen mayores ventas y ahorros de costes en empresas americanas, y que no sólo obtiene beneficios el innovador sino también los usuarios

⁴⁷ En cualquier caso, la estimación está sesgada a la baja ya que se obvian los beneficios sociales de innovaciones basadas en la investigación académica que se producen en industrias diferentes de las siete consideradas, los incrementos en los beneficios sociales que se producen después de los cuatro años de la comercialización de las innovaciones y los beneficios sociales de las innovaciones que se basan en investigación académica con más de quince años de antigüedad.

El propio Mansfield (1992) justifica que la estimación -a pesar de ser una aproximación grosera- está subestimada porque supone que parte de los beneficios sociales netos son atribuibles a las inversiones en I+D industrial, planta y equipos, así como a los costes de inicio de actividad. Además, en media se está suponiendo que la rentabilidad social de este tipo de inversiones está en torno al 50%, lo que de acuerdo a los resultados de Bernstein y Nadiri (1988), analizados en el capítulo 2, parece mucho. Para solucionarlo, Mansfield (1992) estima la tasa social de rentabilidad de la investigación académica conjuntamente con la I+D industrial, las inversiones en planta y equipo y los costes de inicio de actividad obteniendo un valor del 40%.

⁴⁸ Posteriormente, Mansfield (1995) ha realizado un estudio complementario en el que ha indagado en los tipos de investigación académica que las empresas innovadoras consideran más importantes. Con ese propósito, obtuvo datos correspondientes a 66 empresas de siete grandes industrias y a más de 200 investigadores académicos.

Centrando la atención en las repuestas proporcionadas por las empresas a la cuestión de cuáles eran los cinco investigadores académicos cuyo trabajo contribuyó más a la introducción de productos y procesos en los años ochenta, Mansfield relaciona la frecuencia con que una universidad es citada con la calidad de la universidad, la escala de actividades de I+D de la universidad en el área relevante y la proximidad de la universidad a las empresas.

modificado para incorporar las externalidades que surgen de la actividad de I+D que se emprende en universidades y organismos de investigación de carácter público.

El primer análisis en esta línea es del propio Jaffe (1989), quien utiliza la aproximación de la función de producción que se encuentra en Griliches (1979). Posteriormente, este trabajo ha servido de base a los de Acs et al. (1992 y 1994), que lo extienden en diversas direcciones. Dadas sus similitudes metodológicas se expondrán de forma conjunta, destacando sus coincidencias y aportaciones diferenciales. Los tres trabajos inciden en las externalidades que surgen de las universidades, pero sobre todo tratan de encontrar evidencia de que estos desbordamientos tienen efectos limitados geográficamente^{49,50}.

Jaffe incorpora las externalidades en la función de producción de conocimiento de Griliches (1979), utilizando un modelo de Cobb-Douglas con dos factores de producción, que se resume en la ecuación (1.). La variable endógena del modelo (P) es el número de nuevas patentes registradas por empresas, que sirve como aproximación a la creación de nuevo conocimiento económicamente útil. Las variables explicativas son la I+D llevada a cabo por la industria (I) y la investigación universitaria (U)^{51,52}.

El nivel de agregación de los datos elegido es el estado de los Estados Unidos de América (denotado por el subíndice *i*), porque todas las variables eran observables a ese nivel. En cualquier caso, como se desea obtener un conjunto de datos equilibrado, la estimación se lleva a cabo sólo para los 29 estados cuyos datos son completos para 1972-77, 1979 y 1981. El subíndice *t* hace referencia al tiempo.

Para mitigar la arbitrariedad de considerar los estados como unidades de observación, se incluye la variable *C*, que es una medida de la coincidencia geográfica de la actividad de investigación de la universidad y la industria, esto es, mide la proximidad entre universidades y laboratorios de empresas en el interior de un mismo estado.

⁴⁹ Desde otra perspectiva, Jaffe, Trajtenberg y Henderson (1993) encuentran evidencia de que las externalidades de conocimiento están limitadas geográficamente partiendo de la información proporcionada por las citas de patentes.

⁵⁰ Al igual que la investigación de Mansfield no considera los mecanismos por los que la investigación académica afecta a la investigación empresarial, los trabajos de Jaffe y Acs et al. no estudian los mecanismos por los que se producen estos desbordamientos. No obstante, al buscar evidencia de que las externalidades están influidas por la distancia geográfica, asumen implícitamente que el conocimiento no se difunde tan fácilmente como la información.

⁵¹ En la investigación universitaria se incluye también la realizada en los centros de I+D financiados por el gobierno federal. La razón es que su impacto sobre el número de patentes resultó estadísticamente significativo y no diferente del provocado por la investigación universitaria.

⁵² La existencia de financiación proveniente de la industria podría indicar ligazones entre la universidad y la industria local que faciliten las externalidades. Sin embargo, la proporción de financiación que procede de la industria no resultó significativa, ni por sí sola ni interactuando con la magnitud de investigación universitaria.

$$\log(P_{ikt}) = \beta_{1k} \log(I_{ikt}) + \beta_{2k} \log(U_{ikt}) + \beta_{3k} [\log(U_{ikt}) \log(C_{ikt})] + \varepsilon_{ikt} \quad (1.)$$

La clasificación por áreas tecnológicas (subíndice k) conduce a un agrupamiento en cinco grandes áreas: tecnología farmacéutica y médica; tecnología química; electrónica, óptica y tecnología nuclear; ingeniería mecánica; y resto⁵³. También se incluye el logaritmo de la población para corregir por el efecto del tamaño de los estados. Por último, ε_{ikt} es el término estocástico de error.

A pesar de que los trabajos de Acs et al. se apoyan en el de Jaffe y emplean la misma metodología, existen varias diferencias entre ellos. Acs et al.⁵⁴ advierten que el número de invenciones patentadas no es equivalente a una medida directa del *output* innovador (además la propensión a patentar no es invariante a lo largo de un amplio rango de tamaños de empresa). Por ello, utilizan una medida distinta de *output* innovador, que consiste en el número de innovaciones registradas en 1982 por la *U.S. Small Business Administration* por las revistas líderes en tecnología, ingeniería y comercio⁵⁵. Como cada innovación fue registrada después de su introducción en el mercado, la base de datos proporciona una medida más adecuada de la actividad innovadora que las patentes, pues incluye las invenciones que no fueron patentadas, pero que se introdujeron en el mercado, y excluye las invenciones patentadas que nunca llegaron a ser comercializadas.

Acs et al. sólo disponen de datos para su indicador de actividad inventiva correspondientes a 1982, mientras que Jaffe cuenta con ocho observaciones temporales. Por eso, cuando pretenden comparar sus resultados con los de Jaffe se ven forzados a reestimar la ecuación (1.) del trabajo de Jaffe empleando sólo información de 1981, de esta forma la ecuación (1.) queda como (2.). La gran coincidencia en los resultados (ver cuadro 2) proporciona evidencia de que los resultados de Jaffe se sostienen en muestras de corte transversal, por lo que son comparables a los que obtienen Acs et al. (1992 y 1994) empleando como variable endógena el número de innovaciones⁵⁶.

$$\log(P_i) = \beta_1 \log(I_i) + \beta_2 \log(U_i) + \beta_3 [\log(U_i) \log(C_i)] + \varepsilon_i \quad (2.)$$

⁵³ Jaffe no utiliza este último grupo de observaciones, pero Acs et al. sí que lo hacen.

⁵⁴ Siguiendo a Scherer (1983), Mansfield (1984) y Griliches (1990).

⁵⁵ Ver Acs y Audretsch (1988, 1990) para una descripción de estos datos.

⁵⁶ Acs et al. (1992) eliminan aquellas observaciones para las que la variable endógena toma valor cero, mientras que en su trabajo de 1994 realizan las estimaciones utilizando el método Tobit. A pesar de que los parámetros estimados no difieren en exceso, este último procedimiento parece más correcto porque evita el sesgo generado por la eliminación de observaciones. Por ello, en el cuadro 3 sólo figuran los resultados de las estimaciones de Acs et al. (1994)

Cuadro 2: Actividad innovadora para el conjunto de las industrias consideradas.

		Jaffe (1989) (<i>pool</i> de datos) (1)	Acs et al. (1992) (2)	Acs et al. (1994)
Variable	Parámetro	Patentes	Patentes	Innovaciones
$\log(I_{it})$	β_1	0,713 (20,37)	0,668 (8,91)	0,615 (5,45)
$\log(U_{ikt})$	β_2	0,084 (1,78)	0,241 (3,65)	0,550 (5,63)
$\log(U_{ikt}) \log(C_i)$	β_3	0,109 (2,65)	0,020 (0,244)	0,089 (1,80)
$\log(Pob_{it})$		0,179 (2,63)	0,159 (1,29)	-0,246 (-3,65)
S		0,380	0,444	
R ²		0,915	0,959	
número observ.(3)		232	145	145

Fuente: Jaffe (1989), Acs et al (1992 y 1994). Entre paréntesis estadísticos t.

(1) El modelo de Jaffe incorpora variables ficticias temporales.

(2) Estimación del modelo de Jaffe (1989) con datos de 1981.

(3) Cuando Jaffe incluye todas las áreas mantiene las mismas 232 observaciones, pero considerando las sumas de las variables en las cuatro áreas tecnológicas. Sin embargo Acs et al. hacen un *pool* de los veintinueve estados y las cinco áreas tecnológicas.

Las diferencias que se pueden atribuir al cambio de variable endógena son:

- La elasticidad del gasto en I+D de las universidades y centros públicos federales se dobla, es decir, que el impacto de las externalidades de las universidades es aparentemente mayor.

- El impacto de la coincidencia geográfica (medido por la interacción entre el índice de coincidencia geográfica y la investigación desarrollada por las universidades) también es mayor, sugiriendo que las externalidades de la proximidad geográfica pueden ser más importantes de lo que Jaffe (1989) concluyó. Este resultado es importante porque el problema del trabajo de Jaffe es que el papel de la proximidad geográfica para las externalidades queda ensombrecido por la falta de evidencia de que la proximidad dentro de un mismo estado entre universidades y laboratorios industriales importe.

Aunque Jaffe estima sus resultados para cuatro áreas tecnológicas, Acs et al. (1992) ofrecen una comparación de las estimaciones con las dos medidas de innovación sólo para dos de las áreas tecnológicas: electrónica e ingeniería mecánica. Ambas medidas proporcionan resultados algo diferentes, como se recoge en el cuadro 3. En el área de electrónica, los gastos en I+D de corporaciones privadas tienen efecto positivo y significativo sobre las patentes, pero no sobre la actividad innovadora, mientras que en el área de mecánica ambos arrojan resultados de magnitud similar. Acs et al. encuentran la justificación para estos resultados en el trabajo de Mansfield (1984), para quien en industrias como la de electrónica las innovaciones tienen tendencia a no patentarse, y en Winter (1984). Para este último autor, en el "régimen emprendedor", la información tecnológica requerida para producir una innovación proviene con más seguridad de la

investigación básica realizada en el exterior de la industria, mientras en el "régimen rutinizado" proviene del laboratorio de I+D de la industria. Puesto que el régimen rutinizado se aproxima a la tecnología mecánica y el emprendedor a la electrónica, no es sorprendente, en opinión de Acs et al., que los gastos en I+D de la propia industria sean menos importantes en la producción de innovaciones en electrónica y adquiera más relevancia la investigación universitaria.

Una cualificación adicional muy sugerente es la realizada por Acs et al. (1994), quienes parten de la observación de que, aunque las grandes corporaciones tienen la ventaja innovadora en ciertas industrias, en otras las empresas pequeñas son más innovadoras. Puesto que de acuerdo al modelo de Griliches (1979), el resultado del proceso innovador es el producto de factores de producción generadores de conocimiento, más notablemente I+D, estos autores se plantean la procedencia de los *inputs* productivos de las empresas pequeñas. El propósito de su trabajo es identificar el grado en el que la I+D de universidades y corporaciones se desborda tanto a las pequeñas empresas como a las grandes. En su caso, estiman por separado la ecuación para empresas grandes y pequeñas (500 empleados es la barrera) para determinar explícitamente la importancia relativa de las externalidades de I+D desde universidades y laboratorios de empresas.

Cuadro 3: Actividad innovadora en las industrias de la electrónica y de la ingeniería mecánica.

Variable	Electrónica		Ingeniería mecánica.	
	Patentes	Innovaciones	Patentes	Innovaciones
$\log(I_{it})$	0,631 (5,51)	0,268 (1,37)	0,643 (6,71)	0,649 (4,72)
$\log(U_{ikt})$	0,265 (2,59)	0,520 (2,97)	0,059 (0,49)	0,329 (1,99)
$\log(U_{ikt}) \log(C_i)$	0,063 (0,531)	0,272 (1,33)	-0,046 (-0,40)	0,224 (1,43)
$\log(Pob_{it})$	0,076 (1,263)	0,076 (0,74)	0,177 (3,76)	-0,143 (-2,05)
S	0,203	0,348	0,181	0,247
R ²	0,992	0,951	0,994	0,974
número observ.	29	29	27	27

Fuente: Acs et al. (1992). Entre paréntesis estadísticos t.

La importancia relativa de la I+D industrial y la investigación universitaria como *inputs* generadores de *output* innovador varía claramente entre empresas grandes y pequeñas, como se muestra en el cuadro 4. Así, para las empresas grandes, la elasticidad de la actividad innovadora respecto al gasto industrial en I+D es más de dos veces superior que en las empresas pequeñas. En contraste, la elasticidad respecto a la investigación universitaria es un 20% mayor que la correspondiente a la I+D industrial. Además, la elasticidad de la actividad innovadora respecto a la investigación universitaria en las empresas pequeñas supera en casi un cincuenta por ciento la de las grandes corporaciones. Estos resultados apoyan la hipótesis de que las externalidades que emanan de las actividades de investigación juegan un papel más decisivo en la actividad innovadora de las

empresas pequeñas, mientras que en las empresas grandes tiene más importancia la investigación industrial. Además, aunque la proximidad geográfica entre universidades y laboratorios dentro de un estado sirve como un catalizador para la actividad innovadora de las empresas de cualquier tamaño, el impacto es aparentemente superior en empresas pequeñas (el parámetro estimado es más del cuádruple).

Cuadro 4: Acs et al. (1994). Empresas grandes y pequeñas.

		Empresas grandes	Empresas pequeñas
Variable	Parámetro	Innovaciones	Innovaciones
$\log(I_{it})$	β_1	0,950 (7,13)	0,550 (4,18)
$\log(U_{ikt})$	β_2	0,446 (4,56)	0,661 (5,84)
$\log(U_{ikt}) \log(C_i)$	β_3	0,033 (0,68)	0,111 (1,96)
$\log(Pob_{it})$		-0,554 (-6,55)	-0,314 (-3,91)
número observaciones		145	145

Fuente: Acs et al. (1994)

Entre paréntesis estadísticos t. Estimación mediante el método Tobit.

Volviendo al trabajo de Jaffe (1989), debe señalarse que es más completo que los de Acs et al. en la medida que, junto a la relación tecnológica que representa la ecuación (1.), incorpora otras que guían el comportamiento de la I+D industrial y de la investigación universitaria. La lógica de estas relaciones es que parte de la investigación universitaria está financiada por la industria, lo que puede favorecer a las universidades locales, o simplemente contribuir a la habilidad de las universidades para atraer financiación. Recíprocamente, la presencia de universidades puede ser un factor que influya en la localización de laboratorios. Por eso, Jaffe hace depender la investigación universitaria de la I+D industrial y de ciertas características del estado (que denota Z_1). Por su parte, la I+D industrial es función de otro conjunto de características (Z_2) y de la investigación universitaria.

$$\log(U_{ikt}) = \beta_{4k} \log(I_{ikt}) + \delta_{1k} Z_1 + \xi_{ikt} \quad (3.)$$

$$\log(I_{ikt}) = \beta_{5k} \log(U_{ikt}) + \delta_{2k} Z_2 + \mu_{ikt} \quad (4.)$$

donde ξ_{ikt} y μ_{ikt} son los términos de error.

Jaffe estima un sistema de ecuaciones simultáneas con las ecuaciones (1.), (3.) y (4.) sobre un panel de datos tridimensional, aunque se enfrenta al problema de no disponer del desglose por áreas tecnológicas de la I+D llevada a cabo en cada estado. Esta limitación, junto a la estructura de correlación entre las tres ecuaciones, origina que deba recurrir a un método relativamente sofisticado, que no viene al caso exponer⁵⁷. Además, por

⁵⁷ Ver Jaffe (1989, pp. 958-962).

brevedad, en el cuadro 5 se ofrecen sólo los resultados de las estimaciones de los parámetros beta, que son análogos a las precedentes, sin entrar en detalles sobre las otras dos ecuaciones del modelo. La primera columna hace referencia a la estimación del modelo sin diferenciar por áreas tecnológicas, pero teniendo en cuenta la influencia de las relaciones (2.) y (3.). Las otras cuatro columnas ofrecen los resultados del modelo de Jaffe cuando los parámetros beta difieren entre áreas tecnológicas⁵⁸.

Cuadro 5: Parámetros estimados de la primera ecuación del modelo de Jaffe (1989) completo .

	Todas áreas	Farmacia	Química	Electrónica	Ingeniería mecánica
Parámetro	Patentes	Patentes	Patentes	Patentes	Patentes
β_{1k}	0,940 (18,07)	0,989 (19,78)	0,895 (15,43)	0,892 (20,27)	0,844 (21,64)
β_{2k}	0,103 (2,51)	0,191 (2,32)	0,172 (1,65)	0,125 (2,50)	-0,027 (-0,25)
β_{3k}	0,105 (3,18)	0,152 (1,87)	0,160 (3,07)	0,054 (1,68)	0,093 (1,93)
$\log(Pob_{it})$	0,181 (3,54)	0,125 (1,20)	0,494 (5,04)	-0,074 (-0,78)	0,351 (4,12)

Fuente: Jaffe (1989). Entre paréntesis estadísticos t.

Comparando la primera columna del cuadro 5 con el resultado de Jaffe del cuadro 2, se observa que el modelo completo arroja resultados similares, aunque el efecto de la I+D industrial y de la investigación universitaria son algo mayores, y en el segundo caso, además, estadísticamente más significativos. Diferenciando por áreas tecnológicas, el efecto de la investigación universitaria no varía mucho, y tampoco lo hace el de la concentración geográfica, con la excepción de ingeniería mecánica. Aun así, el estudio de Jaffe proporciona alguna evidencia de que las externalidades universitarias que están influidas por la distancia geográfica existen, siendo mayores en farmacia, algo menores y menos significativas en química, y menores, pero bastante significativas, en electrónica. El efecto de la coincidencia geográfica tiene una magnitud importante, aunque sólo es significativo marginalmente.

En una línea algo diferente, Bania et al. (1993) llevan a cabo un análisis que incide en el papel de la proximidad geográfica en la transmisión de externalidades desde las universidades hacia las empresas. Sin embargo, en su caso, analizan su impacto sobre la aparición de nuevas empresas⁵⁹, tratando de explicar la tasa de aparición de nuevas empresas no sólo en base a factores tradicionales, como el coste de los factores o la tasa de sindicación, sino también a la infraestructura tecnológica, que incluye la investigación

⁵⁸ Los coeficientes de las pendientes se restringen a ser iguales en el tiempo, pero no a través de áreas tecnológicas

⁵⁹ La probabilidad de apertura es la variable endógena del modelo. Aunque no es directamente observable, se estima como la relación entre el número de empresas que se crean y una aproximación del número potencial de emprendedores.

universitaria, el número de universidades y el porcentaje de trabajadores empleados que son científicos o ingenieros.

Su estudio se basa en 87 industrias de 25 grandes centros metropolitanos en el periodo 1976-78, que se han agrupado en dos grandes industrias: equipamiento eléctrico y electrónico, e instrumentos y productos relacionados. Sus resultados, en lo que se refiere a la influencia de la investigación universitaria, son sugerentes: la contribución de la investigación universitaria es positiva y estadísticamente significativa en la industria eléctrica y de equipamiento electrónico, aunque no lo es en el segundo grupo de industrias de alta tecnología. La primera relación es consistente con la visión de que las universidades han jugado un papel central en el desarrollo de la industria electrónica. Además, Bania et al. relacionan su resultado de que la industria electrónica se beneficie de la investigación universitaria con el de Jaffe (1989) de que el efecto en las tecnologías biomédicas es mayor. La justificación para ésto es que, en los años 70, la industria emergente era la electrónica mientras que en la década de los años 80 es la relacionada con las tecnologías biomédicas. Por ello, parece que la universidad afecta sobre todo a la industria emergente. Su explicación es que la investigación universitaria tiene probablemente más impacto en la realización de I+D de producto que de proceso y, por tanto, puede proporcionar mayores beneficios a los nuevos negocios en industrias nacientes.

Después de revisar los modelos considerados en este apartado, puede sostenerse que los efectos de la ciencia sobre la tecnología existen, si bien los resultados son sensibles al campo de la tecnología que se analice, lo que está de acuerdo con el trabajo de Nelson y Rosenberg (1994). En cualquier caso, también surge la necesidad de seguir avanzando en la comprensión de los canales por los que se produce la transmisión de dichos efectos. En otras palabras, una línea de investigación prometedora consiste en desarrollar una mejor comprensión de los mecanismos que crean externalidades tecnológicas desde las universidades a las empresas.

De todos modos, parece evidente que, a pesar de que en las estimaciones econométricas tiende a considerarse que la influencia de las universidades sobre las empresas son simples externalidades, el mayor conocimiento de la forma en que se producen las conexiones entre ambos llevará a poder determinar qué parte de los efectos corresponde realmente al desbordamiento de la investigación llevada a cabo por las universidades y qué parte se debe a la transmisión premeditada de los resultados de la investigación o del propio conocimiento de los investigadores académicos hacia las empresas mediante, por ejemplo, proyectos de investigación conjuntos o actividades de consultoría. Como primer paso en ese sentido, en el próximo apartado se analizan los vínculos que se establecen entre empresas y centros públicos de investigación.

3.2.3. Los vínculos entre empresas y universidades.

Como ya se ha puesto de manifiesto, las relaciones entre los desarrollos en el conocimiento científico y el lanzamiento de un nuevo producto al mercado no son obvias ni directas. No obstante, la comunicación efectiva con la comunidad investigadora externa se manifiesta como un elemento importante para la innovación exitosa⁶⁰.

Senker y Faulkner (1992) señalan que los estudios que tratan directamente los vínculos entre industria y centros públicos de investigación se han centrado en los aspectos más tangibles y directos de esta relación con la finalidad de conocer las diferentes actividades que sirven para establecer relaciones entre ambos (consultoría, contratos de investigación, etc.) y comprender los problemas experimentados por los que tratan de establecer lazos entre empresas y centros públicos de investigación. Estos trabajos han tenido carácter descriptivo de la diversidad, naturaleza y magnitud de la unión⁶¹. Sin embargo, se han realizado pocos esfuerzos que pretendan analizar de forma sistemática lo que las empresas quieren en cada caso particular, esto es, que tomen como punto de partida el interés y la experiencia de la parte industrial de la interacción.

El estudio de Gibbons y Johnston (1974) sigue siendo probablemente el intento más serio de caracterizar la contribución de los centros públicos de investigación a la innovación industrial. Estos autores analizan los mecanismos por los que la investigación científica y la educación contribuyen a la innovación industrial. En el conocimiento científico incluyen no sólo la información contenida en los documentos de investigación y otras formas de literatura producida por científicos en las universidades, como los manuales, libros de texto y revisiones de literatura sino también la información adquirida a través de la red de relaciones profesionales que los investigadores industriales pueden haber desarrollado con sus colegas del sector universitario.

La muestra que utilizan consta de treinta innovaciones que consisten en desarrollos recientes realizados por empresas industriales en Gran Bretaña de un producto que contenga un elemento técnicamente nuevo. Los datos se obtuvieron de entrevistas a personas involucradas directamente en el desarrollo técnico. A diferencia de la mayor parte de los estudios sobre este tema, su muestra contiene también innovaciones de pequeña escala. De hecho, se excluyen específicamente los campos de alta tecnología, como aerospacial y

⁶⁰ Ver Rothwell (1977), quien revisa nueve estudios que han identificado factores asociados con los innovadores exitosos y la empresas que progresan tecnológicamente y cuatro que indagan en las causas de los fracasos y los retrasos en la innovación.

⁶¹ Senker y Faulkner (1992, p.158) citan varios trabajos en esta línea y sugieren que los esfuerzos de la universidad para vincularse con la industria deben ser focalizados si se quiere que sean efectivos, puesto que dichas relaciones no serán relevantes ni apropiadas para todas las empresas y ocasiones. Si se acepta este comentario, se hace necesario estudiar con mucho detenimiento las relaciones entre empresas y universidades en cada uno de los campos de la ciencia y la tecnología antes de poder asegurar si la política de estímulo a las relaciones entre universidad e industria es adecuada.

telecomunicaciones, en los que se sabe que existe una gran interacción entre el gobierno, la industria y las universidades. Puesto que las innovaciones de mayor escala se basan más en la ciencia, las recogidas por Gibbons y Johnston son las que deben reflejar las menores relaciones entre ciencia e innovación.

Por cada innovación, se distinguen las unidades de información necesarias para resolver los problemas técnicos y obtener la innovación. Se preguntaba por la fuente y contenido de dicha unidad de información, que podía partir del propio individuo que resuelve el problema o bien proceder de fuentes externas, dentro de las cuales se encuentra el conocimiento científico. Concentrando la atención en el papel del conocimiento científico en la innovación, se observa que algo más de un tercio de las unidades de información que provienen del exterior de la empresa puede ser clasificada como científica. Las dos fuentes más importantes son la literatura científica y los científicos de las universidades.

La antigüedad media de la literatura empleada fue 12,2 años, aunque una parte importante de las unidades de información fueron producidas dentro de la década anterior. Puesto que el tiempo medio transcurrido desde que la persona que resuelve el problema finalizó sus estudios es 17 años, este resultado indica que el individuo se apoya en información resultante de la investigación científica que ha sido producida con posterioridad.

Tanto el uso de la literatura como los contactos personales se establecen según un patrón en el que o no se establece ningún contacto o se establecen varios. Así, menos de la mitad de las innovaciones dependen de la información obtenida por este medio, pero el 80% de las que lo hacen incluyen más de dos unidades de información de la misma fuente. La sugerencia que extraen Gibbons y Johnston es que existe (o al menos así se percibe) una barrera al uso de recursos científicos que inhibe la transferencia del conocimiento científico hacia las aplicaciones industriales. Una vez que esta barrera es superada, los individuos que deben resolver los problemas son capaces de hacer un uso frecuente y efectivo de este recurso.

En cualquier caso, el impacto de la información transferida no es la provisión de ideas básicas para la innovación, sino que está dirigida a dar respuesta a problemas planteados y, aunque en algunos casos el científico proporciona la solución directamente, lo más frecuente es que sea capaz de sugerir vías alternativas por las que el problema puede ser tratado, estrechar el campo a considerar o proporcionar equipo y procedimientos para probar la factibilidad de una solución propuesta por la industria. Otro papel especialmente importante del científico es trasladar la información de las revistas científicas a una forma comprensible por el individuo que se enfrenta con problemas técnicos. Gibbons y Johnston encuentran que, con frecuencia, una vez seguido el camino propuesto por los científicos se llegaba a la solución en pocos pasos.

Así, en campos tecnológicos alejados de la ciencia, los científicos en las universidades juegan poco o ningún papel en la iniciación de la innovación tecnológica, pero frecuentemente hacen contribuciones a la resolución de problemas técnicos que surgen del proceso de innovación precisamente por la experiencia que poseen, la información con la que están familiarizados o las instalaciones que utilizan.

Respecto a la incidencia de la educación del individuo en la utilización del conocimiento científico, encuentran que los que tienen educación universitaria, especialmente un doctorado, se apoyan mucho más en fuentes externas que los que tienen educación industrial, que dependen más de la información que ya poseen por su formación y experiencia industrial. Además, las fuentes externas empleadas por los primeros son la literatura y los científicos de las universidades, mientras que los segundos emplean la información proporcionada por los representantes de ventas y los técnicos de empresas vendedoras.

Del trabajo de Gibbons y Johnston se puede concluir que la investigación desarrollada en las universidades con financiación pública ha resultado ser valiosa por dos razones. En primer lugar, por el conocimiento científico obtenido por la propia investigación. De esta forma, las universidades realizan una contribución a la ciencia fundamental que puede ser aplicada posteriormente por la investigación industrial. En segundo lugar, mantienen la pericia y la familiaridad con un conocimiento en cambio constante.

A pesar de que los resultados de la investigación científica se publican, el conocimiento científico no se vuelve un bien casi gratuito hasta que forma parte del curriculum educacional. Hasta que se alcanza este estado el conocimiento, sólo se obtiene directamente a través de unos pocos científicos especialmente preparados en ciertos campos. Por eso, para estos autores, el científico puede, y a veces lo hace, jugar un papel vital en la percepción de la aplicación de conocimiento particular a problemas específicos, trasladando y transformando los resultados de la investigación científica de forma que puedan ser directamente empleados en el entorno industrial.

En una línea parecida a la de Gibbons y Johnston, pero ya dedicados a sectores en los que el componente científico es más importante (biotecnología y materiales cerámicos), Senker y Faulkner (1992) realizan un estudio que se basa en el de Gibbons y Johnston en su atención al conjunto de *inputs* necesarios para la innovación industrial y al tipo, fuentes, canales e impactos de los mismos, insistiendo sobre todo en las diferencias y similitudes que existen entre los campos de la biotecnología y los materiales cerámicos. Posteriormente, Faulkner y Senker (1994) aplican su metodología también a la informática en paralelo, por eso a continuación se presenta sólo este segundo trabajo, que, además, proporciona una tipología de factores que inciden en la variabilidad de las relaciones entre universidad e industria.

Faulkner y Senker se proponen comprender las diferencias en la fuerza y carácter de los nexos en investigación entre industria y sector de investigación público. Se centran en los campos de la nueva biotecnología, ingeniería avanzada de la cerámica y procesamiento en paralelo, tratando de dilucidar los factores relativos a la tecnología que pueden estar en juego. Para ello, desarrollan una metodología que ponen en práctica a través de entrevistas a 60 investigadores de 31 compañías en los tres campos mencionados y que, en esencia, busca comprender, mediante el examen detallado del conocimiento que obtienen de los centros públicos de investigación, la razón por la que las empresas establecen vínculos con dichos centros. Las tres preguntas centrales que trata de contestar este estudio son: 1) ¿Cuánto interactúan las empresas con las instituciones académicas y laboratorios del gobierno?. 2) ¿Cómo se establece la interacción?. 3) ¿Qué logran con ella?.

Como respuesta a la primera pregunta, el análisis de los *inputs* científicos y tecnológicos confirma que la fuente predominante de estos es la I+D de la propia empresa⁶². Además, las relaciones externas no son un sustituto de la capacidad interna. De esta forma, se obtiene una visión de la I+D industrial incorporando una síntesis de *inputs* diversos proviniendo tanto de fuentes internas como externas.

Los *inputs* internos provienen tanto del conocimiento y pericia de los individuos como del esfuerzo colectivo en I+D. En cuanto a la procedencia de las fuentes externas, en biotecnología las contribuciones del sistema público de investigación se consideran mayores o iguales que las de otras empresas. Sin embargo, en cerámica las respuestas están bastante repartidas por la densa red de relaciones que existe con usuarios y proveedores sobre las especificaciones y rendimiento de los materiales individuales. En las empresas dedicadas al procesamiento en paralelo, las contribuciones de otras empresas (fabricantes de programas o de equipos, usuarios y competidores) son mayores o iguales que las de CPI.

En cuanto a la segunda pregunta, los tres canales por los que se obtienen *inputs* científicos y tecnológicos de las universidades y organismos de investigación gubernamentales son la literatura, los contactos personales y la captación de personal. Parece existir una interesante divergencia entre las tres tecnologías en términos de la procedencia de estos *inputs*. En biotecnología la literatura es más importante que los contactos, en cerámica hay poca diferencia y en informática se emplean más los contactos. La justificación de Faulkner y Senker para este resultado es que en biotecnología el conocimiento que ha aparecido en el sistema público de investigación ha sido codificado,

⁶² Pavitt (1987, p. 184) revisa los trabajos que analizan los documentos de patentes indagando en si se citan otras patentes o por el contrario la literatura, las primeras indican que la tecnología se apoya principalmente en tecnología y las segundas que se construye sobre la ciencia. Su resultado es que la tecnología se construye partiendo de la tecnología, pero que la tasa de interacción con la ciencia varía considerablemente entre campos científicos y entre tecnologías. Esta conclusión resulta compatible con la que obtienen Faulkner y Senker.

mientras que en informática en paralelo los investigadores de las empresas consideran que los intereses de los centros de investigación públicos son demasiado abstractos y "tangenciales" como para tener mucho valor práctico.

En cualquier caso, a nivel individual, la importancia relativa de la literatura y los contactos es función de la personalidad, antigüedad, y experiencia en el trabajo por parte de los investigadores. Esto es, los investigadores más experimentados tienen una mayor red de contactos. Por otra parte, la literatura es generalmente una primera fuente de información, pero, debido a que está limitada porque está frecuentemente anticuada y no puede ser interrogada, suele requerir el establecimiento posterior de contactos personales para lograr más información, aclaraciones o una opinión fundada.

Por último, la captación de personal es utilizada ocasionalmente para adquirir habilidades especiales de los centros públicos de investigación, como en experimentación y pruebas. Sin embargo, es raramente el primer paso por el que las empresas adquieren capacidades en un nuevo campo tecnológico. En otras palabras, las empresas emplean las relaciones con el sistema público para ampliar su base de conocimiento y aprender algo sobre una especialidad antes de comprometerse ellas mismas.

Los mecanismos por los que se establecen estos contactos pueden ser formales e informales. Las relaciones informales⁶³ son, con frecuencia, precursoras y sucesoras de las formales. La investigación de Faulkner y Senker demuestra que los vínculos formales no funcionan bien en ausencia de relaciones de amistad entre los investigadores. Por otra parte, la interacción informal mediante contactos personales se lleva a cabo sin ningún tipo de acuerdo formal.

En cuanto a los mecanismos formales, las consultas son la forma más fácil de relación en todas las tecnologías, mientras que sólo algunas empresas financian investigación universitaria. Las empresas de biotecnología participan en el mayor número y rango de uniones formales, incluyendo acuerdos para la financiación durante varios años de, por ejemplo, laboratorios en las universidades. Estas actividades costosas están limitadas en cerámica a las apoyadas públicamente. En informática de procesamiento en paralelo, el estudio de Faulkner y Senker detecta que la mayoría de las ligazones se producen con clientes de laboratorios académicos y gubernamentales. Además, excepto en el campo de la cerámica, las relaciones apoyadas por el gobierno están limitadas a las empresas más grandes.

Pasando a la tercera pregunta, los principales beneficios de los vínculos formales e informales con el sistema público de investigación según las respuestas de los

⁶³ Pavitt (1987, p. 184) también apunta a la importancia de los contactos personales para la resolución de problemas.

investigadores, se han agrupado en el cuadro 6. Los más valorados son "mantenerse al nivel del sector público", "acceder a habilidades específicas", recibir "asistencia general⁶⁴ y ayuda con problemas específicos" y contar con "ayuda para la captación de personal".

Cuadro 6: Beneficios de las relaciones con el sistema de investigación público.

	Biotecnología	Cerámica	Informática
Mantenerse al nivel del sector público	x	x	x
Acceder a habilidades específicas	x	x	x
Asistencia general y ayuda con problemas específicos	x	x	x
Asistencia en la experimentación			
- Habilidades en nuevas técnicas	x	-	-
- Acceso a equipo de investigación	x	x	-
- Materiales de investigación	x	-	-
Ayuda para la captación de personal	x	x	x
Input para el desarrollo de nuevos productos	-	x	x
Dictamen estratégico	-	x	x
Pruebas de producto y <i>marketing</i>	-	-	x
Otros:			
- Incremento de la pericia del sistema público	-	x	-
- Información sobre el resto de la industria	x	x	-
- Mantener al personal contento	x	-	x

Fuente: Faulkner y Senker (1994).

"Mantenerse al nivel del sector público" es el beneficio más importante en cerámica y también destaca en biotecnología, aunque no tanto en informática. El área de mayor relevancia en biotecnología es la asistencia en la experimentación, lo que refleja la visión de la industria farmacéutica de que el mayor impacto de la nueva tecnología no procede tanto de los nuevos productos como del uso de nuevas técnicas que mejoran la capacidad de las empresas para el descubrimiento y diseño de medicamentos. En ingeniería de la cerámica tiene mucha importancia el acceso a equipos de investigación modernos y costosos, así como la habilidad necesaria para interpretar los resultados.

En base a los resultados de su cuestionario, Faulkner y Senker detectan las siguientes similitudes entre tecnologías:

- Los centros públicos de investigación contribuyen a la I+D innovadora de dos formas distintas. La primera, como fuente de nuevo conocimiento en campos especializados de la ciencia y la ingeniería y, la segunda, como una fuente de asistencia práctica, incluyendo el área de instrumentación.

- El conocimiento formal en campos particulares proveniente de los centros de carácter público se identificó como resultado de la educación y de la lectura de la literatura. De forma similar, uno de los grandes beneficios de los contactos personales con los centros

⁶⁴ La asistencia general es lo que hace que los expertos académicos aclaren el significado de los nuevos hitos científicos o indiquen la manera en que tal conocimiento puede ser explotado.

de investigación públicos es que capacita, junto a las publicaciones, para mantenerse en la frontera tecnológica. Estos hallazgos confirman que el papel predominante de las universidades y laboratorios de investigación en la innovación se produce a través de la formación de científicos e ingenieros cualificados. De todos modos, los beneficios de la ligazón no están confinados al conocimiento en campos especializados, sino que las empresas también consiguen considerable ayuda sobre problemas prácticos, con frecuencia en respuesta a problemas específicos. Así, la contribución de los CPI al flujo de inputs tecnológicos usados en los procedimientos experimentales y en la instrumentación son un área crucial de solapamiento e interacción entre la ciencia académica y la tecnología industrial, tal y como han destacado Price (1984), Rosenberg (1992) y Riggs y von Hippel (1994).

- Aunque la educación y los centros públicos de investigación aportan buena parte del conocimiento más formal y general utilizado en I+D, los hallazgos de Faulkner y Senker también destacan la importancia para la innovación de los tipos de conocimiento y habilidades más específicos y tácitos, que tienden a adquirirse de forma acumulativa en el trabajo de investigación y a ser transferidos de empleo a empleo. En cualquier caso, los centros públicos no deben ser relacionados exclusivamente con los aspectos más generales y formales del conocimiento; los hallazgos de Faulkner y Senker demuestran que hay considerables elementos específicos, tácitos y basados en la habilidad y la pericia que los investigadores industriales buscan y obtienen cuando se relacionan con CPI.

- En cuanto al modo en que la interacción tiene lugar, aunque el análisis revela un amplio grado de variabilidad en el rango y escala de la actividad de ligazón formal, todas las empresas usan consultores en alguna medida y todas se benefician de fuertes redes de contactos personales con los CPI. En todas las empresas analizadas, las relaciones informales juegan un papel fundamental para la transferencia de conocimiento a la industria y es un prerequisite esencial para el éxito de las ligazones formales donde existen. Más aún, los contactos personales son usados con frecuencia en conjunción con la literatura de investigación puesto que proporcionan *inputs* de investigación complementarios.

Por otro lado, Faulkner y Senker identifican la procedencia de la variabilidad interindustrial en la ligazón entre industria y sistema público de investigación, sosteniendo que, aunque no existe una teoría que guíe la interpretación de esta variabilidad, el análisis de sus datos les permite sugerir que puede estar relacionada con un número de factores en tres campos de influencia que son el sector industrial, la investigación del sector público y la tecnología, tal y como se explica a continuación.

1) Sector industrial.

- Carácter o condición de la innovación.

En la industria farmacéutica, la innovación está más próxima al modelo lineal clásico que en ningún otro sector. El desarrollo de nuevos productos está muy guiado por el conocimiento, estando la I+D muy alejada de la influencia de usuarios y de los procesos de producción. Por el contrario, la innovación en cerámica y ordenadores es más circular, incorporando una gran interacción entre usuarios y proveedores en el desarrollo de nuevos productos; además, en ingeniería de la cerámica las actividades de producción y de I+D están particularmente próximas. En farmacia, la I+D está más basada en la ciencia, en informática está más relacionada con la ingeniería y en cerámica es una mezcla de ambas.

Juntas, estas características explican que las ligazones tiendan a ser más fuertes en farmacia y que en informática y cerámica sean otras empresas las principales contribuyentes de los *inputs* científicos y tecnológicos externos.

- Tamaño de la empresa.

El tamaño de la empresa junto a su intensidad en I+D tiene un importante efecto en el rango y escala de la actividad de ligazón que una empresa puede soportar. Además, el efecto de la escala tiende a superar las consideraciones sectoriales, de forma que las empresas se parecen más a otras de su mismo tamaño con independencia de que puedan ser de sectores diferentes.

2) Investigación del sector público.

- Disponibilidad de pericia relevante.

Las fortalezas y debilidades del sistema público de investigación en un campo son un factor crucial que limita la ligazón entre la industria y el sector público de investigación. Esto hace referencia no sólo al nivel general de actividad de los centros públicos de investigación en el campo, sino a su nivel de sabiduría o pericia específica.

- Actuaciones públicas que se hayan desarrollado para el desarrollo de la base de investigación.

- Papel como usuario clave. El papel de los laboratorios académicos y del gobierno como un usuario temprano en determinados campos, como informática en paralelo o instrumentación médica, dominan la ligazón con los CPI en esas tecnologías.

3) La tecnología.

Además de los factores relativos al sector industrial y al estado del sistema público de investigación, existen otros que están más estrechamente unidos a la tecnología en sí misma y que también influyen en las relaciones entre la industria y el sistema público de investigación. Por ejemplo, la importancia de los CPI en las tecnologías que afectan a los

procesos productivos - en los que la incidencia de los usuarios es mayor- parece menor que en las tecnologías que se relacionan con los productos.

También, la importancia relativa del conocimiento tácito y el codificado puede afectar al canal para acceder al conocimiento y pericia de los CPI, esto es, empleando los contactos personales o la literatura.

4) La empresa

- Base de conocimiento existente. Mientras que las ligazones con los CPI tienen más posibilidades de ocurrir en una nueva tecnología, el estudio de Faulkner y Senker proporciona evidencia sobre que la confianza en las fuentes externas, incluyendo CPI, es mayor cuando la tecnología es nueva para una compañía. Según sus datos, está claro que en las áreas donde las empresas han realizado mucho trabajo, la mayoría del conocimiento reside en ellas, mientras en aquellas en que las empresas no han trabajado la experiencia externa es más importante. De esta forma, las relaciones con el sistema de investigación público son el primer paso por el que las empresas adquieren conocimiento y habilidades en campos que les resultan nuevos o no familiares.

Su estudio también sugiere que el proceso de generación de capacidades tecnológicas internas a la empresa tiene que ser incremental, a causa de que la propia capacidad de la empresa para evaluar y utilizar el conocimiento externo depende fuertemente de la importancia de su propia experiencia en el campo.

- Propensión a la ligazón. Existe variabilidad entre empresas, incluso entre las que son del mismo tamaño, operan en el mismo sector y trabajan en la misma tecnología. Dentro de unos límites, unas empresas son simplemente más extrovertidas y otras más introvertidas en lo que se refiere a la comunidad externa que realiza investigación. Las razones para estas diferencias son difíciles de identificar, aunque Faulkner y Senker señalan como un factor la política de contratación de personal. Así, por ejemplo, la experiencia doctoral y postdoctoral en la investigación académica conllevan la existencia de redes externas de relaciones, tal y como indican Gibbons y Johnston (1974).

Link y Rees (1990) aportan una justificación para que las empresas pequeñas tengan ventaja en el proceso de generación de innovaciones. En concreto, pretenden explicar que las empresas pequeñas introduzcan más innovaciones en relación a su tamaño que las grandes y, además, que las innovaciones de producto sean más importantes en aquellas. Para ello, su artículo compara las relaciones de investigación, basadas en la universidad, que se establecen entre pequeñas y grandes empresas en un esfuerzo por identificar un factor que podría explicar esta diferencia de capacidad innovadora. Su hipótesis es que la burocratización de la toma de decisiones en las grandes empresas no sólo inhibe la capacidad innovadora sino que también retrasa la trayectoria por la que las nuevas invenciones se mueven hasta el mercado. Las pequeñas empresas que utilizan las relaciones

de investigación basadas en la universidad y son, como resultado, más eficientes en su I+D interna evitan parcialmente estos problemas.

Link y Rees utilizan una encuesta realizada en 1986 que fue contestada por 209 empresas pertenecientes a cinco industrias manufactureras (maquinaria para el trabajo del metal, maquinaria de oficina e informática, componentes electrónicos y accesorios, aviación, e ingeniería e instrumentos científicos). Estos autores recabaron información sobre tres categorías específicas de relación entre empresa y universidad, como son la utilización de profesores como consultores técnicos, la realización de proyectos de investigación bajo contrato y el empleo de estudiantes graduados como asistentes de investigación. El 69% de las empresas de la muestra estuvo involucrada en al menos un programa de investigación que contaba con el apoyo de universidades y, de acuerdo a los datos de Link y Rees, el grado en que se involucran crece con el tamaño.

Las razones que explican este tipo de relación son que la participación de las universidades permite reducir los costes de investigación e identificar empleados potencialmente productivos. Link y Rees indagan más aún en los incentivos concretos de las empresas para llevar a cabo investigación. Con la excepción de las empresas con menos de 250 empleados, una razón importante es el potencial para la resolución de problemas en los procesos de producción. El desarrollo de productos y el acceso a estudiantes, que pueden ser futuros empleados, es importante en todos los intervalos de tamaño. Sin embargo, el acceso a equipamiento no muestra una pauta clara. Por último, la importancia de los incentivos impositivos sólo es destacable en las empresas de mayor tamaño y en las comprendidas en la franja de 250 a 499 empleados.

Link y Rees resumen su análisis sugiriendo que las empresas de todos los tamaños emprendieron relaciones con las universidades para utilizar a los profesores como consultores, y las empresas más grandes lo hacen en mayor medida que las pequeñas. Esta colaboración tiende a estar orientada principalmente hacia el desarrollo de productos y también a la resolución de problemas en áreas relacionadas con la producción. Además de la pericia en investigación, las empresas de todos los tamaños consideraron el acceso a los estudiantes que podrían convertirse en futuros empleados como un incentivo significativo para iniciar una relación de investigación con una universidad.

Para tener una idea del resultado de la interacción entre empresas y universidades extrajeron información relativa al éxito de la colaboración, destacando que excepto las empresas de menos de 100 empleados, un 7% de las cuales se declararon no satisfechas con la colaboración, el resto se mostraron muy o bastante satisfechas. Una segunda forma de obtener una visión de la importancia de la colaboración con las universidades consiste en

estimar la tasa de rentabilidad de la I+D⁶⁵. Los resultados de la estimación, que se desglosan en el cuadro 7, se obtuvieron con las 158 empresas para las que se disponía de información. No resultó significativa la diferencia entre empresas pequeñas y grandes, pero sí aparecieron diferencias entre la rentabilidad de las empresas que colaboran con aquellas otras que no lo hacen. La explicación que proporcionan Link y Rees es que muchas veces la distancia entre la I+D industrial y las innovaciones es demasiado grande a causa de la falta de capacidades de investigación de las empresas. De hecho, incluso las empresas más avanzadas tecnológicamente son débiles en algunas áreas críticas para la investigación. La colaboración incrementa la utilización y transferencia del conocimiento académico y, puesto que este proceso está generalmente orientado hacia la aplicación del conocimiento básico, su impacto en la innovación puede ser considerable.

Cuadro 7: Tasa de rentabilidad estimada

	Todas las empresas	Empresas grandes	Empresas pequeñas
Independientemente de colaboración	26,1%	26,1%	26,0%
Empresas que colaboran con universidades	34,5%	29,7%	44,0%
Empresas que no colaboran con universidades	13,2%	14,1%	13,9%

Fuente: Link y Rees (1990).

Segmentando a las empresas tanto por su tamaño como por su involucración en actividades de colaboración, los rendimientos de la I+D de las empresas pequeñas que colaboran son bastante grandes, superiores a los de las empresas grandes que se involucran en proyectos con la universidad. Donde no se aprecian diferencias de rentabilidad según el tamaño es en las empresas que son activas en I+D, pero no participan en proyectos conjuntos con universidades⁶⁶. La conclusión que extraen Link y Rees es que las empresas pequeñas parecen ser capaces de transferir el conocimiento ganado de su asociación de investigación con la universidad más efectivamente en comparación con las empresas grandes y, de este modo, incrementan la rentabilidad de sus actividades de I+D internas. Este resultado está en la misma línea que el ya citado de Acs et al (1984), según el cual las empresas pequeñas aprovechan más las externalidades de la investigación universitaria, si bien en este caso es necesaria la colaboración explícita.

⁶⁵ Link y Rees llevan a cabo una regresión del crecimiento de la productividad de todos los factores contra el ratio del gasto en I+D de la empresa respecto a las ventas. El parámetro estimado es la tasa de rentabilidad, que puede interpretarse como un índice de la eficiencia en I+D.

⁶⁶ A pesar de lo sugerentes que son estos resultados, cabe esperar que las estimaciones de la tasa de rentabilidad estén sesgadas en la medida que Link y Rees no han tenido en cuenta que las empresas que colaboran con las universidades no son una extracción aleatoria de la muestra de empresas, sino que posiblemente tengan características diferenciales que pueden afectar a su tasa de rentabilidad de las actividades de I+D.

Berman (1990) analiza este tema relacionando⁶⁷ el nivel de esfuerzo en I+D de carácter aplicado, medido por el gasto de las empresas, con los gastos en investigación industrial básica, los gastos en I+D universitaria financiada por la industria y los gastos en I+D previos de la industria, así como otras variables como la liquidez y la tasa de crecimiento del Producto Nacional Bruto. Además, se interesa por identificar la estructura de retardos entre esas variables y los incrementos posteriores en la actividad innovadora, que se justifican en que la transferencia de conocimiento y la puesta en práctica de nuevos proyectos llevan tiempo.

Los resultados obtenidos por Berman apuntan a que la investigación aplicada no sólo depende de la investigación básica previa de la industria, sino que existe evidencia significativa de la asociación entre la I+D universitaria financiada por la industria y la I+D industrial que se produce más tarde, siendo el desfase de cinco años. También el crecimiento del Producto Nacional Bruto tiene efectos significativos sobre los gastos en I+D de la industria. El resto de las variables no resultaron significativas.

Todo esto sugiere una relación de complementariedad más que de sustitución entre la colaboración entre universidad e industria para investigar y la I+D industrial, es decir, la cooperación incrementa la innovación⁶⁸. En opinión de Berman, estos resultados justifican la política que favorece el incremento de la colaboración para estimular la innovación tecnológica en la industria. En cualquier caso, las implicaciones de la colaboración requieren tomar en consideración que ésta se concentra en cuatro o cinco campos de la ciencia, estando ausente en muchos otros.

Una vez que ha quedado claro que las empresas se pueden beneficiar de su interacción con las universidades e institutos de investigación de carácter público, surge la pregunta de si esta interacción surge naturalmente o si existen obstáculos a su establecimiento que pueden hacer deseable la intervención pública.

⁶⁷ Berman utiliza datos agregados para el periodo 1953-86 proporcionados por la *National Science Foundation* (NSF) norteamericana. La variable que mide la colaboración son los gastos pagados por las industrias a las universidades para que investiguen. Esta medida cubre tanto los proyectos de investigación conjuntos como los grandes centros de investigación que cuentan con financiación empresarial. No considera, sin embargo, otras formas de colaboración como consultas a profesores, fondos proporcionados por instituciones sin fines de lucro y otros. Debe, por tanto, interpretarse como una aproximación a la colaboración que se establece.

⁶⁸ Este resultado puede estar relacionado con el de Nelson (1986), quien analiza el efecto que la investigación universitaria tiene en la intensidad en I+D de las empresas, obteniendo que el efecto es positivo y significativo. Su interpretación es que la investigación universitaria raramente genera por sí misma nueva tecnología, pero mejora las oportunidades tecnológicas y la productividad de la investigación privada de forma que induce a las empresas a gastar más en I+D.

En esa línea, Dean (1981) proporciona algunas respuestas tentativas a las barreras existentes a la colaboración entre instituciones académicas y empresas pequeñas de industrias que carecen de capacidad de I+D. Las más destacables son:

- Parecen existir diferencias fundamentales entre las empresas pequeñas y las universidades en la percepción del tiempo y del coste necesarios para la solución de problemas.

- Aunque algunos rechazan participar porque no quieren asociarse con investigadores académicos o involucrarse en un proyecto financiado por el gobierno, no parece una barrera importante.

- El personal de la universidad tiende a ver parte de los problemas planteados como triviales e inútiles desde el punto de vista de la investigación. Este planteamiento no es necesariamente un juicio subjetivo basado en actitudes negativas, puesto que parte de los problemas de este tipo pueden ser resueltos por un ingeniero de la propia empresa o de una consultora especializada.

Cuadro 8: Impedimentos más importantes en opinión de la industria y de la universidad.

Industria	Universidad
1. Las capacidades propias de investigación de la industria impiden que la universidad tenga una ventaja en costes o una capacidad única.	1. La universidad necesita proteger el derecho a publicar, mientras que la industria necesita proteger la información de que es propietaria.
2. Orientación de la industria hacia los beneficios a corto plazo y la mejora de productos.	2. Orientación de la industria hacia los beneficios a corto plazo y la mejora de productos.
3. Conflicto de intereses creado por la univ. o los investigadores que tienen intereses en la industria.	3. Política de patentes de la industria.
4. Disparidad entre la orientación de la universidad hacia la investigación básica y las necesidades a corto plazo de la industria.	4. Conflicto de intereses creado por la universidad o los investigadores que tienen intereses en la industria.
5. Leyes federales sobre innovaciones y patentes que surgen del trabajo patrocinado por el gobierno.	5. Disparidad entre la orientación de la universidad hacia la investigación básica y las necesidades a corto plazo de la industria.
6. Percepción de la industria de que la universidad con frecuencia no comprende las necesidades de la industria en la investigación orientada al producto ni la necesidad de la industria de maximizar los beneficios como un objetivo primario.	6. Aversión de la industria a financiar los costes totales de investigación.
7. Incapacidad de la universidad para llevar a cabo investigación patrocinada por la industria.	7. Actitudes que crean una brecha cultural o falta de comprensión.
8. Actitudes que crean una brecha cultural o falta de comprensión.	

Fuente: Fowler (1984).

Azároff (1982) también sugiere algunos impedimentos que, en su opinión, afectan a las relaciones entre empresas y CPI y que concuerdan básicamente con los resultados que obtiene Fowler (1984) tras encuestar a 80 ejecutivos relacionados con actividades de investigación de la industria norteamericana y a 78 investigadores de universidades punteras de ese país. Aunque no encontró impedimentos particulares que dominasen las relaciones industria-universidad, en el cuadro 8 se resumen los principales obstáculos que existen en

opinión de la industria y de la universidad. Se observa que ambas partes a veces están de acuerdo en la significación de algunas dificultades, mientras que en otras ocasiones no lo están.

Van Dierdonck et al. (1990) abordan la cuestión exclusivamente desde la óptica de la comunidad académica. Su investigación analiza las actitudes de una parte importante de la comunidad académica belga hacia las interacciones entre universidades y empresas con el objetivo de valorar cuál es su experiencia en lo que se refiere a las barreras a la colaboración. Para Van Dierdonck et al., aunque se detectan obstáculos a la transferencia de tecnología en ambos lados, existe el supuesto tácito de que son los investigadores académicos los que deben adaptarse a los requisitos de la industria, lo que se explica, al menos en parte, por el poder de negociación extremadamente limitado de los investigadores académicos. Así, debe llevarse a cabo la investigación que es relevante para las necesidades industriales, plegándose a las prioridades y plazos de su socio industrial, y siendo flexible en cuanto a sus hábitos de publicación. Las barreras⁶⁹ se engloban en dos amplias categorías:

a) Las diferencias entre industria y mundo académico constituyen una barrera cultural. Así, para entrar en contacto con la industria, los investigadores deben violar los principios característicos del mundo científico de que el conocimiento científico generado no es privado, del desinterés y del escepticismo organizado. La consecuencia es que la divergencia de normas culturales de las comunidades académica e industrial puede generar una aversión académica hacia la colaboración con socios empresariales. Por sí solo, el primer principio origina un conflicto entre "libertad de publicación" y "secreto de los hallazgos de investigación" que constituye el tema principal de las barreras a la colaboración, tal y como detectó el trabajo de Fowler (1984).

Además, aun salvando las diferencias culturales, ambos mundos no están estructurados para cooperar. Las propias normas institucionales y los procedimientos pueden inhibir la colaboración. La autonomía de los profesores para orientar su propia investigación genera que el ámbito académico esté compuesto por un conjunto amplísimo de unidades independientes que hace complicado que las empresas contacten con la persona correcta, si bien una vez localizada las relaciones de colaboración son mucho más sencillas. Además, el tiempo tiene una dimensión muy diferente para ambas partes, pues en las empresas se piensa en términos de meses mientras que en el mundo académico los plazos para conseguir resultados alcanzan varios años. Más aún, existe el problema de arbitrar

⁶⁹ Los estímulos a la colaboración proceden principalmente de la reducción de los presupuestos para la I+D académica, la necesidad de proporcionar proyectos de la "vida real" a los estudiantes, la necesidad de crear oportunidades de empleo a los graduados y la creciente interrelación entre ciencia y tecnología.

normas de compensación y remuneración para los laboratorios que se involucran en proyectos industriales.

b) Se afirma que es necesaria una cierta masa crítica para que un laboratorio pueda colaborar con la industria. También se plantea si los laboratorios más orientados hacia la investigación aplicada son los que tienen más oportunidades para involucrarse en relaciones entre universidad y empresa.

Van Dierdonck et al. exploran la existencia de estas barreras a través de las respuestas a una encuesta enviada a los laboratorios universitarios⁷⁰ de 13 universidades belgas en cuatro disciplinas (ciencias, ingeniería, medicina y ciencias agrarias) que consideradas junto a las división entre laboratorios que colaboran y que no colaboran hacen surgir ocho tipos de laboratorios de investigación.

Mediante la construcción de un índice de barrera cultural sugieren que no es posible hablar de una aversión sistemática hacia los proyectos industriales, aunque sí existen diferencias entre disciplinas y entre laboratorios involucrados o no en la colaboración. La variabilidad entre disciplinas se atribuye a la tradición, de modo que las escuelas de ingeniería interactúan más con la industria pues las necesitan como laboratorio. En Bélgica también es frecuente la colaboración en las disciplinas de medicina y ciencias agrarias. Por el contrario, las mayores barreras se manifiestan en las facultades de ciencias, en las que puede persistir la mentalidad del investigador en su "torre de marfil". En cualquier caso, parece que algunos grupos de investigación ignoran las complementariedades potenciales que existen entre su investigación y el trabajo hecho en la industria, por lo que una oficina de enlace podría ofrecer asistencia facilitando los contactos.

Por otra parte, los laboratorios con vínculos con la industria muestran menos barreras a la interacción. Esto permite a Van Dierdonck et al. especular con que la experiencia en la colaboración afecta a las actitudes culturales y reduce la barrera cultural. Esta hipótesis es consistente con el resultado de que las facultades con más experiencia en colaboración, las de ingeniería, tengan menores barreras. De esta forma, las barreras culturales se reducen paulatinamente a medida que la experiencia se acumula, resultado consistente con la observación de Gibbons y Johnston de que una vez que una empresa resuelve un problema acudiendo a la ayuda de investigadores académicos tiende a repetir este método.

⁷⁰ La razón para elegir el laboratorio de investigación como unidad de análisis es que constituye la más pequeña unidad organizacional que se puede encontrar en Bélgica. Está dirigida por un profesor que tiene autonomía casi completa sobre el funcionamiento del mismo, decidiendo las prioridades de investigación y encargándose de la captación de fondos.

En este trabajo también se menciona un conjunto de factores que pueden haber contribuido a reducir las barreras culturales a los bajos niveles que se detectan: un clima general proclive a la colaboración, la reducción o estancamiento de los fondos públicos destinados a la investigación universitaria, la creciente interrelación entre ciencia y tecnología, la aparición de una generación de investigadores universitarios con mayor propensión a la colaboración con la industria, etc.

En cuanto al segundo tipo de barreras, los laboratorios que no colaboran apuntan a la ausencia de masa crítica (en términos de mano de obra o recursos financieros) como uno de los principales factores que inhiben la colaboración. No obstante, a pesar de que los laboratorios que colaboran tienen más ingresos y más personal, Van Dierdonck et al. sugieren que ésto es una consecuencia de la colaboración y no su causa. Para ellos, es difícil creer que sea un prerrequisito para la interacción con la industria. Por el contrario, parece clara la relación entre el grado en que la investigación universitaria es aplicada y las relaciones de colaboración.

En resumen, no parece que exista aversión cultural y la masa crítica y la orientación de la investigación tienen un papel moderado. En consecuencia, las relaciones entre universidad e industria parecen tener una naturaleza espontánea que se basa en el papel autónomo del profesor-director, cuyos esfuerzos personales y contactos parecen ser el mecanismo con más influencia para la aparición de relaciones con empresas. A pesar de que la estructura universitaria no se adapte a las necesidades de la colaboración industrial, la universidad es capaz de superar este problema. De hecho, la mayoría de los investigadores no consideran que las normas y procedimientos universitarios sean necesariamente impedimentos a la colaboración.

La conclusión de estos autores es que la transferencia tecnológica entre universidades e industria es una cuestión de individuos, puesto que quienes trabajan son los más capaces de transferirlo. Un clima de mutuo aprecio sólo puede surgir a través de los contactos frecuentes entre individuos en la industria y en el mundo académico. Sólo a través de estas relaciones los investigadores pueden aprender lo que se está haciendo en la industria. De esta forma, los investigadores académicos podrán orientar sus prioridades de investigación hacia temas de interés para sus socios industriales. No porque la industria quiera, sino porque el investigador considere que merece la pena.

A pesar del importante papel que desempeña el profesor-director, Van Dierdonck et al. sugieren algunas lecciones, destacando entre ellas que las oficinas de enlace⁷¹ no pueden pretender reestructurar la transferencia de tecnología de la institución. Puesto que la tecnología incorpora un importante componente de conocimiento, se transfiere mejor a

⁷¹ Ver Van Dierdonck et al. (1990) p. 560-561.

través de las personas familiarizadas con la misma. Aun así, las oficinas de enlace pueden jugar un papel facilitando los contactos, es decir, pueden unir a los socios sin ejercer más influencia.

Höglund y Persson (1987) llegan a resultados en la misma línea que Van Dierdonck et al., aunque en su caso analizan los contactos que se establecen en Suecia en la industria del hierro y el acero. A partir de una encuesta entre ingenieros e investigadores, encuentran que existen muchas relaciones entre el sector de la educación superior y la industria. Los contactos entre individuos y organizaciones no parecen limitados por barreras culturales o sociales, puesto que el número de contactos que se observan entre diferentes organizaciones es básicamente un reflejo del número de ingenieros en cada una de ellas. De hecho, afirman que la estructura de contactos está caracterizada por un clima de apertura, interés mutuo en las cuestiones tecnológicas y una actitud positiva hacia el incremento de los mismos.

3.2.4. La colaboración con centros públicos de investigación en España.

Para terminar con esta sección, cabe indicar los resultados de algunos trabajos recientes que han analizado la colaboración que se establece en España entre empresas y CPI con el propósito de obtener el perfil de las empresas que más vínculos mantienen con los investigadores del sector público o de conocer los obstáculos que existen al establecimiento de relaciones entre ambos mundos.

Buesa y Molero (1992a) realizan un amplio estudio sobre las empresas innovadoras madrileñas en el que, entre otros temas, se aborda la forma en que organizan sus actividades de I+D. En el cuadro 9 se muestra la existencia de una mayoría de situaciones en las que no hay establecida ninguna colaboración externa, es decir, en las que las empresas desarrollan sus proyectos por sí mismas. Ello no es incompatible con el hecho de que en un apreciable número de casos para la realización de determinadas tareas las empresas se inserten en redes de cooperación, con CPI o con otras empresas.

Cuadro 9: La realización de actividades de I+D en las empresas innovadoras madrileñas

Modalidades	Porcentaje de las empresas
En la propia empresa	70,9
En colaboración con otras empresas	45,6
En colaboración con CPI	57,0

Fuente: Buesa y Molero (1992a).

Existen, sin embargo, diferencias de comportamiento tanto entre sectores de actividad como según el tamaño de la empresa. Así, en el cuadro 10 los sectores que destacan por su colaboración con CPI son el energético y el químico-farmacéutico. Ello se relaciona, probablemente, con los fuertes contenidos científicos que presentan las tecnologías actuales en estos sectores.

Cuadro 10: Diferencias intersectoriales en la colaboración con CPI de las empresas innovadoras madrileñas.

Modalidades	Porcentaje de las empresas
No disponible	50,0
Energía	100,0
Minería, metalurgia básica y productos de minerales no metálicos	50,0
Industria química	66,7
Industria farmacéutica	85,7
Industria metalúrgica. Maquinaria	57,1
Industria electrónica	53,8
Material de transporte	-
Otras manufacturas	50,0
Servicios a las empresas	50,0
Otros servicios	100,0

Fuente: Buesa y Molero (1992a).

Por último, en el cuadro 11 el porcentaje de las empresas que realiza sus actividades de I+D contando con la colaboración de CPI tiende a crecer con el tamaño, aunque las empresas más pequeñas muestran una tendencia algo mayor a la colaboración que las comprendidas en la franja de 51 a 200 trabajadores.

Cuadro 11: La colaboración con CPI de las empresas innovadoras madrileñas. Diferencias por tamaño.

Tamaño (número de trabajadores)	% de las empresas
Hasta 50	48,1
De 51 a 200	41,2
De 201 a 500	64,7
Más de 500	82,4

Fuente: Buesa y Molero (1992a).

Por su parte, González Ayuso et al. (1993) analizan la contratación de I+D por las empresas utilizando datos de la Fundación Universidad Empresa y del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) para el periodo 1988-90.

El análisis de la distribución sectorial de los proyectos contratados concede un claro primer puesto a Electrónica, informática y telecomunicación, con el 35%, seguido de Química y farmacia, Energía y Aeronáutica.

Con los datos de la Fundación Universidad Empresa, más del 60% de los proyectos tiene una duración inferior al año y medio y muy pocos llegan a los tres años. El 80% de los mismos no supera la cantidad de 5 millones de pesetas y se pueden estimar en más del 50% los contratos de desarrollo tecnológico, un 20% los de investigación aplicada, el 5% a investigación básica y el resto a estudios de tipo de consultoría o asesoramiento técnico.

La situación de la contratación en el CSIC presenta rasgos bastante similares. Aunque el número de trabajos de colaboración entre las empresas y los investigadores del sector público ha aumentado notablemente en los últimos años, viene acompañado de signos

menos optimistas. El valor medio por contrato permanece invariable en torno a los 4 millones de pesetas, una cuantía insuficiente para la realización de contratos de investigación, sea esta fundamental o aplicada, y consistente con trabajos concretos de corta duración, que constituyen la mayoría de los contratos.

González Ayuso et al. analizan las características de las empresas que contratan y obtienen que las empresas con menos de 500 trabajadores significan el 46% de los contratos, pero sólo el 15,6% de los recursos, mientras las grandes empresas, con el 21% de los contratos alcanzan el 36% del presupuesto. El valor medio del contrato es 4,4 millones.

Más recientemente, Espinosa de los Monteros et al. (1995a y 1995b) han realizado sendas encuestas a investigadores responsables de proyectos de investigación en los Programas Nacionales de I+D farmacéutico y Salud en 1988-1993. De este modo, a diferencia del estudio de Buesa y Molero, obtienen una visión de la colaboración desde el punto de vista de los equipos de investigación.

Los resultados principales que obtienen estos autores son que el 41,2% de los equipos de investigación que participaron en proyectos de investigación del Programa de I+D farmacéutico no contrataron con empresas, mientras que ese porcentaje asciende al 62,4% en el Programa de Salud. Los principales motivos para la no contratación están reflejados en los cuadros 12 y 13.

Cuadro 12: Principales motivos para la no colaboración con empresas. Programa Nacional de I+D farmacéutico.

Causa	Porcentaje de las respuestas
Falta de interés de las empresas por la investigación realizada por los equipos	25%
Falta de contacto con las empresas	23%
Las investigaciones de los equipos son diferentes a las prioridades de las industrias	21%
Escaso o nulo apoyo de los organismos	7%
Investigaciones científicas poco adecuadas para su utilización industrial	7%
Dependencia de las industrias españolas respecto a su empresa matriz extranjera	5%
Ausencia o mal funcionamiento de las OTRI	4%
Investigaciones demasiado avanzadas para las empresas del sector	4%
La industria farmacéutica española no solicita a los investigadores la evaluación de sus fármacos.	4%
Lejanía entre los centros industriales y los centros de investigación	2%

Fuente: Espinosa de los Monteros et al. (1995a).

Cuadro 13: Principales motivos para la no colaboración. Programa Nacional de Salud.

Causa	Porcentaje de las respuestas
Investigaciones muy científicas, poco adecuadas para su utilización industrial	25,3%
Falta de contacto con las empresas	22,9%
Las investigaciones de los equipos son diferentes a las prioridades de las industrias	21,1%
Falta de interés de las empresas por la investigación realizada por los equipos	20,8%
Escaso o nulo apoyo de su organismo	5,6%
Ausencia de empresas nacionales que inviertan en investigación	2,7%

Fuente: Espinosa de los Monteros et al. (1995b).

La conclusión que se extrae de ambos cuadros es que los motivos para la no colaboración se deben al alejamiento de objetivos y comportamientos de la comunidad académica y de los investigadores de la industria. Si este resultado se puede generalizar al resto de Programas Nacionales, la articulación del sistema de ciencia y tecnología en España está lejos de conseguirse.

3.3. LOS PROYECTOS CONCERTADOS Y LA FINANCIACIÓN DE LA INVERSIÓN EMPRESARIAL EN INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO.

3.3.1. Introducción.

En el capítulo 2 se ha considerado el debate sobre la optimalidad del gasto en I+D de las empresas que surge como consecuencia de los problemas de la falta de apropiabilidad de los resultados de la I+D o incluso de las propias externalidades de conocimiento y, también, se ha incorporado el efecto que tienen las patentes. Aunque para restablecer la optimalidad social se ha analizado la conveniencia de utilizar subsidios o impuestos, una alternativa que también se emplea para apoyar las actividades de I+D es la concesión de créditos con tipo de interés subvencionado o libres de intereses.

En la práctica, no es posible pretender garantizar la optimalidad de una intervención pública, pero al menos es deseable elegir el instrumento de intervención más adecuado. En ese sentido, vale la pena preguntarse si se justifica que los Proyectos Concertados consistan en créditos y, también, a qué tipo de empresa beneficia más que la intervención pública adopte esta forma.

De la exposición de las características de los Proyectos Concertados realizada en la sección 1 de este capítulo, se deduce que un Proyecto Concertado engloba tres instrumentos: un crédito, la subvención total de los intereses de dicho crédito y una cláusula de riesgo técnico. Centrando la atención en las dos primeras características, tal y como se indicó al final del apartado 3.1.3., puede decirse que, aunque los Proyectos Concertados incorporan un subsidio debido a que se trata de créditos sin intereses y, por ello, pueden incitar la realización de más investigación en las empresas, un rasgo importante de los Proyectos Concertados es que son créditos. La pregunta que surge inmediatamente es si la concesión del crédito tiene algún efecto adicional en la decisión de las empresas al inducido por el simple ahorro de los intereses que proviene de la aportación de fondos por el CDTI.

La respuesta a esta pregunta pasa por tener en cuenta que la concesión de créditos a las empresas por parte de la administración pública puede tener un efecto incentivador de la I+D en la medida que consiga superar el racionamiento en el crédito al que se ven (o pueden verse) sometidas las empresas. Por tanto, si este no existe, la concesión de créditos no tiene efectos estimuladores de la I+D. En este sentido, es interesante el estudio realizado por Just y Zilberman (1988), quienes analizan la efectividad de diversos instrumentos para el fomento de la adopción de nueva tecnología en el contexto de una agricultura en desarrollo. Estos autores consideran que el crédito al que pueden acceder los agentes (agricultores en su caso) está limitado, lo que puede motivar que se encuentren racionados y, en consecuencia, no puedan hacer frente a los costes de implantación de la nueva tecnología.

Estos costes son tanto fijos como variables; los primeros se originan por la simple decisión de adoptar la nueva tecnología y los segundos dependen de la intensidad con que se adopte la nueva tecnología (extensión de tierra cultivada en su modelo).

El trabajo de Just y Zilberman puede arrojar luz sobre el interés de los Proyectos Concertados. Sin embargo, puesto que el tema de su estudio no está próximo a los intereses de esta investigación, se ha preferido ofrecer una interpretación del mismo en términos de proyectos de investigación. Para ello, basta con imaginar que el objeto del análisis no consiste en granjeros que están decidiendo implantar nuevas técnicas de cultivo en una superficie de tierra, sino que se está considerando la decisión de una empresa de realizar un proyecto adicional⁷² de I+D. Emprender ese proyecto marginal requiere disponer de una cantidad mínima de recursos financieros, que puede asimilarse al coste fijo de Just y Zilberman. La empresa, además, debe dedicar más recursos a investigación (por encima del gasto mínimo) cuanto más ambiciosos sean los objetivos del proyecto de I+D; estos gastos se interpretan de forma similar a los costes variables en función de la intensidad en la adopción.

La empresa elige si lleva o no a cabo el proyecto y la intensidad con la que lo ejecuta tomando en cuenta el beneficio que obtiene del mismo y el coste fijo y variable que supone. A partir de aquí puede clasificarse a cada empresa en uno de los siguientes cuatro grupos. En primer lugar, existirán empresas que han decidido llevar a cabo un proyecto adicional con la intensidad adecuada sin llegar a agotar su crédito disponible. Otras llevarán a cabo el proyecto, pero con una intensidad menor que la óptima a causa de que el racionamiento en el crédito sólo les permite financiar los costes fijos y parte de los variables. También es posible que deseen llevar a cabo un proyecto, pero no dispongan de suficiente crédito para financiar siquiera los costes fijos. Por último, es posible que una empresa simplemente no encuentre rentable llevar a cabo un nuevo proyecto.

En base a estos cuatro grupos, es posible analizar la incidencia de los diversos instrumentos de intervención que se emplean para fomentar la investigación. Entre los

⁷² El motivo para tratar de un proyecto adicional es que nada impide que la empresa lleve a cabo más proyectos además del financiado (o los financiados) públicamente. Lo importante es si los Proyectos Concertados consiguen que se inicien más proyectos o que se mejoren las perspectivas de proyectos que la empresa deseaba realizar.

El análisis se debe basar en el proyecto marginal, esto es, la cuestión que se está dilucidando es si la empresa emprende todos los proyectos que desea sin llegar a agotar los recursos financieros de los que dispone o, por el contrario, la limitación de los recursos financieros hace que queden proyectos rentables en su cartera que no pueden emprender o que su investigación marginal no se esté desarrollando con la intensidad o extensión deseada por la empresa.

Otra posibilidad es plantear el problema en términos de empresas que deciden si invierten o no en I+D o, al menos, comenzar la investigación en un campo determinado. Además de elegir entre estas opciones, las empresas deben seleccionar la cantidad de recursos que dedican, que es una decisión que se relaciona con la intensidad de los trabajos de I+D o la importancia o dificultad de los resultados que se pretenden.

analizados por Just y Zilberman, se considera el papel que las políticas de crédito y subsidio al interés juegan en las decisiones de investigación de las empresas:

- La financiación vía créditos, esto es, el incremento del crédito que puede obtener una empresa al tipo de interés de mercado, hace aumentar la complejidad del proyecto⁷³ por parte de aquellos agentes que han agotado su límite de crédito y puede permitir que una empresa que previamente no pudiera hacer frente a los costes fijos ahora pueda emprender el proyecto adicional⁷⁴. Por el contrario, no afecta al gasto en I+D del resto, esto es, de los que no agotaban sus recursos financieros.

- Un subsidio al crédito hace crecer el gasto en I+D de los agentes que adoptan la nueva tecnología, excepto si ya han agotado totalmente su capacidad de financiación. Así, aumentará la complejidad del proyecto de las empresas que llevaban a cabo un proyecto adicional sin agotar su crédito, y es posible que inicien el proyecto aquellas empresas que no lo emprendían por no encontrarlo rentable. Sin embargo, no afectará a las actuaciones de las empresas que habían alcanzado su límite de crédito.

Estos resultados indican que los efectos de los distintos instrumentos dependen de la situación en que se encuentren los agentes. Así, para las empresas dispuestas a investigar que no están racionadas, es el subsidio al interés el que estimula el gasto en I+D mientras que el crédito es totalmente ineficaz. Por el contrario, no sirve de nada proporcionar este subsidio a quienes por falta de recursos financieros no emprenden el proyecto marginal o lo hacen con menores pretensiones de las que desearían. Esa actuación sólo logra aumentar sus deseos de investigar, pero no sus posibilidades de hacerlo, siendo la concesión de crédito la medida adecuada. Por último, la combinación de ambos instrumentos puede tener sentido cuando las empresas no encuentran rentable realizar el proyecto de I+D y, además, se enfrenten a limitaciones en el crédito si llegan a desear hacerlo. Excepto para este último grupo de empresas, da la impresión de que la combinación de un crédito más un subsidio no tendrá efectos plenos sobre ninguna empresa, es decir, aquellas empresas que valoren el subsidio otorgarán una importancia limitada al crédito, mientras que aquellas que se vean

⁷³ También podría llevar a cabo un proyecto adicional, pero se descarta esa posibilidad. En cualquier caso, el efecto es que la empresa gasta más en I+D.

⁷⁴ Se está suponiendo que el crédito cubre la totalidad de los gastos del proyecto. Si no fuera así, los resultados no serían iguales. Así, si el crédito cubre sólo una parte del gasto total en el último proyecto, las empresas que no dispusieran previamente de recursos financieros suficientes para cubrir esa porción del proyecto no podrían aumentar su gasto en I+D.

Del mismo modo, aquellas empresas que emprenden el proyecto, pero no pueden hacerlo con la intensidad deseada a causa de restricciones en el crédito, sólo aumentan su esfuerzo en I+D tras la concesión del crédito si pueden emplear todos estos fondos con este fin sin tener que aportar recursos adicionales. En este caso, todo el esfuerzo en I+D que se fomenta con la intervención pública está siendo financiado por la administración.

muy beneficiadas por la concesión del crédito, tenían ya suficientes incentivos para realizar el proyecto como para que fuese necesario incrementarlos.

En suma, la elección de créditos como instrumento para el fomento de la I+D parece requerir que las empresas se vean restringidas en el mercado de crédito⁷⁵. Por ello, el objetivo de esta sección consiste en indagar en si existen argumentos teóricos o evidencia empírica que sostengan que los recursos de que disponen las empresas para financiar actividades de I+D están limitados. Con este fin, se revisa primero la literatura que ha defendido el caso extremo de que las actividades de I+D deben autofinanciarse. Luego se proporciona una síntesis de las conclusiones que se extraen de la literatura que se ha basado en las condiciones de información asimétrica características del mercado de crédito para justificar la existencia de limitaciones en el crédito disponible para financiar la inversión. En ambos casos, se pretende obtener sugerencias sobre cuál es el tipo de empresa que tiene más posibilidades de encontrarse racionada en el mercado de crédito o, en otras palabras, puede verse más beneficiada de una ayuda pública en forma de créditos. De esta forma, se busca una guía para la intervención pública en apoyo de la I+D.

3.3.2. La autofinanciación de la inversión en I+D.

La existencia de límites a la cantidad de crédito a la que pueden acceder las empresas que realizan I+D está implícita en la idea que considera la capacidad interna de financiación de las empresas como un importante determinante de la inversión en I+D. A este respecto, Schumpeter (1942) señala que la competencia imperfecta hace posible que las empresas obtengan beneficios mediante la restricción de la producción. Esta "es la manera más fácil y eficaz de reunir los medios para la financiación de las inversiones adicionales"(p.125). En el mismo sentido, Kamien y Schwartz (1989, pp.98-99) señalan:

"Se ha afirmado que dado que la I+D se financia principalmente con recursos internos, sólo las empresas que generen un flujo de tesorería importante pueden mantener un esfuerzo investigador considerable. Las empresas con mucha liquidez son, generalmente, empresas grandes y monopolistas. Una hipótesis estrechamente relacionada sugiere que para un esfuerzo investigador considerable se necesitan unos elevados beneficios corrientes, ya que son fuente de liquidez. De forma alternativa, los beneficios corrientes se pueden considerar como un indicador de beneficios futuros; una empresa que ha tenido éxito en el pasado puede estar más dispuesta a correr los riesgos que conlleva la investigación y el desarrollo con la esperanza de un éxito futuro. Ambos aspectos corroboran la idea de que

⁷⁵ Incluso cuando las empresas se enfrenten al racionamiento en el crédito, existen otras actuaciones posibles por parte del sector público. Por ejemplo, se puede conceder un subsidio por la totalidad de la nueva inversión en I+D. Esa medida tendría efectos muy fuertes pues aliviaría la restricción del crédito e incentivaría la investigación. No obstante, sería un instrumento mucho más gravoso para la Administración que la concesión de créditos.

las grandes empresas monopolistas son la fuente más probable de progreso técnico, puesto que se encuentran en la mejor situación para conseguir unos beneficios considerables".

En otro trabajo, Kamien y Schwartz (1978), apoyándose en la visión de que la empresa posee algún poder de mercado, afirman que una de las características asociadas con la I+D industrial es la necesidad de financiarla internamente, con los fondos acumulados y los beneficios corrientes. Kamien y Schwartz proporcionan dos razones para esta autofinanciación: primero, la financiación externa puede ser difícil de obtener sin proporcionar garantías tangibles para el prestamista en caso de que el proyecto fracase; en segundo lugar, la empresa puede ser reacia a revelar información detallada sobre el proyecto, que podría hacerlo atractivo para los prestamistas externos, debido a recelos de que éstos los desvelen a rivales potenciales.

Aunque estas observaciones se sostienen en estudios de casos, las pruebas realizadas mediante métodos de regresión por Scherer (1965), Hamberg (1966), Mueller (1967) y Elliott (1971) que han sido sintetizadas por Kamien y Schwartz⁷⁶, proporcionan poco apoyo a la hipótesis de que la liquidez conduce a la innovación. Otros trabajos son los de Branch (1974), cuyos resultados apoyan, aunque no de forma sólida, la hipótesis de que los beneficios conducen a I+D, puesto que existe una relación positiva entre el número de patentes y las finanzas internas en cuatro de las siete industrias que examina, y de Switzer (1984), quien examina el impacto de las finanzas internas sobre la I+D mediante una regresión sobre datos de corte transversal y obtiene un coeficiente que es débilmente significativo.

Por su parte, Grabowski (1968) realiza su análisis sobre empresas de las industrias química, farmacéutica y petrolífera, incluyendo como un determinante importante de la intensidad del gasto en I+D los fondos generados internamente. Grabowski deduce que, cuanto más importante es la investigación como estrategia competitiva de la industria, mayor es el efecto sobre la intensidad investigadora de los fondos generados internamente.

En resumen, la evidencia empírica de que o bien la liquidez o bien la rentabilidad dan lugar a la producción de innovaciones parece débil. Grabowski ha conseguido quizás el resultado empírico más fuerte. Sin embargo, como defienden Kamien y Schwartz (1989), el hecho de que no se haya confirmado la hipótesis puede que no indique la carencia de importancia de esta variable. La liquidez y la rentabilidad pueden ser "factores umbrales" necesarios en cierta cuantía para la actividad innovadora, pero sin ninguna relación directa con ésta.

Con la finalidad de compensar la evidencia empírica conflictiva sobre el papel de la liquidez financiera en la innovación, Kamien y Schwartz (1978) obtienen evidencia

⁷⁶ Ver Kamien y Schwartz (1975, pp. 24-26) y Kamien y Schwartz (1989, pp. 98-101).

teórica adicional. Para ello, exploran el gasto en I+D óptimo de una empresa que maximiza sus beneficios esperados, pero que debe financiar su esfuerzo internamente. Como resultado, sugieren una posible respuesta al aparente conflicto entre el estudio de casos y los análisis de regresión. En particular, muestran que los beneficios de la empresa establecida pueden fácilmente financiar el desarrollo de nuevos productos que, por ejemplo, doblen sus beneficios esperados. Así, para las empresas establecidas que realizan I+D rutinaria con la finalidad de fortalecer sus líneas de producto, la restricción financiera no sería efectiva y los estudios de regresión no encontrarían relación entre liquidez y actividad innovadora. En el otro extremo, las innovaciones muy grandes o las realizadas por una empresa nueva o muy pequeña podrían estar restringidas por la disponibilidad de liquidez, siendo estas precisamente las innovaciones objeto de estudios de casos. Aparece así la necesidad de diferenciar por tipos de empresas para calibrar la existencia de restricciones a los recursos que pueden dedicarse a I+D. En esta línea, en el próximo apartado se justifica la existencia de racionamiento en el crédito disponible por determinados grupos de empresas a través del efecto de la información asimétrica entre empresas y proveedores de fondos.

3.3.3. Información asimétrica y racionamiento del crédito.⁷⁷

Modigliani y Miller (1958) demostraron que, bajo determinadas condiciones, la estructura financiera de las empresas carece de relevancia para explicar su inversión real. De su base teórica se desprende que, en mercados de capital perfectos, en los que todas las empresas tienen el mismo acceso a los mercados de capital, la estructura financiera de una empresa no afecta a su inversión. La razón es que los fondos externos proporcionan un sustituto perfecto para el capital interno y, en esas condiciones, las decisiones de inversión de una empresa son independientes de su situación financiera, esto es, no dependen de factores financieros como la liquidez interna, el grado de endeudamiento o los pagos de dividendos.

Si, por el contrario, el capital interno y externo no son sustitutos perfectos, la inversión puede depender de factores financieros, tales como la disponibilidad de fondos internos, el acceso a nueva deuda o la financiación mediante la emisión de acciones o el funcionamiento de mercados de crédito particulares. El objetivo de este apartado consiste, precisamente, en buscar en la literatura una justificación de que los fondos internos y externos no son sustitutos perfectos, y de que, como consecuencia, pueden existir empresas que se encuentren racionadas en el mercado de crédito⁷⁸, lo que se traduce en que su

⁷⁷ Este apartado se ha elaborado en gran medida partiendo de las revisiones de Fazzari et al. (1988) y Rodríguez Brito (1995), así como del artículo de Menéndez (1994). A ellos se remite al lector interesado en detalles específicos sobre la literatura del racionamiento en los mercados de crédito.

⁷⁸ La financiación externa no sólo procede de créditos sino también de la emisión de acciones. La problemática de la emisión de acciones es similar a la de la obtención de crédito, pues en este caso existe asimetría informativa entre los directivos de la empresa y los nuevos accionistas, esto es, se supone que los

inversión, especialmente la dedicada a actividades tecnológicas, se pueda ver afectada negativamente.

Con esa orientación, desde la década de los años ochenta ha cobrado una importancia creciente una rama de la literatura que destaca que los problemas de información asimétrica, inherentes al mercado de crédito pueden provocar el racionamiento del mismo⁷⁹. La oportunidad de justificar⁸⁰ de esta manera el racionamiento del crédito se basa en que el grado de imperfección de la información en el mercado de crédito es muy elevado, existiendo costes importantes por parte de los bancos en la captación de la misma. Por ello, el análisis de este mercado debe incorporar la presencia de incertidumbre, especialmente en relación a la heterogeneidad de los demandantes de crédito.

La asimetría de información que existe entre acreedores y prestatarios, determina que los prestamistas no dispongan a priori de información perfecta sobre las características de los prestatarios, ni puedan anticipar si les favorecerán las decisiones que los directivos adopten hasta el vencimiento de la deuda, lo que dificulta la evaluación del riesgo de insolvencia presente y futuro de la empresa. Por su parte, los prestatarios caracterizados por una mayor probabilidad de insolvencia no tienen incentivos para revelar su verdadera situación de riesgo, lo que obstaculiza la estimación que hacen los prestamistas de la probabilidad de reembolso del crédito para cada deudor potencial.

La existencia de asimetrías informativas en el mercado de crédito es lógica, pues incluso cuando las empresas pueden transmitir información sin coste, consideraciones estratégicas pueden inducirles a mantener de forma activa las asimetrías informativas. Esta afirmación es más relevante en el caso de la inversión en I+D, sobre todo si se acepta la evidencia encontrada por Levin et al. (1987) de que, en la mayor parte de las industrias, las empresas consideran que las patentes son un método poco efectivo para apropiarse los beneficios de la I+D y, con frecuencia, prefieren mantener el secreto sobre sus resultados. En apoyo a este resultado se puede citar el trabajo de Buesa y Molero (1992b), quienes detectan que los procedimientos de apropiación del conocimiento técnico más utilizados por

gerentes tienen información completa sobre el valor de los activos y de los rendimientos de los nuevos proyectos de inversión; sin embargo, los inversores externos no pueden distinguir la calidad de las empresas.

Para los propósitos de esta investigación no parece necesario detallar este tipo de problemas, que han sido expuestos por Myers y Majluf (1984) y Greenwald et al. (1984). Por eso, la carencia de fondos de las empresas se justifica sólo en base al racionamiento en el crédito.

⁷⁹ Se entiende que existe una situación de racionamiento de crédito cuando a los tipos de interés vigentes la demanda de crédito excede a la oferta, de modo que la asignación de los fondos prestables entraña una adaptación forzosa de la demanda a la oferta.

⁸⁰ Otras justificaciones para el racionamiento, como son las restricciones institucionales, la teoría de la información contenida en el precio, los modelos de clientela, etc., pueden encontrarse en Rodríguez Brito (1995).

las empresas innovadoras madrileñas son la regularidad en la innovación y el secreto, por encima de las patentes y los modelos de utilidad.

La causa del racionamiento del crédito es, precisamente, la asimetría de información⁸¹ existente entre acreedores y deudores relativa a la solvencia del solicitante de financiación y a la probabilidad de éxito de los proyectos de inversión que desea financiar, circunstancias que dan lugar a efectos de selección adversa y riesgo moral⁸².

El efecto de selección adversa surge a causa de que aumentos en el tipo de interés de los créditos o en las garantías exigidas por los prestamistas elevan el riesgo promedio de los prestatarios. Este aumento del riesgo se produce porque, a medida que los tipos de interés son mayores, los clientes con mayor aversión al riesgo (los que tienen menor probabilidad de insolvencia) tienen menores incentivos para solicitar créditos y, además, se induce a los prestatarios a realizar inversiones con mayor riesgo. La consecuencia es un aumento de la morosidad que puede llegar a reducir los beneficios esperados del acreedor, y que motivará que éste prefiera no conceder financiación en esas condiciones, esto es, la denegará a aquellas empresas o individuos para los que la asimetría de información impida estimar si su riesgo de insolvencia es aceptable.

El riesgo moral es otra consecuencia de la asimetría de información que, junto al efecto de selección adversa, conduce al racionamiento de crédito. Este concepto se refiere a que la situación de información asimétrica ampara el comportamiento oportunista del prestatario, en el sentido que los prestatarios llevarán a cabo siempre que les interese acciones no observables o no controlables por el prestamista que afectan al rendimiento de sus inversiones y que pueden perjudicar al acreedor, que no es capaz de controlar o anticipar dichas actuaciones en un entorno de asimetría informativa. Así, el problema de información para el acreedor se refiere no sólo al desconocimiento de la verdadera situación de riesgo en que se encuentra la empresa, sino también a cuál será su riesgo de insolvencia a lo largo del periodo en que se concede el crédito. Por ello, el acreedor prefiere no conceder financiación a los prestatarios sujetos a mayores asimetrías informativas, a fin de evitar las consecuencias negativas del riesgo moral.

Cuando se consideran los efectos del riesgo moral y la selección adversa, un aumento del tipo de interés exigido a los prestatarios no siempre determina incrementos

⁸¹ Los argumentos teóricos que sustentan el análisis de los efectos de la información asimétrica se basan en el problema de los "cacharros" de Akerlof (1970), según el cual los vendedores con información interna sobre la calidad de un activo no desearán aceptar las condiciones ofrecidas por un comprador poco informado. De esta forma, el mercado falla o al menos fuerza la venta del activo a un precio inferior al que se alcanzaría si todos los compradores y vendedores tuvieran información plena. En el caso de los mercados de crédito, la información asimétrica puede incrementar el coste de la nueva deuda o, incluso, originar el racionamiento en el crédito.

⁸² Al igual que Macho y Pérez Castrillo (1994), se emplean las traducciones directas de *moral hazard* y *adverse selection* por ser las más habitualmente utilizadas.

correlativos en la rentabilidad del acreedor, debido al aumento de la morosidad que le sigue. Si bien las cláusulas de los contratos de deuda permiten atenuar los problemas que se derivan de la información asimétrica, no pueden eliminarse completamente mediante el establecimiento de controles y cláusulas que limiten los comportamientos oportunistas, ya que difícilmente se podrán considerar en el contrato todas las contingencias que pueden afectar al valor de la deuda, ni será posible controlar todas las actuaciones de las empresas. En consecuencia, los acreedores pueden decidir no conceder financiación a aquellas empresas en las que las condiciones de asimetría de información impidan evaluar su solvencia y controlar la discrecionalidad de las empresas durante el periodo en que deban afrontar los compromisos financieros derivados del endeudamiento.

Así, estos modelos demuestran que, al ser costosa para el banco la obtención de información, se produce una situación de racionamiento del crédito que consiste en que el número de créditos ofrecidos sea menor, esto es, que a algunos de ellos se les concederá el préstamo mientras que a otros no. Este tipo de racionamiento, denominado puro o discriminatorio⁸³, es el que se analiza en el artículo seminal de Stiglitz y Weiss (1981), quienes se plantearon el objetivo de mostrar que, en equilibrio, un mercado de préstamos puede caracterizarse por racionamiento en el crédito. El modelo de Stiglitz y Weiss conduce a un racionamiento del crédito en el que, entre prestatarios que son iguales para el observador, unos reciben préstamos y otros no. Aquellos a los que se les deniega no pueden conseguirlo incluso si están dispuestos a pagar un tipo de interés superior al de mercado. La razón es que, a medida que crecen los tipos de interés, aumenta el riesgo de la cartera de créditos del banco porque desincentiva las solicitudes de los prestatarios más seguros e incentiva las de los más arriesgados y, en consecuencia, se reducen los beneficios de los bancos.

La conclusión que se obtiene del análisis de los modelos que incorporan la información asimétrica es que los prestamistas decidirán denegar la concesión de créditos no sólo a aquellas empresas claramente identificadas como insolventes, sino también a aquellas en las que la asimetría de información impida evaluar su probabilidad de insolvencia, mientras que las empresas sobre las que el acreedor disponga de información y la misma sea positiva recibirán crédito. La disponibilidad de información sobre la situación de solvencia de los prestatarios potenciales es, por tanto, una variable que discrimina qué empresas pueden recibir crédito y cuáles tendrán negado el acceso al mismo.

Entre las fuentes que emplean los acreedores para evaluar el riesgo de insolvencia de la empresa, Menéndez (1994) menciona la capacidad de autofinanciación, el poder de

⁸³ Existe un segundo tipo de racionamiento conocido como homogéneo en el que la magnitud de los créditos concedidos a todas las empresas es proporcional. No obstante, de acuerdo con Freixas (1991), la situación más corriente en el mercado de crédito es que se concedan créditos a parte de los agentes mientras se les rechaza a otros.

mercado y el nivel de endeudamiento. Se entiende que una capacidad de autofinanciación elevada, al igual que un poder de mercado significativo y un menor endeudamiento, proporcionan medios a la empresa para aislarse en mayor medida de los efectos de los cambios inesperados en la demanda o en los costes. También la existencia de una relación pasada entre deudor y prestamista constituye una fuente de información fundamental para el prestamista, ya que alivia los problemas de evaluación del riesgo y facilita la obtención de financiación si las referencias son positivas. Por el contrario, de los clientes nuevos, el prestamista sólo dispone de la información -interesada- facilitada por la propia empresa o la que es pública. Por ello, los clientes que mantienen una relación duradera con el prestamista tienen menos probabilidades de ser racionados en la concesión de crédito.

De forma similar, la asimetría de la información entre empresa y acreedor es menor cuando se trata de empresas de gran tamaño o sometidas al control de alguna agencia dedicada a evaluar riesgos. El tamaño favorece el endeudamiento por ser las empresas de mayor dimensión las que generalmente tienen una presencia notable tanto en los mercados de productos y servicios como en los mercados financieros, lo que genera una información que facilita la evaluación de la solicitud de financiación, siendo por eso más fácil su acceso al crédito. Además, con la dimensión de la empresa crece su capacidad de autofinanciación y la probabilidad de que sus actividades estén diversificadas y, en consecuencia, aumenta su solvencia o capacidad para afrontar los pagos financieros. La dificultad de las empresas pequeñas y medianas para acudir a la financiación ajena se relaciona pues con el mayor riesgo financiero que el mercado de capitales asocia al menor tamaño.

La disponibilidad de garantías reales es otro factor que favorece la obtención de financiación ajena, ya que disminuye las pérdidas posibles para el acreedor, siendo asimismo las empresas de mayor tamaño las que más fácilmente pueden cumplir esta exigencia de los acreedores. Otras características de las empresas como pertenecer a un sector regulado o a un grupo bancario también conllevan un grado menor de asimetría informativa y, en consecuencia, facilitan la obtención de financiación.

A nivel teórico, un trabajo que refleja estas ideas es el de Calomiris y Hubbard (1990), quienes ofrecen una justificación teórica para que unas empresas estén racionadas y otras no. Para ello, añaden a la estructura de Stiglitz y Weiss mercados de deuda heterogéneos y agentes que son restringidos de pedir prestado en algunos mercados. Coexisten dos mercados de deuda, uno con información completa (mercado de bonos, por ejemplo) y otro de créditos bancarios. Los bancos se especializan en financiar proyectos de prestamistas para los que los problemas de información son más severos, en el sentido de que los costes de obtener información de los prestamistas son altos y los prestatarios pueden reducir los costes medios de la información manteniendo relaciones de largo plazo. La proposición central de Calomiris y Hubbard es que, dependiendo de los niveles per cápita de riqueza neta, la asignación de nuevos fondos por clases de prestamistas podría tanto

seguir la asignación de crédito con información plena o el racionamiento de fondos de algunas clases de prestamistas que podrían recibir crédito en ausencia de información asimétrica. Podría ocurrir que a algunas o a todas las clases de prestatarios con información asimétrica se les denegasen los créditos.

Finalmente, mientras que es generalmente cierto que el mayor grado de endeudamiento está unido a un mayor precio sombra de los fondos, sólo las empresas mayores y más maduras se enfrentan a un tipo de interés de los créditos suavemente creciente, puesto que las empresas medianas y pequeñas tienen pocas posibilidades de acceder a los mercados centralizados de deuda. Además, durante periodos de escaso crédito, a los prestamistas pequeños y medianos se les deniegan los créditos en favor de otros de mejor calidad, que podrían haber obtenido sus fondos en mercados centralizados. De forma similar, los préstamos bancarios y líneas de crédito, típica forma de financiación de las más pequeñas empresas industriales, restringen la flexibilidad operativa y requieren niveles particulares para ciertos ratios financieros. Con oportunidades de inversión constantes, es precisamente en momentos de declive en sus fondos propios cuando tales empresas no pueden obtener financiación mediante deuda para financiar los nuevos proyectos.

Junto a estos trabajos teóricos, desde finales de los años ochenta se ha venido desarrollando una línea de investigación de carácter aplicado sobre la existencia de racionamiento de crédito, enmarcada en las formulaciones de la teoría neoclásica de la inversión en capital. Su principal argumento es que si las empresas están racionadas en su acceso a las fuentes de financiación externa, la inversión debería registrar una alta sensibilidad a las variaciones en los flujos de tesorería. Los trabajos que se han desarrollado en esta línea tienen en común su utilización de técnicas de datos de panel con objeto de contrastar la hipótesis de que las decisiones de inversión son sensibles a las variables que indican su situación financiera.

Entre los trabajos empíricos, destaca el de Fazzari et al. (1988), quienes, empleando datos de un conjunto de empresas industriales estadounidenses, encuentran evidencia de que los factores financieros afectan a la inversión y, además, que la relación entre restricciones financieras e inversión varía por tipos de empresa. Para proporcionar un fundamento a tal imperfección, consideran problemas en los mercados de capitales, especialmente información asimétrica, que hacen muy costoso, si no imposible, para los proveedores de fondos externos evaluar la calidad de las oportunidades de inversión. Como resultado, el coste de la nueva deuda o de las acciones pueden diferir sustancialmente del coste de oportunidad de las finanzas internas generadas a través del flujo de caja y los beneficios no distribuidos. Bajo estas circunstancias, la inversión de las empresas que agotan casi todos sus recursos propios de bajo coste debe ser más sensible a fluctuaciones en su flujo de tesorería que el de aquellas empresas que reparten altos dividendos. También,

la liquidez debe tener mayor efecto en la inversión de las empresas que reparten bajos dividendos que en aquellas que los proporcionan altos.

Para probar estas hipótesis, Fazzari et al. estiman funciones de demanda de inversión para diversos grupos de empresas clasificados según su comportamiento en cuanto a los dividendos que reparten. Los efectos financieros sobre la inversión fueron generalmente importantes para todas las empresas, pero los resultados indican de forma consistente una mayor sensibilidad de la inversión al flujo de tesorería y a la liquidez en las empresas que retienen casi todo su renta. Esta diferencia es robusta a una amplia variedad de especificaciones de los modelos y técnicas de estimación, siendo mayor para la muestra en la que las empresas que reparten bajos dividendos son las más jóvenes y, por tanto, deben aún recibir el reconocimiento de la mayoría de los servicios de datos financieros. Estas diferencias entre empresas empíricamente importantes son consistentes con restricciones financieras que provienen de imperfecciones del mercado de capitales.

Fazzari et al. señalan que los modelos en que la estructura financiera es irrelevante para la decisión de inversión podrían acomodarse bien a las empresas maduras con perspectivas bien conocidas. Para otras empresas, sin embargo, los factores financieros parecen tener importancia en el sentido de que el capital externo no es un sustituto perfecto para los fondos propios, especialmente en el corto plazo.

Además del estudio de Fazzari et al., Rodríguez Brito (1995) analiza los llevados a cabo por Devereux y Schiantarelli (1988); Hoshi et al. (1991) y Whited (1992). Para España señala los realizados por Mato (1989); Hernando y Vallés (1991); Martínez y Mato (1993) y Estrada y Vallés (1995)⁸⁴. En general, la conclusión que se obtiene es que la asimetría de información entre acreedores y prestatarios y el racionamiento del crédito condicionan las decisiones de financiación de la empresa, limitando su capacidad de endeudamiento. A su vez, las decisiones de inversión también se verán limitadas por las restricciones en la obtención de financiación ajena, en la medida que para llevarlas a cabo no sean suficientes los recursos generados internamente que no hayan sido distribuidos a los accionistas.

La dependencia que tiene la inversión del acceso a la financiación ajena resulta decisiva en las empresas sometidas a mayores restricciones, como así lo indican los resultados de los estudios empíricos que analizan los determinantes de las decisiones de inversión en las empresas con más dificultades para acceder al crédito, en cuyo caso se revelan como determinantes fundamentales las decisiones de financiación, hasta el punto que pierden significación estadística las variables de tipo real relacionadas con las necesidades

⁸⁴ Para una revisión detallada de los trabajos realizados en España, véase Rodríguez Brito (1995).

de capacidad productiva, el coste de los factores o el valor de las oportunidades de inversión.

Los trabajos realizados fuera de España refuerzan la hipótesis ya comentada de que las variables que explican la demanda de inversión de las empresas dependen del tipo de empresa de que se trate. Así, por ejemplo, Devereux y Schiantarelli (1988) encuentran que las empresas más grandes tienen un mayor volumen de activos que pueden servir como garantía, que los mayores problemas de asimetría informativa los tienen las empresas más jóvenes, y que las mejores oportunidades de inversión se encuentran en las empresas ubicadas en sectores industriales en crecimiento.

En cuanto a las investigaciones realizadas en España, Hernando y Vallés (1991) analizan si la facilidad para superar el racionamiento difiere en función del tamaño y la pertenencia a un grupo bancario y sólo encuentran evidencia favorable respecto a la primera fuente de variabilidad.

Estrada y Vallés (1995) contrastan la importancia de las variables financieras en el proceso inversor por varios métodos encontrando efectos significativos de estas variables, lo que pone en evidencia la existencia de restricciones en el crédito. Con la finalidad de determinar si existe o no una relación significativamente diferente entre inversión y variables financieras en empresas con un menor potencial de aporte de garantías, mayor riesgo o mayor probabilidad de quiebra, Estrada y Vallés dividen la muestra de empresas en función del tamaño y de la antigüedad. Con ambos criterios de división se encuentran resultados coherentes con que las empresas de menor tamaño y las más jóvenes están en peor situación para captar fondos destinados a inversión. En concreto, Estrada y Vallés obtienen que son las empresas pequeñas y de reciente creación las que, para unos niveles de endeudamiento y activos líquidos dados, soportan un mayor coste unitario de sus recursos externos, poniendo de manifiesto la importancia del volumen de garantías y del riesgo de quiebra para la determinación del coste financiero de las empresas. En otras palabras, a causa de la asimetría informativa, algunas empresas no tienen acceso al crédito al tipo de interés de mercado.

Para reforzar las conclusiones anteriores, es válido el comentario de Menéndez (1994), para quien los resultados de los trabajos empíricos que analizan los determinantes de la estructura de capital demuestran que las empresas de mayor tamaño y, por tanto, las que han realizado mayores inversiones y disponen de más garantías, son las que mantienen mayores niveles de endeudamiento, a plazos más largos y obtienen la financiación ajena en mejores condiciones. Así, señala que Chang y Rhee (1990) y Titman y Wessels (1988) obtienen evidencia de la existencia de correlación negativa entre el endeudamiento a corto plazo y el tamaño de la empresa, al igual que Bergés y Maravall (1985) y Cuervo-Arango (1986). Además, Menéndez muestra que el nivel de endeudamiento de las empresas españolas no financieras que cotizan en Bolsa crece a medida que aumenta el tamaño,

mostrando que las de menor dimensión dependen en mayor medida de la financiación propia. Al mismo tiempo, las empresas más grandes tienen mayor acceso a la deuda a largo plazo, mientras que el peso de la deuda a corto plazo se reduce a medida que aumenta el tamaño.

Este resultado, según el cual el efecto de los factores financieros depende de las características de las empresas, probablemente puede extenderse a las empresas que realizan I+D y sirve para explicar la poca significación de las variables relativas a la liquidez y la rentabilidad en los trabajos revisados en el apartado 2 de esta sección. Por desgracia, la literatura que se enfrenta a este problema no ha abordado la inversión en I+D, excepto en el trabajo de Himmelberg y Petersen (1994) que se analiza a continuación.

Himmelberg y Petersen analizan específicamente la inversión en I+D en presencia de restricciones financieras⁸⁵. Estos autores describen el problema de inversión de empresas pequeñas de alta tecnología cuyos beneficios son positivos inicialmente porque la capacidad de las empresas es reducida respecto a la demanda. Las empresas se enfrentan a restricciones financieras cuando deciden su gasto de inversión, por lo que la tasa de crecimiento de cada empresa está constreñida por su acceso a recursos propios, de forma que las empresas se mueven a lo largo de su trayectoria de expansión tan rápidamente como sus recursos financieros se lo permiten. Este marco conceptual se acomoda bien a la inversión en I+D cuando se supone que la función de producción de la empresa no sólo incorpora un *stock* de capital físico sino también un *stock* de conocimiento.

Himmelberg y Petersen sospechan que una razón importante por la que los estudios previos no detectan el efecto de los fondos propios es que examinaban las empresas grandes⁸⁶. Este tipo de empresas son menos propensas a enfrentarse a restricciones de los fondos propios, ya que pueden tener mejor acceso a los recursos externos y generan más flujos de caja de los que se requieren para sus necesidades de inversión. Este es el motivo por el que centraron su estudio en empresas pequeñas de alta tecnología⁸⁷.

⁸⁵ No obstante, en este trabajo se analiza también la inversión en capital físico, pues para Himmelberg y Petersen las decisiones de invertir en I+D y en capital físico se toman de forma conjunta.

⁸⁶ Otro motivo es que existe un sesgo debido a que los estudios previos no habían tomado en cuenta la existencia de altos costes de ajuste en la decisión de cuánta I+D realizar. Himmelberg y Petersen, en base a la evidencia empírica obtenida por Bernstein y Nadiri (1989), incorporan la existencia de estos altos costes de ajuste cuando estiman el efecto de los fondos propios sobre la I+D. El efecto de los mismos es que las empresas, para minimizar los costes de ajuste presentes y futuros, fijan su nivel de inversión en I+D de acuerdo a su nivel "permanente" de fondos internos. De esa forma, cuando una empresa cree que el cambio en el flujo de fondos propios es "transitorio" trata de mantener su nivel de I+D planeada ajustando la demanda de inversión en capital físico (que tiene menores costes de ajuste que la I+D) o, si es posible, el capital circulante. Como resultado, la I+D responde poco a los movimientos transitorios, y el impacto pleno de las restricciones financieras sólo se revela por la relación entre la I+D y el flujo de tesorería permanente.

⁸⁷ El trabajo se centra en empresas que contaban en 1983 con un capital inferior a los 10 millones de dólares. La muestra se extiende al periodo 1983-1987 para industrias de alta tecnología, esto es, química y

Empleando datos de empresas pequeñas que operaban en las industrias de química y farmacia, maquinaria, equipamiento eléctrico y de comunicaciones e instrumentos en el periodo 1983-1987, Himmelberg y Petersen encuentran que los fondos propios tienen una influencia sustancial sobre la inversión en I+D. De hecho, sostienen que el principal determinante de la inversión en empresas pequeñas de alta tecnología son sus fondos propios.

En consecuencia, la inversión en I+D parece estar sometida a las mismas restricciones que las que afectan a la inversión en capital físico. Es lógico, por tanto, sostener que las empresas más pequeñas y de más reciente creación se ven sometidas con mayor probabilidad a racionamiento en el crédito, mientras que las más grandes acceden con mucha más facilidad al crédito bancario.

farmacia, maquinaria, equipamiento eléctrico y de comunicaciones e instrumentos. Himmelberg y Petersen señalan, apoyándose en los trabajos de Acs y Audretsch (1988,1990), que las empresas pequeñas son muy importantes en la industria americana. De hecho, las empresas con menos de 500 empleados, que coinciden aproximadamente con el grupo de empresas seleccionado por Himmelberg y Petersen, representa más del 90% de las empresas, más del 20% de las ventas, casi el 30% del empleo y, durante 1982, introdujeron el 40% de todas las innovaciones tecnológicas del sector industrial.

3.4. CONCLUSIONES.

A pesar de que la necesidad de fomentar desde el sector público las actividades de I+D no ha podido ser justificada sin reservas a partir de los modelos teóricos que se revisaron en el capítulo 2, en la práctica los países llevan a cabo distintos tipos de actuaciones en este sentido. El argumento que las apoya es que parece claro el papel que tiene la innovación tecnológica en el crecimiento de la productividad, así como en la mejora de la capacidad competitiva de las naciones. En ese sentido, si se acepta que las actividades tecnológicas tienen efectos positivos en la economía, la actuación pública en este ámbito parece necesaria en general y de forma particular en España, donde el grado de desarrollo de este tipo de actividades es inferior al alcanzado en los países de su entorno cuyos gobiernos, por otro lado, sí actúan en este campo.

Como resultado de que las acciones de política científica y tecnológica que se emprendieron desde 1939 en España mimetizaban las de otros países, pero siempre en menor intensidad (Pavón y Goodman (1981)), la dedicación de recursos a la investigación científica y técnica era insuficiente. Además, los esfuerzos públicos en la materia no estaban priorizados ni la actuación de las distintas instituciones estaba coordinada. Por último, no existían vínculos entre los sectores productivos, los centros de investigación y las universidades.

Aunque el crecimiento que experimentó la dedicación de recursos a actividades de I+D a lo largo de los ochenta fue considerable, en 1988 la situación española en comparación con los países de la OCDE seguía mostrando un panorama poco alentador. España estaba junto a Grecia, Irlanda y Portugal en el grupo de países desarrollados que dedicaban menos del 1% de su PNB a actividades de I+D, lo que indicaba el escaso esfuerzo realizado en actividades tecnológicas.

Esta escasa dedicación a actividades de I+D se manifestaba con mayor intensidad en las empresas. Aunque a lo largo del periodo 1980-88 el gasto en I+D empresarial respecto al PNB pasó del 0,2% al 0,4%, debido en parte probablemente a que el gobierno pasó de financiar el 4% de gasto en I+D empresarial en 1983 a casi el 16%, el esfuerzo empresarial en I+D, en cualquier caso, quedaba muy lejos del casi 1,3% de media de los países de la CE.

La escasez de recursos dedicados se traducían con toda claridad en los indicadores de resultados, publicaciones en revistas científicas y patentes. La mayor dedicación de recursos a lo largo de los años ochenta se tradujo en una mayor cuota española en las publicaciones científicas mundiales; este resultado no es tan claro en la serie de patentes, debido a que los cambios en la normativa originan un cambio estructural (Martín (1991)).

Por último, la reducida tasa de cobertura de la balanza de pagos tecnológicos y su progresiva reducción a lo largo de la década de los ochenta indican la gran dependencia española de la tecnología foránea.

En suma, las actuaciones públicas en los años 80 mejoraron algo la situación, pero desde luego no generaron un cambio radical. Todo ello mostraba la necesidad de actuaciones estructuradas en materia de política de ciencia y tecnología.

Esta situación es la que justifica la aprobación en 1986 de la ley de la Ciencia, cuyos principales objetivos son la coordinación de las actuaciones de la administración en el campo de la política científica y tecnológica y la priorización de los recursos hacia determinadas áreas tecnológicas. Con estos fines, se adoptó en 1988 el Plan Nacional de I+D, que sigue vigente en la actualidad y, aunque ha sido revisado al inicio de las dos etapas siguientes, conserva aún su estructura básica. Junto a él se ha desarrollado un conjunto de actuaciones promovidas por el Ministerio de Industria y Energía entre las que destaca el Plan de Actuación Tecnológico Industrial (PATI).

En la primera sección se resume de forma breve la forma en que se ha actuado en España desde finales de los años ochenta hasta la actualidad, poniendo énfasis en las acciones orientadas hacia las empresas que constituyen la política tecnológica desarrollada por el Ministerio de Industria y Energía. No obstante, el Plan Nacional de I+D también incluye mecanismos para incentivar la investigación en las empresas y, sobre todo, para fomentar las relaciones entre la investigación desarrollada en el sector público y la que se realiza en la industria. Por eso, también se describe someramente la estructura y principales actuaciones del Plan Nacional de I+D.

La necesidad de considerar el Plan Nacional en esta investigación es más clara si se tiene en cuenta que en el capítulo 4 se analiza un instrumento de dicho Plan, los Proyectos Concertados (PC), que tienen la peculiaridad de tratar de incidir simultáneamente en los dos problemas detectados en los diagnósticos que se hicieron en los años ochenta: la escasa dedicación de recursos a la investigación por parte de las empresas y la reducida red de relaciones existentes entre el mundo académico y los investigadores de las empresas.

Por supuesto, los Proyectos Concertados no son el único instrumento que pretende estos objetivos. Se enmarcan, por una parte, dentro del conjunto de acciones puestas en funcionamiento por el Plan Nacional de I+D para la articulación del sistema de ciencia y tecnología: la red OTRI-OTT, el programa PETRI, la base de datos DATRI, los Proyectos de Cooperación y los Proyectos Integrados, que en la tercera fase del Plan Nacional se han refundido en el Programa Nacional de fomento de la articulación del sistema de ciencia-tecnología-industria (PACTI). Por otra parte, son complementarios de las actuaciones llevadas a cabo por el Ministerio de Industria y Energía, si bien, los Proyectos Concertados se dirigen hacia los proyectos de investigación precompetitiva.

En la medida que junto al fomento de la I+D los Proyectos Concertados pretenden el establecimiento de nexos entre empresas y centros públicos de investigación (CPI), parece necesario considerar las aportaciones teóricas y empíricas que se han hecho acerca de la conveniencia del establecimiento de este tipo de vínculos y los efectos que pueden conseguirse con ellos. Este es el objetivo de la segunda sección del capítulo.

Además, los Proyectos Concertados tienen varias peculiaridades que merecen ser destacadas. La primera es que el apoyo a la investigación no se instrumenta mediante subvenciones sino mediante créditos sin intereses. La segunda consiste en que la devolución total de las cantidades aportadas por el Plan Nacional sólo debe realizarse si el proyecto tiene éxito técnico. De este modo, los Proyectos Concertados funcionan como una subvención cuando el proyecto resulta fallido.

La primera de estas peculiaridades se analiza en la sección tercera de este capítulo. El estudio de la segunda choca con la barrera que supone que los modelos teóricos (apartado 2.1.5. del capítulo 2) no hayan conseguido resolver si el riesgo de las carteras de proyectos de las empresas es menor que el socialmente óptimo o no lo es. Por tanto, no tiene mucho sentido evaluar si debe utilizarse un instrumento que libere a las empresas del riesgo técnico. Además, la información disponible cuando se recabó la base de datos empleada en el capítulo 4 de este estudio era insuficiente no sólo para este propósito sino para obtener una visión del funcionamiento de esta cláusula en la práctica. En cualquier caso, esta cláusula puede tener efectos incentivadores sobre las actividades de I+D, ya que, aunque no se puede asegurar si sirve para aproximar la cartera de proyectos de I+D de las empresas a la que elegiría un planificador social, al menos puede contribuir a aumentar el gasto en I+D.

La colaboración entre empresas y CPI.

Para comprender la conveniencia de un instrumento como los Proyectos Concertados que promueve las relaciones entre los CPI y las empresas es necesario analizar las diferencias que existen entre ambos mundos. En este sentido, siguiendo a Dasgupta y Stiglitz (1985 y 1994) se considera que el trabajo realizado en los CPI pertenece al ámbito de la ciencia mientras que el realizado en las empresas se integra en el de la tecnología.

La visión tradicional atribuye a la ciencia la producción de conocimiento más general y fundamental para conocer el orden natural, pero de menos aplicación práctica inmediata, mientras que la tecnología concierne a mecanismos y procesos útiles. De esta forma, ambas son independientes y distinguibles por la naturaleza de sus respectivos productos: en el primer caso documentos escritos y en el segundo objetos, procesos, etc.

Dasgupta y David (1985 y 1994) consideran que cada vez es más difícil clasificar a una persona como científico o técnico observando sus actividades o los resultados que obtiene. Igualmente, tampoco permite una clasificación ex-ante ni adecuada la que considera

la investigación científica como una actividad sometida a mucha incertidumbre, mientras supone que la investigación tecnológica es costosa, pero mucho más predecible.

La mejor aproximación, de acuerdo con Dasgupta y David, consiste en utilizar las diferencias observables en el carácter social de la investigación, que se reflejan en las actividades que desarrollan los investigadores y las acciones que se llevan a cabo para la transmisión de la información. Desde este punto de vista, los científicos actúan como si estuvieran obligados a desvelar inmediatamente los nuevos descubrimientos y someterlos a la inspección crítica del resto de miembros de la comunidad, es decir, se instruye a los científicos a tratar los resultados de su trabajo como un bien público. El premio que reciben los científicos se basa en la regla de la prioridad, por la que se premia con el reconocimiento público al primero que hace los descubrimientos a cambio de la revelación total de sus resultados. De esta forma, se imita la regla, típica de la tecnología, de que el ganador se lo lleva todo.

En el ámbito de la tecnología, los resultados no son revelados sino que tratan de ser guardados en secreto para no reducir las rentas privadas del descubridor. Así, la ciencia trata el conocimiento como un bien público y la tecnología como un bien de capital privado.

En síntesis, para Dasgupta y David lo que diferencia las comunidades de investigadores dedicadas a ciencia y tecnología no son sus métodos de búsqueda ni la naturaleza del conocimiento obtenido sino los objetivos aceptados como legítimos dentro de las dos comunidades de investigadores, las normas de comportamiento, especialmente en lo que se refiere al modo en que se desvela la información y las características del sistema de remuneración. Es decir, lo que diferencia a un científico de un tecnólogo no son sus habilidades o el contenido de su experiencia, sino las estructuras bajo las que la investigación tiene lugar y, más aún, lo que los investigadores hacen con sus hallazgos: la investigación llevada a cabo con la intención de vender los frutos secretamente pertenece sin ambigüedad al ámbito de la tecnología.

Una vez que se ha diferenciado entre el ámbito de la ciencia y el de la tecnología, el segundo paso consiste en buscar las interacciones que se establecen entre ambos, sobre todo en la aportación de la ciencia a la tecnología.

Lo primero que queda claro es que el proceso de innovación no se ajusta al modelo lineal (Rosenberg (1991) y Brooks (1994)), es decir, las nuevas ideas tecnológicas no surgen como resultado de los nuevos descubrimientos científicos y se mueven a través de la investigación aplicada, el diseño, la fabricación y finalmente el mercado. Las relaciones entre ambas son muy complejas, por lo que la literatura sobre el tema sólo proporciona algunas ideas básicas sobre el modo en que la ciencia y la tecnología se influyen mutuamente (Rosenberg (1991), Pavitt (1991) y Brooks (1994)).

Así, aunque la ciencia origina nuevo conocimiento que sirve como germen de ideas para nuevas posibilidades tecnológicas, existen otros medios por los que se transmite su influencia, como son que sirve de fuente de herramientas y técnicas, genera instrumentos científicos que se emplean posteriormente en la industria, sirve para el desarrollo de nuevas habilidades humanas y capacidades que pueden ser útiles para la tecnología, etc. Entre los modos en que la ciencia incide en la tecnología, no hay que olvidar el papel de las universidades como diseminadores del conocimiento generado con anterioridad, como pone de relieve Nelson (1986).

En cualquier caso, surgen algunas consideraciones sobre el efecto de la ciencia sobre la tecnología. La más importante es que la ciencia que se utiliza para la innovación industrial suele ser ciencia bastante vieja, lo que indica que la importancia de la ciencia puede ser estimada de forma errónea si se toma en cuenta sólo el efecto de los incrementos más recientes en los conocimientos científicos en lugar del conjunto de los mismos.

La tecnología también influye en la ciencia en la medida que ésta última trata de afrontar dificultades, problemas inesperados u observaciones anómalas que se plantean en la industria y es difícil que surjan en el ámbito académico. Además, la tecnología sirve como fuente de instrumentos y técnicas que se emplean en el ámbito científico.

Los trabajos realizados a nivel empírico proporcionan evidencia de que la financiación pública de la investigación en el ámbito de la ciencia parece tener impacto en la investigación empresarial posterior. Mansfield (1991 y 1992) obtiene indicios de que sin investigación académica reciente, habría una reducción sustancial de los beneficios sociales. Desde una perspectiva que considera que la investigación de las universidades genera externalidades de conocimiento hacia las empresas, Jaffe (1989) y Acs et al. (1992 y 1994) obtienen resultados que indican que la investigación desarrollada en las universidades tiene efectos positivos en el *output* innovador de las empresas.

Los resultados de estos trabajos indican que las externalidades entre universidades y empresas existen, pero están limitadas geográficamente, esto es, la proximidad entre los investigadores académicos e industriales importa. Además, el tamaño de las empresas es relevante ya que, de acuerdo a Acs et al. (1994), la I+D industrial tiene mayor importancia en las empresas grandes, mientras en las pequeñas la investigación universitaria tiene un impacto muy superior. También el campo de la tecnología incide en el impacto de la interacción, tal y como evidencian Bania et al. (1993), reforzando los resultados de Nelson y Rosenberg (1994) y GUIR (1991).

El punto débil de los modelos econométricos es que, suponiendo que se trata de externalidades de conocimiento, obvian la forma en que se establecen las interacciones entre empresas y universidades. Sin embargo, como señala Pavitt (1991) los contactos personales tienen importancia, lo que es coherente con la conclusión de Rothwell (1977) de

que la comunicación fluida de la industria con la comunidad investigadora externa se manifiesta como un importante elemento para la innovación. También está en línea con el trabajo de Gibbons y Johnston (1974), quienes sitúan como fuente más importante de investigación científica no sólo la literatura científica sino el contacto con los científicos de las universidades.

De este modo, hay que considerar explícitamente el modo en que se establecen las relaciones entre investigadores, teniendo, además, en cuenta que pueden ser formales o informales (Senker y Faulkner (1992 y 1994)), y que no hay que quitar importancia a estas últimas, ya que, en muchas ocasiones, la existencia previa de conexiones informales es un prerrequisito para el buen funcionamiento de los vínculos formales. En ese sentido, es interesante el resultado de que la educación universitaria -especialmente el doctorado- del personal de I+D de las empresas facilita el establecimiento de relaciones universidad-empresa (Gibbons y Johnston (1974)).

En cualquier caso, la determinación de los beneficios, magnitud y modo en que se realizan los contactos no puede ser fruto de análisis generales, sino que requiere estudios detallados en función del país, la tecnología y el sector industrial, entre otros factores. En ese sentido, el trabajo de Faulkner y Senker (1994) proporciona un esquema que puede servir para explicar la variabilidad interindustrial en la ligazón entre la industria y los CPI que parece muy sugerente a la hora de diseñar políticas públicas. En síntesis, los factores relevantes son el carácter de la innovación en el sector industrial y la propia tecnología de que se trate, el tamaño de la empresa, la base de conocimiento que posea y su propensión a la ligazón. También inciden la disponibilidad de pericia en el sector público de investigación, las actuaciones públicas que se hayan desarrollado y el papel que los laboratorios académicos y el gobierno tienen como usuario de las nuevas tecnologías desarrolladas en la industria.

Debe señalarse que los estudios que analizan el impacto de la investigación académica sobre la empresarial se basan en encuestas. Según Berman (1990), el largo desfase que existe entre que la universidad hace su aportación (educación, nuevo conocimiento, colaboración etc.) y ésta conduce a resultados en la empresa puede motivar que las evaluaciones basadas en entrevistas proporcionen resultados erróneos a causa de la existencia de sesgos hacia la respuesta de que los programas de colaboración actuales tienen poco efecto o ninguno sobre la innovación (porque las personas que contestan pueden haber cambiado de proyecto o incluso de compañía). Por eso, es aún más significativo que los trabajos que se han revisado atestigüen la importancia de los beneficios de la interacción empresa-universidad.

Una vez analizados los beneficios de los vínculos entre empresas y universidades y los canales por los que se establecen, es necesario indagar en las posibilidades que existen

para que esta interacción tenga lugar. En esa línea, los estudios revisados (Dean (1981), Azároff (1982), Fowler (1984), Höglund y Persson (1987) y Van Dierdonck et al. (1990)) indican que, a pesar de tratarse de mundos diferentes y de que las universidades no estén estructuradas para colaborar, las barreras a la colaboración no son elevadas. Lo que es probable es que exista desconocimiento mutuo y que las empresas tengan dificultades para contactar con la persona adecuada. Esto sí puede indicar la necesidad de fomentar la colaboración, y más aún si se tiene en cuenta que una vez establecido el vínculo probablemente continuará en el futuro (Gibbons y Johnston (1974)).

Existen varios trabajos que analizan las relaciones entre la investigación empresarial y la académica en España (Buesa y Molero (1992a), González Ayuso et al. (1993) y Espinosa de los Monteros (1995a y 1995b)). En ellos se pone de manifiesto la debilidad de dichos vínculos y el alejamiento de objetivos y comportamientos entre los investigadores de las empresas y de los CPI. Por ello, y tomando en cuenta la importancia de las relaciones entre ciencia y tecnología, parece adecuado que desde la administración pública se fomente la colaboración, al menos en algunas tecnologías, entre el sector industrial y el académico para reforzar el sistema español de ciencia y tecnología. De todos modos, proporcionar una respuesta definitiva requiere un análisis detallado de la situación española, que debería ir dirigido a conocer la magnitud de la colaboración, los mecanismos por los que se establece, incluyendo la red de contactos formales e informales y los beneficios que está reportando al sector industrial y al académico, incluyendo, al menos, medidas de satisfacción de este tipo de vínculos. Además, tendría que analizar el papel presente y futuro de las oficinas de enlace entre centros públicos de investigación y empresas. En ese análisis debería incluirse el estudio de la posible reducción del gasto en I+D de las empresas cuando aprovechan la colaboración del sistema público de investigación, si bien de acuerdo a los análisis de Nelson (1986) y de Berman (1990), la colaboración aumenta la intensidad en I+D de las empresas, esto es, la investigación realizada en los CPI parece más complementaria que sustitutiva del esfuerzo de las empresas.

Otra cuestión a considerar son los riesgos de esta colaboración para la buena salud del mundo de la ciencia. En este sentido, Pavitt (1987), Höglund y Persson (1987) y Dasgupta y David (1994), alertan sobre el peligro de que las políticas que tratan de desplazar recursos hacia las aplicaciones comerciales del conocimiento científico, comprometan la capacidad de una nación para beneficiarse de un flujo sostenido de innovaciones basadas en avances del conocimiento científico y tecnológico.

La financiación de los Proyectos Concertados.

El trabajo de Just y Zilberman (1988) pone de manifiesto que la efectividad de los distintos instrumentos para incentivar las actividades de I+D varía según la situación en la

que se encuentren las empresas. En concreto, el crédito y el subsidio al interés tienen efecto sobre distintos colectivos de empresas. Así, el subsidio al interés sólo tiene incidencia en aquellas empresas que no tienen problemas de financiación de sus proyectos, mientras que la concesión de créditos afecta a las empresas que tienen proyectos interesantes y que no pueden poner en práctica por falta de financiación. La aplicación simultánea de ambos instrumentos afecta a ambos colectivos de empresas, aunque, probablemente, sólo uno de ellos a cada colectivo. En otras palabras, ambos instrumentos conjuntamente tienen plenos efectos en el estímulo de la I+D. Ahora bien, también son interesantes para aquellas empresas que sin contar con el efecto de los Proyectos Concertados desearían llevar a cabo la misma investigación y, además, la financiarían sin problemas. En este último caso, la intervención pública resultaría superflua.

La pregunta que surge inmediatamente es si existen restricciones al acceso al crédito para I+D que hagan necesaria la autofinanciación de las actividades de I+D y justifican, por tanto, que la intervención pública adopte la forma de créditos.

A pesar de que los estudios de casos parecen apoyar la idea sugerida por Schumpeter (1942) de que es necesario que las empresas generen suficientes fondos para financiar sus actividades de investigación (Kamien y Schwartz (1989)), los estudios que se han realizado relativos a la necesidad de autofinanciación de las actividades de I+D (Scherer (1965), Hamberg (1966), Mueller (1967), Grabowsky (1968), Elliott (1971), Branch (1974) y Switzer (1984)) sólo proporcionan evidencia débil de que la liquidez y la rentabilidad inciden en la innovación.

Explicaciones plausibles a estos resultados contradictorios son la proporcionada por Kamien y Schwartz (1989) en la que la liquidez y la rentabilidad son sólo factores umbrales para explicar la actividad innovadora y la de Kamien y Schwartz (1978) según la cual es necesario diferenciar por tipos de empresas y proyectos. Así, las innovaciones muy grandes realizadas por empresas nuevas o muy pequeñas podrían estar restringidas por la disponibilidad de liquidez, mientras que las empresas establecidas que realizan I+D rutinaria no se enfrentan a restricciones financieras.

La existencia de distintos tipos de empresas se puede justificar teniendo en cuenta los problemas de información asimétrica que se establecen entre empresas y proveedores de fondos y que dan lugar precisamente a que los fondos internos y externos no sean sustitutos perfectos y, a que, por tanto, existan empresas que se encuentren racionadas en el mercado de crédito. Si bien la asimetría de información es normal en el mercado de crédito, se hace más pronunciada en el caso de la inversión en I+D, donde guardar el secreto de los avances técnicos sirve como un método importante de apropiación de los beneficios de la I+D (Levin et al. (1987) y Buesa y Molero (1992a)).

Los efectos inmediatos de la asimetría informativa son, por una parte, el riesgo moral, que proviene de la dificultad del prestamista para comprobar el comportamiento oportunista por parte del prestatario, que puede afectar al riesgo de insolvencia y, por otra, la selección adversa, que surge porque a medida que los tipos de interés suben hay tendencia a que los prestatarios que solicitan créditos sean los que tienen más posibilidades de ser insolventes. Los estudios realizados analizando los efectos del riesgo moral y la selección adversa en un contexto de información asimétrica (por ejemplo, Stiglitz y Weiss (1981)) indican que los prestamistas denegarán la concesión de créditos no sólo a las empresas claramente identificadas como insolventes, sino también a aquellas para las que las asimetrías de información les impidan evaluar su probabilidad de insolvencia, mientras que aquellas empresas en las que el acreedor disponga de información y la misma sea positiva recibirán crédito. La disponibilidad de información sobre la situación de solvencia de los prestatarios potenciales es, por tanto, una variable que discrimina qué empresas pueden recibir crédito y cuáles tendrán denegado el acceso al mismo. Las variables que los proveedores de fondos consideran para evitar el riesgo de insolvencia son la capacidad de autofinanciación, el poder de mercado, el nivel de endeudamiento y las relaciones que se han establecido en el pasado entre deudor y prestamista. El tamaño de la empresa juega también un papel, ya que normalmente se dispone de mayor información de las empresas grandes, además de que su capacidad de autofinanciación es mayor al igual que la diversificación de sus actividades (Calomiris y Hubbard (1990)).

Los trabajos empíricos realizados desde finales de los años 80 han estudiado la relación entre capacidad de financiación e inversión. Fazzari et al. (1988) señalan que los modelos en que la estructura financiera es irrelevante para la decisión de inversión podrían acomodarse bien a las empresas maduras con perspectivas bien conocidas, pero para otras empresas, el capital externo no es un sustituto perfecto de los fondos propios. El resto de los estudios aplicados (por ejemplo, Devereux y Schiantarelli (1988); Hoshi et al. (1991) y Whited (1992) y, para España, Mato (1989); Hernando y Vallés (1991); Martínez y Mato (1993) y Estrada y Vallés (1995)) llegan a la conclusión de que la asimetría de información condiciona la financiación que reciben las empresas y, en consecuencia, sus decisiones de inversión. Las empresas que más dificultades tienen para acceder a financiación son las más pequeñas, sobre todo las de menor antigüedad.

En una línea parecida, Himmelberg y Petersen (1994) analizan la inversión en I+D en empresas pequeñas de alta tecnología, que tienen muchas posibilidades de sufrir problemas de acceso a los recursos financieros externos. Su conclusión es que el principal determinante de la inversión en I+D es su disponibilidad de fondos propios.

En definitiva, la literatura sobre información asimétrica proporciona una explicación de por qué no han resultado significativas las variables de liquidez en los estudios empíricos que explican la I+D realizada por las empresas. Las empresas grandes

son las que se ven menos influidas por las variables financieras en la medida que tienen menos probabilidades de estar racionadas en el mercado de crédito. Por el contrario, la inversión en I+D de las empresas de menor dimensión es altamente dependiente de los recursos que generan internamente, sobre todo si son jóvenes. A partir de estos resultados pueden hacerse algunas sugerencias sobre la intervención pública, que se centran en la actuación del CDTI:

a) Teniendo en cuenta que la investigación teórica y empírica apoya la existencia de grupos de empresas diferenciados, surge la pregunta de si no sería mejor un instrumento diferente según el tipo de empresa. En otras palabras, tal vez sería deseable fomentar las actividades de I+D de las empresas más pequeñas mediante créditos mientras se conceden subvenciones a las empresas más grandes para aumentar la rentabilidad de sus proyectos de investigación. De todos modos, la subvención de las actividades de I+D de las empresas de mayor tamaño debería hacerse con precaución para no apoyar proyectos que se hubieran realizado de cualquier modo (Fölster (1987)).

b) Si el racionamiento en el crédito afecta a las empresas a causa de asimetrías de la información, es razonable pensar que sea un problema que se agudiza en aquellas empresas que realizan actividades de I+D, dada la dificultad para estimar la probabilidad de éxito del proyecto desde el exterior de la empresa. En este sentido, la concesión de créditos por parte del CDTI puede justificarse si este organismo es capaz de evitar la asimetría de información a la que se enfrentan los bancos tanto para juzgar ex-ante la solvencia de la empresa y la probabilidad de éxito de los proyectos de I+D como para poder realizar un seguimiento adecuado de las acciones de la empresa. Es decir, un importante papel del CDTI debe ser eliminar o al menos mitigar los problemas de riesgo moral y selección adversa que impiden el buen funcionamiento de la financiación externa de las actividades de I+D.

En la medida que las relaciones del CDTI y las empresas sigan afectadas por la existencia de asimetría informativa, la oferta de fondos realizada por este organismo corre el riesgo de dirigirse a aquellas empresas que no son capaces de acceder a créditos bancarios por sus malas perspectivas económicas o porque sus proyectos son excesivamente arriesgados, en lugar de suplir de fondos a aquellas empresas que son solventes y cuyos proyectos son de calidad, pero que simplemente no pueden acceder a la financiación privada debido a sus problemas de asimetría informativa. Además, es posible que dirija la financiación hacia empresas que no tienen problemas de financiación y que realizan proyectos claramente rentables desde el punto de vista privado.

c) El problema de asimetría informativa al que se enfrenta la actuación del CDTI puede agudizarse, ya que los Proyectos Concertados se benefician de la existencia de la cláusula de riesgo técnico que hace posible que las empresas no devuelvan los fondos que

se les han prestado en aquellos casos en los que el proyecto no tenga éxito desde el punto de vista técnico. Esta cláusula puede originar que las empresas presenten al CDTI sus proyectos con menor probabilidad de éxito, esto es, que surja selección adversa. También surge riesgo moral porque se reducen los incentivos de las empresas para esforzarse en que el proyecto llegue a buen término.

De alguna forma, la conclusión que se obtiene es que, en un contexto de asimetría informativa que conduce al racionamiento del crédito, la importancia de la labor de la administración no es tanto la aportación de fondos que realiza a las empresas sino su capacidad para evaluar la situación económica de las empresas y la calidad de los proyectos de I+D con el fin de separar los viables de aquellos que no lo son. Ahora bien, el determinar si el sector público es capaz de cumplir esta misión no es el objetivo de esta investigación.

CAPÍTULO 4

**UN ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y ECONOMETRICO DE LA
ACTUACIÓN PÚBLICA RESPECTO A LOS PROYECTOS
CONCERTADOS.**

En el capítulo 3 se han expuesto las características esenciales de los Proyectos Concertados y se han puesto en relación con la literatura que trata los vínculos entre empresas y centros públicos de investigación y con la que aborda los problemas que enfrentan las empresas para financiar sus actividades de I+D. Ahora, en la parte empírica de esta investigación, se da un paso más en el estudio de los Proyectos Concertados. En concreto, se realiza una aproximación a la actuación de la administración pública en relación a estas ayudas en el periodo 1988-1991. En este estudio se determinan las variables que explican la concesión de créditos y la magnitud de los mismos. Por el contrario, no se intenta medir los efectos de la actuación pública sobre las decisiones que adoptan las empresas en materia de investigación, ni sobre los resultados de las actividades de I+D emprendidas con apoyo público.

En ese sentido, los Proyectos Concertados son bastante peculiares en la medida que aunque están incluidos en el Plan Nacional de I+D y, por tanto, su financiación recae en el Fondo Nacional de I+D, la gestión de estas ayudas está encomendada al CDTI. Por ello, el funcionamiento de estas ayudas implica la actuación coordinada del CDTI con la Secretaría General del Plan Nacional en el proceso que lleva a que las ayudas sean, en última instancia, aprobadas por la Comisión Permanente de la CICYT. En cualquier caso, en esta investigación se va a atribuir la autoría de las decisiones de la administración sólo al CDTI a pesar de que, por lo dicho, la estructura institucional de la CICYT desempeña también un papel importante.

El análisis se realiza en tres etapas, que corresponden a las secciones 2 a 4 de este capítulo:

a) En primer lugar, se estudia cómo son las empresas que han desarrollado Proyectos Concertados, insistiendo sobre todo en las diferencias que existen con el resto de las compañías que desarrollan actividades de I+D. Esta primera etapa de aproximación al problema se apoya en la utilización de técnicas de análisis multivariante de carácter exploratorio y finaliza con el establecimiento de tipologías de empresas.

b) En segundo lugar, se aplica una metodología similar a la anterior a la información disponible de los proyectos de investigación que se han desarrollado bajo la cobertura de un Proyecto Concertado. De este modo, se puede obtener una primera idea de cómo ha actuado el CDTI y de hasta dónde puede llegarse con la información disponible.

c) Una vez concluidas las dos primeras etapas, de carácter eminentemente descriptivo, se pasa a explicar la financiación proporcionada por el CDTI a los Proyectos Concertados. Esta última sección se desarrolla mediante el planteamiento y estimación de modelos econométricos con autoselección.

Previamente, en la sección primera de este capítulo se ofrece una breve revisión de los resultados de los estudios que se han realizado en España en los últimos años para

proporcionar una visión general de las actividades innovadoras que se llevan a cabo en las empresas o para determinar los factores que tienen más relevancia para explicar que unas empresas dediquen más recursos a I+D que otras. El objetivo que se persigue es extraer sus principales conclusiones para que sirvan como referente a los resultados que se obtienen en el resto de este capítulo.

Junto a estos trabajos que analizan las actividades de I+D, se encuentran unos pocos que abordan de una forma más directa la actuación pública, especialmente del CDTI. A nivel descriptivo de las empresas que acceden a las ayudas se encuentra la evaluación de la actuación del CDTI realizada por Fontela et al. (1992) y el estudio de las ayudas del CDTI y de la Comunidad Europea de Brandts et al. (1989). También destacan los estudios de Busom (1991 y 1993), en los que partiendo de la misma información que Brandts et al., se realiza un análisis mucho más profundo.

Aunque la línea seguida por Busom está próxima a la que se desarrolla en este capítulo, puesto que centra su atención en empresas que han accedido a ayudas públicas, existe, sin embargo, una diferencia esencial entre ambos enfoques, ya que Busom está interesada en explicar el efecto de estas ayudas sobre las decisiones de las empresas relativas a actividades de I+D, como son la cantidad de recursos dedicada o el tipo de investigación que emprenden. Por el contrario, el objetivo propuesto para este capítulo es arrojar algo de luz sobre el modo en que ha actuado la agencia pública que concede las ayudas. En cualquier caso, más adelante, en la sección cuarta, se comenta con algo más de detalle el enfoque de Busom.

La evaluación realizada por Fontela et al. está basada en las respuestas de 537 empresas a una encuesta que contiene cuestiones relativas a sus actividades de investigación y a los resultados de las mismas y, en concreto, las amparadas por los Proyectos Concertados y por los Proyectos de Desarrollo Tecnológico. De todas ellas, se pueden extraer algunos resultados especialmente interesantes para el análisis que se realiza en este capítulo:

Entre las principales dificultades que las empresas consideran que afronta la innovación empresarial en España, la más importante de todas es el escaso acceso a fuentes de financiación suficientes y a costes aceptables que puedan hacer menos gravoso para ellas la realización de actividades de investigación. Con una puntuación menor se encuentran los problemas de venta y distribución de la innovación y, en tercer lugar, el escaso acceso y disponibilidad de instalaciones y equipos de centros públicos de investigación.

Por otro lado, destaca la consideración muy positiva de la actuación del CDTI, sobre todo entre las empresas de menos de 50 trabajadores. Entre los aspectos concretos más valorados por las empresas se encuentra la financiación proporcionada, mientras que los requisitos burocráticos son lo más negativo en opinión de los encuestados. En cualquier

caso, un porcentaje superior al 95% de las empresas que respondieron al cuestionario declaran tener intención de solicitar en el futuro ayudas al CDTI.

En síntesis, el estudio de Fontela et al. apoya tanto la intervención pública encaminada a proporcionar recursos financieros a las empresas como la que promueve las relaciones entre empresas y CPI. En ese sentido, los Proyectos Concertados, que inciden sobre ambos objetivos, parecen a priori un instrumento interesante de política tecnológica.

4.1. LAS ACTIVIDADES DE I+D EN LA EMPRESA ESPAÑOLA

En los últimos años se ha llevado a cabo en España un número significativo de trabajos aplicados que analizan la dedicación de recursos de las empresas a actividades de I+D¹. Aunque la aproximación que se realiza en esta investigación se concentra más en la actuación pública que en las empresas, parece necesario tomar en consideración los principales resultados que se han obtenido en estos trabajos de forma que puedan servir como referencia al análisis posterior.

La primera vía de caracterización de las empresas que realizan I+D en España es la seguida por Surís (1986) y Gumbau (1994), quienes han estudiado los factores que explican que unas empresas realicen actividades de I+D de forma organizada y permanente mientras otras no lo hacen.

Surís lleva a cabo este trabajo con datos de la Encuesta sobre Las Grandes Empresas Industriales Españolas (LGEIE) de 1982 y tiene que concluir que las variables económicas (dimensión, apertura exterior, participación de capital público y de capital extranjero, etc.) han influido poco en el comportamiento tecnológico de las empresas españolas. El factor que el estudio de Surís apunta como importante es la sensibilidad de determinadas personas en la empresa por el área tecnológica.

La hipótesis de Surís es que la juventud relativa de la industrialización española respecto a otros países más avanzados explica la debilidad y carácter exógeno de la I+D, es decir, España no ha tenido tiempo para desarrollar su tejido industrial y hacer surgir demandas de I+D con expectativas de rentabilidad.

Por su parte, Gumbau utiliza una muestra de empresas valencianas con datos referidos a 1992 y consigue establecer que el tamaño, la concentración del mercado, el

¹ Por supuesto, esto no agota la investigación realizada en España en aspectos relacionados con la innovación. A modo de ejemplo, se pueden encontrar las contribuciones de Lafuente et al. (1985a), Fluvíá (1990), Grandón y Rodríguez Romero (1991) y Rodríguez Romero (1993) que analizan las consecuencias de las actividades de I+D sobre la productividad y que ya fueron revisadas en la sección 2.3. También existe un conjunto de estudios que indagan en los efectos de las actividades de I+D sobre la competitividad exterior como son el de Buesa y Molero (1992b), Martín y Velázquez (1993), Myro (1993) y Sánchez y Vicens (1994).

crecimiento de la demanda y las condiciones de apropiabilidad y oportunidad tecnológica influyen en que las empresas tengan departamento de I+D. En cualquier caso, la mayoría de las variables explicativas utilizadas por Gumbau no caracterizan a las empresas individuales sino al sector, es decir, da la impresión de que su modelo permite explicar la probabilidad de que las empresas de un sector determinado realicen actividades de I+D, pero no tanto discriminar qué empresas de un mismo sector realizan I+D y cuáles no.

Lafuente et al. (1985a y 1985b)² tienen objetivos más amplios, aunque también dirigidos a considerar las diferencias intersectoriales. Su análisis se realiza en dos niveles partiendo de información sobre 224 empresas para el año 1980 procedente de la LGEIE. En el primero, se ocupan de los factores determinantes de los gastos en I+D en que incurren las empresas españolas. En el segundo, tratan el esfuerzo inversor en I+D realizado por 26 sectores de la industria.

En el plano empresarial, estiman una ecuación para cada uno de los sectores permitiendo que la forma funcional sea distinta en cada uno de ellos. Las variables que explican el gasto en I+D (intramuros y extramuros) representan el tamaño de la empresa, su liquidez, la participación extranjera y la importancia de la financiación pública en el conjunto del gasto de la I+D de la empresa.

En términos generales, el tamaño es la variable que mejor explica los gastos en I+D, seguida por la propiedad extranjera. No obstante, en ambos casos, la relación depende del sector industrial en que se encuadre la empresa. Mucha menor relevancia parecen tener las variables que aproximan la disponibilidad de recursos para financiar actividades de investigación, tanto los generados internamente como los de origen público. De hecho, el efecto de las ayudas públicas parece ser negativo en algunos sectores. De todos modos, hay que tener en cuenta que los datos de este estudio datan de principios de los años 80, es decir, antes de que entrasen en funcionamiento los instrumentos de política tecnológica actuales.

En el análisis sectorial, se explica el gasto en I+D (intramuros y contratado) respecto a las ventas totales del sector en función de la estructura de mercado, las oportunidades tecnológicas y los recursos disponibles, tanto los generados por la empresa como los que proceden de ayudas públicas. Además, para separar el efecto de las características del sector de las que proceden de las empresas que lo integran, añaden una estimación, obtenida al efecto, del esfuerzo en I+D (gasto en I+D respecto a ventas) para la empresa representativa del sector.

La variable con mayor poder explicativo es la oportunidad tecnológica o atractivo tecnológico del sector, cualquiera que sea la forma funcional seleccionada. En segundo

² Dentro de la misma línea de investigación existe un trabajo previo, se trata de Lafuente et al. (1983).

lugar, aparece el grado de integración vertical, que identifican como un indicador del grado en que los resultados de las innovaciones de proceso son apropiables por la empresa. La importancia y significación del resto de variables depende de la forma funcional elegida, en concreto de si la variable dependiente está en su forma original o en logaritmos. En cualquier caso, su incidencia es siempre inferior a la de la oportunidad tecnológica y el grado de integración vertical.

Cuando la variable dependiente está medida en logaritmos, el volumen de recursos generados por la actividad productiva de las empresas parece ejercer una influencia positiva sobre el esfuerzo desplegado en actividades de I+D. El crecimiento sectorial de la inversión ejerce una influencia negativa y significativa sobre el esfuerzo innovador, lo que está de acuerdo con que altas tasas de crecimiento de la inversión determinan generalmente tensiones importantes de liquidez que, a su vez, tienen un efecto negativo sobre el esfuerzo desarrollado en I+D. Además, el nivel de esfuerzo sectorial no depende de forma fundamental de las características de las empresas que forman parte del sector, como muestra el hecho de que el esfuerzo en I+D de la empresa representativa no sea significativo en buena parte de las especificaciones.

En las estimaciones en las que la variable dependiente está medida en su forma original, la concentración sectorial y los recursos disponibles dejan de tener efectos significativos, pero el esfuerzo en I+D de la empresa representativa incrementa su capacidad explicativa

En definitiva, del examen de los signos y capacidades explicativas de las variables independientes en las distintas estimaciones puede deducirse que, en términos generales, los factores sectoriales ejercen efectos más importantes sobre el esfuerzo innovador, definido sectorialmente, que los estrictamente empresariales. Además, dentro de los primeros, tienen especial relevancia el grado de atractivo tecnológico y el de integración vertical, produciéndose una cierta ambigüedad en cuanto a las influencias derivadas del nivel de concentración y del montante de recursos disponibles.

En cualquier caso, como señalan Lafuente et al., tan importante como el análisis de las variables intervinientes en las estimaciones es el estudio de las que no aparecen tener efectos significativos sobre la variable dependiente: ni el crecimiento de las ventas, ni las subvenciones o créditos de origen público, ni la apertura al exterior parecen jugar a nivel sectorial un papel determinante en la explicación de los gastos en I+D.

Paricio (1993) también pretende estudiar las diferencias interindustriales entre empresas innovadoras. Su aproximación parte del trabajo de Dasgupta y Stiglitz (1980) en el que la I+D reduce el coste de producción, y para sus estimaciones utiliza datos procedentes de la Central de Balances del Banco de España (CBBE) para los años 1987, 1988 y 1989. Paricio obtiene que el tamaño del mercado y la oportunidad tecnológica

(respuesta del coste de producción al gasto en I+D de la propia empresa) de cada uno de los sectores son las principales variables explicativas de las diferencias interindustriales en las actividades de I+D. Sin embargo, no detecta asociación positiva entre el esfuerzo innovador (gasto en I+D respecto a las ventas) en los sectores industriales y el grado de concentración, aunque sí son relevantes las características tecnológicas de cada uno de los sectores, de acuerdo con su clasificación de los sectores en términos de tecnología alta, media y baja.

Yagüe (1992), González Ayuso et al. (1993) y Pradas (1995) se aproximan a la innovación en la empresa española de una forma descriptiva y utilizando información de fuentes distintas.

El trabajo de Yagüe tiene la particularidad de analizar la actividad innovadora de la pequeña y mediana empresa (PME) industrial española. Yagüe pretende³ estimar las diferencias existentes entre el esfuerzo innovador que realizan las PME y las grandes empresas industriales españolas utilizando para ello la CBBE referida a los años 1988 y 1989. Puesto que la CBBE no proporciona información desagregada a nivel empresarial, no se pueden seleccionar submuestras de empresas innovadoras y, por ello, el estudio emplea valores medios por clases de tamaño (menos de 100 empleados, entre 101 y 500 empleados, y más de 500 empleados). Esta forma de actuar tiende a infravalorar el esfuerzo de las PME innovadoras, ya que el porcentaje de PME que desarrollan actividades de innovación es significativamente inferior al de las empresas grandes (por eso, en este último caso se aproximan más los resultados del grupo y de la submuestra).

Algunas de las conclusiones de Yagüe son:

- Los gastos en I+D intramuros realizados por las PME representan aproximadamente el 20% del total de dichos gastos llevados a cabo por las empresas industriales españolas, a pesar de que la CBBE está sesgada hacia las empresas de gran tamaño. Sin embargo, su participación en la compra de tecnología en el exterior sólo alcanza un 4,3 por ciento.

- Las empresas de tamaño mediano concentran la mayor parte del gasto en I+D intramuros en los sectores de alta intensidad tecnológica, mientras que las empresas pequeñas y grandes dedican una proporción mayor de estos gastos a los sectores de intensidad tecnológica media. En cualquier caso, este resultado de Yagüe se debe al importante colectivo de empresas farmacéuticas que se incluyen en el intervalo de tamaño

³ Un segundo objetivo del trabajo de Yagüe consiste en tomar en consideración los rasgos característicos de las estrategias de innovación que desarrollan las PME industriales españolas. Aunque no se entra en detalles sobre este segundo objetivo, más adelante se hacen algunas referencias concretas a esta parte del trabajo de Yagüe. En la misma línea, pero referidos a las grandes empresas se encuentran los estudios del Círculo de Empresarios (1988 y 1995). Por su parte, Buesa y Molero (1992a) centran su atención en las empresas madrileñas.

de 101 a 500 empleados. Además, en todas las clases de tamaño, los gastos de I+D intramuros se concentran en unos pocos sectores.

- En las tres clases de tamaño, el esfuerzo innovador está directamente relacionado con la intensidad tecnológica del sector y, además, tal esfuerzo es superior en la clase de empresas grandes que en las PME. Sin embargo, la distancia observada en este aspecto entre las empresas medianas y las grandes no es elevada, siendo posible, por tanto, que la relación directa entre dimensión y esfuerzo innovador no se verifique superado un umbral mínimo de tamaño empresarial.

- Los sectores en los que las PME realizan mayor esfuerzo innovador son: Material electrónico, Productos farmacéuticos, Química no farmacéutica, Maquinaria y equipo mecánico y Material eléctrico.

González Ayuso et al. (1993) analizan la implicación empresarial en el proceso de cambio tecnológico a través de su inversión en actividades de I+D⁴. Para ello utilizan información proporcionada para el periodo 1988-90 por distintos organismos entre los que destaca la CICYT y el CDTI.

Para buscar los rasgos más relevantes de la inversión empresarial en I+D, generaron una muestra de 183 empresas que dedican recursos considerables a I+D, por lo que se caracterizan por su gran dimensión (46 con más de 500 empleados y 102 con más de 1.000). En base a esta muestra, detectan -tal y como ocurre en la Estadística de Actividades de I+D del INE- la concentración sectorial de las inversiones de I+D. En concreto, el 75% de las inversiones se concentran en los sectores de Energía, Industria química, Fabricación de material electrónico (excepto ordenadores), Vehículos automóviles, Otro material de transporte y Comunicaciones.

Además, encuentran que las empresas extranjeras son las que más investigan, representando más del 50% de la inversión real, frente al 27% de la empresa pública y el 20% de la privada. Sin embargo, a nivel de empresa, las que más recursos dedican a I+D son las públicas, cuya intensidad casi dobla la de aquellas que tienen participación extranjera y está cerca de cuadruplicar la inversión de la empresa privada.

Recientemente, Pradas (1995) analiza las características fundamentales del proceso de innovación en la empresa industrial española utilizando el estudio piloto de la encuesta sobre innovación tecnológica en la empresa correspondiente a las actividades de 1991 realizado por el INE, completándolo con la Encuesta de Actividades de I+D de 1992 y la Encuesta sobre Estrategias Empresariales de 1990. Hay que señalar que no sólo

⁴ También estudian la participación de las empresas en el comercio tecnológico, en las ayudas públicas procedentes de fondos públicos españoles y comunitarios y las relaciones contractuales que han establecido con universidades y organismos públicos de investigación. Algunos de los resultados que han obtenido del análisis de estos temas se han comentado en el capítulo 3.

considera las actividades de I+D sino también el diseño industrial, la ingeniería industrial, la comercialización de tecnologías y la adquisición de tecnologías materiales e inmateriales.

Algunas de sus conclusiones más destacadas son las siguientes:

- El carácter innovador de las empresas no es mayoritario, sólo el 43,2% de ellas realiza actividades de innovación, y eso teniendo en cuenta que las empresas más propensas a responder al cuestionario fueron las más predispuestas hacia la innovación.

- Una de cada cuatro empresas realiza actividades de I+D, y una de cada tres empresas innovadoras no realiza actividades de I+D, pero, a pesar de ello, los gastos internos en I+D representan el 41,1% de los gastos totales en innovación.

- El tamaño de la empresa incide positivamente en la realización de actividades de innovación: el 81,4% de las grandes empresas son innovadoras. No obstante, parece deducirse un mejor aprovechamiento de la I+D por parte de las PME más intensivas en tecnología respecto a las grandes.

- La mayor parte de los gastos en innovación y en I+D proviene de las empresas que realizan I+D sistemáticamente, lo que es congruente con una elevada concentración de la innovación en un reducido número de empresas y con la debilidad de las estrategias empresariales españolas de innovación.

- Por sectores, la I+D se concentra en los de mayor intensidad tecnológica y, por regiones, en Madrid y Cataluña.

- La financiación de las actividades de innovación se realiza principalmente mediante fondos propios, sólo las actividades de I+D ven mejorada la aportación de las administraciones públicas, especialmente en el caso de las empresas públicas y de las empresas con más de 1.000 trabajadores. En concreto, el 87,5% de los gastos en innovación proceden de fondos propios, los contratos con las administraciones públicas suponen el 0,6%, las subvenciones el 3,3%, y los préstamos de la administración el 2,0%

- La mitad de las empresas (53,8%) que realizan I+D mantienen proyectos de cooperación, principalmente con instituciones españolas ajenas al grupo. El 44,3% de las empresas que cooperan en I+D lo hacen con universidades, el 32,8% con organismos públicos de investigación y sólo una de cada cuatro con asociaciones de investigación. Además, un tercio colabora con consultoras y expertos.

- Los gastos que lleva aparejada la innovación son el principal obstáculo a la misma, independientemente del carácter innovador o no de la empresa.

Para terminar, un estudio importante es el realizado por Buesa y Molero (1992a) sobre las empresas innovadoras madrileñas⁵, que se encuadra en la nueva visión de la teoría económica de la innovación que ha sido sintetizada por Molero (1990). En este trabajo se analizan, en base a los resultados de una encuesta, los rasgos fundamentales de estas empresas -antigüedad, tamaño, apertura externa y control de la propiedad-, la procedencia de su tecnología -desarrollo propio o adquisición externa-, el modo en que organizan sus actividades de I+D -en la propia empresa o en colaboración con empresas o CPI- y los resultados que obtienen, así como el modo en que se apropian del conocimiento tecnológico generado -patentes, modelos de utilidad, secreto, regularidad en la innovación.

No obstante, la parte más emblemática de este estudio es la tipología de los patrones del cambio técnico⁶ en la que se busca una expresión sintética de la diversidad de comportamientos de las empresas innovadoras madrileñas, a la vez que determinar algunas de las pautas que definen los regímenes tecnológicos de estas empresas.

La metodología que emplean es la aplicación de técnicas de análisis multivariante a un grupo de 98 empresas para detectar los componentes básicos que inciden sobre la configuración de las empresas estudiadas. Posteriormente efectúan un análisis de tipo *cluster* para clasificar a estas empresas en grupos homogéneos que son descritos en base a la información más relevante de acuerdo al análisis multivariante previo.

Para la aplicación de estas técnicas seleccionan 18 variables que se refieren al tamaño de las empresas medido según el empleo, su propensión exportadora, el origen de las tecnologías de producto o proceso que utilizan, los distintos procedimientos que emplean para generar su propia tecnología y medidas de los resultados de sus actividades innovadoras, como son las ventas en el mercado interno o externo afectadas por sus innovaciones de producto o proceso del último quinquenio, así como los métodos que utilizan para apropiarse de sus resultados tecnológicos.

Buesa y Molero seleccionan una tipología con 7 agrupamientos que se sintetiza en el Cuadro 1 en el que el tamaño de las empresas y su grado de apertura externa -medido a través de la propensión exportadora- constituyen elementos básicos para diferenciar los grupos de empresas, moviéndose ambos indicadores en el mismo sentido. Además, se observa que el sector de actividad al que pertenecen las empresas no se corresponde unívocamente con cada grupo.

También se observa que la importancia que las ventas de nuevos productos o de productos que han sido producidos con nuevos procesos tienen en las ventas totales se reducen con el tamaño de las empresas.

⁵ Una síntesis puede consultarse en Buesa y Molero (1993a).

⁶ Prueba de ello es que ha sido empleada posteriormente en Buesa y Molero (1993b) y Molero (1994).

Cuadro 1: Regímenes tecnológicos de las empresas innovadoras.

Regímenes tecnológicos	Tamaño de las empresas (1)	Propensión exportadora (2)	Resultados innovadores (3)	Autonomía tecnológica en productos	Autonomía tecnológica en procesos	Generación de tecnología	Métodos de apropiación	Actividad de I+D	Sector principal	Sector secundario
Pequeña empresa con baja apertura externa	Pequeño 70 trabaj.	Baja 4,5%	Alta 65,4%	Alta	Alta	Experiencia. Cooper. con OPI.	Regularidad en la innovación	Aplicada. Desarrollo Cooperación con OPI	6 10	4 5 9 11
Pequeña empresa con muy baja apertura externa	Pequeño menos de 50 trabaj.	Muy baja 1%	Media 41,9%	Muy alta	Muy alta	I+D. Ingeniería Diseño	Sin aspectos destacados	Aplicada. Desarrollo Coop. con empresas	6	3 5 10
Mediana empresa con baja apertura externa	Mediano 278 trabaj.	Baja 10%	Media 47,8%	Alta	Alta	Cooperación con OPI y empresas Diseño. Ingeniería	Regularidad Prop. industr. Secretos	Aplicada. Desarrollo Adaptación. Cooper. con OPI y empr.	6 5	2 3 4 7 8 10
Mediana empresa con apertura externa media	Mediano 276 trabaj.	Media 20%	Media 53,0%	Alta	Alta	Cooperación con empresas	Regularidad Propiedad industrial	Aplicada. Desarrollo Adaptación Coop. con empr.	4 5 6	8 10
Mediana empresa con alta apertura externa	Mediano 293 trabaj.	Alta 25%	Baja 29,3%	Baja	Baja	Sin aspectos destacados	Regularidad	Aplicada. Desarrollo Adaptación. Coop. con OPI y empr.	2 3 6	1 5 7
Gran empresa con alta apertura externa	Grande 340 trabaj.	Alta 30%	Muy baja 3,7%	Alta-media	Muy alta	Coop. con OPI y empr. Experiencia Diseño. Ingeniería.	Sin aspectos destacados	Sin aspectos destacados	5	3 7 9
Gran empresa con apertura externa media	Grande más de 500 trabajadores	Media 20%	Muy baja 8,8%	Media	Media	Coop. con OPI. Diseño. Ingeniería. Experiencia	Regularidad Propiedad industrial	Aplicada. Desarrollo Adaptación. Coop. con OPI y empr.	3 8	1 5 10

Fuente: Buesa y Molero (1993b)

(1) Tamaño medido en número de trabajadores

(2) Porcentaje medio de las ventas destinadas a la exportación

(3) Introducción efectiva de innovaciones medida en porcentaje medio de las ventas de nuevos productos y de productos elaborados con nuevos procesos respecto a los totales. Se consideran nuevos los productos y procesos introducidos en el último quinquenio.

Sectores: 1. Energía; 2. Minería, metalurgia básica y derivados de minerales no metálicos; 3. Industria química; 4. Industria farmacéutica; 5. Productos metálicos y maquinaria; 6. Industria electrónica; 7. Material de transporte; 8. Otras manufacturas; 9. Construcción civil; 10. Servicios a las empresas; 11. Otros servicios.

El indicador de autonomía externa se refiere al grado en que la tecnología utilizada por la empresa procede de desarrollos propios o de adquisiciones externas. En el grupo de empresas medianas con apertura externa media se constata el mayor nivel de autonomía tecnológica al predominar, de forma absoluta, los desarrollos propios sobre cualquier tipo de aportación externa de conocimiento técnico. Esa autonomía es también elevada, aunque menor, en los grupos de empresas pequeñas, medianas con baja apertura exterior y grandes con apertura externa media. En cambio, las empresas grandes con apertura externa media presentan un mayor recurso a las tecnologías externas y las medianas con alta apertura externa son claramente dependientes de éstas.

Existen métodos muy dispares tanto en la forma de generar tecnología como en los métodos utilizados para su apropiación y en el contenido y la organización de las actividades de I+D. Entre los aspectos que más claramente discriminan entre unos y otros regímenes, Buesa y Molero mencionan los siguientes:

- El énfasis que se pone en las actividades no explícitas de I+D como procedimiento complementario en las actividades de desarrollo tecnológico.
- El grado de cooperación externa, tanto en lo que se refiere a las fuentes últimas de la tecnología como a la forma de organizar la I+D. En este sentido, cabe señalar que en los dos grupos de empresas grandes tienden a establecerse relaciones de colaboración con centros públicos de investigación, mientras que sólo parte de las empresas pequeñas y medianas manifiestan la importancia de estos vínculos para la generación de tecnología.
- Las formas que acompañan a la regularidad innovadora como método fundamental de apropiación de los frutos del progreso tecnológico.

En resumen, según Buesa y Molero los comportamientos empresariales respecto a la innovación se ajustan a modelos diferenciados, que se configuran tanto a partir de los elementos estructurales de la actividad económica como de las peculiares combinaciones de las formas de adquisición o generación de los recursos tecnológicos y de la apropiación de los resultados innovadores.

Este resultado es diferente al obtenido por Lafuente et al. (1985a y 1985b), Gumbau (1994) y Paricio (1993) quienes atribuyen en gran medida las diferencias en el esfuerzo en I+D al efecto del sector de actividad. Sin embargo, aunque la relación entre sector y régimen tecnológico no sea unívoca en la tipología de Buesa y Molero, los sectores de actividad que componen cada uno de los grupos son distintos. Además, el estudio de Buesa y Molero se realizó en base a una encuesta, por lo que la riqueza de la información es mucho mayor. Probablemente si los otros estudios hubiesen contado con más variables específicas a la empresa se hubiera detectado no sólo la variabilidad sectorial sino también la empresarial.

Esta carencia de información, en cualquier caso, también se deja sentir en que las investigaciones tienden a centrarse en las empresas de mayor dimensión, que son aquellas para las que se dispone de más datos. De hecho, incluso los análisis que se extienden a la generalidad de las empresas acaban teniendo la limitación de que sus muestras contienen menos empresas pequeñas de las que realmente existen. Teniendo en cuenta, de acuerdo a Yagüe (1992), que las PME realizan un considerable esfuerzo innovador, sobre todo en los sectores con mayor contenido tecnológico, es importante mejorar la información sobre ellas.

4.2. CARACTERÍSTICAS DE LAS EMPRESAS QUE DESARROLLAN PROYECTOS CONCERTADOS.

4.2.1. Introducción.

Esta sección comparte con los trabajos revisados en la anterior el interés por caracterizar a las empresas españolas que realizan actividades de I+D. Sin embargo, el objetivo que se pretende aquí es distinto, en concreto consiste en extraer los rasgos de las empresas que permiten diferenciar entre las que realizan Proyectos Concertados y aquellas otras que no acceden a estas ayudas públicas. Para ello, se identifican los factores que son más importantes para caracterizar a las empresas españolas que investigan y, entre ellos, los que discriminan a las empresas que han obtenido apoyo para emprender proyectos (bajo la cobertura de un Proyecto Concertado) de aquellas otras que, aunque realizan actividades de I+D, no han recibido financiación del Plan Nacional, sea porque no han solicitado ayuda al CDTI o porque ésta les ha sido denegada⁷.

Las tres fuentes de información que se utilizan habitualmente para describir a las empresas que realizan actividades de I+D son insuficientes para poder diferenciar del resto a las empresas que han desarrollado Proyectos Concertados. La estadística de actividades de I+D que elabora anualmente el Instituto Nacional de Estadística (INE) proporciona un perfil de la investigación desarrollada en España, así como una descripción de las empresas que la llevan a cabo. Sin embargo, no detalla la información para cada empresa ni especifica los rasgos de las que han accedido a ayudas públicas. Por su parte, la Encuesta sobre Estrategias Empresariales (ESEE) del Ministerio de Industria proporciona información sobre la investigación desarrollada por las empresas y sobre la financiación pública recibida, pero sólo de forma agregada. Los datos de la Central de Balances del Banco de España proporcionan escasa información sobre actividades de I+D.

⁷ Como se explicó al principio de este capítulo, los Proyectos Concertados son un instrumento del Plan Nacional y, por ello, la CICYT desempeña un papel en el proceso de aprobación de estas ayudas. El motivo para otorgar al CDTI la posición central en el análisis es que la gestión de los Proyectos Concertados corre a cargo del CDTI. No obstante, la actuación del CDTI está guiada por los criterios que marca la CICYT, cuya comisión permanente es la que da la aprobación definitiva a los Proyectos Concertados.

Las limitaciones de las estadísticas oficiales han hecho que para la realización de este trabajo sea necesaria la generación de una base de datos con información sobre empresas que realizan actividades de I+D, de las que parte obtuvieron al menos un proyecto en el periodo 1988-91 y el resto ninguno. La información de las empresas que tienen algún proyecto procede básicamente de la base de datos administrativa del CDTI, mientras que los datos de las sociedades que no han realizado investigación en forma de Proyecto Concertado fue cedida por la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (CICYT). En ambos casos, se excluyeron aquellas observaciones para las que la calidad de la información era dudosa, incompleta o en la que existían diferencias manifiestas entre los datos proporcionados por el CDTI y por la CICYT.

La muestra de empresas construida, que consta de 977 empresas de las que 255 obtuvieron al menos un Proyecto Concertado en el periodo 1988-91, pretende ser representativa del tejido empresarial español que realiza actividades de I+D. En el anexo A4.2.1. se establece una comparación de las empresas que componen esta muestra con la información facilitada por el INE en la estadística de 1989. Si bien existen discrepancias entre ambos grupos de empresas, las pruebas estadísticas a las que se somete a la muestra no permiten rechazar la hipótesis de que la información que contiene hace referencia al mismo universo de empresas que realizan actividades de I+D que la estadística del INE.

Aunque buena parte de las variables contenidas en las bases de datos originales son continuas, se han agrupado en intervalos, obteniendo variables discretas. Esta transformación se ha considerado adecuada dado que hace más sencilla la comprensión de la información, permite incluir en el análisis variables cualitativas y, además, asimila las variables empleadas a las clasificaciones usuales (las empleadas en la Estadística de Actividades de I+D, por ejemplo). Agrupar las variables en intervalos sirve también para evitar, o al menos mitigar, un problema que afecta a la base de datos y, por tanto, al análisis realizado. Esta limitación consiste en que el tratamiento estadístico es de corte transversal, pero los datos se han tomado a lo largo del periodo 1988-91, que representa la primera fase de aplicación del Plan Nacional de I+D. Una posible solución podría consistir en pasar todos los datos monetarios a pesetas constantes, sin embargo se ha preferido considerar el periodo de referencia como unidad temporal en lugar de utilizar las variables continuas. Esta decisión tiene la ventaja de que reduce también la importancia de los errores o arbitrariedades en la recogida de datos, ya que no importa el valor concreto de los mismos sino sólo el intervalo en el que se ubique cada empresa.

El método empleado en esta sección consiste en reducir la dimensión del problema, de modo que un número limitado de factores explique las características de las 977 empresas. La técnica estadística elegida ha sido el análisis de correspondencias

múltiples⁸ (ACM), que permite obtener ejes factoriales que sintetizan la información de una matriz de datos. El ACM es una técnica factorial similar al análisis de componentes principales (ACP), pero, a diferencia de esta última, permite emplear información cualitativa en lugar de variables continuas.

Una vez transformada, la base de datos consta de trece variables cualitativas. Se ha tratado de lograr simultáneamente que cada una de las modalidades tenga una interpretación clara y que no existan modalidades con efectivo débil -pequeño conjunto de empresas con un atributo determinado-, ya que éstas desvirtúan la composición de los ejes. Debe destacarse, pues tendrá incidencia en los resultados, que las variables que originalmente eran continuas ahora están formadas por un conjunto de modalidades ordenadas según la magnitud de la variable original.

La descripción de los datos disponibles se ha resumido en el cuadro 1, donde se indica el nombre de la variable cualitativa, el número de categorías de la misma y el primer o primeros caracteres que se usan en los gráficos para denotar las diversas modalidades de la variable cualitativa. En cualquier caso, el significado de las modalidades de estas variables, así como el rótulo que se utiliza en los gráficos y en los cuadros, se encuentra más detallado en el anexo A4.2.2.

Como indicadores del tamaño de la empresa se han utilizado las ventas y la plantilla total. La magnitud del departamento de investigación de la empresa se ha reflejado en el personal dedicado a investigación y el gasto en actividades de I+D de la empresa. También se ha tomado en consideración la intensidad con la que la empresa dedica sus recursos humanos y materiales a tareas de investigación.

Otras características que se han empleado son la comunidad autónoma donde se ubica la empresa, su antigüedad y el sector de actividad en el que se encuadra. Para incorporar el sector de actividad se ha empleado los dos primeros dígitos de la Clasificación Nacional de Actividades Económicas (variable CN2). Sin embargo, dado el elevado número de modalidades que surgen y para evitar las posibles deficiencias en la base de datos en una clasificación a dos dígitos, se ha obtenido una nueva clasificación de las empresas en siete grupos (variable CNAE1) que toma como base el primer dígito del código CNAE o rama de actividad. Es destacable que la gran mayoría de las empresas de la rama 8 de la CNAE (modalidad C7) prestan servicios a otras empresas (código 84). Dentro de la industria transformadora de metales (C3) destacan las pertenecientes a la industria química (25) y, en mucha menor medida, a la industria de productos minerales no metálicos

⁸ Para una exposición de esta técnica en castellano puede consultarse Bisquerra (1989) y Escofier y Pagès (1992), y Grande y Abascal (1989) y la presentación de esta técnica de Modrego (1985 y 1986). No obstante, su origen francés hace que la mayor parte de la literatura esté en dicho idioma [véase, por ejemplo, Lebart et al. (1977), Bourroche y Saporta (1980), Diday et al. (1982), Foucart (1985) y Celeux et al. (1989)].

(24). En la categoría de resto de sectores (C6) existe un número muy importante de empresas del sector de comercio al por mayor (61), que realmente reúne a filiales de grandes empresas del sector de la informática o del automóvil⁹.

Cuadro 1: Resumen de las variables empleadas.

Variable	Significado	Raíz del rótulo	Número de categorías	Comentario
VENTASC	Ventas totales	V	5	Ordenadas de menor a mayor
PLANTIC	Plantilla total	P	4	Ordenadas de menor a mayor
PERIDC	Personal de I+D	PID	4	Ordenadas de menor a mayor
GASTOICD	Gasto en I+D total	GID	6	Ordenadas de menor a mayor
IDVC	Gasto en I+D/ventas	IDV	6	Ordenadas de menor a mayor
PIDPLAC	Personal de I+D/Plantilla	PP	6	Ordenadas de menor a mayor
CNAEI	Ramas de actividad	C	7	
CN2*	Códigos CNAE	(1)	48	Dos primeros dígitos CNAE
AUTON*	Comunidad autónoma	(2)	17	
EDADC	Antigüedad de la empresa	E	6	Ordenadas de menor a mayor (6)
I1	Tiene Proyecto Concertado	(3)	2	
PD1	Tiene Proyecto de Desarrollo Tecnológico	(4)	2	
IPD*	Cruza I1 y IPD1	(5)	4	

* Variables suplementarias.

(1) Se usa como rótulo para los cuadros y los gráficos sólo los dos primeros dígitos de la CNAE.

(2) Se usa como rótulo sólo las cuatro primeras letras del nombre de la autonomía.

(3) PCSÍ: ha tenido Proyecto Concertado. PCNO: no ha tenido Proyecto Concertado.

(4) PDSÍ: ha tenido Proyecto de Desarrollo Tecnológico. PDNO: no lo ha tenido.

(5) INDN: no ha tenido PC ni PD. INDS: sólo ha tenido PD. ISDN: sólo ha tenido PD. ISDS: ha tenido ambos.

(6) La modalidad 1 de la variable EDADC (E1) recoge las empresas cuya fecha de creación se desconoce.

Para analizar las relaciones que se han establecido entre la empresa y el CDTI, se dispone de información acerca de si la empresa ha obtenido algún Proyecto Concertado entre 1988 y 1991 (I1), y sobre la concesión de algún Proyecto de Desarrollo (PD1). Además, se ha creado una nueva variable con cuatro categorías (IPD) que funde la información de I y PD.

En análisis de correspondencias múltiples, las variables pueden ser activas o ilustrativas. Las primeras se utilizan para construir los ejes factoriales, mientras las ilustrativas o suplementarias aportan información útil para la interpretación de los ejes factoriales, pero no se emplean para generar los factores. En general, la selección de las variables activas en un ACM se hace teniendo en cuenta la información que es relevante para la construcción de ejes que resuman la información original y, además, tengan un significado claro. Por otra parte, las variables ilustrativas son fundamentales para explicar el significado de los ejes, pero no se justifica su introducción en el análisis como variables activas porque no contribuyen a explicar ninguno de los ejes o porque, como consecuencia del tipo de información que contienen, no tiene sentido considerarlas a la hora de construir los ejes.

⁹ González Ayuso et al. (1993, p. 110) relatan este mismo problema.

Dado el escaso número de variables disponible para realizar este trabajo, se ha tratado de incluir el mayor número de ellas como variables activas. Sin embargo, para no desvirtuar los resultados, es necesario considerar suplementarias aquellas variables que tengan un número de modalidades elevado, como son la comunidad autónoma de la empresa y el sector de actividad (CN2). También resultaba dudosa la inclusión de la rama de actividad de la empresa; sin embargo, la comparación de los resultados obtenidos considerando esta variable como activa o como ilustrativa mostró que la interpretación de los factores es más sencilla cuando la variable CNAE1 contribuye a la formación de los ejes.

Las variables I1 y PD1 podrían considerarse ilustrativas sin que los resultados cambiaran significativamente; no obstante, su inclusión mejora la interpretación de los ejes factoriales. Tampoco se ha considerado para generar los ejes la variable IPD, ya que sólo es una transformación de la información contenida en las variables I1 y PD1.

El esquema que se sigue en el resto de esta sección es el siguiente. En el segundo apartado se exponen los resultados del ACM, proporcionando una interpretación de los primeros ejes factoriales. El tercer apartado agrupa las empresas según su proximidad en el espacio formado por los factores 1 a 5. De esta forma, se caracterizan los grandes grupos de empresas que realizan I+D. Por último, se estima un indicador de la propensión a tener un Proyecto Concertado para cada una de las empresas que sirve, junto al primer eje factorial, para realizar una nueva tipología de empresas, que en este caso explica los diferentes rasgos de las empresas según realicen o no Proyectos Concertados. Debe señalarse que como sólo se está incluyendo información de las empresas no se puede considerar si el proyecto presentado por la empresa, si es que presentó alguno, era viable desde el punto de vista científico y económico. Es decir, se trata de proporcionar una visión del tipo de empresa que realiza Proyectos Concertados, sin entrar en la calidad técnica o en la rentabilidad empresarial de los proyectos presentados.

4.2.2. Resultados del análisis factorial de correspondencias: interpretación de los ejes factoriales

En el cuadro 2 se muestran los valores propios de los nueve primeros ejes factoriales; no obstante, para tener una imagen más realista de la importancia de cada eje a la explicación de la inercia de la nube se proporcionan los valores propios corregidos¹⁰. La

¹⁰ La transformación propuesta por Benzecri (1979) consiste en calcular los valores propios corregidos mediante la siguiente expresión:

$$\mu = (\lambda - 1/Q)^2 \cdot \left(\frac{Q}{Q-1} \right)^2$$

siendo λ el valor propio original y Q el número de variables activas. Se retienen sólo los valores propios positivos.

elección de los ejes a retener depende no sólo de su capacidad para representar la nube de puntos -medida por el porcentaje de la inercia total explicado por cada factor- sino también del significado que pueda atribuírseles. El análisis que se ofrece a continuación considera los 5 primeros ejes, que aglutinan más del 95% de la inercia de la nube de empresas.

La interpretación de los ejes factoriales se hace analizando las contribuciones absolutas y relativas de cada eje y, simultáneamente, los planos factoriales que sean adecuados. La información necesaria para el análisis de los resultados se incluye en el anexo A4.2.3.

Cuadro 2: Inercia de los nueve primeros factores.

	Valor propio	Porcentaje de la inercia	Porcentaje acumulado	Valor propio corregido	Porcentaje	Porcentaje acumulado
1	0,3873	10,19	10,19	0,1019	60,08	60,08
2	0,2639	6,95	17,14	0,0316	19,52	79,60
3	0,2108	5,55	22,68	0,0151	8,88	88,48
4	0,1932	5,09	27,77	0,0107	6,26	94,74
5	0,1483	3,90	31,67	0,0028	1,67	96,41
6	0,1450	3,82	35,49	0,0025	1,45	97,86
7	0,1332	3,50	38,99	0,0013	0,80	98,66
8	0,1250	3,29	42,28	0,0007	0,43	99,09
9	0,1188	3,13	45,41	0,0004	0,21	99,30
Σ	3,8000		100%			100%

Eje 1.

Las variables ventas de la empresa (VENTASC) y plantilla (PLANTIC) aglutinan más del 44,5% de las contribuciones absolutas al primer eje. En ambos casos, las modalidades se ubican a lo largo de este eje de forma que las empresas tienen coordenadas menores cuanto mayor es su tamaño. Además, la calidad de representación de estas categorías es buena. Por todo lo dicho, es posible sostener que el primer eje está muy relacionado con el tamaño de la empresa. Por último, puede decirse que el primer eje es un factor de escala¹¹, que podría ser resumido por cualquiera de las dos variables que miden la magnitud empresarial.

Esta interpretación del primer factor queda reforzada por el hecho de que las variables que miden la intensidad investigadora de la empresa (IDVC y PIDPLAC) se sitúan en este eje de forma inversa al tamaño de la empresa, como consecuencia de que cuanto mayor es la empresa, menor tiende a ser la parte de sus ventas que se dedica a gasto en I+D, o la proporción de su personal que realiza tareas de investigación. También la magnitud del departamento de I+D -medido por PERIDC y GASTOIDC- se relaciona directamente con el

La lógica de esta transformación reside en que en ACM cuando no existe ninguna relación entre las variables se obtienen J-Q factores cada uno con una inercia $1/Q$. Por eso, se resta a cada valor propio la inercia trivial que tendría si existiese independencia.

¹¹ Ver Escofier y Pagès (1992, pp. 255-256).

primer eje, ya que la dimensión del departamento de I+D depende de la magnitud general de la organización.

Las modalidades de la variable antigüedad de la empresa se ubican a lo largo del primer eje, mostrando que cuanto más antigua es la empresa tiende a ser más grande. La excepción la constituye la modalidad E1, ya que en ella se engloban las empresas para las que no se conoce la fecha de constitución.

La variable I1 no queda discriminada por este primer factor, de modo que no puede afirmarse que la dimensión empresarial incida, al menos directamente, en la decisión de la empresa sobre presentarse o no a la convocatoria de Proyectos Concertados, ni en la concesión de ayudas por parte del CDTI.

En cuanto a la actividad de las empresas, destaca la reducida dimensión de las empresas de las ramas de Agricultura, ganadería y pesca (C1) y de las empresas de servicios (C7) y el gran tamaño de las empresas de la rama de Energía y agua (C2).

Eje 2.

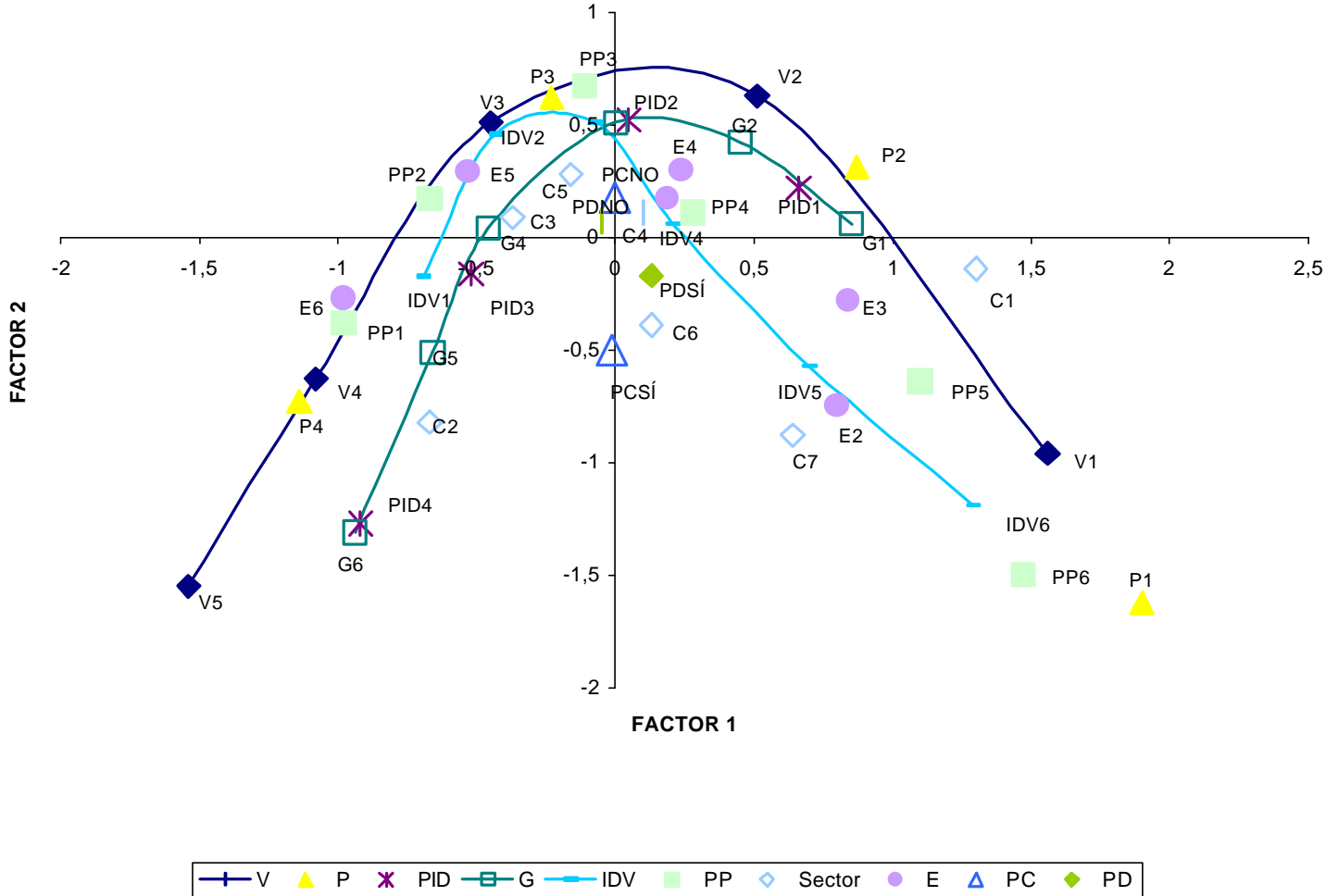
La formación del segundo factor también está dominada por las variables PLANTIC y VENTASC (juntas aglutinan el 39,5% de las contribuciones absolutas), si bien es mayor la importancia de las variables que hacen referencia al tamaño del departamento de I+D y a la intensidad con que la empresa dedica recursos a investigar. Las modalidades de las variables que miden el tamaño de la empresa están bien discriminadas por el eje 2, pero sus coordenadas ponen de manifiesto la existencia del efecto Guttman¹².

El efecto Guttman suele aparecer cuando, como en este caso, las modalidades están ordenadas a priori. Se manifiesta en el gráfico 1, que representa el primer plano factorial, donde se observa que al ser el eje 1 un factor de escala muy fuerte, está influyendo en el segundo eje en forma cuadrática. Es decir, el factor 2 sigue mostrando en gran medida la información de tamaño del eje 1, ahora bien, es un factor de oposición¹³, que contrapone las modalidades extremas a las medias. Esto es, las empresas de tamaño pequeño y grande tienen coordenadas negativas en el eje 2 mientras que las medianas tienen coordenada positiva.

¹² Ver Escofier y Pagès (1992, pp.190-196 y 256-257).

¹³ Ver Escofier y Pagès (1992, p.254).

Gráfico 1: Disposición de las modalidades activas en el plano factorial formado por los ejes 1 y 3.



Las modalidades de las variables PIDPLAC, IDVC, GASTOID y PERIDC no parecen seguir la forma parabólica del efecto Guttman¹⁴. Así, las empresas que dedican pocos recursos a I+D -tanto en términos absolutos como relativos- presentan coordenadas positivas en el segundo eje y, además, mayores que las empresas que no han obtenido Proyecto Concertado (PCNO). Por su parte, las empresas intensivas en investigación y con dedicaciones (absolutas) importantes a investigación se sitúan en la parte negativa, manteniéndose próximas al baricentro de las empresas con Proyecto Concertado, representado por la modalidad PCSÍ. Todo lo dicho hace posible interpretar el eje 2 como un factor de oposición, que contrapone empresas con pequeña dedicación a tareas de investigación, tanto en términos absolutos como relativos, a empresas orientadas hacia estas actividades. Como este eje resume la vocación a realizar actividades de investigación, es razonable que la calidad de representación de las modalidades PCSÍ y PCNO alcance el 9%.

La justificación anterior queda reforzada cuando se considera que las empresas que han obtenido algún Proyecto de Desarrollo Tecnológico (PDSÍ) se ubican más abajo en el eje 2 que aquellas otras que no han obtenido o no han solicitado este tipo de ayuda a la investigación (PDNO). La modalidad PDSÍ tiene, sin embargo, coordenada sobre el eje 2 menos extrema que PCSÍ, lo que es razonable en la medida que las empresas que los desarrollan no deben estar tan volcadas hacia actividades científico-tecnológicas. Esto es así porque los Proyectos de Desarrollo están destinados a investigaciones de carácter menos básico o más próximas a la obtención de nuevos procesos y productos que los Concertados.

Las contribuciones relativas indican, en cualquier caso, que este eje tiende a representar bien las modalidades que caracterizan empresas con departamentos de I+D muy grandes (G6 y PID4) o cuya actividad está muy focalizada hacia la investigación (IDV6 y PP6), lo que indica que mide sobre todo una alta capacidad de investigación.

Atendiendo al primer plano factorial (gráfico 1), aún se puede mejorar la interpretación del segundo factor. Las modalidades que quedan bien discriminadas por este eje son, como se acaba de decir, las que indican alta intensidad innovadora o bien departamentos de investigación grandes. Sin embargo, ambos grupos de atributos quedan en lugares muy diferentes en el plano factorial ya que se ubican en zonas opuestas del primer eje. Por ello, se puede adelantar desde este momento que las empresas que se encuentran muy orientadas hacia la investigación y que suelen obtener Proyectos Concertados corresponden a dos tipos de empresa diferentes. El primer grupo corresponde a empresas

¹⁴ Si se observa el plano factorial formado por los ejes 1 y 3 se puede negar la existencia de que el efecto Guttman afecte a las modalidades de estas variables, ya que no se disponen en este plano como formas de tercer grado.

muy grandes con departamentos de I+D de gran magnitud que se encuentran muy próximas al sector de actividad de energía y agua (modalidad C2). El segundo conjunto está integrado por empresas pequeñas muy intensivas en I+D, que se dedican sobre todo a la prestación de servicios a otras empresas (C7), y la investigación es prácticamente su actividad principal. Por eso, a pesar de su pequeño tamaño, son propensas a obtener Proyectos Concertados.

Por el contrario, las empresas con departamentos de I+D medio-pequeños e intensidad de recursos destinados a investigación relativamente baja manifiestan una reducida vocación investigadora y están próximas a la modalidad PCNO.

Eje 3.

El tercer factor parece estar menos relacionado con la dimensión de la empresa que los anteriores, así el 46,8% de la inercia de este eje proviene de las variables que reflejan intensidad investigadora, aunque, como es lógico, PERIDC y GASTOIDC también contribuyen de forma significativa (juntas alcanzan el 24,4%). El sector de actividad (CNAE1) explica el 12,8% de la inercia recogida por este eje.

Las variables ventas, plantilla y antigüedad de la empresa muestran en el plano formado por los ejes 1 y 3 el efecto Guttman debido al factor tamaño, aunque en este caso las modalidades describen una función de tercer grado, tal y como cabe esperar teóricamente. El tercer eje factorial representa mal estas variables.

La observación del plano 1-3 (gráfico 2) da a entender que el eje 3 se relaciona con la magnitud del departamento de I+D de la empresa. Sin embargo, atendiendo a la importancia de las contribuciones absolutas refleja realmente la forma parabólica de la intensidad en I+D de las empresas, debida sobre todo a la inercia de las modalidades que indican menor esfuerzo innovador (IDV1 y PP1). Esta forma cuadrática se relaciona con el tamaño del departamento de I+D en la medida que las empresas tienden a tener intensidad de investigación alta o baja a causa de su tamaño, más que a su capacidad investigadora. Así, por ejemplo, las modalidades extremas PP1 y PP6 tienen coordenadas próximas en el eje 3, correspondiendo a departamentos de I+D de pequeño tamaño en términos de personal (PID1).

Por todo ello, este eje sintetiza la capacidad de investigación de la empresa en términos de magnitud de su departamento de I+D, pero explicando sobre todo que las empresas con departamentos de I+D pequeños no suelen desarrollar Proyectos Concertados. Es decir, si bien el segundo factor indica el grado en que las empresas se vuelcan a las tareas de investigación, existen empresas pequeñas que, aunque dedican una parte muy importante de sus recursos a I+D, no logran alcanzar la escala mínima necesaria para desarrollar Proyectos Concertados.

Gráfico 2: Disposición de las modalidades activas en el plano factorial formado por los ejes 1 y 3.

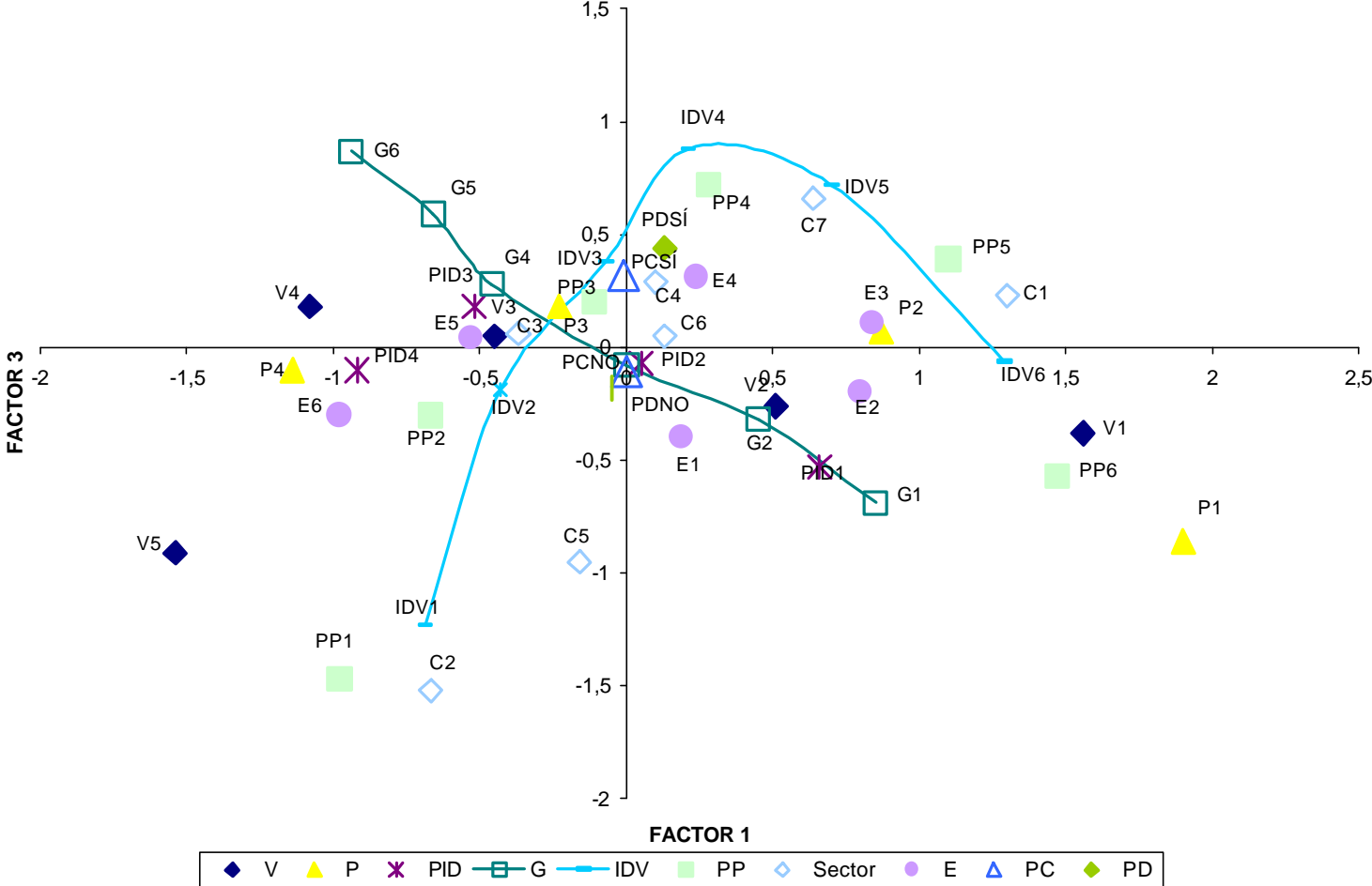
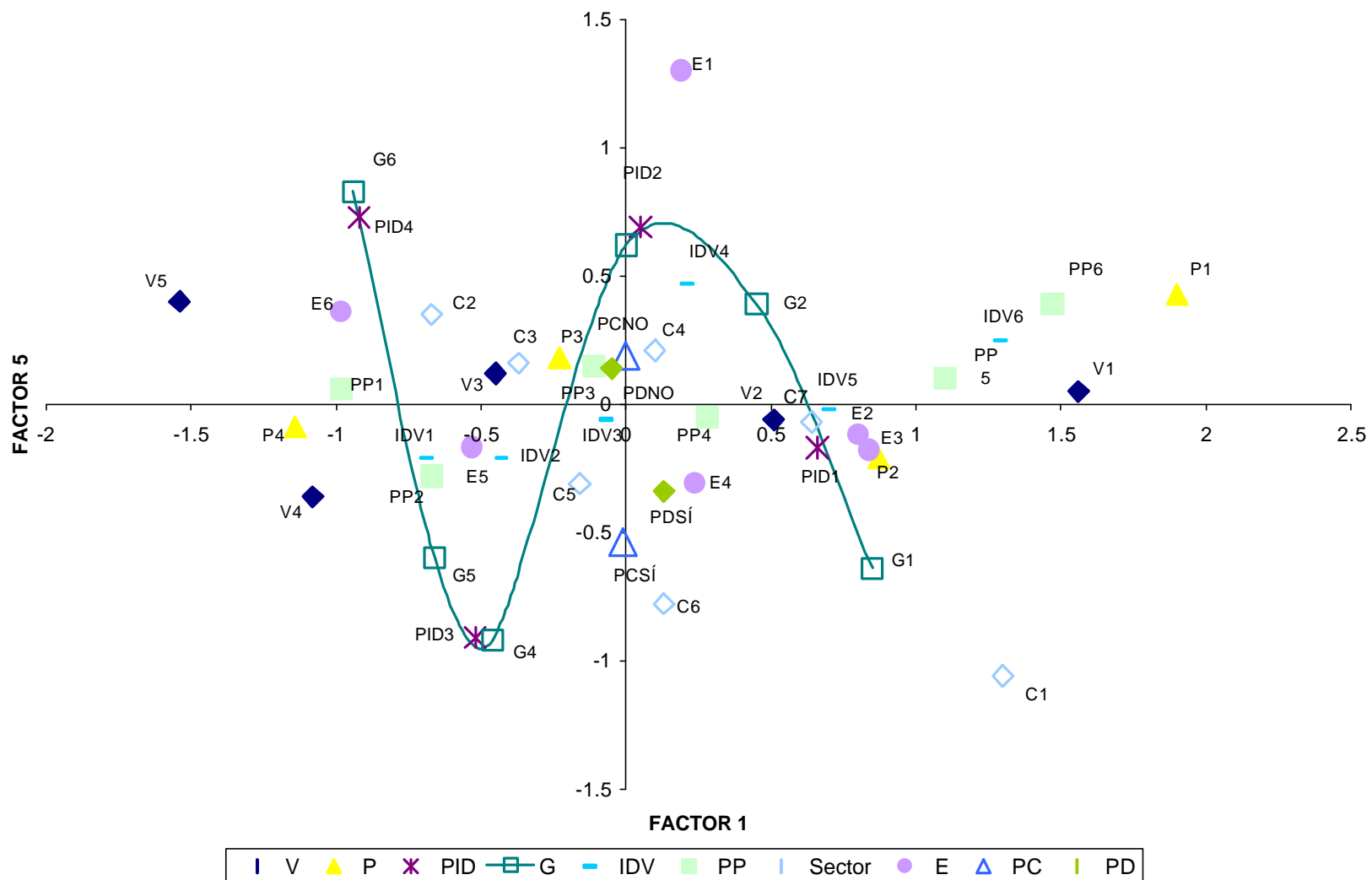


Gráfico 3: Disposición de las modalidades activas en el plano factorial formado por los ejes 1 y 5.



Según el informe de la OCDE sobre España de 1971: "Resulta difícil concebir una investigación fructífera, incluso en la investigación fundamental, sin el trabajo colectivo organizado de al menos 10 investigadores y el personal auxiliar apropiado"¹⁵. El tercer factor deja constancia precisamente de esa incapacidad para llevar a cabo proyectos de suficiente magnitud.

Siguiendo este razonamiento, las empresas que han obtenido Proyecto de Desarrollo, aunque estén menos involucradas en la investigación en sí misma -como indica el eje 2- también requieren una dimensión crítica en el área de investigación. De hecho, si sólo se atiende a la coordenada de las modalidades PCSÍ y PDSÍ en el tercer eje, es necesario un tamaño aún mayor.

El tamaño del departamento de I+D y la intensidad investigadora no manifiestan el efecto Guttman en el plano 1-3 (gráfico 2). Sin embargo, las categorías de IDV y PP se disponen de forma parabólica en el plano 2-3, poniendo en evidencia un nuevo efecto Guttman, que se sigue manifestando sobre el plano formado por los ejes 2 y 4.

Eje 4.

El cuarto factor es complicado de interpretar porque en él se unen los efectos Guttman de los factores tamaño de la empresa y vocación investigadora. Por eso, no se proporcionará un nombre a este factor y no será utilizado en las explicaciones. Sin embargo, como las contribuciones relativas de las modalidades PCSÍ y PCNO son del orden del cuatro por ciento, se incorporará a los análisis que pretenden obtener tipologías de empresas.

Eje 5.

A pesar de que su inercia es reducida, este eje es muy importante para los propósitos de este trabajo, ya que discrimina las empresas con proyecto incluso mejor que el eje 2. Este factor recoge peculiaridades de la nube de puntos que explican que algunas empresas tengan o no Proyectos Concertados con independencia de su mayor o menor orientación y capacidad de investigación, resumidas por los ejes 2 y 3, respectivamente.

Considerando el plano formado por los ejes 1 y 5 (gráfico 3), las modalidades de las variables ventas y plantilla no proporcionan información ya que no quedan bien discriminadas por el eje 5 y muestran el efecto Guttman de cuarto grado. Del mismo modo, la intensidad investigadora tiende a relacionarse linealmente con el eje 1, pero no con el 5.

Por el contrario, las contribuciones absolutas a este eje son elevadas en las variables que miden el tamaño del departamento de I+D (57% del total) junto a la antigüedad de la empresa y el sector de actividad. Además, se observa que las

¹⁵ Tomado de González Ayuso et al. (1993, p.109).

contribuciones relativas para las modalidades de estas variables son bastante elevadas, sobre todo teniendo en cuenta que la inercia del quinto eje es pequeña por definición.

En el plano factorial 1-5 se pone de manifiesto que las empresas más propensas a obtener Proyectos Concertados, y en menor medida de Desarrollo Tecnológico, cuentan con departamentos de I+D muy pequeños o medio grandes, mientras que aquellas empresas con grandes departamentos de I+D o con departamentos medianos son menos propensas a desarrollarlos. Este plano hace notar que las empresas con grandes departamentos de investigación, a pesar de estar orientadas hacia tareas de I+D y de alcanzar la masa crítica necesaria, no obtienen Proyectos Concertados. Puesto que no parece razonable que el CDTI les rechace -al menos por falta de capacidad técnica o para comercializar sus descubrimientos- probablemente se deba a que no presentan proyectos.

Por el contrario, las empresas con pequeños departamentos de I+D sí obtienen Proyectos Concertados a pesar de que el eje 3 indique que su capacidad para emprender proyectos es limitada. La razón en este caso puede ser que la mayor dificultad que tienen estas empresas para recabar recursos financieros, puesta de manifiesto en el capítulo 3, las lleva a esforzarse por conseguir las ayudas gestionadas por el CDTI. Además, estas empresas pueden tener conciencia de que la colaboración con centros públicos de investigación puede serles necesaria.

En resumen, la interpretación de los ejes es la siguiente:

- El primer factor refleja el tamaño de la empresa. Su importancia es tal que tiende a replicarse en los siguientes ejes de forma que las modalidades de las variables PLANTIC y VENTASC se ubican en los siguientes planos factoriales mostrando el efecto Guttman. La dimensión de la empresa no es importante, sin embargo, para diferenciar del resto a las empresas que obtienen Proyectos Concertados.

- El segundo eje recoge la vocación investigadora de la empresa, de manera que tanto las empresas grandes con departamentos de I+D potentes como las empresas cuya actividad es muy dependiente de factores científico-tecnológicos tienen el perfil adecuado para haber obtenido un Proyecto Concertado en el periodo 1988-91.

- El tercer eje completa la información del factor anterior, indicando sobre todo falta de capacidad debida a departamentos de I+D excesivamente pequeños.

- Por último, el quinto factor está explicando que las empresas reducidas y con pequeños departamentos de investigación son las que más se interesan por las ayudas del CDTI, mientras que aquellas que cuentan con amplios recursos tienen menos tendencia a entablar relaciones con el CDTI para realizar investigación de carácter precompetitivo.

Una vez establecido el significado de los ejes, es interesante analizar la ubicación de las modalidades de las variables ilustrativas. La variable IPD indica que las empresas

que no tienen ni Proyecto Concertado ni de Desarrollo Tecnológico son más pequeñas que el resto, mientras que las que sólo tienen Proyectos de Desarrollo Tecnológico (PD) son más grandes. Las empresas que tienen Proyecto Concertado (con o sin PD) no están bien representadas en este primer eje. El segundo factor indica que las empresas sin ningún proyecto son las menos volcadas en actividades de I+D, mientras que las que tienen Proyecto Concertado (tengan o no PD) son las más volcadas. Sobre el tercer eje factorial, las empresas sin proyecto se relacionan con las empresas con departamentos de I+D pequeños, mientras que las que tienen PD son las que cuentan con mayores departamentos de I+D. En el quinto eje, las empresas sin ningún proyecto son las menos orientadas a las relaciones con el CDTI, mientras que las que tienen Proyecto Concertado (con o sin PD) son las más orientadas.

En suma, parece que las empresas que reciben ayudas del CDTI para Proyectos de Desarrollo son diferentes de las que realizan Proyectos Concertados. Las primeras son grandes y con departamentos de I+D importantes, mientras que las últimas están volcadas a las actividades de I+D y, de acuerdo al quinto eje, requieren o están más interesadas por la actuación de promoción de la investigación realizada por el CDTI.

A pesar de que la variable que indica la autonomía en la que radica la empresa tiene 17 modalidades, en realidad las empresas que realizan I+D se concentran en unas pocas comunidades autónomas. Así, el 82% de las empresas que investigan se sitúan en Madrid, Cataluña, País Vasco o Valencia. La disposición de estas cuatro regiones en los ejes factoriales que se han identificado permite hacer algunos comentarios. Las empresas madrileñas tienden a ser grandes y a dedicar abundantes recursos a I+D, si bien su gran tamaño hace que no sean intensivas en actividades de investigación. Las empresas catalanas y vascas destacan por la intensidad con que dedican recursos a I+D, pero se diferencian por la ubicación de su baricentro en el eje 5, pues mientras el de las compañías situadas en Cataluña se ubica en la parte negativa, lo que indica su reducida propensión a obtener Proyectos Concertados, las empresas del País Vasco tienen una coordenada en el eje 5 positiva. Las empresas valencianas se caracterizan sobre todo por la pequeña dimensión tanto de la empresa en general como de su departamento de I+D.

Por último, los resultados por sectores de actividad (variable CN2), que se encuentran en el anexo, no van a ser comentados porque el elevado número de modalidades haría la exposición poco interesante. Además, no parece razonable extraer conclusiones de una clasificación sectorial de las empresas a dos dígitos cuando no se ha analizado la representatividad de la muestra de acuerdo a esta variable.

4.2.3. Clasificación de las empresas utilizando los ejes factoriales

Una vez establecido el significado de los ejes factoriales, es posible representar las empresas en el espacio formado por los cinco factores que se han interpretado. Sin embargo, dado el elevado número de empresas que componen la muestra, la única forma de obtener resultados sintéticos es agrupar a las empresas con características similares. Con este fin, se utiliza el análisis *cluster*¹⁶, que asigna un conjunto de individuos a un número de grupos, de forma que los individuos de un mismo colectivo sean similares mientras los de grupos diferentes sean distintos. En concreto, se pretende examinar si tienden a ubicarse en agrupamientos diferentes según desarrollen o no Proyectos Concertados y determinar los rasgos específicos de cada grupo.

El elevado número de empresas en la muestra no hace posible emplear un método jerárquico, por ello se utiliza un método no jerárquico con agregación alrededor de centros móviles. Los algoritmos concretos que se emplean en esta sección son el proporcionado por el programa SPADN y la instrucción *Quick-Cluster* del paquete estadístico SPSS-PC¹⁷. *Quick-Cluster* pertenece a los métodos no jerárquicos (conocidos como partitivos o de optimización), que tienen como objetivo realizar una sola partición de las empresas en un número predeterminado de grupos; de hecho, ambos son parecidos al algoritmo de K-medias. La principal diferencia respecto a los métodos jerárquicos es precisamente la necesidad de especificar a priori el número de grupos.

La asignación de individuos a los grupos se hace optimizando el criterio de selección basado en la distancia euclídea. En este sentido, son métodos de reasignación, ya que permiten que un individuo asignado a un grupo en una determinada etapa del proceso sea reasignado a otro posteriormente si esto mejora el criterio de selección. El proceso termina cuando no quedan individuos cuya reasignación permita mejorar el resultado.

Para realizar el análisis que sigue se empleó el programa SPADN y las variables que describen a las empresas son sus coordenadas en los cinco primeros ejes factoriales del análisis de correspondencias múltiples. Después de realizar intentos con diferente número de grupos, se decidió que una buena solución es obtener sólo cuatro agrupamientos porque es un número pequeño que ofrece resultados claros.

Como se aprecia en el cuadro 3, los grupos se han ordenado por la coordenada de su centro en el eje 1. Así, el primer grupo se caracteriza por incluir a las empresas más

¹⁶ Ver, por ejemplo, Lebart et al. (1977), Chatfield y Collins (1980) y Bisquerra (1989).

¹⁷ La razón para utilizar dos algoritmos distintos es que SPADN proporciona con facilidad los grupos tras el ACM, sin embargo es trabajoso introducir en él los ejes factoriales para análisis *cluster* posteriores.

Debe señalarse que el algoritmo *Quick-Cluster* es el proporcionado por las versiones de SPSS previas a la 5.0.

pequeñas, mientras que las más grandes están en el último. Los valores *test* (que se distribuyen como una normal estándar) son elevados, lo que indica que los conjuntos de empresas están bien discriminados por todos los ejes, con la única excepción del último grupo, que no aparece bien representado sobre el quinto eje.

Cuadro 3: Agregación de las empresas en cuatro grupos.

Grupos		Coordenadas					Valores <i>test</i>				
	Nº emp.	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	123	1,58	-1,31	-0,41	-1,02	0,28	18,73	-15,50	-4,87	-12,08	3,29
2	275	0,76	0,50	0,16	0,92	-0,34	14,78	9,76	3,07	17,99	-6,74
3	335	-0,41	0,76	-0,21	-0,60	0,21	-9,28	17,15	-4,71	-13,65	4,65
4	244	-1,08	-0,95	0,32	0,31	-0,03	-19,53	-17,0	5,70	5,53	-0,62

Para describir cada uno de los grupos se utiliza la frecuencia con que aparece cada una de las modalidades en relación a su frecuencia relativa muestral. En los cuadros del anexo A4.2.4. aparecen aquellas modalidades cuya representación en el grupo es significativamente distinta que en el conjunto de la muestra, es decir, aquellas características de la empresa para las que, con un nivel de confianza del 99%, se rechaza la hipótesis nula de que su frecuencia en el grupo es la misma que en el conjunto de la muestra¹⁸. En los esquemas 1 a 4 se ha sintetizado la información de dichos cuadros, apareciendo en letra normal la frecuencia en el grupo de aquellas características de las empresas que son demasiado escasas en un determinado grupo. Por el contrario se han sombreado las características demasiado abundantes. Las casillas que aparecen en blanco corresponden a aquellas características en las que se acepta la hipótesis nula de que la frecuencia del grupo y de la muestra coinciden. En el cuadro 4 se ha incluido la frecuencia muestral de todas las características para hacer más sencillas las comparaciones.

Cuadro 4: Frecuencia muestral de las variables activas.

		Modalidades						
Variables	Descripción	1	2	3	4	5	6	7
VENTASC	Ventas totales	16,38	29,58	32,45	15,25	6,35		
PLANTIC	Plantilla total	6,55	31,32	34,29	27,84			
PERIDC	Personal de I+D	36,34	25,79	23,95	13,92			
GASTOIDC	Gasto en I+D	18,32	22,42	21,08	14,84	10,95	12,38	
IDVC	Gasto I+D/ventas	20,88	18,53	24,87	15,46	9,21	11,05	
PIDPLAC	Person.I+D/Planti.	11,87	22,62	21,49	26,71	10,85	6,45	
EDADC	Antigüedad	8,50	11,46	15,05	22,21	29,17	13,61	
CNAE1	Ramas de actividad	3,58	2,86	25,08	40,73	15,15	5,94	6,65

Variables	Descripción	SI	NO
PC	¿Tiene PC?	26,10	73,90
PD	¿Tiene PD?	28,97	71,03

¹⁸ Este contraste (que ha sido realizado con el programa SPADN) se basa en la distribución de probabilidad hipergeométrica, es decir, se trata de extraer a las empresas sin reemplazo del conjunto de la muestra y analizar si la representación de una característica en el grupo procede de una extracción aleatoria o no. El *test* se distribuye como una normal estándar.

Primer grupo.

Como es de esperar por la coordenada del centro del grupo en el eje1, los atributos asociados a las empresas de tamaño más pequeño caracterizan a la mayoría de los integrantes de este grupo (86% con V1, 51% con P1). Su reducido tamaño hace que, aun teniendo departamentos de I+D muy reducidos, dediquen una porción muy elevada de sus recursos a investigar. En esta agrupación predominan las empresas más jóvenes (E2 y E3) relacionadas con la actividad de prestación de servicios a las empresas (código CNAE 84) y de construcción de equipos informáticos (33).

Esquema 1: Caracterización del primer grupo de empresas.

Variables	Descripción	Modalidades						
		1	2	3	4	5	6	7
VENTASC	Ventas totales	86,18	13,82	0,00	0,00	0,00		
PLANTIC	Plantilla total	51,22		8,94	0,00			
PERIDC	Personal de I+D	50,41			5,69			
GASTOICD	Gasto en I+D	30,89					4,88	
IDVC	Gasto I+D/ventas	4,07	0,81	4,07	8,13		68,29	
PIDPLAC	Person.I+D/Plantilla	0,00	0,81	1,63	8,13	40,65	48,78	
EDADC	Antigüedad		38,21	34,96	11,38	4,88	0,00	
CNAEI	Ramas de actividad			12,20				21,14

En este esquema y los posteriores se muestran las frecuencias en el grupo de los atributos que se caracterizan por su presencia (sombreado) o su ausencia (letra normal) al 99% de significación. Para más detalles véase el texto.

Por el contrario, se observa que no se incluye ninguna empresa con ventas superiores a 1000 millones de pesetas, ni prácticamente ninguna que supere los 50 empleados. Sólo el 16% de las empresas se establecieron más de 5 años antes y también son escasas las empresas con departamentos de I+D importantes.

Observando la coordenada del centro del conjunto no puede afirmarse que estas empresas tengan o no tendencia a recibir ayudas, ya que el segundo factor indica que están orientadas hacia la investigación, pero el tercero indica la falta de dimensión de los departamentos de I+D y el quinto no incluye a las empresas de este grupo entre las más propensas a obtener Proyecto Concertado. Como consecuencia, sólo el 27% de las empresas de este agrupamiento tiene Proyecto Concertado, un porcentaje similar al de la totalidad de la muestra.

Segundo grupo:

El segundo conjunto de empresas se peculiariza también por su reducida dimensión, tal y como manifiestan tanto la coordenada en el eje 1 de su centro como la alta frecuencia de los atributos P2 y V2 y la ausencia de empresas con ventas y plantilla de tamaño medio-grande. Son, sin embargo, empresas mayores que las que forman el primer agrupamiento y, además, están más establecidas, ya que en el 60% de los casos superan los

5 años de antigüedad. Son abundantes las empresas del sector de Agricultura, ganadería y pesca (modalidad C1) y las radicadas en Cataluña (44,7%), mientras que las empresas madrileñas y vascas quedan poco representadas en este grupo (12% y 15%, respectivamente). El departamento de I+D de estas empresas no cuenta en la mayor parte de los casos con más de 5 personas y su gasto suele superar los 5 millones de pesetas. No obstante, en relación al tamaño de la empresa estas cifras son elevadas.

Esquema 2: Caracterización del segundo grupo de empresas.

		Modalidades						
Variables	Descripción	1	2	3	4	5	6	7
VENTASC	Ventas totales		73,82	6,55	0,00	0,00		
PLANTIC	Plantilla total	0,36	89,82	9,82	0,00			
PERIDC	Personal de I+D	68,36		8,00	0,36			
GASTOICD	Gasto en I+D	41,09	31,27		8,36	2,55	0,36	
IDVC	Gasto I+D/ventas	11,27			23,64	16,36	4,36	
PIDPLAC	Person.I+D/Plantilla	1,45	9,09		51,27		0,73	
EDADC	Antigüedad			24,36	41,09	14,18	2,18	
CNAEI	Ramas de actividad	9,09		18,18				

Variable	Descripción	SI	NO
PC	¿Tiene PC?	31,64	68,36

Estas empresas tienden a emprender Proyectos Concertados (31,64%), aunque no pueda garantizarse que la mayoría de ellas lo tengan, es decir, sólo se puede afirmar que reúnen cualidades que las hacen más proclives a tener Proyecto Concertado que la media de las empresas de la muestra. La situación del centro del grupo indica que, aunque no son empresas volcadas en tareas de investigación, disponen en general de escala suficiente para llevar a cabo los proyectos y el eje 5 muestra fuerte tendencia a obtener Proyectos Concertados.

Tercer grupo:

El tercer grupo está integrado por empresas de tamaño mediano, con plantilla entre 50 y 250 trabajadores, y ventas comprendidas entre 1000 y 5000 millones de pesetas. La mayoría están establecidas desde hace más de 15 años (E5 y E6) en las ramas de Extracción y transformación de minerales no energéticos (C3) y Otras industrias manufactureras (C5), y en los sectores de Construcción de vehículos automóviles (36), Fabricación de productos metálicos (31) y Transformación de caucho y otras materias plásticas (48). Todo ello proporciona el perfil de empresas que comienzan a introducirse en actividades de I+D, aunque sin realizar un gran esfuerzo investigador, lo que se traduce en departamentos de I+D de dimensión reducida. La consecuencia directa es que casi el 88% de estas empresas no han llevado a cabo ningún Proyecto Concertado, representando el 40% del total de empresas sin proyecto de toda la muestra. Este resultado no es de extrañar, ya que el centro

del agrupamiento indica que estas compañías se interesan poco por las actividades de I+D, carecen de escala mínima para emprender proyectos de investigación precompetitiva y, además, son poco propensas a desarrollar Proyecto Concertado.

Por el contrario, las modalidades menos representadas corresponden a las empresas grandes y pequeñas con departamentos de I+D grandes o pequeños. Los sectores de actividad menos representados en este *cluster* son asimismo los relacionados directamente con tecnologías apoyadas explícitamente por el Plan Nacional, como son el electrónico-informático o el agro-ganadero.

Esquema 3: Caracterización del tercer grupo de empresas.

		Modalidades						
VARIABLES	Descripción	1	2	3	4	5	6	7
VENTASC	Ventas totales	0,00	18,81	72,84	8,36	0,00		
PLANTIC	Plantilla total	0,00	2,69	77,31	20,00			
PERIDC	Personal de I+D	28,96	42,69		0,30			
GASTOICD	Gasto en I+D	7,46	28,66	35,82	21,19	5,67	1,19	
IDVC	Gasto I+D/ventas	25,97	29,85	31,94	10,45	1,19	0,60	
PIDPLAC	Person.I+D/Plantilla	16,72	35,52	31,94	14,33	1,49	0,00	
EDADC	Antigüedad		7,16	5,97	15,82	44,18	17,61	
CNAEI	Ramas de actividad	0,90		30,15		19,10	2,69	2,39

Variable	Descripción	SI	NO
PC	¿Tiene PC?	12,24	87,76

Cuarto grupo:

Esta última agrupación está formada por las empresas de mayor dimensión, con grandes departamentos de investigación, radicadas sobre todo en Madrid (41,34%) desde hace bastante tiempo y relacionadas principalmente con el sector farmacéutico (el 25% de las empresas de este grupo pertenece al sector 25). Estas empresas tienden a recibir ayudas en forma de Proyectos Concertados, aunque ni mucho menos de una forma mayoritaria.

Considerando el centro del agrupamiento, las empresas del cuarto grupo dan importancia a las actividades de investigación y tienen dimensión suficiente para abordarlas. Sin embargo, la coordenada en el eje 5 no manifiesta una propensión elevada a obtener Proyectos Concertados.

Esquema 4: Caracterización del cuarto grupo de empresas.

		Modalidades						
Variables	Descripción	1	2	3	4	5	6	7
VENTASC	Ventas totales	0,00	2,46	22,54	49,59	25,41		
PLANTIC	Plantilla total	0,00	0,41	15,57	84,02			
PERIDC	Personal de I+D	3,28	6,15	38,52	52,05			
GASTOIDC	Gasto en I+D	1,23	1,64	6,56		29,92	45,08	
IDVC	Gasto I+D/ventas	33,20					4,10	
PIDPLAC	Person.I+D/Plantilla	22,95	31,15	13,93		6,15	0,41	
EDADC	Antigüedad		6,15	6,97	15,16	37,70	27,87	
CNAEI	Ramas de actividad	0,00		32,38				

Variable	Descripción	SI	NO
PC	¿Tiene PC?	38,52	61,48

En conclusión, la clasificación de las empresas según los cinco ejes factoriales permite obtener 4 grupos diferenciados, que proporcionan una visión general de las empresas que realizan I+D en España. Así, frente a las empresas de gran tamaño capacitadas para investigar existen empresas de tamaño medio poco interesadas y, en consecuencia, poco preparadas para desarrollar nuevos productos y procesos. Por otro lado, las empresas pequeñas que realizan I+D suelen estar orientadas hacia actividades científico-tecnológicas. Para ellas, el problema puede ser la falta de dimensión mínima.

4.2.4. Clasificación de las empresas atendiendo a su dimensión y propensión a desarrollar Proyectos Concertados.

Aunque el análisis anterior proporciona una descripción general de las empresas que realizan I+D en España, no es capaz de distinguir claramente entre las empresas que disponen de Proyecto Concertado y aquellas que investigan sin el apoyo de fondos del Plan Nacional de I+D. La razón es que, aunque los factores explican parcialmente que unas empresas tengan Proyecto Concertado y otras no, la capacidad discriminatoria de cada uno de estos factores es distinta. De hecho, ya se ha indicado que la calidad de representación de las categorías PCSÍ y PCNO es alta sobre todo en los ejes 2 y 5.

En este apartado se genera una nueva taxonomía de las empresas atendiendo a su tamaño y a un indicador de su propensión a haber emprendido al menos un Proyecto Concertado en el periodo 1988-1991. De este modo, se pretende estudiar las diferencias entre las empresas que han obtenido Proyectos Concertados y aquellas otras que no han recibido este tipo de financiación.

La propensión a tener un Proyecto Concertado se estima a través de un modelo Probit que relaciona la variable tener o no Proyecto Concertado con los ejes 2 a 5. También es posible incluir el primer eje factorial, pero como su capacidad para discriminar las dos modalidades de la variable I es casi nula no resulta significativa. De esta forma, el

indicador I^* es una combinación lineal de las coordenadas sobre los ejes factoriales más una perturbación aleatoria normalmente distribuida (u). En cualquier caso, sólo se observa la variable discreta I , por lo que el modelo es un Probit y se tiene que estimar por el método de la máxima verosimilitud.

$$I^* = \alpha + \sum_{i=2}^5 \beta_i E_i + u$$

$$I = 1 \text{ si } I^* > 0$$

$$I = 0 \text{ si } I^* \leq 0$$

Los resultados de la estimación (cuadro 5) muestran, como era de esperar, que el eje 5 es el que mejor discrimina si una empresa tiene o no Proyecto Concertado, seguido por el factor 2, mientras que los ejes 3 y 4 tienen menor importancia. Todos los parámetros son, sin embargo, altamente significativos y la capacidad predictiva del modelo es buena; más del 90% de las empresas sin proyecto y algo más de la mitad de las empresas con proyecto son adecuadamente explicadas por el indicador I^* estimado.

Cuadro 5: Resultados del modelo Probit.

Parámetro	Coefficiente	Estadístico-t	Significación
β_2	-1,0510	-9,92	0,0000
β_3	0,7265	6,52	0,0000
β_4	0,8342	7,10	0,0000
β_5	-1,6437	-11,07	0,0000
α	-0,9003	-15,78	0,0000
Máximo de la función de verosimilitud			-408,16
		Predicción	
		$I^* \geq 0$	$I^* < 0$
Casos con $I = 1$	255	134	121
Casos con $I = 0$	722	47	672

Para obtener la clasificación de las empresas se utilizó el algoritmo *Quick-Cluster* de SPSS-PC y las variables que describen a cada empresa son el eje 1 y el indicador I^* de propensión a desarrollar Proyectos Concertados¹⁹. La clasificación más adecuada a efectos descriptivos consiste en 7 grupos cuyos centros están representados en el gráfico 1. El centro del grupo da una idea muy clara de la situación de todos los puntos del *cluster*, pues prácticamente en el 100% de los casos el signo de la coordenada de la empresa en el eje I^* coincide con el signo del centro del grupo. En otras palabras, el eje I^* discrimina muy bien las empresas de los diferentes agrupamientos.

De la observación del gráfico se extrae que las empresas se diferencian tanto por su tamaño como por su disposición sobre el eje I^* . Los *cluster* A y B corresponden a empresas de tamaño grande, C, D y E a empresas pequeñas y los grupos F y G quedan

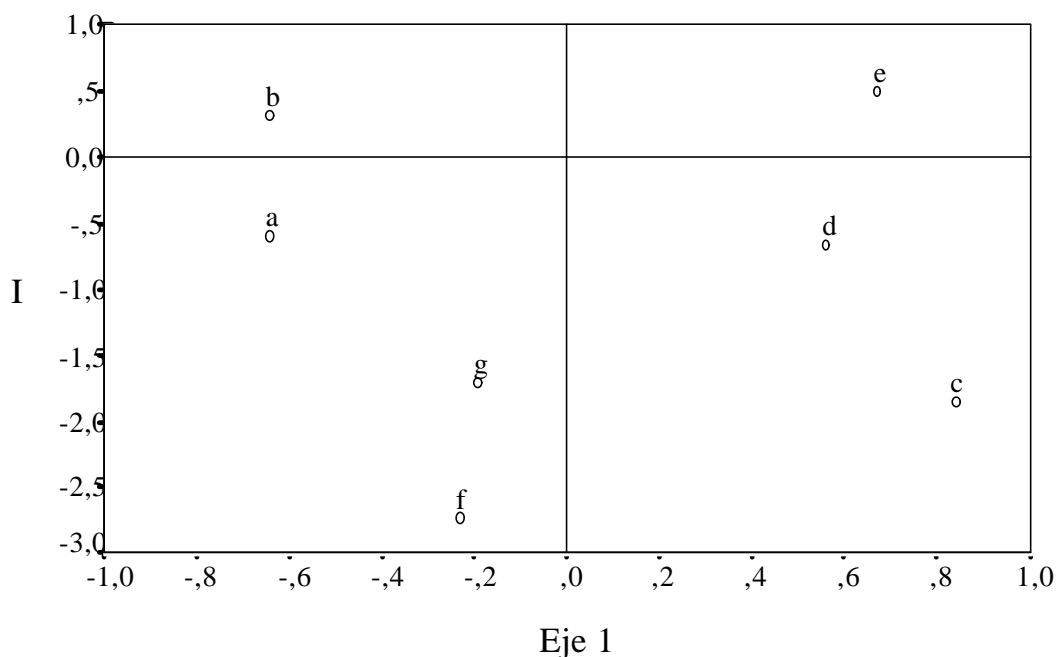
¹⁹ Debe señalarse que puesto que los ejes factoriales son ortogonales, también el indicador I^* y el eje 1 lo son entre sí.

próximos al tamaño medio. El efecto más interesante que se detecta es que los grupos F y G, integrados por las empresas de tamaño medio, quedan en la parte correspondiente a PCNO, mientras que los grupos de empresas tanto pequeñas como grandes se desagregan en empresas propensas y no propensas a tener Proyecto Concertado.

Cuadro 6: Coordenadas de los 7 grupos.

Grupos		Coordenadas	
		Eje1	I*
A	165	-0,64	-0,60
B	120	-0,64	0,32
C	50	0,84	-1,85
D	269	0,56	-0,66
E	75	0,67	0,50
F	75	-0,23	-2,72
G	223	-0,19	-1,71

Gráfico 1: Centros de los 7 grupos de empresas.



La descripción de los 7 grupos se encuentra en los cuadros 1 a 7 del anexo A4.2.5., pero a modo de síntesis se han incluido los esquemas 5 a 11.

Aunque los primeros dos grupos de empresas (A y B) no representan en conjunto más del 30% de la muestra, en ellos se concentra el 82% de las empresas de más de 250 empleados y el 93% de las que facturan más de 20.000 millones de pesetas al año. Además, en ambos colectivos los departamentos de I+D son grandes en términos de personal y de gasto. No existen diferencias en cuanto a la composición de ambos grupos por ramas de actividad, siendo la distribución bastante similar a la de la muestra, aunque la industria química tiene algo más de importancia. A pesar de estas similitudes, el grupo A se

caracteriza por la escasez de empresas con Proyecto Concertado, mientras que el 69% de las empresas del grupo B han desarrollado proyectos, muy por encima de la media muestral.

Las diferencias entre ambos grupos que pueden justificar este hecho son que las empresas del agrupamiento B tienden a ser mayores y a contar con equipos de investigación más grandes. De hecho, las coordenadas medias de cada agrupación sobre los ejes 2 a 5 indican que estas empresas tienden a estar más próximas en todos ellos a la modalidad PCSÍ, aunque destaca sobre todo el eje 3, lo que parece indicar que las empresas del grupo B superan mucho más la magnitud mínima necesaria en sus áreas tecnológicas para desarrollar proyectos y sobre todo que la intensidad en I+D de las empresas del grupo B es mayor.

Esquema 5: Caracterización del grupo A.

		Modalidades						
Variables	Descripción	1	2	3	4	5	6	7
VENTASC	Ventas totales	0,00	1,82	45,45	34,55	18,18		
PLANTIC	Plantilla total	0,00	0,00	24,85	75,15			
PERIDC	Personal de I+D	5,45	7,88	56,36	30,30			
GASTO IDC	Gasto en I+D	1,82	4,85	6,67	33,94	26,67	26,06	
IDVC	Gasto I+D/ventas	30,30				3,64	0,00	
PIDPLAC	Person.I+D/Plantilla	21,21	32,73			0,61	0,00	
EDADC	Antigüedad			4,85	7,88	48,48	24,85	
CNAE1	Ramas de actividad	0,00	7,27	34,55			1,82	

Variable	Descripción	SI	NO
PC	¿Tiene PC?	15,15	84,85

En este esquema y los posteriores se muestran las frecuencias en el grupo de los atributos que se caracterizan por su presencia (sombreado) o su ausencia (letra normal) al 99% de significación.

Esquema 6: Caracterización del grupo B.

		Modalidades						
Variables	Descripción	1	2	3	4	5	6	7
VENTASC	Ventas totales	0,00	1,67	18,33	56,67	23,33		
PLANTIC	Plantilla total	0,00	0,83	16,67	82,50			
PERIDC	Personal de I+D	0,83	0,00	42,50	56,67			
GASTO IDC	Gasto en I+D	1,67	0,00	0,83		28,33	50,00	
IDVC	Gasto I+D/ventas						3,33	
PIDPLAC	Person.I+D/Plantilla		32,50			4,17	0,83	
EDADC	Antigüedad	0,83		6,67			21,67	
CNAE1	Ramas de actividad	0,00					12,50	

Variables	Descripción	SI	NO
PC	¿Tiene PC?	69,17	30,83
PD	¿Tiene PD?	49,17	50,83

Los grupos C, D y E se componen de empresas de reducida dimensión con departamentos de I+D igualmente pequeños. Cada uno de estos grupos presenta un resultado diferente en la interacción entre empresa y CDTI. Así, el 96% de las empresas del grupo C no han desarrollado Proyectos Concertados, mientras que el 79% de las empresas del grupo E sí lo ha hecho. Las empresas del grupo D quedan entre ambos grupos pues el porcentaje de empresas que han desarrollado Proyecto Concertado ronda el 25%, es decir, que prácticamente coincide con el porcentaje de las empresas de la muestra que han accedido a este tipo de ayuda a la investigación. Observando más detalladamente la composición de estos tres grupos se pueden extraer los siguientes comentarios:

- Las empresas del grupo C son más pequeñas (el 70% no superan los 200 millones de facturación) que las del agrupamiento D (el 56% se sitúa entre 200 y 1000 millones). Las empresas que se caracterizan por tener proyectos se reparten casi por igual entre las modalidades V1 y V2. En otras palabras, la magnitud de las ventas no parece explicar que algunas empresas pequeñas tengan Proyecto Concertado y otras no.

- De igual forma, las empresas de los grupos D y E cuentan con plantillas parecidas, superando al de las empresas del agrupamiento C.

- Curiosamente, el departamento de I+D ocupa más personas y dispone de mayor presupuesto en las empresas sin proyecto que en las de los otros dos grupos.

- Las empresas del grupo E están establecidas desde antes que las del grupo D.

Esquema 7: Caracterización del grupo C.

		Modalidades						
VARIABLES	Descripción	1	2	3	4	5	6	7
VENTASC	Ventas totales	70,00		0,00	0,00			
PLANTIC	Plantilla total	44,00	54,00	2,00	0,00			
PERIDC	Personal de I+D		48,00	4,00	0,00			
GASTO IDC	Gasto en I+D		42,00	40,00	2,00	0,00	0,00	
IDVC	Gasto I+D/ventas	0,00	2,00				52,00	
PIDPLAC	Person.I+D/Plantilla	0,00	0,00			28,00	44,00	
EDADC	Antigüedad	50,00	24,00		6,00	4,00	0,00	
CNAEI	Ramas de actividad				66,00			

Variable	Descripción	SI	NO
PC	¿Tiene PC?	4,00	96,00

Esquema 8: Caracterización del grupo D.

		Modalidades						
VARIABLES	Descripción	1	2	3	4	5	6	7
VENTASC	Ventas totales	33,83	56,51	9,67	0,00	0,00		
PLANTIC	Plantilla total	12,27	72,49	15,24	0,00			
PERIDC	Personal de I+D	61,34		11,90	5,20			
GASTO IDC	Gasto en I+D	37,17	29,74	13,75	10,04	4,46	4,83	
IDVC	Gasto I+D/ventas	10,78	9,67			15,24	23,05	
PIDPLAC	Person.I+D/Plantilla	1,12	6,69		35,32	23,42	13,01	
EDADC	Antigüedad	2,23	17,84	29,74	34,20	13,75	2,23	
CNAEI	Ramas de actividad			16,36	47,96			11,15

Esquema 9: Caracterización del grupo E.

		Modalidades						
VARIABLES	Descripción	1	2	3	4	5	6	7
VENTASC	Ventas totales	45,33	50,67	4,00	0,00	0,00		
PLANTIC	Plantilla total		72,00	16,00	0,00			
PERIDC	Personal de I+D	62,67	6,67		1,33			
GASTO IDC	Gasto en I+D	52,00		5,33			0,00	
IDVC	Gasto I+D/ventas		8,00	13,33		32,00		
PIDPLAC	Person.I+D/Plantilla	1,33	8,00	2,67	57,33	25,33		
EDADC	Antigüedad	0,00		37,33	38,67	4,00	0,00	
CNAEI	Ramas de actividad	28,00		5,33	17,33		21,33	14,67

VARIABLES	Descripción	SI	NO
PC	¿Tiene PC?	78,67	21,33
PD	¿Tiene PD?	50,67	49,33

- Entre las empresas sin proyecto predominan las empresas de la rama de transformación del metal (66%) y especialmente del sector electrónico (excluyendo la fabricación de ordenadores). Las empresas del grupo D pertenecen igualmente a la industria de transformación del metal (47,9%), aunque también se encuentran representadas las actividades de servicios ligadas sobre todo a ingeniería e informática. En el grupo E predominan, sin embargo, las empresas del sector primario y las de prestación de servicios a las empresas.

Pasando a los dos últimos conjuntos (F y G), el rasgo más destacable de ambos es el predominio de la modalidad PCNO. De hecho, ninguna empresa del grupo F y sólo 20 de las 223 que componen el agrupamiento G han desarrollado Proyectos Concertados. La gran mayoría tampoco han llevado a cabo proyectos de desarrollo (88% en el grupo F y 77% en el G).

Esquema 10: Caracterización del grupo F.

		Modalidades						
Variables	Descripción	1	2	3	4	5	6	7
VENTASC	Ventas totales	0,00	17,33	80,00	2,67	0,00		
PLANTIC	Plantilla total	0,00	1,33	90,67	8,00			
PERIDC	Personal de I+D	13,33	84,00	2,67	0,00			
GASTOIDC	Gasto en I+D	0,00		69,33	2,67	0,00	0,00	
IDVC	Gasto I+D/ventas		45,33			0,00	0,00	
PIDPLAC	Person.I+D/Plantilla		37,33	46,67	5,33	0,00	0,00	
EDADC	Antigüedad	29,33		0,00	8,00			
CNAE1	Ramas de actividad						0,00	

Variables	Descripción	SI	NO
PC	¿Tiene PC?	0,00	100,00
PD	¿Tiene PD?	12,00	88,00

Esquema 11: Caracterización del grupo G.

Variables	Descripción	Modalidades						
		1	2	3	4	5	6	7
VENTASC	Ventas totales	0,00		58,74	9,87	1,79		
PLANTIC	Plantilla total	0,00	12,56	68,16	19,28			
PERIDC	Personal de I+D	44,39	39,91	14,35	1,35			
GASTOICD	Gasto en I+D	12,11	35,87	36,32		3,14	2,24	
IDVC	Gasto I+D/ventas	34,98	24,22			0,45	0,90	
PIDPLAC	Person.I+D/Plantilla	23,77	34,08		15,25	1,79	0,45	
EDADC	Antigüedad		5,38	6,73		40,36	20,18	
CNAE1	Ramas de actividad	0,45		31,39		25,11		1,79

Variables	Descripción	SI	NO
PC	¿Tiene PC?	8,97	91,03
PD	¿Tiene PD?	22,42	77,58

Ha de destacarse que estos agrupamientos no se ubican en posiciones centrales del eje 1 porque se incluyan en ellos tanto empresas grandes como pequeñas. La gran mayoría de las empresas del grupo F tienen entre 50 y 250 empleados, ventas en el intervalo de 1.000 a 5.000 millones y su departamento de I+D no supera las 10 personas ni los 10 millones anuales de gasto. A las empresas del grupo G les sucede algo parecido. Con este perfil, no es raro que no realicen proyectos financiados por el Plan Nacional, lo más probable es que ni siquiera su departamento de I+D realice actividades de investigación relevantes.

Este conjunto de empresas (grupos F y G) representa alrededor del 60% de las empresas con ventas entre 1.000 y 5.000 millones, plantilla de 50 a 250 empleados, gasto en I+D entre 5 y 10 millones de pesetas y entre 5 y 10 personas integradas en el departamento de I+D. Por todo esto, describir estos dos grupos proporciona el perfil del 39% de las empresas de la muestra que no han desarrollado Proyectos Concertados, pero probablemente suponga fijar la atención en un grupo de empresas que afirman realizar actividades de I+D, pero sin acceder a Proyectos Concertados. Entre ellas, destaca la práctica ausencia de empresas del sector agro-ganadero y de las dedicadas a la prestación de servicios. Por contra, el sector de otras industrias manufactureras está ampliamente representado en ambos grupos. Además, la industria de transformación del metal tiene bastante importancia en el grupo F y la industria química en el grupo G.

Anexo A4.2.1. Análisis de la representatividad de la muestra de empresas.

Los análisis realizados en este capítulo han requerido la creación de una muestra de empresas que realizan I+D. En este anexo se pretende evaluar la calidad de dicha muestra mediante su comparación con los resultados de la Estadística de Actividades de Investigación y Desarrollo Tecnológico del Instituto Nacional de Estadística (INE).

Aunque tanto la Central de Balances del Banco de España (CBBE) como el Ministerio de Industria y Energía, este último a través de la Encuesta sobre Estrategias Empresariales (ESEE)²⁰, proporcionan algunos indicadores de la actividad tecnológica de las empresas, sólo el INE envía a las empresas un cuestionario específicamente dirigido a recabar información sobre estas actividades.

Emplear los datos de la CBBE no parece procedente en la medida que esta fuente está sesgada hacia las empresas de mayor tamaño y porque la única información que proporciona sobre actividades tecnológicas son los gastos realizados en actividades de I+D y los ingresos y pagos por transferencia de tecnología desde y al extranjero²¹.

Por su parte, la ESEE proporciona información sobre la dedicación de recursos a I+D por sectores y tamaños, así como sobre los resultados de las actividades tecnológicas y la financiación pública de las actividades de I+D. El problema que se presenta para establecer una comparación entre los resultados de la ESEE y la muestra de empresas es que la primera sólo proporciona información sobre la media de gasto en I+D, gasto en I+D sobre ventas, empleo en I+D y alguna otra variable más en base a tamaño y sector de actividad y no relaciona todas las variables entre sí, como hace el INE. Además, utilizar las medias para la comparación supone, de hecho, una aproximación diferente a la que se ha seguido en esta investigación, en la que, para evitar los errores de medida, la información se ha agrupado en intervalos y se ha utilizado a nivel cualitativo.

Por eso, para comprobar si la muestra es representativa del conjunto de empresas que realizan I+D en España, se analizan las similitudes y diferencias entre la muestra obtenida y los resultados de la Encuesta de Actividades de I+D, que, además, es la encuesta oficial.

La comparación se hace en base a la estadística de 1989 porque era la última publicada en el momento de realizar esta comprobación. Aunque posteriormente han aparecido nuevas estadísticas de I+D, no se ha considerado de interés repetir la

²⁰ Los primeros datos recabados por la ESEE corresponden a 1990. En Segura (1992) se hace la primera explotación de dicha encuesta.

²¹ Yagié (1992, p.138) comenta estos problemas en un artículo en el que utiliza datos de la CBBE para describir la actividad tecnológica de la pequeña y mediana empresa industrial española.

verificación, ya que los datos de las empresas se refieren al periodo 1988-1991 y el año 1989 ocupa una posición intermedia en el intervalo.

El INE describe las empresas que realizan I+D a través de las siguientes variables, agrupadas en intervalos cuando son continuas:

- Tamaño, medido por el número de empleados en plantilla.
- Rama de actividad.
- Número de personas dedicadas a I+D en equivalencia a dedicación plena.
- Gasto intramuros en I+D.
- Investigadores en equivalencia a dedicación plena.
- Tipo de investigación realizada por la empresa, haciendo referencia a si es de carácter fundamental, aplicado, de desarrollo tecnológico o alguna combinación de ellas.

El INE proporciona las tablas de contingencia de cada una de las variables anteriores con todas las demás²², lo que hace posible construir una tabla de Burt, que es simplemente la unión de todas estas subtablas. Esta tabla de Burt va a constituir la información con la que se compara la muestra de empresas.

La muestra que se utiliza en esta sección contiene datos para cada empresa, por lo que ha sido posible agregar, siguiendo los criterios establecidos por el INE, aquellas variables de la muestra que resultan similares a las de la estadística de I+D, obteniéndose una tabla de Burt con la misma estructura. Las diferencias más importantes son que en lugar de personal de I+D en dedicación plena se utiliza el personal total que la empresa dedica a estas actividades, y que, mientras el INE proporciona el gasto en I+D intramuros, en la muestra se dispone del gasto en I+D total. En ambos casos, la muestra contiene medidas más amplias que la estadística del INE.

No obstante, se ha prescindido de algunas variables proporcionadas por el INE a causa de que no tienen paralelo en la muestra de empresas. Se trata del tipo de investigación y de la disciplina científica, aunque, en este último caso, la inmensa mayoría de las compañías se encuadran en el campo de ingeniería y tecnología.

Posteriormente, se refundieron las categorías que tenían poco peso, en concreto, se agruparon las empresas con más de 100 personas en dedicación plena en el departamento de I+D, las categorías que aglutinaban empresas con gasto en I+D anual entre 150 y 250 millones y las ramas de actividad de Construcción; Comercio restaurantes y hostelería; Transporte y comunicaciones; y Energía y agua se englobaron en la modalidad "varios".

²² La estadística también incluye el porcentaje de investigadores en dedicación plena sobre el total de personal de la empresa. Sin embargo, esta variable ha sido descartada porque no es posible introducirla en el análisis simultáneamente a los datos sobre personal de I+D e investigadores en dedicación plena.

En el apéndice 1 se exponen las definiciones de cada una de las categorías utilizadas. En el apéndice 2 aparecen las tablas de Burt de la muestra de empresas y del INE.

A4.2.1.1. Análisis de homogeneidad de las muestras.

La comparación más sencilla que se puede hacer entre ambas muestras consiste en considerar el porcentaje de empresas que se ubican en cada una de las categorías de las cuatro variables consideradas, tal y como se representa en los gráficos 1 a 4.

En el gráfico 1, se observa que las mayores divergencias en cuanto al tamaño se encuentran en las empresas que cuentan con más de 1000 empleados (P7) y en aquellos que dan trabajo a entre 25 y 49 personas (P2). Las primeras por su abundancia en la muestra y las segundas por su escasa presencia respecto a la encuesta del INE.

Gráfico 1: Frecuencia relativa de las categorías de la variable tamaño.

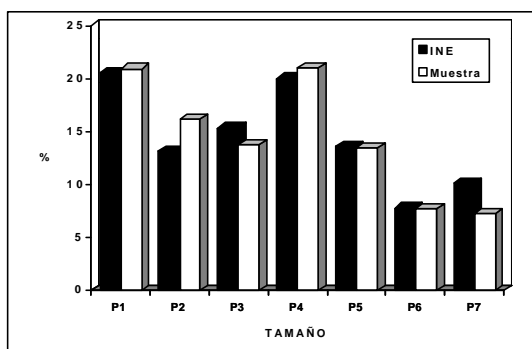
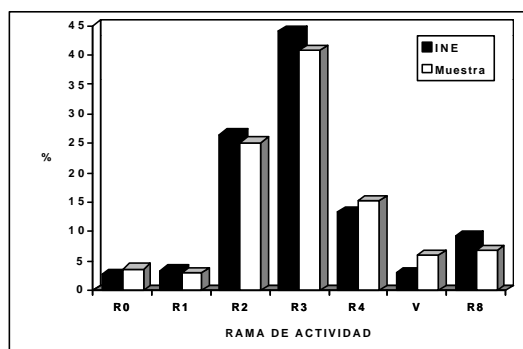


Gráfico 2: Frecuencia relativa de las ramas de actividad.



En el gráfico 2 se pone de manifiesto que existen diferencias, si bien no importantes, en el porcentaje que representa cada rama de actividad en ambas fuentes de información. Así, las ramas 1, 2, 3 y 8 tienen poco peso en la muestra, mientras sucede lo contrario con las ramas de actividad 0 y 4, así como la integrada por los sectores 5, 6, 7 y 9.

Gráfico 3: Frecuencia relativa de las categorías de la variable personal de I+D.

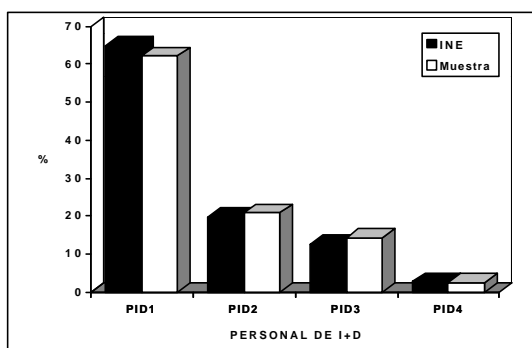
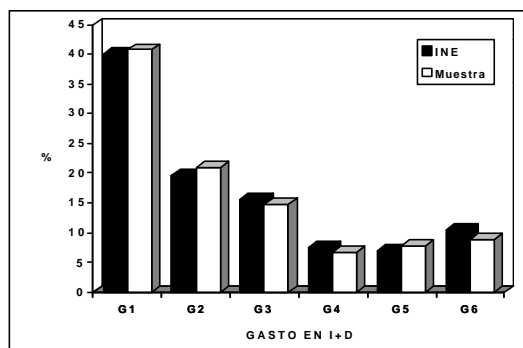


Gráfico 4: Frecuencia relativa de las categorías de la variable gasto en I+D.



Las diferencias en la magnitud del personal de I+D no son amplias, pero queda constancia de que la categoría menos de 10 empleados en el departamento de I+D (PID1) está infravalorada, mientras las demás están sobrevaloradas. Este resultado no es sorprendente porque en la muestra se dispone de información sobre el personal de I+D total,

mientras que el INE proporciona el personal equivalente a jornada completa. Por último, el gráfico 4 exhibe la gran similitud entre ambas muestras en lo que se refiere a la variable gasto en I+D, a pesar de la diferente definición empleada.

Aunque estos gráficos indican que la muestra se asemeja bastante a la encuesta de actividades de I+D, estos resultados deberían someterse a una prueba estadística. Para ello, se ha utilizado un contraste de homogeneidad²³, cuya hipótesis nula es que las extracciones de cada carácter en ambas muestras provienen de la misma población. La proporción de elementos (p) con una característica determinada en la población es:

$$p = \frac{a_1 + a_2}{n_1 + n_2} \quad (1.)$$

El número de empresas con ese atributo en la encuesta del INE y en la base de datos es a_1 y a_2 , respectivamente. El número de empresas total de ambas muestras es n_1 y n_2 .

Bajo la hipótesis nula, el número de elementos que teóricamente poseen un atributo en cada muestra es pn_i $i=1,2$, y los que no lo poseen $(1-p)n_i$. El objetivo es probar si la diferencia entre las frecuencias observadas y las esperadas es debida al azar o a otras causas. Para ello, se define el siguiente estadístico, que sigue aproximadamente una distribución ji-cuadrado con un grado de libertad si no existe diferencia significativa entre las frecuencias observadas y esperadas.

$$\chi^2_1 = \frac{1}{p(1-p)} \sum_{i=1}^2 \frac{(a_i - n_i p)^2}{n_i} \quad (2.)$$

Los resultados de someter a este *test* las frecuencias observadas de las categorías de las variables plantilla, rama de actividad, personal de I+D y gasto en I+D indican que, a un nivel de significación del 90%, sólo es posible rechazar la hipótesis nula en los siguientes cuatro casos. La muestra infravalora las empresas entre 25 y 49 trabajadores (P2) y aquellas con más de 1000 empleados (P7) -tal y como indicaba el gráfico 1-; además, la rama de actividad de servicios (R8)²⁴ tiene menos peso que en la estadística del INE, y más en la categoría que se ha denominado "varios" (V). En el resto de categorías, no fue posible rechazar que el número de empresas extraídas con esa característica proviniese de la misma población.

Puesto que no sólo se dispone de información sobre las frecuencias de las cuatro variables mencionadas, sino que se conocen las tablas de contingencia de todos los pares de

²³ Ver Quesada et al. (1982, pp. 381-382).

²⁴ El hecho de que la rama R8, que incluye los servicios prestados a las empresas, esté poco representada en la muestra es un problema, ya que la propia estadística del INE infravalora el número de este tipo de empresas, como han puesto de manifiesto Quintanilla et al. (1993).

variables, es posible extender la prueba a todas los atributos que surgen de cruzar las modalidades dos a dos (por ejemplo, uno de esos atributos podría ser tener más de 1000 empleados y ubicarse en la rama de energía y agua). Los resultados se han resumido en el cuadro 1, donde se han señalado aquellas combinaciones de categorías para las que se rechaza (al nivel de confianza del 10%) la hipótesis nula porque la muestra sobreestima el número de empresas con ese atributo o porque ese tipo de empresas sean más escasas en la muestra que en la encuesta de INE.

Cuadro 1: Resultados de la prueba de homogeneidad entre las muestras.

	R0	R1	R2	R3	R4	V	R8	PID1	PID2	PID3	PD45	G1	G2	G3	G4	G5	G6
P1		+			+		-					-		-			
P2					+	+		-		-		-	+				-
P3																	
P4												-					
P5																	
P6						+		-									
P7				-				-	-								-
R0																	
R1																	
R2																	
R3								-									
R4								-				+					
V								+	+			+		+	+		
R8								-									
PID1																	-
PID2												+	+				-
PID3														+			-
PD45																	-

- La muestra de empresas subrepresenta las empresas con esta modalidad.
- + La muestra de empresas sobrepresenta las empresas con esta modalidad.

Las diferencias destacables son:

- La base de datos no representa fielmente a las empresas de gran tamaño -más de 1000 empleados. Así, existen pocas empresas de la rama 3 con más de 1000 trabajadores y son menos frecuentes de lo esperado las sociedades con gasto en I+D superior a 250 millones anuales y más de 100 personas en el departamento de investigación.

- También se rechaza la hipótesis nula cuando se toma en consideración el colectivo de empresas de tamaño reducido (P1, P2, P4) que dedican menos de 25 millones a gasto en I+D, lo que puede tener efectos sobre los resultados del análisis de la base de datos. Igualmente, sobreestima el peso de las empresas con "gasto en I+D entre 50 y 100 millones y plantilla menor de 25 trabajadores".

- La base de datos subestima el número de empresas de la rama de actividad de instituciones financieras, seguros y servicios (R8). En consecuencia, son escasas las sociedades de pequeño tamaño en esta rama, ya que en esta actividad predominan las

empresas con menos de 25 trabajadores en plantilla y con personal de I+D en dedicación plena inferior a 10 personas.

- En la muestra escasean las empresas con el atributo "personal de I+D menor que 10 y plantilla entre 25 y 99 empleados". Esto puede justificarse por la diferente definición de personal de I+D en ambas fuentes. De la misma manera puede explicarse que haya pocas empresas en la categoría P1 en las ramas 3 y 4.

A4.2.1.2. Comparación de las tablas de contingencia.

La comparación entre ambas muestras también puede realizarse mediante la reducción de la dimensión del espacio formado por cada nube de empresas y la comparación de sus perfiles mediante los factores obtenidos.

La información de partida son las dos tablas de Burt empleadas en el apartado anterior, que están formadas por el conjunto de tablas de contingencia entre las variables a analizar tomadas dos a dos, es decir, indica el número de empresas que se encuentran en una categoría formada por el cruce de dos modalidades.

Inicialmente, se realizaron sendos análisis factoriales de correspondencias (AFC) sobre ambas tablas. Tanto la inercia total de la nube como los valores propios de los primeros factores son de magnitud similar en ambas bases de datos, lo que es un primer indicador de que proporcionan información comparable, ya que las relaciones de dependencia entre las variables son muy parecidas en ambas tablas y, además, los primeros factores descomponen porciones casi iguales de la inercia de la nube.

Los factores que se obtienen al realizar un análisis de correspondencias sobre la tabla de Burt son los mismos que se obtendrían si se realizase un análisis de correspondencias múltiples sobre la información desagregada²⁵, es decir, si se contase con los datos individuales de las empresas encuestadas por el INE. Por eso, es tan importante la semejanza entre los factores obtenidos en ambos análisis.

La similitud de resultados ha llevado a realizar un único análisis sobre la suma de las tablas, ya que, como la estructura común a ambas muestras es muy importante, los factores del análisis de correspondencias de la tabla suma recogen precisamente esa estructura común. Para tener una idea de la importancia de las diferencias que existen entre ambas muestras se incluyen como columnas suplementarias las tablas de Burt de ambas muestras.

En el cuadro 2 aparecen los valores propios (λ) de este análisis. A pesar de que aparentemente los primeros factores recogen una porción pequeña de la inercia total, realmente no es así. Realizar un AFC sobre la tabla suma es equivalente a realizar un

²⁵ Ver Escofier y Pagès (1992, p. 88-89).

análisis de correspondencias múltiples sobre la unión de las empresas que componen la muestra y las encuestadas por el INE, es decir, se obtienen los mismos factores, si bien las tasas de inercia se elevan al cuadrado. Por eso, para obtener medidas más realistas de la importancia de los factores, se ha aplicado la corrección propuesta por Benzecri (1979) a la raíz cuadrada de los valores propios obtenidos. Como resultado, más del 90% de la inercia puede ser recogida por los dos primeros factores, lo que justifica que el estudio de la similitud entre ambos conjuntos de empresas se ciña al primer plano factorial.

Cuadro 2: Inercias de los factores del AFC de la encuesta de actividades de I+D de 1989.

	Valor propio (λ)	Porcentaje de inercia	Porcentaje acumulado	λ^2	λ^2 corregido	Porcentaje	Porcentaje acumulado
1	0,3641	23,42	23,92	0,6034	0,1665	73,98	73,98
2	0,1895	12,45	36,37	0,4353	0,0457	20,34	94,33
3	0,1007	6,62	42,99	0,3173	0,0060	2,68	97,02
4	0,0960	6,31	49,30	0,3098	0,0047	2,12	99,14
5	0,0751	4,93	54,23	0,2740	0,0007	0,34	99,48
6	0,0737	4,84	59,08	0,2714	0,0006	0,27	99,75
7	0,0709	4,66	63,73	0,2662	0,0003	0,15	99,91
8	0,0685	4,50	68,23	0,2617	0,0001	0,08	99,99
9	0,0639	4,20	72,43	0,2527	0,0000	0,00	1
10	0,0613	4,03	76,46	0,2475			
Σ	1,5221						

El gráfico 5 representa todas las modalidades de la tabla suma, así como las modalidades suplementarias de ambos análisis. De la observación de este gráfico junto al cuadro 3, que contiene las coordenadas y contribuciones absolutas y relativas de las modalidades activas, se extraen los comentarios que se presentan a continuación.

Las contribuciones absolutas a la formación del primer factor provienen sobre todo de las variables gasto en I+D y personal dedicado a investigación, aunque la variable plantilla de la empresa tiene también una contribución bastante alta. Las contribuciones relativas de las modalidades de la variable personal de I+D son muy elevadas, y también lo son las categorías extremas de las variables plantilla y gasto en I+D. Todo ello, junto a que las modalidades de estas tres variables se ordenan de mayor a menor a lo largo del eje 1, puede interpretarse como que la fuente más importante de variabilidad en los dos conjuntos de empresas es el tamaño. El primer factor mide principalmente la magnitud del departamento de I+D de la empresa, pero, como la cantidad de recursos humanos y financieros que una empresa puede dedicar a tareas de investigación está muy relacionada con su tamaño en general, también recoge la dimensión empresarial.

El primer factor explica una porción muy importante de la inercia de la nube, por eso no es de extrañar que este factor de escala origine un efecto Guttman, como se observa en ambos planos factoriales, ya que las modalidades que se relacionan con el tamaño se ubican en forma parabólica. Además, las contribuciones relativas son elevadas tanto en las modalidades extremas como en las medias. Destacan por su magnitud P1, P4, P5 y P7; G1,

G3, G4 y G7. Por todo ello, puede decirse que el eje 2 es un factor que opone las modalidades extremas a las medias. La escasez de variables no permite asignar un significado al segundo eje. Sin embargo, este análisis avanza que, aunque las empresas grandes y pequeñas sean opuestas en el eje que mide dimensión, tienen características que las aproximan. Estos atributos son los que está recogiendo el segundo factor.

Cuadro 3 : Análisis de correspondencias simples de la tabla de Burt. Modalidades activas.

Identificador	Descripción	P.rel	Dist	Coordenadas		Contrib. absolutas		Contrib. relativas	
				1	2	1	2	1	2
Plantilla				Con.acum=		27,0	19,6		
P1	Menos de 25 empleados	5,17	1,24	0,64	0,34	5,9	3,2	0,33	0,10
P2	Entre 25 y 50 empleados	3,60	1,62	0,50	0,19	2,4	0,7	0,15	0,02
P3	Entre 50 y 99 empleados	3,61	1,53	0,26	-0,02	0,7	0,0	0,05	0,00
P4	Entre 100 y 249 empl.	5,10	1,02	0,04	-0,32	0,0	2,8	0,00	0,10
P5	Entre 250 y 499 empl.	3,38	1,77	-0,44	-0,52	1,8	4,7	0,11	0,15
P6	Entre 500 y 999 empl.	1,93	3,39	-0,85	-0,38	3,9	1,4	0,22	0,04
P7	1000 empleados o más	2,21	3,76	-1,42	0,76	12,3	6,8	0,54	0,15
Sector				Con.acum=		3,6	2,3		
R0	Sector primario	0,77	8,29	0,79	0,35	1,3	0,5	0,08	0,01
R1	Energía y agua	0,77	8,45	-0,83	0,22	1,5	0,2	0,08	0,01
R2	M. no energética. Química	6,40	0,75	-0,13	-0,13	0,3	0,6	0,02	0,02
R3	Transformación del metal	10,54	0,35	0,03	0,02	0,0	0,0	0,00	0,00
R4	Otras manufacturas	3,47	1,60	0,19	-0,10	0,3	0,2	0,02	0,01
R579	Varios	1,05	5,83	-0,24	0,35	0,2	0,7	0,01	0,02
R8	Inst. financ. y servicios	2,02	2,97	0,05	0,10	0,0	0,1	0,00	0,00
Personal I+D				Con.acum=		34,2	39,2		
PID1	Menos de 10	15,93	0,28	0,48	0,16	10,2	2,2	0,84	0,09
PID2	Entre 10 y 24	5,07	1,37	-0,44	-0,92	2,7	22,6	0,14	0,61
PID3	Entre 25 y 99	3,34	2,56	-1,24	0,24	14,1	1,0	0,60	0,02
PID45	Al menos 100	0,66	12,80	-2,00	1,96	7,2	13,4	0,31	0,30
Gasto en I+D				Con.acum=		35,1	38,8		
G1	Menos de 25 millones	10,08	0,59	0,59	0,30	9,8	4,7	0,60	0,15
G2	Entre 25 y 50 millones	5,05	1,07	0,33	-0,08	1,5	0,2	0,10	0,01
G3	Entre 50 y 100 millones	3,81	1,68	-0,24	-0,82	0,6	13,5	0,04	0,40
G4	Entre 100 y 150 millones	1,78	3,75	-0,68	-0,80	2,3	6,1	0,12	0,17
G5+6	Entre 150 y 250 millones	1,82	3,72	-0,86	-0,29	3,7	0,8	0,20	0,02
G7	Al menos 250 millones	2,46	4,02	-1,59	1,02	17,2	13,5	0,63	0,26

Identificador: Rótulo de cada modalidad.

Descripción: Recordatorio del significado de las diversas modalidades.

P.rel: Peso relativo. Número de empresas con esa modalidad respecto al producto de empresas por variables.

Dist: Cuadrado de la distancia de la modalidad al centro de gravedad.

Coordenadas: Ubicación de la modalidad en el espacio formado por los 5 primeros ejes factoriales.

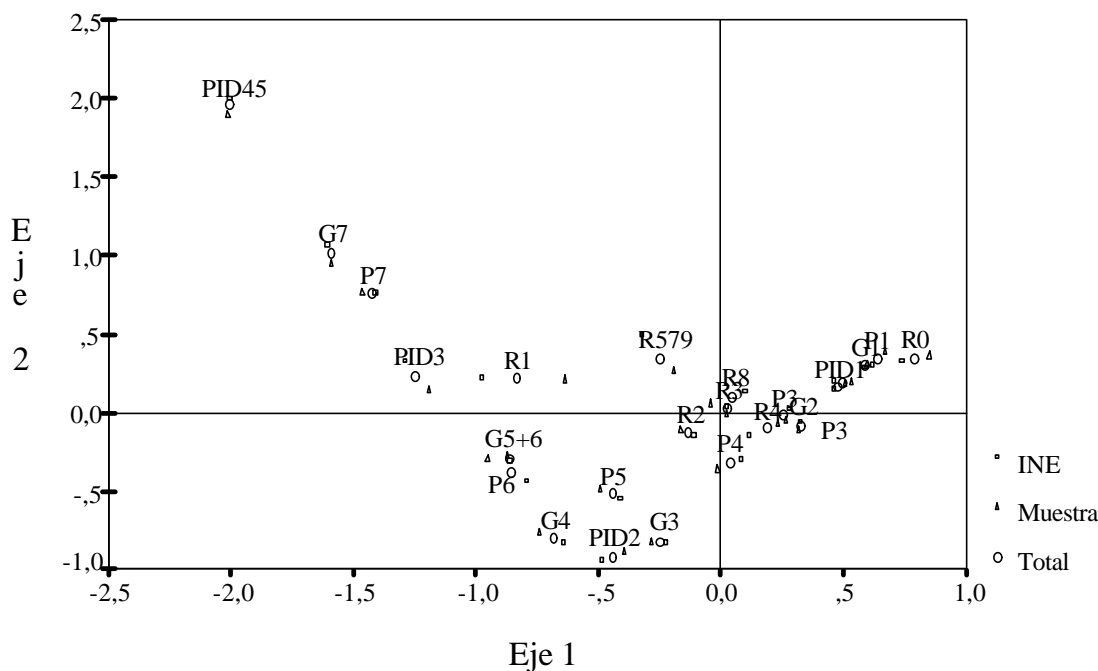
Contribuciones absolutas: Porcentaje de la inercia del factor explicada por cada modalidad.

Contribuciones relativas: Calidad de representación de la modalidad sobre cada eje (en porcentaje).

Las modalidades de la variable rama de actividad tienen contribuciones absolutas muy reducidas en los primeros dos factores. Aun así, las empresas más pequeñas son las de la rama de agricultura, energía y pesca (R0), mientras que las de energía y agua se sitúan en la parte izquierda del primer eje. El resto de modalidades quedan próximas al origen.

Cuando se observa la representación de las variables suplementarias²⁶ en el gráfico 5, queda clara la cercanía de las modalidades de INE y muestra a las de la tabla suma, reforzando que el análisis de la suma recoge la estructura común de los datos y que las diferencias entre las dos tablas son reducidas. En el cuadro 4 aparecen las coordenadas de estas modalidades²⁷.

Gráfico 5: Representación de las modalidades activas e ilustrativas del AFC.



En definitiva, las modalidades se ubican en el primer plano factorial, de forma muy similar. Por eso, la muestra de empresas que se ha construido parece que puede considerarse representativa de las empresas españolas que realizan actividades de investigación y desarrollo tecnológico.

²⁶ Las modalidades de la encuesta del INE incluyen al final de sus rótulos la letra I, mientras que los de la muestra de empresas terminan en M. Las variables activas sólo tienen el rótulo que aparece en el cuadro 3.

²⁷ Cuando se realizó por separado el análisis sobre la tabla del INE, se añadieron dos variables suplementarias: el número de investigadores en dedicación plena y el tipo de investigación realizada. Estas variables ilustrativas añadidas a los datos INE refuerzan los resultados anteriores. El número de investigadores en dedicación plena está muy bien representado sobre el eje de tamaño. El tipo de investigación realizado indica que las empresas que realizan sólo investigación aplicada o de desarrollo tecnológico (T2 y T3) tienden a tener departamentos de investigación más reducidos que aquellas otras que realizan investigación aplicada y simultáneamente desarrollo tecnológico (T6) o las que cubren desde la investigación fundamental hasta el desarrollo tecnológico (T7). Las modalidades T1, T4 y T5 están mal representadas a causa de la debilidad de su efectivo, porque no es habitual realizar sólo investigación fundamental, investigación básica y aplicada, pero no desarrollo de nuevos productos y procesos, o investigación fundamental y desarrollo tecnológico sin hacer investigación aplicada.

Cuadro 4 : Análisis de correspondencias simples de la tabla de Burt. Modalidades suplementarias.

Identificador	Descripción	Muestra de empresas						Estadística de Actividades de I+D					
		P.rel.	Dist.	Coordenadas		Contribuciones relativas		P.rel.	Dist.	Coordenadas		Contribuciones relativas	
				1	2	1	2			1	2	1	2
P1	Menos de 25 empleados	2,20	1,28	0,67	0,39	0,35	0,12	2,97	1,24	0,62	0,31	0,31	0,08
P2	Entre 25 y 50 empleados	1,70	1,67	0,54	0,19	0,17	0,02	1,90	1,61	0,46	0,20	0,13	0,02
P3	Entre 50 y 99 empleados	1,45	1,54	0,24	-0,07	0,04	0,00	2,17	1,54	0,28	0,02	0,05	0,00
P4	Entre 100 y 249 empl.	2,21	1,04	-0,01	-0,36	0,00	0,13	2,89	1,02	0,09	-0,29	0,01	0,08
P5	Entre 250 y 499 empl.	1,41	1,80	-0,49	-0,49	0,13	0,13	1,96	1,76	-0,41	-0,54	0,09	0,16
P6	Entre 500 y 999 empl.	0,81	3,52	-0,95	-0,30	0,25	0,02	1,12	3,35	-0,79	-0,43	0,19	0,06
P7	1000 empleados o más	0,75	3,82	-1,46	0,76	0,56	0,15	1,46	3,77	-1,41	0,76	0,53	0,16
R0	Sector primario	0,38	8,35	0,85	0,36	0,09	0,02	0,39	8,29	0,74	0,33	0,07	0,01
R1	Energía y agua	0,30	8,20	-0,63	0,21	0,05	0,01	0,46	8,74	-0,97	0,22	0,11	0,01
R2	M. no energética. Química	2,64	0,76	-0,16	-0,12	0,03	0,02	3,75	0,75	-0,11	-0,14	0,02	0,03
R3	Transformación del metal	4,29	0,35	0,03	-0,02	0,00	0,00	6,24	0,35	0,03	0,04	0,00	0,01
R4	Otras manufacturas	1,60	1,61	0,27	-0,06	0,05	0,00	1,88	1,62	0,12	-0,14	0,01	0,01
V	Varios	0,63	5,81	-0,19	0,26	0,01	0,01	0,42	6,02	-0,32	0,50	0,02	0,04
R8	Inst. financ. y servicios	0,70	2,97	-0,04	0,05	0,00	0,00	1,32	3,00	0,10	0,13	0,00	0,01
PD1	Menos de 10	6,55	0,31	0,51	0,18	0,83	0,10	9,38	0,26	0,46	0,15	0,82	0,08
PD2	Entre 10 y 24	2,20	1,30	-0,39	-0,90	0,11	0,62	2,87	1,46	-0,48	-0,94	0,16	0,60
PD3	Entre 25 y 99	1,52	2,45	-1,19	0,13	0,58	0,01	1,82	2,72	-1,29	0,33	0,61	0,04
PD45	Al menos 100	0,27	12,55	-2,01	1,89	0,32	0,28	0,39	13,06	-2,00	2,01	0,31	0,31
G1	Menos de 25 millones	4,29	0,62	0,60	0,31	0,59	0,16	5,79	0,58	0,59	0,29	0,59	0,14
G2	Entre 25 y 50 millones	2,22	1,08	0,32	-0,11	0,10	0,01	2,83	1,08	0,33	-0,06	0,10	0,00
G3	Entre 50 y 100 millones	1,56	1,71	-0,28	-0,83	0,05	0,40	2,24	1,69	-0,22	-0,82	0,03	0,39
G4	Entre 100 y 150 millones	0,70	3,88	-0,74	-0,77	0,14	0,15	1,08	3,72	-0,64	-0,82	0,11	0,18
G5+6	Entre 150 y 250 millones	0,82	3,76	-0,87	-0,28	0,20	0,02	1,00	3,72	-0,86	-0,31	0,20	0,03
G7	Al menos 250 millones	0,94	4,00	-1,59	0,95	0,63	0,22	1,52	4,08	-1,60	1,07	0,63	0,28

Identificador: Rótulo de cada modalidad. Descripción: Recordatorio del significado de las diversas modalidades.

P.rel: Peso relativo. Número de empresas con esa modalidad respecto al producto de empresas por variables.

Dist: Cuadrado de la distancia de la modalidad al centro de gravedad.

Coordenadas: Ubicación de la modalidad en el espacio formado por los 5 primeros ejes factoriales

Contribuciones relativas: Calidad de representación de la modalidad sobre cada eje.

Para tener más seguridad sobre la semejanza entre ambas muestras, se ha realizado un contraste que tiene como hipótesis nula que la inercia entre ambas carece de importancia respecto a la inercia de cada una de las nubes. Para eso, se utiliza el principio de Huygens²⁸, según el cual la inercia total de una nube compuesta de varias subnubes se puede descomponer en la suma de las inercias de cada subnube respecto a su baricentro (inercia intra) más la inercia de sus baricentros (inercia inter). El análisis de la tabla suma proporciona precisamente la suma de las inercias intra. Para obtener la inercia total de la nube compuesta por las dos subnubes se contruyó la tabla que yuxtapone (en columnas) las tablas de Burt de las dos muestras consideradas^{29,30}.

Cuadro 5.

	Número de filas(n)	Número de columnas(p)	Efectivo total(k)	Inercia de la tabla	Grados de libertad
Tabla suma	24	24	37088	1,5221	1081
Tabla yuxtapuesta	24	48	37088	1,5353	529

El producto del efectivo total por la inercia de cada nube de filas se distribuye como una ji-cuadrado con $(n-1)(p-1)$ grados de libertad. Por eso, bajo la hipótesis nula de que la inercia inter nubes no es relevante, la diferencia entre el efectivo total por la inercia de la tabla yuxtapuesta y de la tabla suma se distribuye como una ji-cuadrado con la diferencia de grados de libertad (552).

El estadístico obtenido es 489,5, con lo que no puede rechazarse la hipótesis nula al 95% de significación. Por tanto, con las reservas planteadas en el apartado previo, puede defenderse la representatividad de la muestra obtenida si se la compara con la proporcionada por el INE.

²⁸ Ver Escofier y Pagès (1992, pp. 201-203).

²⁹ La tabla yuxtapuesta consta de 16 subtablas de contingencia con las 1341 empresas del INE y otras 16 con las 977 de la muestra. La tabla suma está formada sólo por 16 subtablas, pero con 1341+977 empresas.

³⁰ Ver el capítulo 8 de Escofier y Pagès (1992) para una exposición de las posibilidades de la comparación de tablas de frecuencias.

Apéndice 1.

A. Variables de la Estadística de actividades de I+D.

1. Tamaño de la empresa:

P1 $x < 25$

P2 $25 \leq x < 50$

P3 si $50 \leq x < 99$

P4 $100 \leq x < 249$

P5 $250 \leq x < 499$

P6 $500 \leq x < 999$

P7 $x \geq 1000$

Siendo x la plantilla de la empresa.

2. Rama de actividad:

R0 Agricultura, ganadería y Pesca.

R1 Energía y agua.

R2 Extracción y transformación de minerales no energéticos. Industria Química.

R3 Industrias Transformadoras de Metales, mecánica de precisión.

R4 Otras industrias manufactureras.

VARIOS: R5 Construcción.

R6 Comercio, restaurantes y hostelería. Reparaciones.

R7 Transporte y comunicaciones.

R9 Energía y Agua.

R8 Instituciones financieras, seguros y servicios.

3. Personal de I+D:

PID1 $x < 10$

PID2 si $10 \leq x < 25$

PID3 $25 \leq x < 100$

PD45 $x \geq 100$

Siendo x el personal de I+D de la empresa en equivalencia a dedicación plena.

4. Gasto en actividades de I+D:

G1 $x < 25$

G2 $25 \leq x < 50$

G3 si $50 \leq x < 100$

G4 $100 \leq x < 150$

G56 $150 \leq x < 250$

G7 $x \geq 250$

Siendo x el gasto intramuros en actividades de I+D de la empresa en millones de pesetas.

5. Investigadores en dedicación plena:

I1 $x < 5$

I2+3 si $5 \leq x < 25$

I4+5 $x \geq 25$

Siendo x el número de investigadores en equivalencia a dedicación plena.

6. Tipo de investigación:

T1 Fundamental.

T2 Aplicada.

T3 Desarrollo tecnológico.

T4 Fundamental y aplicada.

T5 Fundamental y desarrollo tecnológico.

T6 Aplicada y desarrollo tecnológico.

T7 Fundamental, aplicada y desarrollo tecnológico.

B. Variables de la muestra de empresas utilizadas para la comparación.

Las mismas que en la Estadística de Actividades de I+D excepto que no se dispone de los investigadores en dedicación plena ni del tipo de investigación. Además, el personal de I+D es el total, no el equivalente a dedicación plena. Otra diferencia es que el gasto en actividades de I+D es el total y no el intramuros, ya que se incluyen los gastos que suponen las colaboraciones externas.

Apéndice 2.

Cuadro 1: Tabla de Burt de la encuesta de actividades de I+D (1989).

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	R0	R1	R2	R3	R4	V	R8	PID1	PID2	PID3	PD45	G1	G2	G3	G4	G56	G7
P1	275	0	0	0	0	0	0	22	2	43	115	18	15	60	253	22	0	0	185	49	26	11	3	1
P2	0	176	0	0	0	0	0	6	2	54	78	12	6	18	151	15	10	0	109	32	18	6	6	5
P3	0	0	201	0	0	0	0	4	1	45	105	25	6	15	155	28	18	0	97	53	24	8	7	12
P4	0	0	0	268	0	0	0	2	4	88	114	46	4	10	181	60	24	3	100	68	49	20	18	13
P5	0	0	0	0	182	0	0	1	3	61	75	31	3	8	76	64	40	2	31	36	49	25	18	23
P6	0	0	0	0	0	104	0	0	8	31	41	17	0	7	29	42	29	4	11	13	22	19	20	19
P7	0	0	0	0	0	0	135	1	23	26	51	25	5	4	25	35	48	27	4	11	20	11	21	68
R0	36	0	0	0	0	0	0	31	3	2	0	0	0	31	3	2	0	18	7	7	1	3	0	
R1	0	43	0	0	0	0	0	21	13	8	1	9	5	9	5	9	6	4	10					
R2	0	0	348	0	0	0	0	215	73	55	5	130	65	58	30	23	42							
R3	0	0	0	579	0	0	0	384	105	68	22	245	115	84	38	42	55							
R4	0	0	0	0	174	0	0	127	36	10	1	79	38	27	14	8	8							
V	0	0	0	0	0	39	0	20	7	7	5	9	9	2	4	6	9							
R8	0	0	0	0	0	0	122	72	29	19	2	47	23	21	7	7	17							
PID1	870	0	0	0	532	230	78	13	14	3														
PID2	0	266	0	0	5	31	125	62	35	8														
PID3	0	0	169	0	0	1	5	25	44	94														
PD4	0	0	0	36	0	0	0	0	0	36														
G1	537	0	0	0	0	0																		
G2	0	262	0	0	0	0																		
G3	0	0	208	0	0	0																		
G4	0	0	0	100	0	0																		
G5	0	0	0	0	93	0																		
G7	0	0	0	0	0	141																		

Fuente: Instituto Nacional Estadística. Elaboración propia.

Cuadro 2: Tabla de Burt de la muestra de empresas.

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	R0	R1	R2	R3	R4	V	R8	PID1	PID2	PID3	PD45	G1	G2	G3	G4	G56	G7
P1	204	0	0	0	0	0	0	20	7	30	83	26	13	25	192	12	0	0	159	33	6	3	3	0
P2	0	158	0	0	0	0	0	9	2	36	71	19	14	7	140	17	1	0	101	36	14	5	2	0
P3	0	0	134	0	0	0	0	2	1	30	60	26	9	6	93	27	14	0	57	37	26	2	8	4
P4	0	0	0	205	0	0	0	4	3	66	78	35	6	13	115	57	33	0	55	60	40	19	21	10
P5	0	0	0	0	131	0	0	0	3	44	55	20	3	6	47	46	35	3	19	25	35	14	16	22
P6	0	0	0	0	0	75	0	0	3	21	27	12	6	6	12	30	27	6	6	9	11	16	12	21
P7	0	0	0	0	0	0	70	0	9	18	24	10	7	2	8	15	31	16	1	6	13	6	14	30
R0	35	0	0	0	0	0	0	30	5	0	0	0	0	0	30	5	0	0	20	11	3	0	1	0
R1	0	28	0	0	0	0	0	14	9	3	2	12	2	4	12	2	3	2	12	2	4	3	4	3
R2	0	0	245	0	0	0	0	142	55	40	8	89	46	40	142	55	40	8	89	46	40	16	20	34
R3	0	0	0	398	0	0	0	242	85	62	9	154	90	63	242	85	62	9	154	90	63	28	30	33
R4	0	0	0	0	148	0	0	116	22	8	2	76	37	17	116	22	8	2	76	37	17	6	8	4
V	0	0	0	0	0	58	0	31	13	11	3	24	7	10	31	13	11	3	24	7	10	8	3	6
R8	0	0	0	0	0	0	65	32	15	17	1	23	13	8	32	15	17	1	23	13	8	4	10	7
PID1	607	0	0	0	0	0	0	607	0	0	0	383	165	43	607	0	0	0	383	165	43	5	10	1
PID2	0	204	0	0	0	0	0	15	39	87	34	23	6	0	204	0	0	0	15	39	87	34	23	6
PID3	0	0	141	0	0	0	0	0	2	15	26	42	56	0	0	141	0	0	0	2	15	26	42	56
PD4	0	0	0	25	0	0	0	0	0	0	25	0	1	0	0	0	25	0	0	0	0	1	24	0
G1	398	0	0	0	0	0	0	398	0	0	0	0	0	0	398	0	0	0	398	0	0	0	0	0
G2	0	206	0	0	0	0	0	0	206	0	0	0	0	0	0	206	0	0	0	206	0	0	0	0
G3	0	0	145	0	0	0	0	0	0	145	0	0	0	0	0	0	145	0	0	0	145	0	0	0
G4	0	0	0	65	0	0	0	0	0	0	65	0	0	0	0	0	0	65	0	0	0	65	0	0
G5	0	0	0	0	76	0	0	0	0	0	0	76	0	0	0	0	0	0	0	0	0	76	0	0
G7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	87	0	0	0	0	0	0	0	0	0	87	

Fuente: Elaboración propia.

Anexo A4.2.2. Descripción de las variables utilizadas.

En este anexo aparecen las modalidades de las variables utilizadas en el análisis de correspondencias múltiples, así como el rótulo que aparece en los gráficos para hacer referencia a cada una de ellas.

1. VENTASC:

V1	$x < 200$
V2	$200 \leq x < 1000$
V3 si	$1000 \leq x < 5000$
V4	$5000 \leq x < 20000$
V5	$x \geq 20000$

Siendo x las ventas totales de la empresa en millones de pesetas.

2. PLANTIC:

P1	$x \leq 10$
P2 si	$10 < x \leq 50$
P3	$50 < x \leq 250$
P4	$x > 250$

Siendo x la plantilla de la empresa.

3. PERIDC:

PID1	$x < 5$
PID2 si	$5 \leq x < 10$
PID3	$10 \leq x < 30$
PID4	$x \geq 30$

Siendo x el personal de I+D de la empresa.

4. GASTO IDC:

G1	$x < 10$
G2	$10 \leq x < 25$
G3 si	$25 \leq x < 50$
G4	$50 \leq x < 100$
G5	$100 \leq x < 200$
G6	$x \geq 200$

Siendo x el gasto total en actividades de I+D de la empresa en millones de pesetas.

5. IDVC:

IDV1	$x < 1$
IDV2	$1 \leq x < 2$
IDV3 si	$2 \leq x < 5$
IDV4	$5 \leq x < 10$
IDV5	$10 \leq x < 20$
IDV6	$x \geq 20$

Siendo x la relación entre el gasto en I+D de la empresa y sus ventas, expresado en porcentaje.

6. PIDPLAC:

PP1	$x < 2$
PP2	$2 \leq x < 5$
PP3 si	$5 \leq x < 10$
PP4	$10 \leq x < 25$
PP5	$25 \leq x < 50$
PP6	$x \geq 50$

Siendo x la relación (expresada en porcentaje) entre el personal de I+D de la empresa y la plantilla total.

7. EDADC:

E1	x es desconocido (-99)
E2	$x \leq 1$
E3 si	$1 < x \leq 5$
E4	$5 < x \leq 15$
E5	$15 < x \leq 35$
E6	$x > 35$

Siendo x la antigüedad de la empresa expresada en años.

8. CNAE1: Rama de actividad de la Clasificación Nacional de Actividades Económicas (CNAE).

Rótulo	Código CNAE	Sectores
C1	0	Agricultura, ganadería y Pesca.
C2	1	Energía y agua.
C3	2	Extracción y transformación de minerales no energéticos. Industria Química.
C4	3	Industrias Transformadoras de Metales, mecánica de precisión.
C5	4	Otras industrias manufactureras.
C6	5, 6, 7, 9	Energía y agua. Construcción. Comercio, restaurantes y hostelería. Reparaciones. Transporte y comunicaciones. Otros servicios. Incluye también los proyectos realizados por empresa con CNAE desconocido.
C7	8	Instituciones Financieras, seguros y servicios.

9. CN2: códigos de dos dígitos de la Clasificación Nacional de Actividades Económicas (CNAE). Sólo se indican los que están representados en la muestra.

Código CNAE	Sector de actividad
0	Agricultura, ganadería y pesca.
1	Producción agrícola.
2	Producción ganadera.
3	Servicios agrícolas.
6	Pesca.
11	Extracción de combustibles sólidos y coquerías.
13	Refino de petróleo.
14	Extracción de minerales radioactivos.
15	Producción y distribución de energía eléctrica y gas.
16	Captación, depuración y distribución de agua.
21	Extracción y preparación de minerales metálicos.
22	Producción y primera transformación de metales.
23	Extracción de minerales no metálicos ni energéticos.
24	Industrias de productos minerales no metálicos.
25	Industria química.
31	Fabricación de productos metálicos (excepto máquinas y material de transporte).
32	Construcción de maquinaria y equipo mecánico.
33	Construcción de máquinas de oficina y ordenadores.
34	Construcción de maquinaria y material eléctrico.
35	Fabricación de material electrónico (excepto ordenadores).
36	Construcción de vehículos automóviles (y repuestos).
37	Construcción, mantenimiento y reparación de buques.
38	Construcción de otro material de transporte.
39	Fabricación de instrumentos de precisión, óptica.
41	Productos alimenticios.
42	Otros productos alimenticios, bebidas y tabaco.
43	Industria textil.
44	Industria del cuero.
45	Industria del calzado y vestido, otros textiles.
46	Industrias de la madera, corcho y muebles de cocina.
47	Industria de papel, artes gráficas y edición.
48	Transformación del caucho y materias plásticas.
49	Otras industrias manufactureras (joyería, fotografía, deportes, musical).
50	Construcción.
61	Comercio al por mayor.
62	Recuperación de productos.
63	Intermediarios del comercio.
64	Comercio al por menor.
68	En rama seis, pero sin clasificar.
71	Transporte por ferrocarril.
76	Comunicaciones.
82	Seguros.
83	Auxiliares financieros y de seguros. Inmobiliarias.
84	Servicios prestados a las empresas.
93	Educación e investigación.
94	Sanidad y servicios veterinarios.
96	Servicios recreativos y culturales.
99	Sin clasificar.

10. I1:

PCNO si la empresa no ha obtenido Proyecto Concertado.

PCSÍ si la empresa ha obtenido algún Proyecto Concertado.

11. PD1:

PDNO si la empresa no ha obtenido Proyecto de Desarrollo Tecnológico.

PDSÍ si la empresa ha obtenido algún Proyecto Concertado.

12. AUTON: autonomía en la que está radicada la empresa.

Rótulo	Comunidad autónoma
ANDA	Andalucía
ARAG	Aragón
ASTU	Asturias
BALE	Baleares
CANA	Canarias
CANT	Cantabria
CASL	Castilla-León
CASM	Castilla-La Mancha
CATA	Cataluña
EXTE	Extremadura
GALI	Galicia
RIOJ	La Rioja
MADR	Madrid
MURC	Murcia
NAVA	Navarra
PVAS	País Vasco
VALE	Valencia

13. IPD:

INDN si la empresa no ha tenido Proyecto Concertado ni de Desarrollo Tecnológico.

INDS si no ha tenido Proyecto Concertado pero si de Desarrollo Tecnológico.

ISDN si la empresa ha tenido Proyecto Concertado pero no de desarrollo.

ISDS si la empresa ha tenido Proyecto Concertado y de Desarrollo Tecnológico.

Anexo A4.2.3. Resultados del análisis de correspondencias múltiples.

Cuadro 1: Coordenadas y contribuciones absolutas y relativas de las modalidades activas* .

Identificador	Descripción	P.rel	Dist	Coordenadas					Contribuciones absolutas					Contribuciones relativas				
				1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
VENTASC	Ventas (millones)			Contribución acumulada=					22,5	21,3	4,9	14,8	2,4					
V1	Menos de 200	1,64	5,11	1,56	-0,96	-0,38	-0,33	0,05	10,3	5,7	1,1	0,9	0,0	0,48	0,18	0,03	0,02	0,00
V2	De 200 a 1000	2,96	2,38	0,51	0,63	0,26	0,57	-0,06	2,0	4,4	1,0	5,0	0,1	0,11	0,17	0,03	0,14	0,00
V3	De 1000 a 5000	3,24	2,08	-0,45	0,51	0,05	-0,54	0,12	1,7	3,2	0,0	5,0	0,3	0,10	0,12	0,00	0,14	0,01
V4	De 5000 a 20000	1,53	5,56	-1,08	-0,63	0,18	-0,05	-0,36	4,6	2,3	0,2	0,0	1,4	0,21	0,07	0,01	0,00	0,02
V5	20000 o más	0,63	14,76	-1,54	-1,55	-0,91	1,09	0,40	3,9	5,8	2,5	3,9	0,7	0,16	0,16	0,06	0,08	0,01
PLANTIC	Plantilla			Contribución acumulada=					22,0	18,2	3,0	16,6	2,7					
P1	Menos de 25	0,66	14,27	1,90	-1,62	-0,86	-1,07	0,43	6,1	6,5	2,3	3,9	0,8	0,25	0,18	0,05	0,08	0,01
P2	De 25 a 50	3,13	2,19	0,87	0,31	0,07	0,68	-0,21	6,1	1,1	0,1	7,4	0,9	0,34	0,04	0,00	0,21	0,02
P3	De 50 a 250	3,43	1,92	-0,23	0,62	0,18	-0,53	0,18	0,5	4,9	0,5	5,0	0,8	0,03	0,20	0,02	0,15	0,02
P4	Más de 250	2,78	2,59	-1,14	-0,73	-0,10	0,15	-0,09	9,3	5,6	0,1	0,3	0,1	0,50	0,20	0,00	0,01	0,00
PERIDC	Personal de I+D			Contribución acumulada=					8,9	12,1	12,3	16,0	27,3					
PID1	Menos de 5	3,63	1,75	0,66	0,22	-0,53	0,47	-0,17	4,1	0,7	4,9	4,2	0,7	0,25	0,03	0,16	0,13	0,02
PID2	De 5 a 9	2,58	2,88	0,05	0,52	-0,07	-0,34	0,69	0,0	2,6	0,1	1,5	8,2	0,00	0,09	0,00	0,04	0,16
PID3	De 10 a 29	2,40	3,18	-0,52	-0,16	0,31	-0,75	-0,91	1,7	0,2	1,1	6,9	13,4	0,09	0,01	0,03	0,17	0,26
PID4	Más de 29	1,39	6,18	-0,92	-1,27	0,98	0,69	0,73	3,1	8,6	6,3	3,4	5,0	0,14	0,26	0,15	0,08	0,09
GASTOIDC	Gasto en I+D			Contribución acumulada=					9,4	12,7	12,1	17,2	29,7					
G1	Menos de 10 mill.	1,83	4,46	0,85	0,06	-0,69	0,71	-0,64	3,4	0,0	4,1	4,8	5,0	0,16	0,00	0,11	0,11	0,09
G2	De 10 y 25 mill.	2,24	3,46	0,45	0,42	-0,32	0,13	0,39	1,2	1,5	1,1	0,2	2,2	0,06	0,05	0,03	0,01	0,04
G3	De 25 a 50 mill.	2,11	3,74	0,00	0,51	-0,08	-0,42	0,62	0,0	2,1	0,1	1,9	5,5	0,00	0,07	0,00	0,05	0,10
G4	De 50 y 100 mill.	1,48	5,74	-0,46	0,04	0,28	-0,83	-0,92	0,8	0,0	0,6	5,3	8,5	0,04	0,00	0,01	0,12	0,15
G5	De 100 a 200 mill.	1,10	8,13	-0,66	-0,51	0,59	-0,42	-0,60	1,2	1,1	1,8	1,0	2,7	0,05	0,03	0,04	0,02	0,04
G6	200 mill. o más	1,24	7,07	-0,94	-1,31	0,87	0,78	0,83	2,8	8,0	4,4	3,9	5,7	0,12	0,24	0,11	0,09	0,10

* Explicación del cuadro:

Identificador: Rótulo de cada modalidad.

Descripción: Recordatorio del significado de las diversas modalidades.

P.rel: Peso relativo. Número de empresas con esa modalidad respecto al producto de empresas por variables.

Dist: Cuadrado de la distancia de la modalidad al centro de gravedad.

Coordenadas: Ubicación de la modalidad en el espacio formado por los 5 primeros ejes factoriales.

Contribuciones absolutas: Porcentaje de la inercia del factor explicada por cada modalidad.

Contribuciones relativas: Calidad de representación de la modalidad sobre cada eje (en porcentaje).

Cuadro 1: Coordenadas y contribuciones absolutas y relativas de las modalidades activas. (Continuación)

Identificador	Descripción	P.rel	Dist	Coordenadas					Contribuciones absolutas					Contribuciones relativas				
				1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
IDVC	%Gasto en I+D/ventas			Contribución acumulada=					9,5	11,3	24,9	10,2	4,0					
IDV1	Menos del 1%	2,09	3,79	-0,69	-0,17	-1,23	0,36	-0,21	2,6	0,2	14,9	1,4	0,6	0,13	0,01	0,40	0,03	0,01
IDV2	Del 1 al 2%	1,85	4,40	-0,43	0,46	-0,19	-0,31	-0,21	0,9	1,5	0,3	0,9	0,6	0,04	0,05	0,01	0,02	0,01
IDV3	Del 2 al 5%	2,49	3,02	-0,07	0,51	0,38	0,00	-0,06	0,0	2,4	1,7	0,0	0,1	0,00	0,09	0,05	0,00	0,00
IDV4	Del 5 al 10%	1,55	5,47	0,21	0,06	0,88	0,40	0,47	0,2	0,0	5,7	1,3	2,3	0,01	0,00	0,14	0,03	0,04
IDV5	Del 10 al 20%	0,92	9,86	0,70	-0,57	0,72	0,37	-0,02	1,2	1,1	2,3	0,6	0,0	0,05	0,03	0,05	0,01	0,00
IDV6	Más del 20%	1,11	8,05	1,29	-1,19	-0,06	-1,02	0,25	4,7	6,0	0,0	6,0	0,5	0,21	0,18	0,00	0,13	0,01
PIDPLAC	% Personal I+D/Plantilla			Contribución acumulada=					13,2	11,9	21,9	14,1	2,3					
PP1	Menos del 2%	1,19	7,42	-0,98	-0,38	-1,47	0,36	0,06	2,9	0,7	12,2	0,8	0,0	0,13	0,02	0,29	0,02	0,00
PP2	Del 2 al 5%	2,26	3,42	-0,67	0,17	-0,30	-0,32	-0,28	2,6	0,3	1,0	1,2	1,2	0,13	0,01	0,03	0,03	0,02
PP3	Del 5 al 10%	2,15	3,65	-0,11	0,67	0,20	-0,01	0,15	0,1	3,6	0,4	0,0	0,3	0,00	0,12	0,01	0,00	0,01
PP4	Del 10 al 25%	2,67	2,74	0,28	0,11	0,72	0,60	-0,05	0,6	0,1	6,6	4,9	0,0	0,03	0,00	0,19	0,13	0,00
PP5	Del 25 al 50%	1,08	8,22	1,10	-0,64	0,39	-0,34	0,10	3,4	1,7	0,8	0,7	0,1	0,15	0,05	0,02	0,01	0,00
PP6	50% ó más	0,64	14,51	1,47	-1,50	-0,57	-1,40	0,39	3,6	5,5	1,0	6,5	0,7	0,15	0,16	0,02	0,13	0,01
CNAE1	Sector de actividad			Contribución acumulada=					3,7	3,8	12,8	3,2	8,0					
C1	CNAE-0	0,36	26,91	1,30	-0,14	0,23	0,71	-1,06	1,6	0,0	0,1	0,9	2,7	0,06	0,00	0,00	0,02	0,04
C2	CNAE-1	0,29	33,89	-0,67	-0,82	-1,52	0,69	0,35	0,3	0,7	3,1	0,7	0,2	0,01	0,02	0,07	0,01	0,00
C3	CNAE-2	2,51	2,99	-0,37	0,09	0,06	0,04	0,16	0,9	0,1	0,0	0,0	0,4	0,05	0,00	0,00	0,00	0,01
C4	CNAE-4	4,07	1,45	0,10	0,11	0,29	-0,12	0,21	0,1	0,2	1,6	0,3	1,2	0,01	0,01	0,06	0,01	0,03
C5	CNAE-5	1,51	5,60	-0,16	0,28	-0,95	0,12	-0,31	0,1	0,5	6,5	0,1	1,0	0,00	0,01	0,16	0,00	0,02
C6	Resto de sectores	0,59	15,84	0,13	-0,39	0,05	0,16	-0,78	0,0	0,3	0,0	0,1	2,4	0,00	0,01	0,00	0,00	0,04
C7	CNAE-8	0,67	14,03	0,64	-0,88	0,66	-0,56	-0,07	0,7	1,9	1,4	1,1	0,0	0,03	0,06	0,03	0,02	0,00
EDADC	Antigüedad			Contribución acumulada=					10,6	5,0	2,6	5,8	13,3					
E1	Desconocida	0,85	10,77	0,19	0,17	-0,40	-0,05	1,30	0,1	0,1	0,6	0,0	9,6	0,00	0,00	0,01	0,00	0,16
E2	Hasta 1 año	1,15	7,72	0,80	-0,75	-0,20	-0,60	-0,12	1,9	2,5	0,2	2,1	0,1	0,08	0,07	0,01	0,05	0,00
E3	Entre 1 y 5 años	1,50	5,65	0,84	-0,28	0,11	0,23	-0,18	2,8	0,4	0,1	0,4	0,3	0,13	0,01	0,00	0,01	0,01
E4	Entre 5 y 15 años	2,22	3,50	0,24	0,30	0,31	0,42	-0,31	0,3	0,7	1,0	2,0	1,5	0,02	0,03	0,03	0,05	0,03
E5	Entre 15 y 35 años	2,92	2,43	-0,53	0,29	0,04	-0,26	-0,17	2,1	0,9	0,0	1,0	0,6	0,12	0,03	0,00	0,03	0,01
E6	Más de 35 años	1,36	6,35	-0,98	-0,27	-0,30	0,15	0,36	3,4	0,4	0,6	0,2	1,2	0,15	0,01	0,01	0,00	0,02
I1	Proyecto concertado			Contribución acumulada=					0,0	3,3	1,7	1,9	7,0					
PCNO	No	7,39	0,35	0,00	0,18	-0,11	-0,11	0,19	0,0	0,9	0,4	0,5	1,8	0,00	0,09	0,04	0,04	0,10
PCSI	Sí	2,61	2,83	-0,01	-0,50	0,32	0,32	-0,54	0,0	2,4	1,3	1,4	5,2	0,00	0,09	0,04	0,04	0,10
PD1	Proy. Desarrollo Tec.o			Contribución acumulada=					0,2	0,5	3,8	0,4	3,1					
PDNO	No	7,10	0,41	-0,05	0,07	-0,18	0,05	0,14	0,1	0,1	1,1	0,1	0,9	0,01	0,01	0,08	0,01	0,05
PDSI	Sí	2,90	2,45	0,13	-0,17	0,44	-0,13	-0,34	0,1	0,3	2,7	0,2	2,2	0,01	0,01	0,08	0,01	0,05

Cuadro 2: Coordinadas y valores *test* de todas las modalidades *

Iden	Descripción			Coordinadas					Valores <i>test</i>				
		Eff	Dist	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
VENTASC	Ventas (millones)												
V1	Menos de 200	160	5,11	1,56	-0,96	-0,38	-0,33	0,05	21,6	-13,2	-5,3	-4,5	0,7
V2	De 200 a 1000	289	2,38	0,51	0,63	0,26	0,57	-0,06	10,4	12,7	5,3	11,6	-1,1
V3	De 1000 a 5000	317	2,08	-0,45	0,51	0,05	-0,54	0,12	-9,7	11,0	1,1	-11,8	2,5
V4	De 5000 a 20000	149	5,56	-1,08	-0,63	0,18	-0,05	-0,36	-14,3	-8,3	2,3	-0,7	-4,8
V5	20000 o más	62	14,76	-1,54	-1,55	-0,91	1,09	0,40	-12,5	-12,6	-7,4	8,8	3,3
PLANTIC	Plantilla												
P1	Menos de 25	64	14,27	1,90	-1,62	-0,86	-1,07	0,43	15,7	-13,4	-7,1	-8,9	3,6
P2	De 25 a 50	306	2,19	0,87	0,31	0,07	0,68	-0,21	18,3	6,5	1,5	14,3	-4,5
P3	De 50 a 250	335	1,92	-0,23	0,62	0,18	-0,53	0,18	-5,3	13,9	4,0	-12,0	4,1
P4	Más de 250	272	2,59	-1,14	-0,73	-0,10	0,15	-0,09	-22,1	-14,1	-1,9	2,9	-1,7
PERIDC	Personal de I+D												
PID1	Menos de 5	355	1,75	0,66	0,22	-0,53	0,47	-0,17	15,6	5,2	-12,5	11,1	-4,0
PID2	De 5 a 9	252	2,88	0,05	0,52	-0,07	-0,34	0,69	1,0	9,6	-1,2	-6,3	12,7
PID3	De 10 a 29	234	3,18	-0,52	-0,16	0,31	-0,75	-0,91	-9,2	-2,7	5,4	-13,1	-15,9
PID4	Más de 29	136	6,18	-0,92	-1,27	0,98	0,69	0,73	-11,6	-16,0	12,3	8,6	9,2
GASTOICD	Gasto en I+D												
G1	Menos de 10 mill.	179	4,46	0,85	0,06	-0,69	0,71	-0,64	12,5	0,9	-10,2	10,6	-9,4
G2	De 10 y 25 mill.	219	3,46	0,45	0,42	-0,32	0,13	0,39	7,6	7,0	-5,3	2,2	6,5
G3	De 25 a 50 mill.	206	3,74	0,00	0,51	-0,08	-0,42	0,62	0,1	8,2	-1,3	-6,7	10,0
G4	De 50 y 100 mill.	145	5,74	-0,46	0,04	0,28	-0,83	-0,92	-5,9	0,5	3,7	-10,9	-12,0
G5	De 100 a 200 mill.	107	8,13	-0,66	-0,51	0,59	-0,42	-0,60	-7,3	-5,6	6,5	-4,6	-6,6
G6	200 mill. o más	121	7,07	-0,94	-1,31	0,87	0,78	0,83	-11,0	-15,3	10,2	9,2	9,7
IDVC	%Gasto en I+D/ventas												
IDV1	Menos del 1%	204	3,79	-0,69	-0,17	-1,23	0,36	-0,21	-11,1	-2,8	-19,7	5,7	-3,4
IDV2	Del 1 al 2%	181	4,40	-0,43	0,46	-0,19	-0,31	-0,21	-6,4	6,8	-2,8	-4,6	-3,2
IDV3	Del 2 al 5%	243	3,02	-0,07	0,51	0,38	0,00	-0,06	-1,2	9,1	6,9	0,0	-1,1
IDV4	Del 5 al 10%	151	5,47	0,21	0,06	0,88	0,40	0,47	2,9	0,8	11,7	5,3	6,2
IDV5	Del 10 al 20%	90	9,86	0,70	-0,57	0,72	0,37	-0,02	6,9	-5,7	7,2	3,7	-0,2
IDV6	Más del 20%	108	8,05	1,29	-1,19	-0,06	-1,02	0,25	14,2	-13,2	-0,6	-11,3	2,8
PIDPLAC	%Personal I+D/Plantilla												
PP1	Menos del 2%	116	7,42	-0,98	-0,38	-1,47	0,36	0,06	-11,2	-4,4	-16,8	4,2	0,7
PP2	Del 2 al 5%	221	3,42	-0,67	0,17	-0,30	-0,32	-0,28	-11,3	2,9	-5,1	-5,5	-4,7
PP3	Del 5 al 10%	210	3,65	-0,11	0,67	0,20	-0,01	0,15	-1,8	10,9	3,3	-0,2	2,5
PP4	Del 10 al 25%	261	2,74	0,28	0,11	0,72	0,60	-0,05	5,4	2,1	13,6	11,2	-1,0
PP5	Del 25 al 50%	106	8,22	1,10	-0,64	0,39	-0,34	0,10	12,0	-7,0	4,3	-3,7	1,1
PP6	50% ó más	63	14,5	1,47	-1,50	-0,57	-1,40	0,39	12,1	-12,3	-4,7	-11,5	3,2

* Explicación del cuadro:

Iden: Identificador o rótulo de cada modalidad.

Descripción: Recordatorio del significado de las diversas modalidades.

Eff: Efectivo. Número de empresas con esa modalidad.

Dist: Cuadrado de la distancia de la modalidad al centro de gravedad.

Coordinadas: Ubicación de la modalidad en el espacio formado por los 5 primeros ejes factoriales.

Valores *test*: estadístico (distribución normal estándar) del contraste de significación de la representación de la modalidad sobre cada eje.

Cuadro 2: Coordenadas y valores *test* de todas las modalidades (Continuación)

Iden	Descripción	Eff		Coordenadas					Valores <i>test</i>					
				1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
EDADC	Antigüedad													
E1	Desconocida	83	10,77	0,19	0,17	-0,40	-0,05	1,30	1,8	1,6	-3,8	-0,5	12,4	
E2	Hasta 1 año	112	7,72	0,80	-0,75	-0,20	-0,60	-0,12	9,0	-8,5	-2,2	-6,7	-1,4	
E3	Entre 1 y 5 años	147	5,65	0,84	-0,28	0,11	0,23	-0,18	11,1	-3,6	1,5	3,1	-2,4	
E4	Entre 5 y 15 años	217	3,50	0,24	0,30	0,31	0,42	-0,31	4,0	5,0	5,2	7,0	-5,2	
E5	Entre 15 y 35 años	285	2,43	-0,53	0,29	0,04	-0,26	-0,17	-10,6	5,8	0,8	-5,2	-3,4	
E6	Más de 35 años	133	6,35	-0,98	-0,27	-0,30	0,15	0,36	-12,2	-3,4	-3,7	1,9	4,5	
CNAE1	Sector de actividad													
C1	CNAE-0	35	26,91	1,30	-0,14	0,23	0,71	-1,06	7,8	-0,8	1,4	4,3	-6,4	
C2	CNAE-1	28	33,89	-0,67	-0,82	-1,52	0,69	0,35	-3,6	-4,4	-8,2	3,7	1,9	
C3	CNAE-2	245	2,99	-0,37	0,09	0,06	0,04	0,16	-6,8	1,6	1,0	0,8	2,8	
C4	CNAE-4	398	1,45	0,10	0,11	0,29	-0,12	0,21	2,6	2,8	7,5	-3,0	5,5	
C5	CNAE-5	148	5,60	-0,16	0,28	-0,95	0,12	-0,31	-2,1	3,8	-12,6	1,6	-4,0	
C6	Resto de sectores	58	15,84	0,13	-0,39	0,05	0,16	-0,78	1,0	-3,1	0,4	1,3	-6,1	
C7	CNAE-8	65	14,03	0,64	-0,88	0,66	-0,56	-0,07	5,3	-7,3	5,5	-4,7	-0,6	
II	Proyecto Concertado													
PCNO	No	722	0,35	0,00	0,18	-0,11	-0,11	0,19	0,2	9,2	-5,9	-5,9	10,1	
PCSI	Sí	255	2,83	-0,01	-0,50	0,32	0,32	-0,54	-0,2	-9,2	5,9	5,9	-10,1	
PD1	Proyecto de Desarrollo Tecnológico													
PDNO	No	694	0,41	-0,05	0,07	-0,18	0,05	0,14	-2,6	3,4	-8,8	2,6	6,7	
PDSI	Sí	283	2,45	0,13	-0,17	0,44	-0,13	-0,34	2,6	-3,4	8,8	-2,6	-6,7	
AUTON	Comunidad Autónoma													
ANDA	Andalucía	24	39,71	0,18	-0,24	-0,42	0,09	-0,24	0,9	-1,2	-2,1	0,5	-1,2	
ARAG	Aragón	14	68,79	-0,11	-0,29	-0,09	0,31	-0,02	-0,4	-1,1	-0,3	1,1	-0,1	
ASTU	Asturias	27	35,19	0,30	-0,11	-0,27	0,10	0,01	1,6	-0,6	-1,4	0,5	0,1	
BALE	Baleares	2	487,5	0,79	0,21	-0,29	0,99	-0,55	1,1	0,3	-0,4	1,4	-0,8	
CANA	Canarias	1	976,0	0,48	-0,36	1,55	-1,02	-1,43	0,5	-0,4	1,6	-1,0	-1,4	
CANT	Cantabria	11	87,82	0,68	0,13	-0,44	0,47	-0,19	2,3	0,4	-1,5	1,6	-0,6	
CASL	Castilla-León	14	68,79	-0,22	0,01	-0,43	0,06	-0,24	-0,8	0,0	-1,6	0,2	-0,9	
CASM	Castilla-La Mancha	4	243,2	0,62	0,46	0,59	-0,10	0,44	1,2	0,9	1,2	-0,2	0,9	
CATA	Cataluña	340	1,87	0,00	0,24	0,02	0,04	-0,08	-0,0	5,5	0,4	0,9	-1,8	
EXTE	Extremadura	3	324,6	0,53	0,37	-0,78	0,09	-0,11	0,9	0,6	-1,4	0,2	-0,2	
GALI	Galicia	22	43,41	0,29	0,06	-0,57	0,62	-0,41	1,4	0,3	-2,7	3,0	-2,0	
RIOJ	La Rioja	5	194,4	-0,05	0,03	-0,36	-0,18	0,06	-0,1	0,1	-0,8	-0,4	0,1	
MADR	Madrid	233	3,19	-0,12	-0,54	0,32	-0,04	0,08	-2,1	-9,5	5,6	-0,7	1,4	
MURC	Murcia	8	121,1	0,34	0,09	0,06	0,28	-0,06	1,0	0,3	0,2	0,8	-0,2	
NAVA	Navarra	37	25,41	-0,12	0,22	0,03	0,01	-0,16	-0,7	1,4	0,2	0,1	-1,0	
PVAS	País Vasco	167	4,85	-0,10	0,28	-0,06	-0,22	0,25	-1,4	3,9	-0,8	-3,1	3,6	
VALE	Valencia	65	14,03	0,30	-0,05	-0,44	-0,01	-0,10	2,5	-0,4	-3,7	-0,1	-0,9	

Cuadro 2: Coordenadas y valores *test* de todas las modalidades (Continuación)

Iden	Coordenadas		Coordenadas					Valores <i>test</i>					
	Eff	Dist	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
CN2													
0	8	121,13	1,16	0,39	0,42	0,68	-0,53	3,3	1,1	1,2	1,9	-1,5	
1	12	80,42	1,01	-0,12	0,42	0,15	-1,03	3,5	-0,4	1,5	0,5	-3,6	
2	2	487,50	1,42	0,12	0,30	1,77	-1,53	2,0	0,2	0,4	2,5	-2,2	
3	3	324,67	1,72	-0,57	0,20	1,51	-1,47	3,0	-1,0	0,3	2,6	-2,6	
6	10	96,70	1,60	-0,50	-0,16	0,95	-1,30	5,1	-1,6	-0,5	3,0	-4,1	
11	2	487,50	-1,70	-1,49	-1,31	0,89	0,27	-2,4	-2,1	-1,8	1,3	0,4	
13	4	243,25	-1,45	-1,29	-1,42	1,13	1,17	-2,9	-2,6	-2,8	2,3	2,3	
14	1	976,00	1,76	-2,02	-1,87	-0,93	1,09	1,8	-2,0	-1,9	-0,9	1,1	
15	14	68,79	-0,69	-0,96	-1,81	0,62	0,30	-2,6	-3,6	-6,8	2,3	1,1	
16	7	138,57	-0,22	0,10	-0,99	0,76	-0,10	-0,6	0,3	-2,6	2,0	-0,3	
21	5	194,40	-0,17	-0,52	0,23	0,28	-0,33	-0,4	-1,2	0,5	0,6	-0,7	
22	16	60,06	-0,77	-0,27	-0,77	0,11	0,19	-3,1	-1,1	-3,1	0,5	0,8	
23	4	243,25	-0,14	-0,37	0,59	-0,09	-0,02	-0,3	-0,7	1,2	-0,2	-0,0	
24	34	27,74	-0,32	0,24	-0,32	0,23	0,09	-1,9	1,4	-1,9	1,4	0,6	
25	186	4,25	-0,36	0,12	0,18	0,00	0,18	-5,5	1,8	2,7	0,0	2,7	
31	49	18,94	-0,28	0,47	-0,19	-0,25	0,04	-2,0	3,4	-1,3	-1,8	0,3	
32	106	8,22	0,14	0,39	0,20	-0,05	0,19	1,5	4,2	2,2	-0,5	2,1	
33	34	27,74	0,81	-0,49	0,38	-0,23	0,43	4,8	-2,9	2,3	-1,3	2,5	
34	49	18,94	-0,30	0,17	0,29	-0,15	0,09	-2,1	1,2	2,1	-1,1	0,6	
35	89	9,98	0,34	-0,17	0,72	0,06	0,35	3,3	-1,7	7,1	0,6	3,4	
36	27	35,19	-0,58	0,37	0,02	-0,54	0,22	-3,1	1,9	0,1	-2,9	1,2	
37	3	324,67	-0,55	-0,62	0,08	0,57	1,11	-1,0	-1,1	0,1	1,0	1,9	
38	9	107,56	-0,25	-0,22	0,35	-0,28	0,19	-0,7	-0,7	1,1	-0,8	0,6	
39	32	29,53	0,49	-0,12	0,27	-0,11	0,06	2,8	-0,7	1,5	-0,7	0,3	
41	46	20,24	-0,17	0,11	-1,16	0,55	-0,67	-1,2	0,8	-8,1	3,8	-4,6	
42	24	39,71	-0,16	0,22	-0,86	-0,22	-0,63	-0,8	1,1	-4,3	-1,1	-3,1	
43	16	60,06	-0,26	0,60	-0,60	-0,21	-0,09	-1,0	2,4	-2,4	-0,8	-0,4	
44	1	976,00	-0,52	1,08	-1,47	-0,93	1,65	-0,5	1,1	-1,5	-0,9	1,6	
45	4	243,25	-0,11	-0,25	-0,74	0,18	0,81	-0,2	-0,5	-1,5	0,4	1,6	
46	6	161,83	0,47	-0,10	-0,91	0,54	-0,56	1,2	-0,3	-2,2	1,3	-1,4	
47	13	74,15	-0,59	-0,08	-1,53	-0,12	0,16	-2,1	-0,3	-5,5	-0,4	0,6	
48	30	31,57	-0,10	0,67	-0,84	0,09	-0,16	-0,5	3,7	-4,7	0,5	-0,9	
49	8	121,13	0,02	0,44	-0,32	-0,37	0,42	0,1	1,2	-0,9	-1,0	1,2	
50	10	96,70	-0,08	-0,15	0,29	-0,15	-0,69	-0,2	-0,5	0,9	-0,5	-2,2	
61	24	39,71	0,10	-0,10	-0,18	0,43	-0,81	0,5	-0,5	-0,9	2,1	-4,0	
62	1	976,00	-0,52	0,29	-1,06	-0,06	-0,72	-0,5	0,3	-1,1	-0,1	-0,7	
63	1	976,00	-1,03	-1,11	-1,17	-0,65	-2,03	-1,0	-1,1	-1,2	-0,7	-2,0	
64	4	243,25	-0,89	-1,62	-0,02	1,17	-0,61	-1,8	-3,2	-0,0	2,3	-1,2	
68	1	976,00	0,82	0,07	0,07	0,84	-0,46	0,8	0,1	0,1	0,8	-0,5	
71	1	976,00	0,54	-1,69	0,73	-0,30	1,14	0,5	-1,7	0,7	-0,3	1,1	
76	2	487,50	-0,14	-0,07	0,73	-1,18	-0,74	-0,2	-0,1	1,0	-1,7	-1,1	
82	2	487,50	0,65	-1,21	-0,32	-0,53	-0,51	0,9	-1,7	-0,4	-0,7	-0,7	
83	1	976,00	1,42	-1,52	0,19	-1,55	-0,40	1,4	-1,5	0,2	-1,6	-0,4	
84	62	14,76	0,63	-0,86	0,70	-0,54	-0,05	5,1	-7,0	5,7	-4,4	-0,4	
93	7	138,57	1,07	-1,28	0,26	-0,62	-0,99	2,8	-3,4	0,7	-1,7	-2,6	
94	1	976,00	1,09	-0,39	0,44	-0,11	-1,49	1,1	-0,4	0,4	-0,1	-1,5	
96	2	487,50	-0,75	-0,53	0,14	0,10	0,20	-1,1	-0,8	0,2	0,1	0,3	
99	4	243,25	0,65	0,14	0,50	0,70	-1,28	1,3	0,3	1,0	1,4	-2,6	

Anexo A4.2.4.* Descripción de los grupos 1 a 4.

Cuadro 1: Caracterización del primer grupo de empresas.

IDEN	PORCENTAJES			PESO	TEST	SIGN.	IDEN	PORCENTAJES			PESO	TEST	SIGN.
	CLA/ MOD	MOD/ CLA	GLOB/ AL					CLA/ MOD	MOD/ CLA	GLOB/ AL			
V1	66,25	86,18	16,38	160	19,11	0,000	34	2,04	0,81	5,02	49	-2,34	0,010
IDV6	77,78	68,29	11,05	108	17,39	0,000	IDV4	6,62	8,13	15,46	151	-2,40	0,008
P1	98,44	51,22	6,55	64	16,73	0,000	CATA	8,53	23,58	34,80	340	-2,76	0,003
PP6	95,24	48,78	6,45	63	15,85	0,000	G6	4,96	4,88	12,38	121	-2,78	0,003
PP5	47,17	40,65	10,85	106	9,46	0,000	PID4	5,15	5,69	13,92	136	-2,90	0,002
E2	41,96	38,21	11,46	112	8,42	0,000	E4	6,45	11,38	22,21	217	-3,15	0,001
E3	29,25	34,96	15,05	147	5,87	0,000	25	5,38	8,13	19,04	186	-3,42	0,000
C7	40,00	21,14	6,65	65	5,72	0,000	V5	0,00	0,00	6,35	62	-3,58	0,000
84	38,71	19,51	6,35	62	5,33	0,000	C3	6,12	12,20	25,08	245	-3,62	0,000
33	50,00	13,82	3,48	34	5,28	0,000	V2	5,88	13,82	29,58	289	-4,23	0,000
G1	21,23	30,89	18,32	179	3,54	0,000	PP1	0,00	0,00	11,87	116	-5,32	0,000
PID1	17,46	50,41	36,34	355	3,32	0,000	PP4	3,83	8,13	26,71	261	-5,35	0,000
							IDV1	2,45	4,07	20,88	204	-5,47	0,000
							E6	0,00	0,00	13,61	133	-5,78	0,000
							V4	0,00	0,00	15,25	149	-6,19	0,000
							IDV3	2,06	4,07	24,87	243	-6,42	0,000
							IDV2	0,55	0,81	18,53	181	-6,46	0,000
							PP3	0,95	1,63	21,49	210	-6,72	0,000
							P3	3,28	8,94	34,29	335	-6,82	0,000
							E5	2,11	4,88	29,17	285	-7,08	0,000
							PP2	0,45	0,81	22,62	221	-7,40	0,000
							P4	0,00	0,00	27,84	272	-8,99	0,000
							V3	0,00	0,00	32,45	317	-9,92	0,000

* En los cuadros se indica:

- IDEN: Rótulo o identificador de la modalidad a caracterizar (ver anexo A4.2.2.).
- Porcentaje CLA/MOD: Porcentaje que representa sobre la muestra total el número de empresas del grupo con dicha modalidad.
- Porcentaje MOD/CLA: Frecuencia relativa de la categoría en el agrupamiento.
- Porcentaje GLOBAL: Frecuencia relativa de la modalidad en el conjunto de la muestra.
- Peso. Número de empresas que tienen ese atributo en la muestra.
- Valor *test* y significación: Hacen referencia a un contraste, basado en la distribución de probabilidad hipergeométrica, acerca de si la representación de la modalidad en el grupo es distinta que en el conjunto de la muestra. Las modalidades que aparecen en la parte izquierda de las tablas son aquellas para las que se ha rechazado la hipótesis nula a causa de su excesivo peso en el grupo. Las que aparecen en el lado derecho son demasiado escasas.

Cuadro 2: Caracterización del segundo grupo de empresas.

IDEN	PORCENTAJES						IDEN	PORCENTAJES					
	CLA/ MOD	MOD/ CLA	GLOB AL	PESO	TEST	SIGN.		CLA/ MOD	MOD/ CLA	GLOB AL	PESO	TEST	SIGN.
P2	80,72	89,82	31,32	306	24,98	0,000	PCNO	26,04	68,36	73,90	722	-2,36	0,009
V2	70,24	73,82	29,58	289	18,58	0,000	PVAS	19,76	12,00	17,09	167	-2,61	0,004
PID1	52,96	68,36	36,34	355	12,85	0,000	36	3,70	0,36	2,76	27	-2,99	0,001
G1	63,13	41,09	18,32	179	10,89	0,000	C3	20,41	18,18	25,08	245	-3,09	0,001
PP4	54,02	51,27	26,71	261	10,45	0,000	G4	15,86	8,36	14,84	145	-3,62	0,000
E4	52,07	41,09	22,21	217	8,49	0,000	MADR	17,60	14,91	23,85	233	-4,15	0,000
C1	71,43	9,09	3,58	35	5,25	0,000	IDV6	11,11	4,36	11,05	108	-4,37	0,000
E3	45,58	24,36	15,05	147	4,83	0,000	IDV1	15,20	11,27	20,88	204	-4,74	0,000
IDV5	50,00	16,36	9,21	90	4,51	0,000	PP6	3,17	0,73	6,45	63	-5,12	0,000
IDV4	43,05	23,64	15,46	151	4,20	0,000	P1	1,56	0,36	6,55	64	-5,66	0,000
G2	39,27	31,27	22,42	219	3,99	0,000	G5	6,54	2,55	10,95	107	-5,75	0,000
CATA	36,18	44,73	34,80	340	3,97	0,000	V5	0,00	0,00	6,35	62	-6,10	0,000
PCSÍ	34,12	31,64	26,10	255	2,36	0,009	PP2	11,31	9,09	22,62	221	-6,65	0,000
							E5	13,68	14,18	29,17	285	-6,66	0,000
							PP1	3,45	1,45	11,87	116	-7,16	0,000
							E6	4,51	2,18	13,61	133	-7,31	0,000
							PID3	9,40	8,00	23,95	234	-7,79	0,000
							G6	0,83	0,36	12,38	121	-8,50	0,000
							PID4	0,74	0,36	13,92	136	-9,14	0,000
							V4	0,00	0,00	15,25	149	-10,11	0,000
							P3	8,06	9,82	34,29	335	-10,72	0,000
							V3	5,68	6,55	32,45	317	-11,76	0,000
							P4	0,00	0,00	27,84	272	-14,53	0,000

Cuadro 3: Caracterización del tercer grupo de empresas.

IDEN	PORCENTAJES			PESO	TEST	SIGN.	IDEN	PORCENTAJES			PESO	TEST	SIGN.
	CLA/ MOD	MOD/ CLA	GLOB AL					CLA/ MOD	MOD/ CLA	GLOB AL			
P3	77,31	77,31	34,29	335	20,67	0,000	E2	21,43	7,16	11,46	112	-3,03	0,001
V3	76,97	72,84	32,45	317	19,53	0,000	IDV4	23,18	10,45	15,46	151	-3,11	0,001
PID2	56,75	42,69	25,79	252	8,49	0,000	C6	15,52	2,69	5,94	58	-3,12	0,001
G3	58,25	35,82	21,08	206	7,90	0,000	35	19,10	5,07	9,11	89	-3,17	0,001
PCNO	40,72	87,76	73,90	722	7,36	0,000	33	8,82	0,90	3,48	34	-3,27	0,001
E5	51,93	44,18	29,17	285	7,28	0,000	C1	8,57	0,90	3,58	35	-3,37	0,000
PP2	53,85	35,52	22,62	221	6,75	0,000	PID1	27,32	28,96	36,34	355	-3,42	0,000
IDV2	55,25	29,85	18,53	181	6,35	0,000	E4	24,42	15,82	22,21	217	-3,45	0,000
PP3	50,95	31,94	21,49	210	5,56	0,000	84	12,90	2,39	6,35	62	-3,77	0,000
PVAS	50,30	25,07	17,09	167	4,61	0,000	G5	17,76	5,67	10,95	107	-3,88	0,000
36	74,07	5,97	2,76	27	4,09	0,000	P4	24,63	20,00	27,84	272	-3,94	0,000
G4	48,97	21,19	14,84	145	3,87	0,000	C7	12,31	2,39	6,65	65	-4,00	0,000
31	61,22	8,96	5,02	49	3,81	0,000	V4	18,79	8,36	15,25	149	-4,40	0,000
IDV3	44,03	31,94	24,87	243	3,58	0,000	MADR	22,32	15,52	23,85	233	-4,44	0,000
G2	43,84	28,66	22,42	219	3,26	0,001	V2	21,80	18,81	29,58	289	-5,38	0,000
PP1	48,28	16,72	11,87	116	3,22	0,001	E3	13,61	5,97	15,05	147	-6,00	0,000
IDV1	42,65	25,97	20,88	204	2,72	0,003	PP4	18,39	14,33	26,71	261	-6,46	0,000
C3	41,22	30,15	25,08	245	2,55	0,005	G1	13,97	7,46	18,32	179	-6,62	0,000
E6	44,36	17,61	13,61	133	2,50	0,006	V5	0,00	0,00	6,35	62	-6,97	0,000
C5	43,24	19,10	15,15	148	2,37	0,009	IDV5	4,44	1,19	9,21	90	-6,99	0,000
48	56,67	5,07	3,07	30	2,37	0,009	PP6	0,00	0,00	6,45	63	-7,03	0,000
							P1	0,00	0,00	6,55	64	-7,10	0,000
							PCSÍ	16,08	12,24	26,10	255	-7,36	0,000
							PP5	4,72	1,49	10,85	106	-7,58	0,000
							G6	3,31	1,19	12,38	121	-8,70	0,000
							IDV6	1,85	0,60	11,05	108	-8,71	0,000
							PID4	0,74	0,30	13,92	136	-10,48	0,000
							V1	0,00	0,00	16,38	160	-11,98	0,000
							P2	2,94	2,69	31,32	306	-15,55	0,000

Cuadro 4: Caracterización del cuarto grupo de empresas.

IDEN	PORCENTAJES						IDEN	PORCENTAJES					
	CLA/ MOD	MOD/ CLA	GLOB AL	PESO	TEST	SIGN.		CLA/ MOD	MOD/ CLA	GLOB AL	PESO	TEST	SIGN.
P4	75,37	84,02	27,84	272	22,11	0,000	VALE	12,31	3,28	6,65	65	-2,42	0,008
PID4	93,38	52,05	13,92	136	18,68	0,000	CATA	20,00	27,87	34,80	340	-2,57	0,005
G6	90,91	45,08	12,38	121	16,66	0,000	PP5	14,15	6,15	10,85	106	-2,73	0,003
V4	81,21	49,59	15,25	149	15,98	0,000	32	13,21	5,74	10,85	106	-2,99	0,001
V5	100,0	25,41	6,35	62	13,34	0,000	E2	13,39	6,15	11,46	112	-3,04	0,001
G5	68,22	29,92	10,95	107	10,00	0,000	E4	17,05	15,16	22,21	217	-3,05	0,001
MADR	43,35	41,39	23,85	233	7,08	0,000	PP3	16,19	13,93	21,49	210	-3,33	0,000
E6	51,13	27,87	13,61	133	6,96	0,000	V3	17,35	22,54	32,45	317	-3,81	0,000
PID3	40,17	38,52	23,95	234	5,88	0,000	C1	0,00	0,00	3,58	35	-3,98	0,000
PP1	48,28	22,95	11,87	116	5,73	0,000	IDV6	9,26	4,10	11,05	108	-4,21	0,000
IDV1	39,71	33,20	20,88	204	5,20	0,000	E3	11,56	6,97	15,05	147	-4,23	0,000
PCSÍ	36,86	38,52	26,10	255	4,90	0,000	PCNO	20,78	61,48	73,90	722	-4,90	0,000
PP2	34,39	31,15	22,62	221	3,51	0,000	PP6	1,59	0,41	6,45	63	-5,11	0,000
E5	32,28	37,70	29,17	285	3,26	0,001	P1	0,00	0,00	6,55	64	-5,74	0,000
C3	32,24	32,38	25,08	245	2,91	0,002	G3	7,77	6,56	21,08	206	-6,91	0,000
25	32,80	25,00	19,04	186	2,60	0,005	P3	11,34	15,57	34,29	335	-7,36	0,000
							PID2	5,95	6,15	25,79	252	-8,83	0,000
							G1	1,68	1,23	18,32	179	-9,31	0,000
							V1	0,00	0,00	16,38	160	-9,78	0,000
							G2	1,83	1,64	22,42	219	-10,42	0,000
							V2	2,08	2,46	29,58	289	-12,21	0,000
							PID1	2,25	3,28	36,34	355	-13,88	0,000
							P2	0,33	0,41	31,32	306	-14,18	0,000

Anexo A4.2.5.* Descripción de los grupos A a G.

Cuadro 1: Caracterización del grupo A.

IDEN	PORCENTAJES						IDEN	PORCENTAJES					
	CLA/ MOD	MOD/ CLA	GLOB AL	PESO	TEST	SIGN.		CLA/ MOD	MOD/ CLA	GLOB AL	PESO	TEST	SIGN.
P4	45,59	75,15	27,84	272	14,03	0,000	C6	5,17	1,82	5,94	58	-2,50	0,006
PID3	39,74	56,36	23,95	234	9,91	0,000	P3	12,24	24,85	34,29	335	-2,76	0,003
V4	38,26	34,55	15,25	149	6,83	0,000	IDV5	6,67	3,64	9,21	90	-2,78	0,003
G4	38,62	33,94	14,84	145	6,82	0,000	C1	0,00	0,00	3,58	35	-3,00	0,001
G5	41,12	26,67	10,95	107	6,28	0,000	PCSÍ	9,80	15,15	26,10	255	-3,56	0,000
PID4	36,76	30,30	13,92	136	6,02	0,000	ISDS	3,13	1,82	9,83	96	-4,20	0,000
V5	48,39	18,18	6,35	62	5,86	0,000	E3	5,44	4,85	15,05	147	-4,31	0,000
E5	28,07	48,48	29,17	285	5,70	0,000	PP6	0,00	0,00	6,45	63	-4,40	0,000
G6	35,54	26,06	12,38	121	5,27	0,000	P1	0,00	0,00	6,55	64	-4,45	0,000
E6	30,83	24,85	13,61	133	4,22	0,000	E4	5,99	7,88	22,21	217	-5,18	0,000
V3	23,66	45,45	32,45	317	3,75	0,000	G3	5,34	6,67	21,08	206	-5,36	0,000
PP1	30,17	21,21	11,87	116	3,70	0,000	PP5	0,94	0,61	10,85	106	-5,48	0,000
PCNO	19,39	84,85	73,90	722	3,56	0,000	IDV6	0,00	0,00	11,05	108	-6,10	0,000
PP2	24,43	32,73	22,62	221	3,20	0,001	PID2	5,16	7,88	25,79	252	-6,22	0,000
C2	42,86	7,27	2,87	28	3,11	0,001	G2	3,65	4,85	22,42	219	-6,57	0,000
IDV1	24,51	30,30	20,88	204	3,06	0,001	G1	1,68	1,82	18,32	179	-6,98	0,000
MADR	23,61	33,33	23,85	233	2,96	0,002	V1	0,00	0,00	16,38	160	-7,71	0,000
C3	23,27	34,55	25,08	245	2,91	0,002	V2	1,04	1,82	29,58	289	-9,97	0,000
INDN	20,00	64,85	54,76	535	2,79	0,003	PID1	2,54	5,45	36,34	355	-10,00	0,000
25	23,12	26,06	19,04	186	2,35	0,009	P2	0,00	0,00	31,32	306	-11,50	0,000

* En los cuadros se indica:

- IDEN: Rótulo o identificador de la modalidad a caracterizar (ver anexo A4.2.2.).
- Porcentaje CLA/MOD: Porcentaje que representa sobre la muestra total el número de empresas del grupo con dicha modalidad.
- Porcentaje MOD/CLA: Frecuencia relativa de la categoría en el agrupamiento.
- Porcentaje GLOBAL: Frecuencia relativa de la modalidad en el conjunto de la muestra.
- Peso: Número de empresas que tienen ese atributo en la muestra.
- Valor *test* y significación: Hacen referencia a un contraste, basado en la distribución de probabilidad hipergeométrica, acerca de si la representación de la modalidad en el grupo es distinta que en el conjunto de la muestra. Las modalidades en la parte izquierda de las tablas son aquellas para las que se ha rechazado la hipótesis nula a causa de su excesivo peso en el grupo. Las que aparecen en la parte derecha son demasiado escasas. El *test* se distribuye como una normal estándar.

Cuadro 2: Caracterización del grupo B.

IDEN	PORCENTAJES						IDEN	PORCENTAJES					
	CLA/ MOD	MOD/ CLA	GLOB AL	PESO	TEST	SIGN.		CLA/ MOD	MOD/ CLA	GLOB AL	PESO	TEST	SIGN.
P4	36,40	82,50	27,84	272	13,39	0,000	C1	0,00	0,00	3,58	35	-2,35	0,009
PID4	50,00	56,67	13,92	136	12,11	0,000	PP5	4,72	4,17	10,85	106	-2,56	0,005
V4	45,64	56,67	15,25	149	11,47	0,000	E3	5,44	6,67	15,05	147	-2,80	0,003
G6	49,59	50,00	12,38	121	11,11	0,000	PP6	1,59	0,83	6,45	63	-2,88	0,002
PCSÍ	32,55	69,17	26,10	255	10,59	0,000	IDV6	3,70	3,33	11,05	108	-3,03	0,001
ISDS	44,79	35,83	9,83	96	8,47	0,000	V3	6,94	18,33	32,45	317	-3,56	0,000
V5	45,16	23,33	6,35	62	6,62	0,000	P1	0,00	0,00	6,55	64	-3,60	0,000
G5	31,78	28,33	10,95	107	5,63	0,000	E1	1,20	0,83	8,50	83	-3,61	0,000
MADR	22,75	44,17	23,85	233	5,17	0,000	P3	5,97	16,67	34,29	335	-4,45	0,000
PDSÍ	20,85	49,17	28,97	283	4,91	0,000	PDNO	8,79	50,83	71,03	694	-4,91	0,000
ISDN	25,16	33,33	16,27	159	4,87	0,000	G1	1,12	1,67	18,32	179	-5,86	0,000
PID3	21,79	42,50	23,95	234	4,72	0,000	V1	0,00	0,00	16,38	160	-6,37	0,000
C6	25,86	12,50	5,94	58	2,79	0,003	G3	0,49	0,83	21,08	206	-6,94	0,000
PP2	17,65	32,50	22,62	221	2,57	0,005	G2	0,00	0,00	22,42	219	-7,73	0,000
E6	19,55	21,67	13,61	133	2,49	0,006	V2	0,69	1,67	29,58	289	-8,36	0,000
							PID2	0,00	0,00	25,79	252	-8,44	0,000
							INDN	3,93	17,50	54,76	535	-8,86	0,000
							P2	0,33	0,83	31,32	306	-9,11	0,000
							PID1	0,28	0,83	36,34	355	-10,12	0,000
							PCNO	5,12	30,83	73,90	722	-10,59	0,000

Cuadro 3: Caracterización del grupo C.

IDEN	PORCENTAJES						IDEN	PORCENTAJES					
	CLA/ MOD	MOD/ CLA	GLOB AL	PESO	TEST	SIGN.		CLA/ MOD	MOD/ CLA	GLOB AL	PESO	TEST	SIGN.
V1	21,88	70,00	16,38	160	8,63	0,000	ISDN	1,26	4,00	16,27	159	-2,47	0,007
E1	30,12	50,00	8,50	83	7,93	0,000	ISDS	0,00	0,00	9,83	96	-2,58	0,005
PP6	34,92	44,00	6,45	63	7,79	0,000	G4	0,69	2,00	14,84	145	-2,79	0,003
P1	34,38	44,00	6,55	64	7,74	0,000	G5	0,00	0,00	10,95	107	-2,80	0,003
IDV6	24,07	52,00	11,05	108	7,33	0,000	E4	1,38	6,00	22,21	217	-2,94	0,002
PCNO	6,65	96,00	73,90	722	3,99	0,000	PP1	0,00	0,00	11,87	116	-2,97	0,002
INDN	7,48	80,00	54,76	535	3,66	0,000	G6	0,00	0,00	12,38	121	-3,06	0,001
C4	8,29	66,00	40,74	398	3,55	0,000	E6	0,00	0,00	13,61	133	-3,27	0,001
PID2	9,52	48,00	25,79	252	3,34	0,000	PID4	0,00	0,00	13,92	136	-3,32	0,000
PP5	13,21	28,00	10,85	106	3,33	0,000	IDV2	0,55	2,00	18,53	181	-3,40	0,000
P2	8,82	54,00	31,32	306	3,27	0,001	V4	0,00	0,00	15,25	149	-3,54	0,000
G2	9,59	42,00	22,42	219	3,05	0,001	PID3	0,85	4,00	23,95	234	-3,68	0,000
G3	9,71	40,00	21,08	206	2,99	0,001	PCSÍ	0,78	4,00	26,10	255	-3,99	0,000
35	12,36	22,00	9,11	89	2,68	0,004	IDV1	0,00	0,00	20,88	204	-4,38	0,000
E2	10,71	24,00	11,46	112	2,42	0,008	E5	0,70	4,00	29,17	285	-4,42	0,000
							PP2	0,00	0,00	22,62	221	-4,63	0,000
							P4	0,00	0,00	27,84	272	-5,33	0,000
							P3	0,30	2,00	34,29	335	-5,60	0,000
							V3	0,00	0,00	32,45	317	-5,92	0,000

Cuadro 4: Caracterización del grupo D.

IDEN	PORCENTAJES						IDEN	PORCENTAJES					
	CLA/ MOD	MOD/ CLA	GLOB AL	PESO	TEST	SIGN.		CLA/ MOD	MOD/ CLA	GLOB AL	PESO	TEST	SIGN.
P2	63,73	72,49	31,32	306	16,75	0,000	ISDS	16,67	5,95	9,83	96	-2,48	0,007
V2	52,60	56,51	29,58	289	11,00	0,000	G4	18,62	10,04	14,84	145	-2,57	0,005
PID1	46,48	61,34	36,34	355	9,82	0,000	36	3,70	,37	2,76	27	-2,93	0,002
G1	55,87	37,17	18,32	179	8,87	0,000	25	17,74	12,27	19,04	186	-3,33	0,000
V1	56,88	33,83	16,38	160	8,55	0,000	G3	17,96	13,75	21,08	206	-3,48	0,000
E3	54,42	29,74	15,05	147	7,44	0,000	C3	17,96	16,36	25,08	245	-3,90	0,000
PP5	59,43	23,42	10,85	106	7,24	0,000	G5	11,21	4,46	10,95	107	-4,18	0,000
IDV6	57,41	23,05	11,05	108	6,86	0,000	IDV2	14,36	9,67	18,53	181	-4,52	0,000
E4	42,40	34,20	22,21	217	5,32	0,000	G6	10,74	4,83	12,38	121	-4,64	0,000
PP6	55,56	13,01	6,45	63	4,73	0,000	E1	7,23	2,23	8,50	83	-4,66	0,000
P1	51,56	12,27	6,55	64	4,09	0,000	IDV1	14,22	10,78	20,88	204	-4,93	0,000
IDV5	45,56	15,24	9,21	90	3,74	0,000	PID4	10,29	5,20	13,92	136	-5,13	0,000
E2	42,86	17,84	11,46	112	3,62	0,000	PID3	13,68	11,90	23,95	234	-5,62	0,000
PP4	36,40	35,32	26,71	261	3,61	0,000	V5	0,00	0,00	6,35	62	-6,01	0,000
33	55,88	7,06	3,48	34	3,38	0,000	E5	12,98	13,75	29,17	285	-6,77	0,000
G2	36,53	29,74	22,42	219	3,24	0,001	E6	4,51	2,23	13,61	133	-7,17	0,000
C7	46,15	11,15	6,65	65	3,20	0,001	PP1	2,59	1,12	11,87	116	-7,38	0,000
39	53,13	6,32	3,28	32	2,94	0,002	PP2	8,14	6,69	22,62	221	-7,89	0,000
C4	32,41	47,96	40,74	398	2,75	0,003	P3	12,24	15,24	34,29	335	-8,01	0,000
INDS	35,83	24,91	19,14	187	2,69	0,004	V4	0,00	0,00	15,25	149	-9,97	0,000
84	43,55	10,04	6,35	62	2,68	0,004	V3	8,20	9,67	32,45	317	-9,98	0,000
							P4	0,00	0,00	27,84	272	-14,33	0,000

Cuadro 5: Caracterización del grupo E.

IDEN	PORCENTAJES						IDEN	PORCENTAJES					
	CLA/ MOD	MOD/ CLA	GLOB AL	PESO	TEST	SIGN.		CLA/ MOD	MOD/ CLA	GLOB AL	PESO	TEST	SIGN.
PCSÍ	23,14	78,67	26,10	255	9,86	0,000	IDV3	4,12	13,33	24,87	243	-2,38	0,009
C1	60,00	28,00	3,58	35	8,10	0,000	IDV2	3,31	8,00	18,53	181	-2,45	0,007
P2	17,65	72,00	31,32	306	7,44	0,000	V5	0,00	0,00	6,35	62	-2,53	0,006
G1	21,79	52,00	18,32	179	6,82	0,000	PVAS	2,99	6,67	17,09	167	-2,53	0,006
ISDS	29,17	37,33	9,83	96	6,69	0,000	E1	0,00	0,00	8,50	83	-3,11	0,001
V1	21,25	45,33	16,38	160	6,08	0,000	PP1	0,86	1,33	11,87	116	-3,24	0,001
IDV5	26,67	32,00	9,21	90	5,75	0,000	PP2	2,71	8,00	22,62	221	-3,28	0,001
PP4	16,48	57,33	26,71	261	5,73	0,000	P3	3,58	16,00	34,29	335	-3,52	0,000
ISDN	19,50	41,33	16,27	159	5,32	0,000	PID4	0,74	1,33	13,92	136	-3,69	0,000
E3	19,05	37,33	15,05	147	4,87	0,000	G3	1,94	5,33	21,08	206	-3,74	0,000
PID1	13,24	62,67	36,34	355	4,70	0,000	25	1,61	4,00	19,04	186	-3,75	0,000
C6	27,59	21,33	5,94	58	4,63	0,000	PDNO	5,33	49,33	71,03	694	-4,01	0,000
PDSÍ	13,43	50,67	28,97	283	4,01	0,000	G6	0,00	0,00	12,38	121	-4,01	0,000
V2	13,15	50,67	29,58	289	3,88	0,000	PID2	1,98	6,67	25,79	252	-4,23	0,000
PP5	17,92	25,33	10,85	106	3,59	0,000	E6	0,00	0,00	13,61	133	-4,26	0,000
E4	13,36	38,67	22,21	217	3,25	0,001	C4	3,27	17,33	40,74	398	-4,37	0,000
84	17,74	14,67	6,35	62	2,55	0,005	C3	1,63	5,33	25,08	245	-4,48	0,000
61	25,00	8,00	2,46	24	2,44	0,007	V4	0,00	0,00	15,25	149	-4,59	0,000
C7	16,92	14,67	6,65	65	2,42	0,008	PP3	0,95	2,67	21,49	210	-4,66	0,000
							E5	1,05	4,00	29,17	285	-5,58	0,000
							V3	0,95	4,00	32,45	317	-6,13	0,000
							P4	0,00	0,00	27,84	272	-6,76	0,000
							INDN	1,12	8,00	54,76	535	-8,81	0,000
							PCNO	2,22	21,33	73,90	722	-9,86	0,000

Cuadro 6: Caracterización del grupo F.

IDEN	PORCENTAJES						IDEN	PORCENTAJES					
	CLA/ MOD	MOD/ CLA	GLOB AL	PESO	TEST	SIGN.		CLA/ MOD	MOD/ CLA	GLOB AL	PESO	TEST	SIGN.
PID2	25,00	84,00	25,79	252	10,98	0,000	V2	4,50	17,33	29,58	289	-2,37	0,009
P3	20,30	90,67	34,29	335	10,53	0,000	C6	0,00	0,00	5,94	58	-2,41	0,008
G3	25,24	69,33	21,08	206	9,34	0,000	V5	0,00	0,00	6,35	62	-2,53	0,006
V3	18,93	80,00	32,45	317	8,72	0,000	PP6	0,00	0,00	6,45	63	-2,56	0,005
PCNO	10,39	100,0	73,90	722	6,48	0,000	P1	0,00	0,00	6,55	64	-2,59	0,005
INDN	12,34	88,00	54,76	535	6,29	0,000	E4	2,76	8,00	22,21	217	-3,20	0,001
IDV2	18,78	45,33	18,53	181	5,48	0,000	IDV5	0,00	0,00	9,21	90	-3,29	0,000
E1	26,51	29,33	8,50	83	5,44	0,000	G4	1,38	2,67	14,84	145	-3,36	0,000
PVAS	18,56	41,33	17,09	167	5,08	0,000	ISDS	0,00	0,00	9,83	96	-3,44	0,000
PP3	16,67	46,67	21,49	210	4,96	0,000	V4	1,34	2,67	15,25	149	-3,44	0,000
PDNO	9,51	88,00	71,03	694	3,46	0,000	PDSÍ	3,18	12,00	28,97	283	-3,46	0,000
PP2	12,67	37,33	22,62	221	2,89	0,002	PP5	0,00	0,00	10,85	106	-3,67	0,000
							G5	0,00	0,00	10,95	107	-3,70	0,000
							IDV6	0,00	0,00	11,05	108	-3,72	0,000
							MADR	2,15	6,67	23,85	233	-3,88	0,000
							G6	0,00	0,00	12,38	121	-4,01	0,000
							P4	2,21	8,00	27,84	272	-4,25	0,000
							PID4	0,00	0,00	13,92	136	-4,33	0,000
							PID1	2,82	13,33	36,34	355	-4,47	0,000
							E3	0,00	0,00	15,05	147	-4,55	0,000
							PP4	1,53	5,33	26,71	261	-4,77	0,000
							ISDN	0,00	0,00	16,27	159	-4,78	0,000
							V1	0,00	0,00	16,38	160	-4,80	0,000
							PID3	0,85	2,67	23,95	234	-5,10	0,000
							G1	0,00	0,00	18,32	179	-5,16	0,000
							PCSÍ	0,00	0,00	26,10	255	-6,48	0,000
							P2	0,33	1,33	31,32	306	-6,79	0,000

Cuadro 7: Caracterización del grupo G.

IDEN	PORCENTAJES			PESO	TEST	SIGN.	IDEN	PORCENTAJES			PESO	TEST	SIGN.
	CLA/ MOD	MOD/ CLA	GLOB AL					CLA/ MOD	MOD/ CLA	GLOB AL			
P3	45,37	68,16	34,29	335	11,82	0,000	PDSÍ	17,67	22,42	28,97	283	-2,40	0,008
V3	41,32	58,74	32,45	317	9,23	0,000	35	12,36	4,93	9,11	89	-2,45	0,007
PCNO	28,12	91,03	73,90	722	7,07	0,000	V4	14,77	9,87	15,25	149	-2,52	0,006
G3	39,32	36,32	21,08	206	6,00	0,000	G1	15,08	12,11	18,32	179	-2,72	0,003
PP1	45,69	23,77	11,87	116	5,75	0,000	C1	2,86	0,45	3,58	35	-3,05	0,001
INDN	29,72	71,30	54,76	535	5,66	0,000	P4	15,81	19,28	27,84	272	-3,24	0,001
IDV1	38,24	34,98	20,88	204	5,57	0,000	E2	10,71	5,38	11,46	112	-3,33	0,000
PID2	35,32	39,91	25,79	252	5,24	0,000	84	6,45	1,79	6,35	62	-3,34	0,000
G2	36,53	35,87	22,42	219	5,21	0,000	V5	6,45	1,79	6,35	62	-3,34	0,000
PP2	34,39	34,08	22,62	221	4,43	0,000	C7	6,15	1,79	6,65	65	-3,52	0,000
C5	37,84	25,11	15,15	148	4,42	0,000	MADR	13,73	14,35	23,85	233	-3,84	0,000
E5	31,58	40,36	29,17	285	4,02	0,000	PID3	13,68	14,35	23,95	234	-3,88	0,000
31	42,86	9,42	5,02	49	3,07	0,001	E3	10,20	6,73	15,05	147	-4,12	0,000
E6	33,83	20,18	13,61	133	3,04	0,001	ISDS	6,25	2,69	9,83	96	-4,40	0,000
48	46,67	6,28	3,07	30	2,75	0,003	PP4	13,03	15,25	26,71	261	-4,49	0,000
PID1	27,89	44,39	36,34	355	2,75	0,003	G5	6,54	3,14	10,95	107	-4,58	0,000
PDNO	24,93	77,58	71,03	694	2,40	0,008	PP6	1,59	0,45	6,45	63	-4,77	0,000
C3	28,57	31,39	25,08	245	2,36	0,009	ISDN	8,81	6,28	16,27	159	-4,87	0,000
IDV2	29,83	24,22	18,53	181	2,35	0,009	P1	0,00	0,00	6,55	64	-5,41	0,000
							PP5	3,77	1,79	10,85	106	-5,56	0,000
							G6	4,13	2,24	12,38	121	-5,85	0,000
							IDV5	1,11	0,45	9,21	90	-6,08	0,000
							IDV6	1,85	0,90	11,05	108	-6,41	0,000
							PCSÍ	7,84	8,97	26,10	255	-7,07	0,000
							PID4	2,21	1,35	13,92	136	-7,15	0,000
							P2	9,15	12,56	31,32	306	-7,21	0,000
							V1	0,00	0,00	16,38	160	-9,25	0,000

4.3. LOS PROYECTOS CONCERTADOS: UNA APROXIMACIÓN A LA ACTUACIÓN PÚBLICA.

Una vez que se han establecido los rasgos característicos de las empresas que han disfrutado de Proyectos Concertados, y sus diferencias respecto a las empresas que no han accedido a estas ayudas, el siguiente objetivo consiste en analizar los proyectos que se han realizado en el periodo 1988-1991 en función de sus características y de las empresas que los desarrollan. La técnica empleada es, al igual que en la sección anterior, el análisis de correspondencias múltiples (ACM).

La estructura de esta sección es la siguiente. En el primer apartado se definen las variables que se van a utilizar. Después, en el apartado segundo, se resume en dos ejes factoriales toda la información referente a los proyectos y a las empresas que los realizan, para luego comentar las relaciones existentes entre las categorías utilizadas y los ejes obtenidos. Además, la ubicación en el primer plano factorial de los distintos Programas Nacionales y de las comunidades autónomas donde radican las empresas hace posible sintetizar las diferencias y similitudes entre ellos. En el tercer apartado se agrupan los proyectos según su proximidad en los cinco primeros ejes factoriales, obteniéndose una tipología de proyectos que pone de manifiesto la existencia de conjuntos de proyectos con características diferenciadas.

El cuarto apartado está dedicado al análisis de la actuación pública en relación a cada uno de los grupos obtenidos. Se pretende obtener alguna evidencia que oriente la construcción posterior de un modelo explicativo del comportamiento del CDTI cuando concede Proyectos Concertados. En concreto, se exploran:

- Los determinantes del diferente grado de colaboración de los centros públicos de investigación.
- Las características que explican que algunas empresas hayan desarrollado más de un Proyecto Concertado a lo largo de la primera fase del Plan Nacional de I+D.
- La financiación otorgada por el Plan Nacional a cada uno de estos grupos en el periodo 1988-91, para apreciar si se ha proporcionado tratamiento diferente a los proyectos en función del grupo en que se encuadran. Se trata de una primera aproximación, pues en la sección 4.4. se analizan con mayor rigor y profundidad los determinantes de la financiación que se ha concedido a los Proyectos Concertados con cargo al Fondo Nacional de I+D.

4.3.1. Datos y variables.

Los datos que se emplean corresponden a 377 Proyectos Concertados concedidos, entre los años 1988 y 1991, a 254 empresas distintas. La información relativa al proyecto proviene de la propuesta presentada al CDTI para obtener el Proyecto Concertado, mientras que la correspondiente a la empresa que lo realiza procede de su petición más reciente al CDTI, por eso, la fecha a que se refieren las variables que describen la empresa que desarrolla el proyecto es variable, aunque queda siempre comprendida entre 1987 y 1992. La base de datos proporcionada por el CDTI constaba de 443 proyectos, pero se eliminaron aquellos para los que se carecía de información completa acerca de la empresa que obtuvo el Proyecto Concertado o del propio proyecto de investigación³¹.

Para realizar el análisis de correspondencias, se han introducido variables³² acerca de la empresa, del proyecto desarrollado y de las relaciones entre ambos, cuyo significado y descripción de las modalidades que las componen figuran en el anexo A4.3.1. Al igual que en la sección 4.2. y por las mismas razones apuntadas ahí, las variables continuas fueron transformadas cuando fue necesario para dar lugar a variables discretas, de forma que puede aplicarse el método de correspondencias múltiples³³.

a) Sobre la empresa que desarrolla el proyecto:

En el cuadro 1 se ha sintetizado la información relativa a las variables que caracterizan a las empresas que realizan proyectos. Como variables activas³⁴ se han introducido dos variables que miden la dimensión de la empresa que realiza el proyecto: plantilla de la empresa (PLANTIC) y ventas (VENTASC). Por su parte, el personal de I+D declarado por la empresa (PERIDC) y el gasto total en actividades de I+D (GASTOIDC) reflejan la magnitud del departamento de I+D. Además, el porcentaje de las ventas que cada empresa dedica a gasto en I+D (IDVC) y la relación entre el personal en el departamento de I+D y la plantilla (PIDPLAC) se emplean como indicador de la intensidad investigadora. El sector de actividad de la empresa también se incluye como variable activa, aunque para

³¹ Las empresas que desarrollan los Proyectos Concertados son las mismas que formaban el colectivo de empresas con Proyecto Concertado en la base de datos utilizada en la sección anterior. No obstante, se ha eliminado una empresa debido a que no se dispone de información completa acerca del proyecto que fue financiado por el CDTI.

³² Junto a cada variable figura, entre paréntesis, el nombre resumido de la variable. En el anexo A4.3.1. se aporta información adicional acerca del significado de cada una de las modalidades de las variables.

³³ En la sección 4.2. se proporcionan algunas referencias básicas sobre el análisis de correspondencias múltiples.

³⁴ Las variables activas son prácticamente las mismas que las empleadas en la sección 4.2. No obstante, los intervalos correspondientes a cada modalidad se han modificado en algunos casos para evitar que la composición de los ejes factoriales se desvirtúe a causa de la existencia de categorías con reducido número de proyectos.

evitar la presencia de modalidades con efectivo débil sólo se consideran 6 categorías (variable CNAE6).

Cuadro 1: Resumen de las variables empleadas relativas a la empresa.

Variable	Significado	Raíz del rótulo	Número de categorías	Comentario
VENTASC	Ventas totales	V	5	Ordenadas de menor a mayor
PLANTIC	Plantilla total	P	5	Ordenadas de menor a mayor
PERIDC	Personal de I+D	PID	5	Ordenadas de menor a mayor
GASTOIDC	Gasto total en I+D	GID	6	Ordenadas de menor a mayor
IDVC	Gasto en I+D/ventas	IDV	6	Ordenadas de menor a mayor
PIDPLAC	Personal de I+D/Plantilla	PP	5	Ordenadas de menor a mayor
CNAE6	Ramas de actividad	C	6	
XV*	Exportaciones/ventas	XV	5	Ordenadas de menor a mayor
RECURC*	Recursos propios	R	5	Ordenadas de menor a mayor
EDADC*	Antigüedad de la empresa	E	6	Ordenadas de menor a mayor (3)
TIPLAC*	%Titulados en plantilla	TI	4	Ordenadas de menor a mayor
TIDPID*	%Titulados en dpto. I+D	TID	3	Ordenadas de menor a mayor
PD*	Tiene Proyecto de Desarrollo Tecnológico	(1)	2	
AUTON*	Comunidad autónoma	(2)	17	
NPROC*	Número de proyectos	NP	3	Ordenadas de menor a mayor

* Variables suplementarias.

(1) PDSÍ: ha tenido Proyecto de Desarrollo Tecnológico. PDNO: no lo ha tenido.

(2) Se usa como rótulo las cuatro primeras letras del nombre de la autonomía.

(3) La primera modalidad de la variable EDADC (E1) recoge las empresas cuya fecha de creación se desconoce.

Como variables ilustrativas se ha incluido la información adicional sobre la empresa, compuesta por los recursos propios de la empresa (RECURC), el ratio exportaciones/ventas (XV), la antigüedad de la empresa (EDADC)³⁵ y la comunidad autónoma en la que radica (AUTON). También se ha introducido el porcentaje que representan los titulados que desarrollan su trabajo en el departamento de I+D en relación al personal total de ese departamento (TIDPID), así como el que supone el conjunto de los titulados en la plantilla de la empresa (TIPLAC). Por último, para conocer el grado en que la empresa ha mantenido vínculos con el CDTI se considera el número de Proyectos Concertados que han sido concedidos a la empresa durante el período 1988-1991 (NPROC) y una variable que recoge si la empresa desarrolla o no Proyectos de Desarrollo Tecnológico (PD).

b) Sobre el proyecto y la relación entre proyecto y empresa:

En el cuadro 2 se indican las variables relativas al proyecto que se han empleado. La primera característica relevante es la magnitud de los proyectos. Se mide a través de su

³⁵ A pesar de que eran variables activas en el análisis de la base de datos de empresas, no han sido empleadas para formar los ejes, la antigüedad de la empresa (E), debido a su escasa contribución absoluta, ni la variable que recoge si la empresa desarrolla o no Proyectos de Desarrollo, ya que en este análisis no resulta tan relevante como en el que trata de explicar cómo son las empresas que realizan Proyectos Concertados.

presupuesto total (PRESUPC) y de los investigadores-año que se han dedicado al proyecto (EJTDC). La segunda variable considera el número de investigadores en dedicación plena que participan en el proyecto -tanto en la empresa como en los centros públicos de investigación- y la diferente duración de los proyectos³⁶.

Cuadro 2: Resumen de las variables empleadas relativas al proyecto.

Variable(1)	Significado	Raíz del rótulo	Número de categorías
PRESUPC	Presupuesto del proyecto	PRE	5
DPRESC	%Gasto ejecutado por la empresa	DPR	6
DMANO	%Gasto en mano de obra ejecutado por la empresa	DMA	5
RDPRESC	%Gasto ejecutado por la empresa/media del programa nacional	RDP	4
EJODC	Investigadores en equiv. a dedicación plena en CPI	EJOD	5
EJTDC	Investigadores en equiv. a dedicación plena totales	JTD	5
TIPOC*	Programa Nacional	(2)	15
EJP*	Investigadores EDP/personal de I+D	EJP	5
NCPIC*	Número de CPI que colaboran	NC	3
DUC*	Duración del proyecto	DU	6
PLAN*	Crédito concedido por el CDTI	PLA	5
PLANPRES*	Porcentaje del presupuesto financiado por el CDTI	PLP	5
GPRESDUC*	Presupuesto I+D/Gasto anualizado del proyecto	GPD	6
IEJCDC*	Inversión por investigador EDP	IJD	5

* Variables suplementarias.

(1) Las modalidades de todas las variables están ordenadas de menor a mayor en función de la magnitud de la variable original, excepto la variable TIPOC, que es cualitativa por naturaleza.

(2) Las quince modalidades de esta variable se identifican mediante una abreviatura de tres letras cuyo significado se puede consultar en el anexo A4.3.1.

Uno de los objetivos de los Proyectos Concertados es generar colaboración entre las empresas y los centros públicos de investigación (CPI). Por ello, se incluyen dos medidas de la participación de estos organismos públicos en los proyectos. Por una parte, a través del número de investigadores-año que dedican al proyecto las universidades y organismos públicos de investigación (EJODC), si bien esta variable también está relacionada con el tamaño del proyecto. Por otra parte, dos variables recogen información acerca del reparto de la ejecución del proyecto entre la empresa y la universidad u OPI. Ambas reflejan la importancia cuantitativa que la investigación realizada en la empresa tiene en el total, aunque lo hacen considerando distintas medidas de los recursos destinados a la investigación. Se refieren a la parte del gasto del proyecto que es ejecutado por la empresa -incluyendo la inversión en el mismo en activos fijos -(DPRESC) y a la relación entre el gasto en mano de obra que es satisfecho al personal de la empresa y el gasto total en mano de obra del proyecto (DMANO).

³⁶ Para obtener el número de investigadores que, en equivalente a dedicación plena, intervienen en el proyecto se suman las dedicaciones de tiempo de todos los investigadores que participan y se obtiene a cuantos investigadores a jornada completa equivalen (EJC). Así, el número de investigadores en dedicación plena-año que participan en el proyecto es el producto del total de investigadores en dedicación plena por la duración del proyecto expresada en años.

Por último, con la finalidad de captar las diferencias que existen en la colaboración de los CPI entre los proyectos de un mismo Programa Nacional o tipo de proyecto, se ha generado una variable que mide la divergencia entre la ejecución de un presupuesto por la empresa y el conjunto de la participación de las empresas en ese Programa Nacional. (RDPRESC). Esta variable permite garantizar que la ubicación de los proyectos en los ejes factoriales no se debe tan solo a las diferencias existentes entre las disciplinas científicas, sino que refleja también los rasgos diferenciales de los proyectos de un mismo Programa Nacional.

Como variables ilustrativas relativas al proyecto se consideran el tipo de proyecto (TIPOC), con 15 modalidades correspondientes a cada uno de los programas del Plan Nacional de I+D, el número de centros públicos de investigación que intervienen en el proyecto (NCPIC) y la duración del mismo (DUC). Además, para recoger el diferente coste de la investigación entre los diversos proyectos, se eligió la variable gasto realizado por la empresa en el proyecto por EJC-año dedicado por la empresa (IEJCDC).

Para reflejar la aportación de fondos del Plan Nacional, también se incluyen como variables suplementarias el crédito concedido (PLAN), y el porcentaje que representa en el presupuesto total (PLANPRES).

Por último, se han añadido dos indicadores de la importancia que tiene el proyecto aprobado públicamente en el conjunto de proyectos desarrollados por la empresa. El primero es el número de equivalentes a investigador a jornada completa que dedica la empresa al proyecto en relación al personal de Investigación y Desarrollo (EJP). El mismo papel -aunque en sentido inverso- desempeña el gasto en actividades de I+D de la empresa respecto al presupuesto total anualizado del proyecto (GPRESDUC), que mide la capacidad de investigación de la empresa respecto al tamaño del proyecto que aborda la empresa. Ambas variables pueden interpretarse de forma alternativa como medidas del "agobio" que supone para la empresa dicho proyecto, es decir, una aproximación al grado en que el personal de investigación de la empresa necesita esforzarse para realizar el Proyecto Concertado o a la necesidad de que los recursos del departamento de I+D se concentren para su ejecución.

4.3.2. Resultados del análisis factorial de correspondencias.

4.3.2.1. Interpretación de los ejes factoriales.

El análisis de correspondencias múltiples se ha realizado utilizando las 13 variables activas de los cuadros 1 y 2, que totalizan 68 modalidades. Los valores propios de los primeros ejes factoriales se muestran en el cuadro 3. Como es habitual en la técnica de correspondencias múltiples, los primeros ejes resumen una porción pequeña de la varianza total (así, los dos primeros ejes tienen una tasa de inercia del 14,6%). Para

solucionar este problema, Benzecri (1979) propone calcular las tasas de inercia sobre una transformación de los valores propios³⁷. Cuando se lleva a cabo la corrección, se observa que los dos primeros ejes factoriales representan el 60% de la inercia y si se añade el tercer eje se alcanza el 73%.

Cuadro 3: Inercia explicada por los primeros ejes factoriales.

	Valor propio	Porcentaje de la inercia	Porcentaje acumulado	Valor propio corregido	Porcentaje	Porcentaje acumulado
1	0,3454	8,16	8,16	0,0846	39,02	39,02
2	0,2738	6,47	14,64	0,0455	20,98	60,00
3	0,2323	5,49	20,13	0,0283	13,05	73,05
4	0,2006	4,74	24,87	0,0179	8,25	81,30
5	0,1725	4,08	28,95	0,0107	4,93	86,23
6	0,1540	3,64	32,59	0,0069	3,18	89,41
7	0,1508	3,57	36,15	0,0064	2,95	92,36
8	0,1457	3,44	39,60	0,0055	2,53	94,89
9	0,1307	3,09	42,69	0,0033	1,52	96,41
10	0,1156	2,73	45,42	0,0017	0,78	97,19
Σ	4,2308			0,2168		

La identificación del significado de los ejes factoriales se realiza en dos etapas. Primero se analizan las variables activas, empleando los cuadros que se incluyen en el anexo A4.3.2., para determinar qué información resume cada eje. Posteriormente, se comenta la ubicación de todas las modalidades, activas e ilustrativas, en el plano factorial formado por los dos primeros ejes, que se consideran suficientes para reflejar los rasgos principales de la nube de puntos.

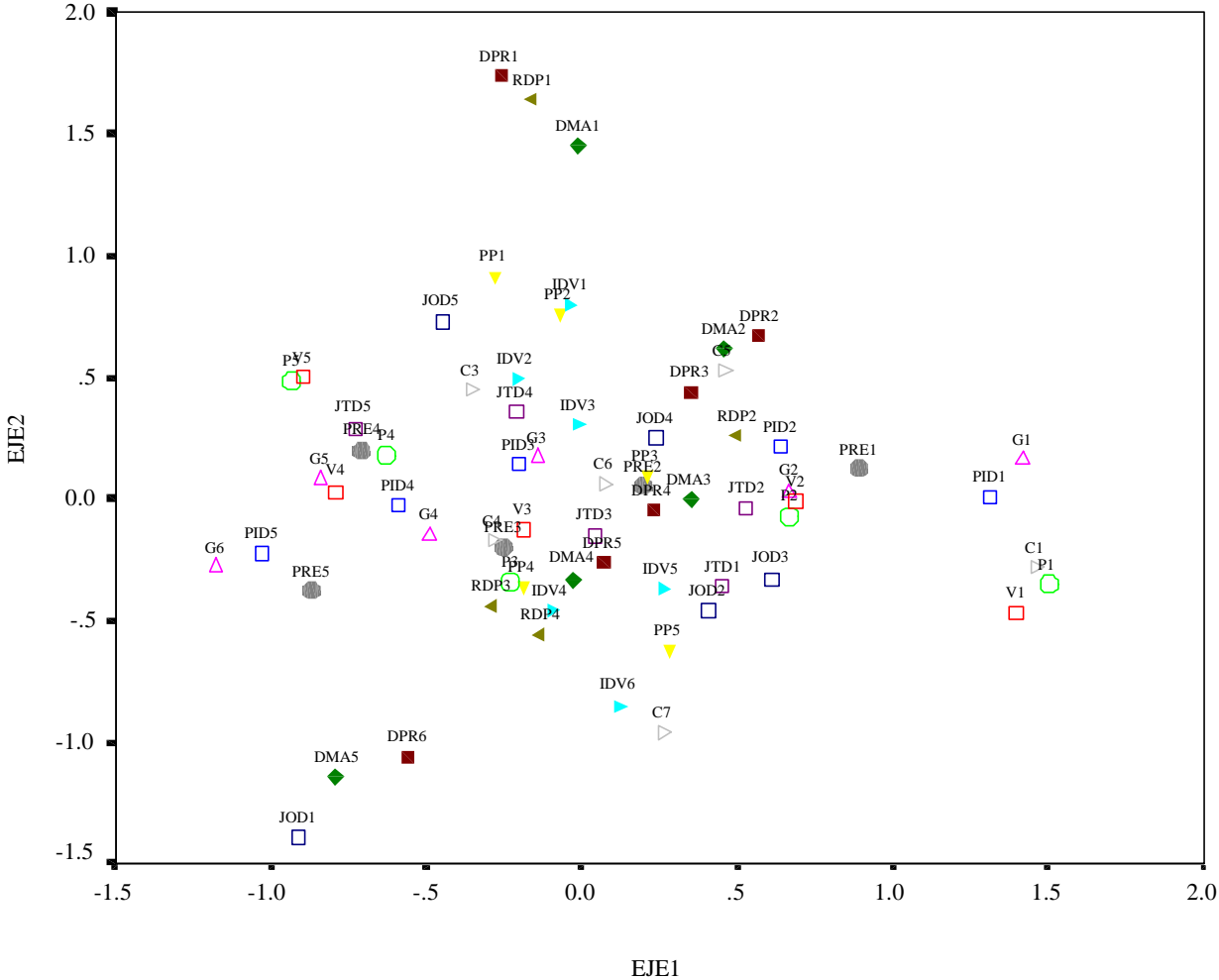
Eje 1:

Las variables ventas, plantilla, personal de I+D y gasto en actividades de investigación reúnen una contribución absoluta al primer factor del 64,8%. Además, la magnitud de las contribuciones relativas indica que estas variables quedan bien explicadas por éste, como se aprecia en el gráfico 1, donde las modalidades de estas variables se ordenan inversamente sobre el primer eje. También el presupuesto total de los proyectos (rótulo PRE en el gráfico) y los investigadores-año dedicados plenamente al proyecto (identificados por JTD) contribuyen significativamente a la formación del factor y quedan bien representados.

En conjunto, las seis variables comentadas representan el 78,1% de las contribuciones absolutas al primer factor, así que resulta aceptable interpretarlo como un indicador de la dimensión de la empresa. La magnitud general de la empresa determina en gran medida el tamaño de su departamento de I+D y, en consecuencia, del proyecto que puede desarrollar, o, al menos, la magnitud máxima del proyecto que puede emprender con apoyo del CDTI.

³⁷ Esta transformación se expuso en la sección 4.2.

Gráfico 1: Disposición en el primer plano factorial de las modalidades activas



Eje 2:

El 37,6% de la inercia explicada por el segundo factor proviene del grado en que la empresa se involucra en el proyecto medido por la porción del mismo que lleva a cabo, tanto en términos del gasto total en el proyecto (DPRESUPC) como del gasto en mano de obra (DMANO). En el gráfico 1 se observa que menores valores del eje 2 corresponden a proyectos que son desarrollados en mayor medida por la empresa, por lo que puede explicarse como un indicador del grado de participación de la empresa en el proyecto, es decir, que representa la importancia de la colaboración de los CPI

La afirmación anterior queda reforzada porque la variable RDPRESC, que mide la participación de la empresa en el gasto del proyecto en relación a la media de los proyectos de su mismo Programa Nacional, aporta un 14,2% de contribución absoluta. El comportamiento de esta variable es similar al de la variable DPRESUP. Sin embargo, al estar estandarizada por la media del Programa Nacional, asegura que la ordenación de los proyectos a lo largo del eje 2 no es producto simplemente de las diferencias entre Programas Nacionales sino también de las existentes entre proyectos del mismo tipo.

Por último, la contribución absoluta de las modalidades que miden el número de investigadores a jornada completa que dedican los centros públicos de investigación (EJODC), es 12,4%. De este modo, variables que suman el 64,2% de la contribución absoluta indican que el eje 2 puede ser interpretado como un indicador de la participación de la empresa en el proyecto o, alternativamente, como un indicador del reparto de las tareas de investigación entre la empresa y las universidades y OPI.

La interpretación del eje 2 puede ser enriquecida si se considera que las modalidades de las variables gasto en I+D sobre ventas y personal de I+D sobre plantilla aglutinan el 19,9% de las contribuciones absolutas. Estas variables, que son un indicador de la intensidad investigadora de las empresas, tienden a crecer a medida que la empresa participa más en el proyecto, tal y como manifiestan el gráfico 1 y las contribuciones relativas. De esta manera, el eje 2 no sólo es un indicador del grado de colaboración entre empresas y centros públicos de investigación, sino que también sugiere que existe relación entre el grado en que la empresa se encuentra volcada hacia las tareas de I+D y la intervención de investigadores del sector público en el proyecto.

Aunque si se introdujese el tercer eje se podría explicar un 13% más de la inercia, se ha optado por utilizar sólo los dos primeros; la justificación es doble: por una parte porque las representaciones gráficas tridimensionales pueden oscurecer el problema más que contribuir a obtener conclusiones -no debe olvidarse que el objetivo básico del análisis factorial de correspondencias es encontrar un espacio de dimensión menor donde sea posible proyectar la nube de puntos fija. Por otra, porque la similitud entre el primer y el tercer eje (como se pone de manifiesto si se comparan las contribuciones absolutas de cada

una de las variables a la formación de ambos ejes) hace que la explicación económica no mejore por utilizar el tercer eje. De igual forma, la aportación de los ejes cuarto y quinto a la comprensión del problema no justifica su estudio.

El primer plano factorial.

Una vez se ha decidido emplear sólo dos factores, es interesante representar tanto las modalidades activas como las suplementarias en el plano factorial y explicar su disposición. Las modalidades activas quedan representadas en el gráfico 1 de forma peculiar. Así, las modalidades que contribuyen fuertemente al eje 2 no están bien discriminadas por el eje que mide tamaño. Por su parte, las modalidades que indican la magnitud de la empresa casi no se desvían del eje 1, si bien es interesante que mientras las modalidades que indican un gran tamaño de la empresa (P5 y V5) muestran bastante colaboración de los CPI, los proyectos desarrollados por empresas que cuentan con grandes departamentos de I+D (PID5 y G6) requieren una menor participación de organismos externos.

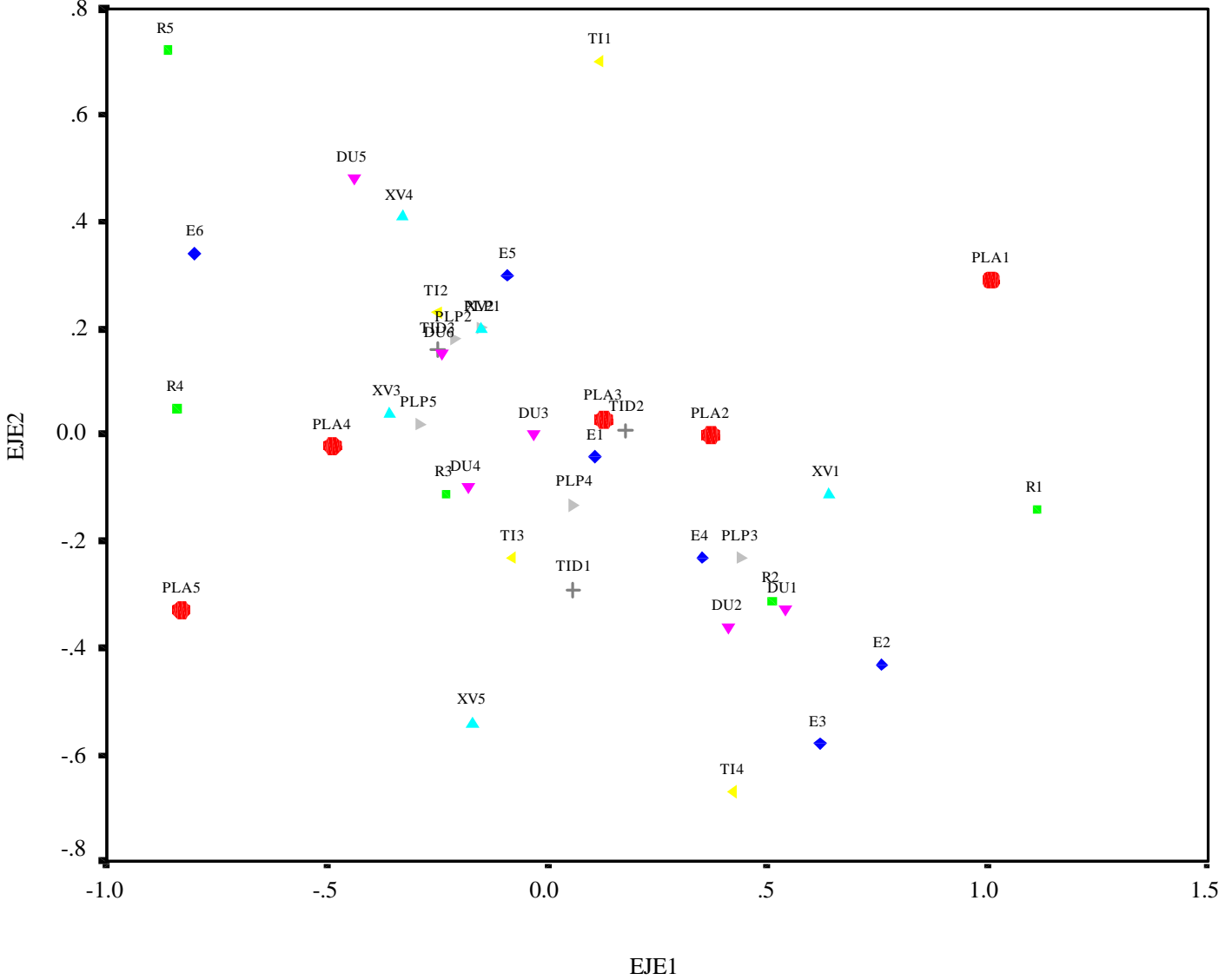
La variable investigadores públicos-año (rótulo JOD), está relacionada con ambos factores. La ubicación de sus modalidades indica, por una parte, que cuanto mayor es la participación de los CPI más investigadores públicos intervienen y, por otra, que el número de investigadores públicos en dedicación plena crece con el tamaño. La excepción la constituyen los proyectos desarrollados por la empresa sin la intervención de investigadores del sector público (JOD1), que tienen coordenadas negativas en el eje 1 debido al gran tamaño de sus departamentos de I+D. Próximas a JOD1 se sitúan las categorías que manifiestan mínima colaboración de universidades y OPI (DMA5 y DPR6).

La disposición de las ramas de actividad en el primer plano factorial (rótulo C) indica que las empresas de servicios son las que menos colaboración reciben de los CPI. Por el contrario, las dedicadas a la Industria química y a Otras industrias manufactureras requieren bastante colaboración, aunque difieren en dimensión. Los sectores relacionados con la transformación de metales y mecánica de precisión están próximos al centro de gravedad de la nube, así como la modalidad que agrupa al resto de sectores (C6).

Considerando las variables ilustrativas, en los gráficos 2 y 3 se observa que:

- Los recursos propios de la empresa crecen con su magnitud general. La única modalidad que queda discriminada por el eje 2 es R5 y es coincidente con el efecto -ya indicado- que se observa en las categorías que agrupan a las empresas de gran tamaño (V5 y P5).

Gráfico 2: Disposición en el primer plano factorial de las modalidades ilustrativas



- La antigüedad de la empresa se relaciona sobre todo con el eje 1, es decir, cuanto más grande es la empresa más tiempo hace que fue constituida. Sin embargo, también hay tendencia a que las empresas creadas hace menos de 15 años (E2, E3 y E4) desarrollen el proyecto con una menor colaboración que las más antiguas (E5 y E6) (que son las de mayor tamaño).

- La duración de los proyectos crece con la dimensión, lo que es razonable porque el tamaño de la empresa y el proyecto están relacionados. Además, las investigaciones que se dilatan más en el tiempo suelen contar con más colaboración de CPI que aquellas que no superan dos años.

- La proporción de titulados en el departamento de I+D se relaciona con el eje de tamaño, aunque las empresas con mayor proporción de investigadores titulados tienden a necesitar menor apoyo de los CPI. Sin embargo, la proporción de titulados en la empresa se relaciona directamente con la participación de la empresa en el proyecto y no muestra fuerte correlación con el eje 1.

- El ratio exportaciones/ventas muestra que las empresas que exportan menos son las pequeñas, mientras que el tamaño de la empresa no difiere demasiado en el resto de las categorías de la variable XV. También se observa que las empresas que menos requieren de la participación de CPI son las que venden en el extranjero más del 50% de sus ventas (XV5). Además, las coordenadas de la modalidad XV5 están muy próximas a la categoría IDV6, que reúne a las empresas más intensivas en investigación.

La disposición de las variables suplementarias también proporciona una primera visión de la actuación del CDTI:

- El agobio o dependencia (GPD y EJP) se relaciona sólo con el tamaño, indicando que la intervención de los CPI no es una necesidad derivada de la falta de escala de las empresas. Así, la variable EJP (cuyas modalidades aparecen representadas en el gráfico 3), que relaciona los investigadores que la empresa destina al proyecto con el personal de I+D de que dispone, tiene contribuciones relativas elevadas. La disposición de las modalidades de esta variable respecto al eje 1 muestra que cuanto mayor es la magnitud de la empresa - menor es la coordenada en el eje 1- más reducido es el ratio entre los EJC dedicados por la empresa al proyecto y el personal de I+D de la empresa. Esto refuerza la idea de que el eje 1 mide básicamente el tamaño de la empresa, pues las empresas con mayores departamentos de I+D tenderán, lógicamente, a dedicar una porción menor de su personal de I+D al proyecto apoyado por el Plan Nacional. Comentarios similares pueden hacerse de la variable que relaciona el gasto en I+D de la empresa con el presupuesto anual del proyecto.

- El gasto por EJC-año (IJD) disminuye cuanto mayor es el eje 1, lo que indica que cuanto más grande es la empresa, más cara resulta la investigación. Por otra parte, cuanto mayor es la participación del CPI la investigación tiende a resultar más barata.

- El número de Proyectos Concertados (NP) que ha disfrutado una empresa depende de su tamaño. Aunque las empresas que sólo han obtenido un proyecto han requerido, de acuerdo a su disposición en el eje 2, más colaboración de CPI que las que han desarrollado dos o más, la magnitud de este efecto no es muy grande.

- El crédito concedido por el CDTI (PLA) se relaciona fuertemente con el eje 1, sin embargo, la distribución de las modalidades que explican el porcentaje financiado no es fácil de interpretar, ya que las categorías PLP3, PLP4 y PLP5 se sitúan a lo largo del eje 1 sugiriendo que el porcentaje financiado crece con el tamaño del proyecto. Sin embargo, las modalidades PLP1 y PLP2 quedan muy próximas a PLP5.

En conclusión, la importancia que tiene el proyecto respecto al conjunto de la investigación desarrollada por la empresa depende básicamente de la dimensión de la empresa y sólo levemente del grado en que participa en el proyecto. Por otro lado, la variable número de proyectos concedidos a la empresa refleja que cuanto mayor es la empresa tiende a tener más Proyectos Concertados, pero que la relación entre el número de proyectos y la participación de la empresa en el proyecto no es demasiado importante. Es decir, que una empresa puede llevar a cabo varios proyectos sin que por ello tienda a desarrollarlos en mayor medida por sí misma. En otras palabras, los determinantes del número de proyectos que desarrolla la empresa con apoyo del Plan Nacional parecen no ser los mismos que los que determinan la colaboración entre empresa y CPI.

4.3.2.2. Programas Nacionales y comunidades autónomas.

En este subapartado, se utilizan los ejes factoriales para mostrar las diferencias que existen tanto entre los proyectos de los distintos Programas Nacionales como entre las distintas comunidades autónomas. Es notorio que los proyectos del área de Tecnologías de la producción y las comunicaciones quedan más a la izquierda en el gráfico 4 que los del área de Calidad de vida y recursos naturales, con la excepción de los programas de I+D farmacéutica (FAR) y de Salud (SAL).

La localización de los tipos de proyectos sobre los dos ejes factoriales muestra cómo los proyectos de Investigación espacial (ESP) y de I+D farmacéutico (FAR) destacan tanto por el tamaño de las empresas que los llevan a cabo, como por la alta participación de las mismas en la ejecución del proyecto. Los programas de Investigación y desarrollo ganadero (GAN) y Sistemas y recursos forestales (FOR) también se caracterizan por el papel predominante de la empresa en la ejecución del proyecto, pero en este caso el tamaño de las empresas suele ser reducido.

Gráfico 3: Disposición en el primer plano factorial de las modalidades ilustrativas

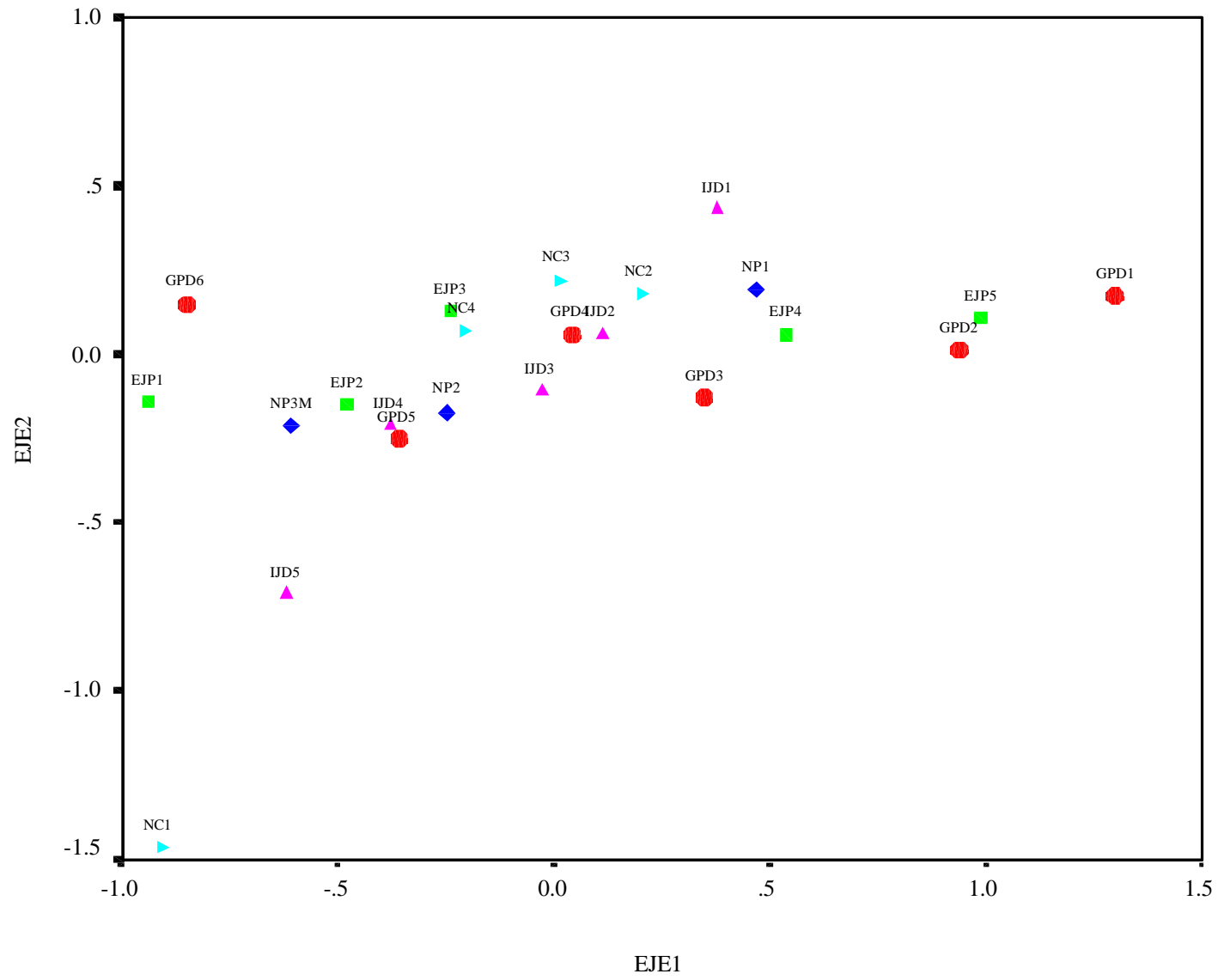
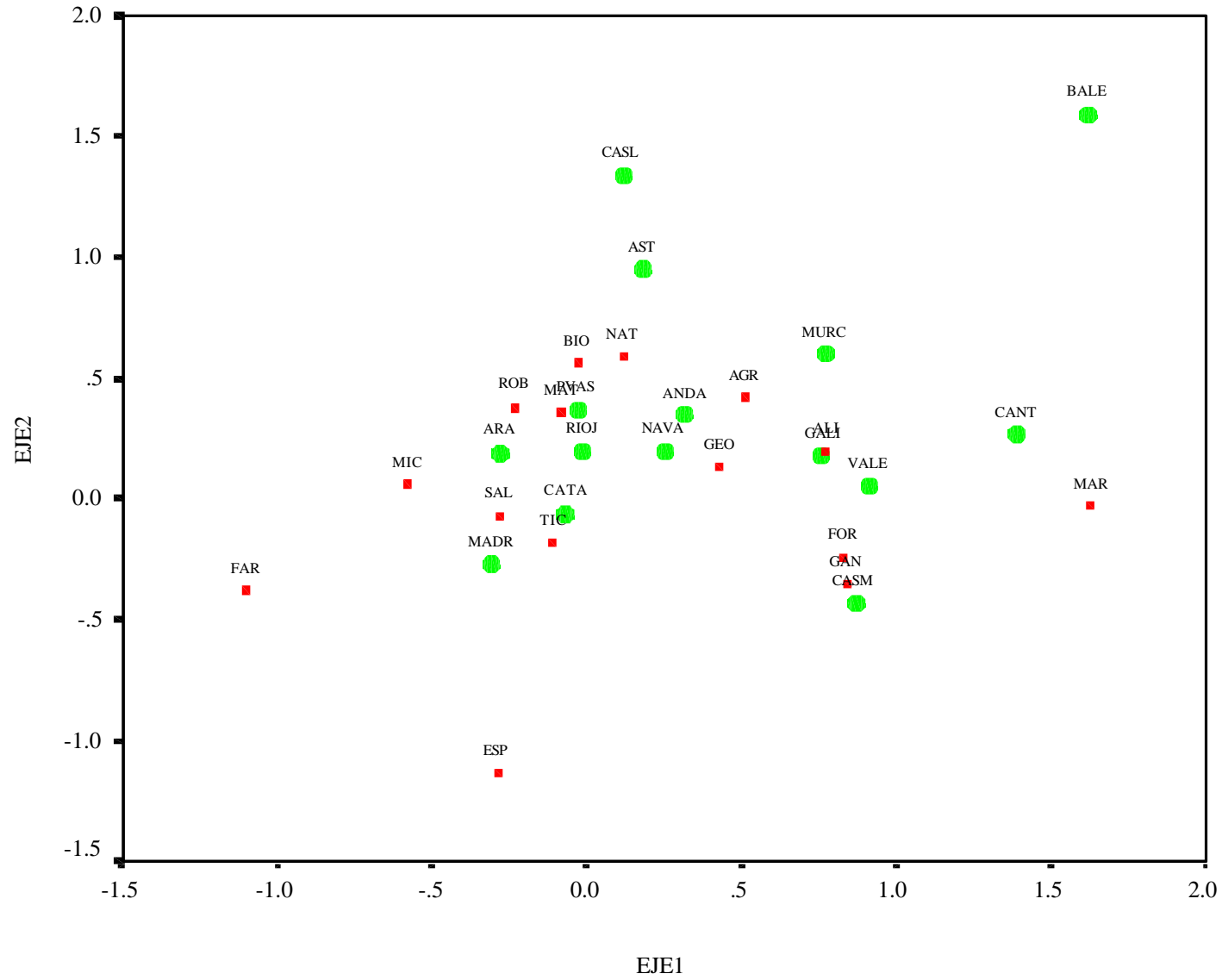


Gráfico 4: Disposición en el primer plano factorial de los Programas Nacionales y de las comunidades autónomas



Por el contrario, la colaboración de universidades y organismos públicos de investigación es importante en los programas de Biología (BIO), Robótica (ROB) y Conservación del Patrimonio Natural y procesos de degradación ambiental (NAT). Los proyectos de Investigación agrícola (AGR) y Tecnología de alimentos (ALI) también cuentan con bastante apoyo de investigadores de CPI, pero su dimensión es menor.

Por último, los Programas Nacionales de Recursos marinos y acuicultura, Agricultura y Biología se caracterizan porque las empresas son de pequeña dimensión.

La representación de la variable comunidad autónoma de la empresa que realiza el proyecto, muestra que las categorías Madrid (MAD) y Cataluña (CAT) tienen coordenadas negativas en ambos ejes, es decir, predominan proyectos y empresas de gran dimensión y requieren menos participación de los centros públicos de investigación. El resto de las comunidades autónomas, excepto País Vasco, Aragón y La Rioja se sitúan en el cuadrante positivo ya que las empresas radicadas en ellas son más pequeñas que las catalanas y madrileñas y requieren más colaboración de los equipos de investigación de universidades y OPI.

Es interesante mostrar la ubicación en los ejes factoriales de los distintos Programas Nacionales para las cuatro comunidades autónomas que tienen un número suficiente de proyectos³⁸, esto es, Madrid (146 proyectos), Cataluña (98), País Vasco (34) y Valencia (27). Es evidente que los proyectos que desarrollan las empresas de estas cuatro comunidades autónomas son distintos, no sólo porque cada una se especializa en determinadas tecnologías, sino porque dentro de un mismo Programa Nacional los proyectos se sitúan en coordenadas bastante distantes según la región -como se aprecia en los gráficos 5 a 8.

³⁸ A pesar de la gran concentración de los proyectos concedidos en estas cuatro comunidades autónomas, posiblemente es inferior a lo que resultaría de proyectar estrictamente el número de empresas de alta tecnología radicada en cada comunidad y los gastos en I+D que efectúan. En este sentido, Martín y Rodríguez Romero (1988) apuntaban a la actuación compensadora por parte del CDTI y la CAICYT al analizar la distribución regional de los recursos proporcionados por estos organismos.

Gráfico 5: Madrid.

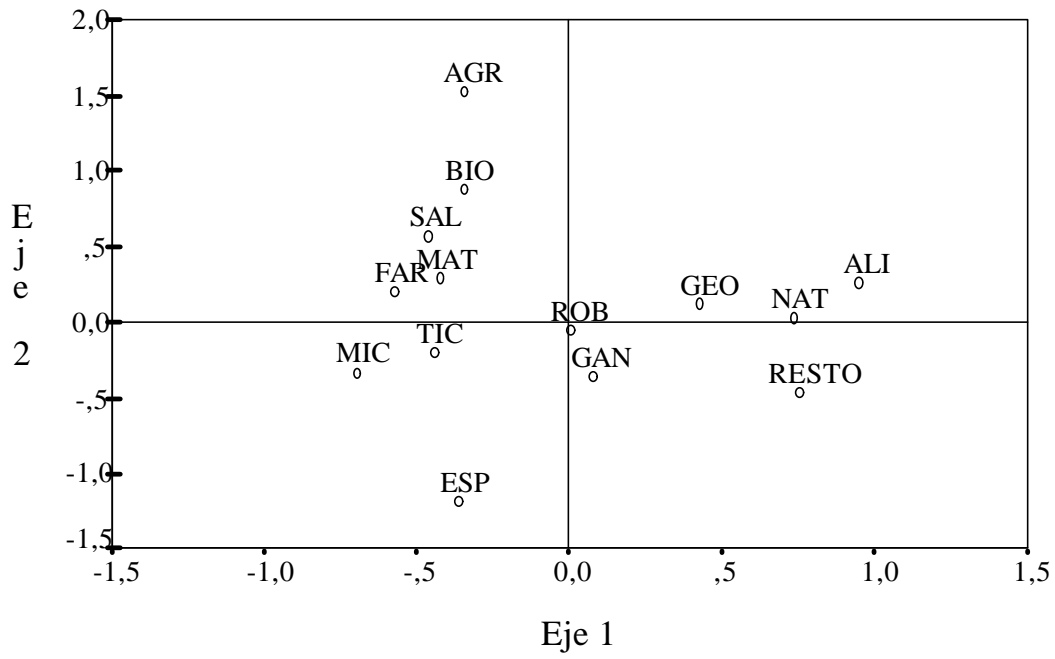


Gráfico 6: Cataluña.

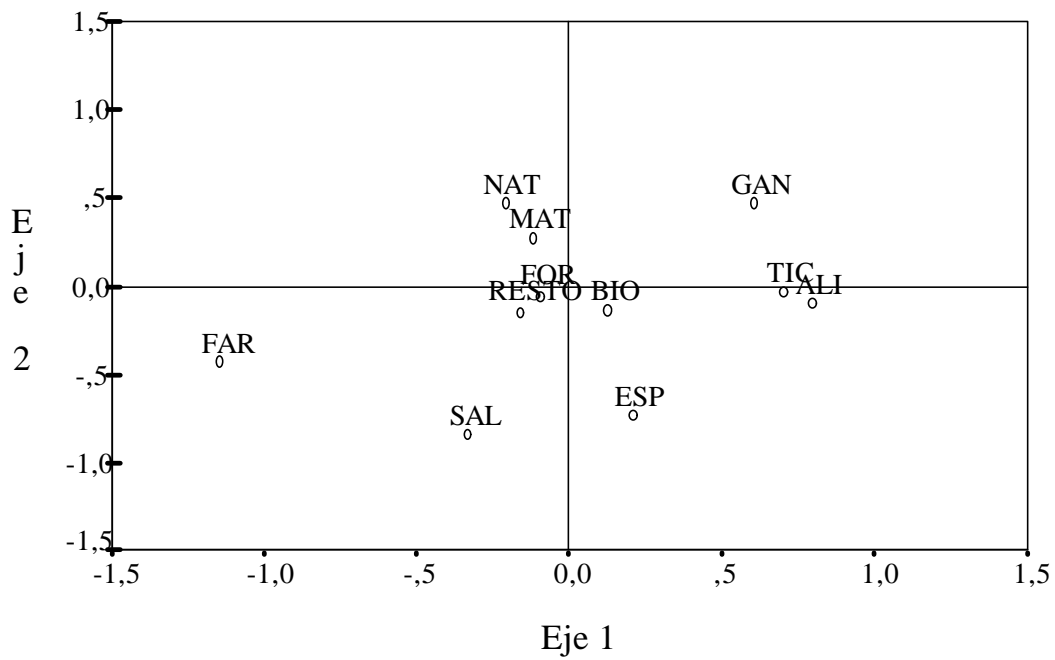


Gráfico 7: Valencia.

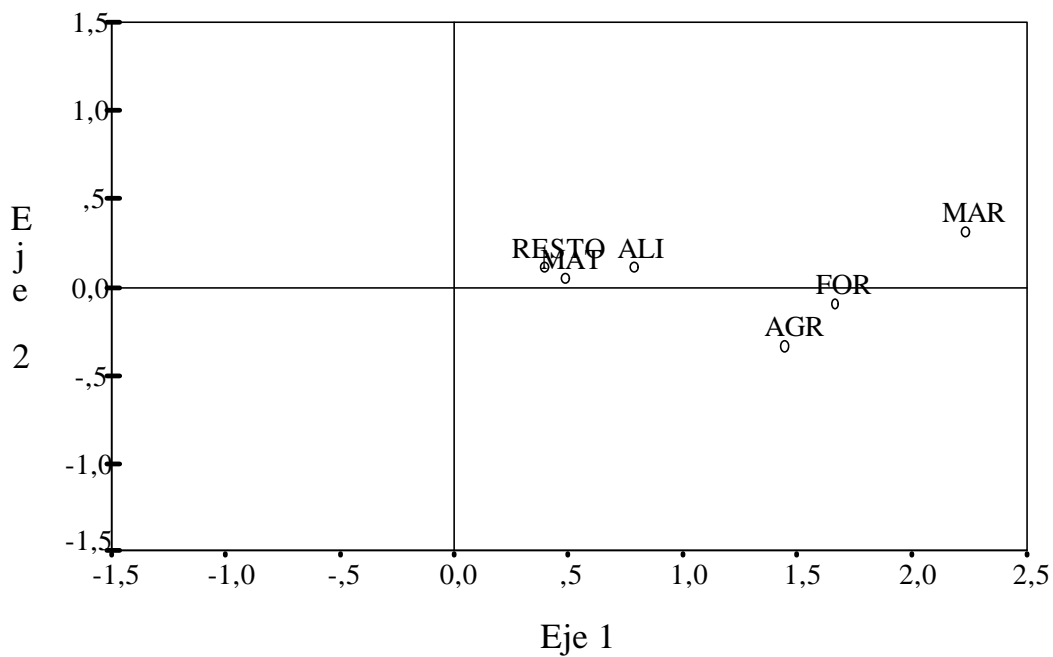
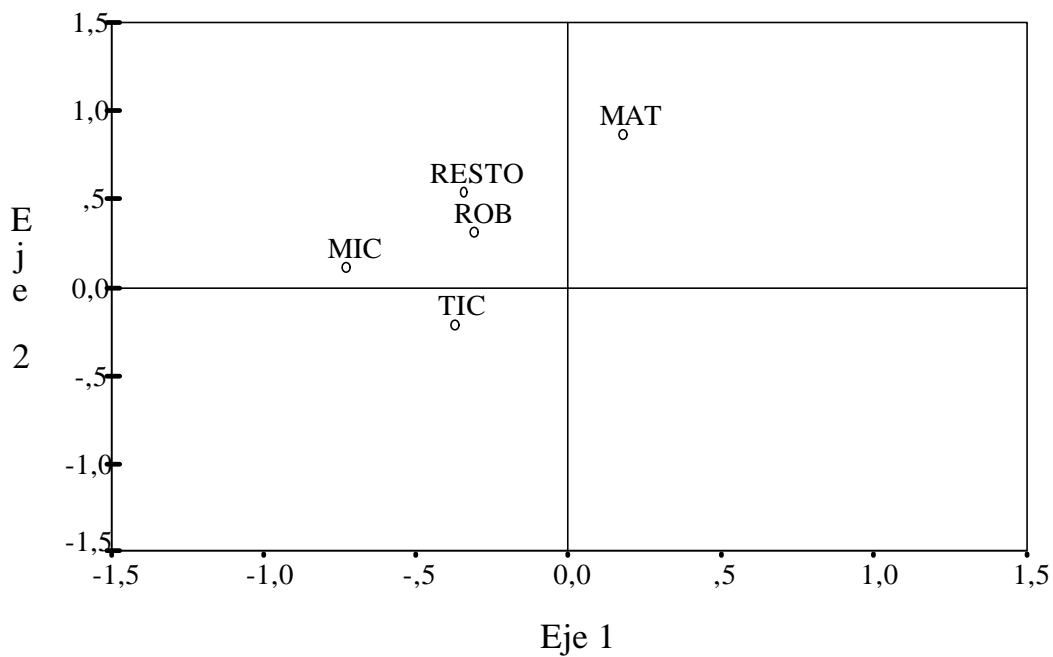


Gráfico 8: País Vasco.



Así, en Madrid predominan las empresas grandes con participaciones muy dispares, mientras que las empresas catalanas tienden a realizar por sí mismas el proyecto aunque sus empresas y proyectos no sean tan grandes como los de Madrid. Valencia y el País Vasco³⁹ se encuentran a bastante distancia de Madrid y Barcelona y concentran su actividad en un número reducido de tecnologías. En cualquier caso, muestran tipologías de proyectos diferentes; así, las empresas y proyectos valencianos son - como cabía esperar- de reducida dimensión y se especializan en tecnologías agroalimentarias y de materiales, mientras que las empresas vascas tienen tamaño medio y participación media, concentrándose en las tecnologías de telecomunicaciones, robótica y microelectrónica.

4.3.3. Clasificación de los Proyectos Concertados.

Una vez que se ha proporcionado una interpretación de los ejes factoriales, es posible representar cada uno de los proyectos sobre los ejes de dimensión y participación. Sin embargo, dado su elevado número, para extraer conclusiones es necesario agregar los proyectos que sean similares. La forma elegida consiste en agrupar los proyectos según su proximidad en los cinco primeros ejes factoriales obtenidos en el análisis de correspondencias múltiples. La tipología que se obtiene permite analizar las características de los proyectos que se encuentran en cada sector y, posteriormente, el trato que el CDTI ha otorgado a los Proyectos Concertados de cada grupo.

Los proyectos se han agrupado en 6 conjuntos de acuerdo a su proximidad en el espacio formado por los cinco primeros ejes factoriales⁴⁰. La ubicación del centro de cada uno de estos grupos en los ejes factoriales⁴¹ se presenta en el cuadro 4 y la representación de sus centros en el primer plano factorial se encuentra en el gráfico 9, en el que se observa que los dos primeros agrupamientos se diferencian por su coordenada en el eje de participación (eje 2), mientras que los cuatro siguientes muestran diferencias sobre todo en su dimensión (eje 1).

³⁹ Navarro (1992) proporciona una exposición detallada de la situación de las actividades de I+D que se desarrollan en el País Vasco.

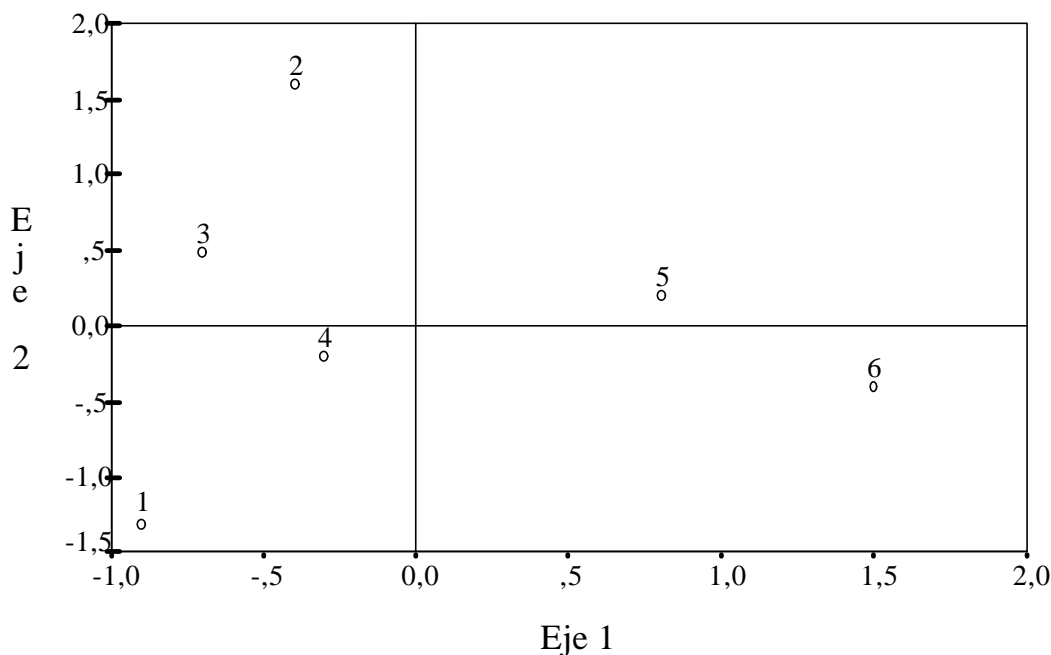
⁴⁰ Los grupos se han generado utilizando el programa SPADN mediante la técnica descrita en la sección 4.2.

⁴¹ Los valores *test* se distribuyen como normales estándar y se utilizan para probar si la coordenada del centro del grupo en el eje factorial es suficientemente extrema como para poder afirmar que las características resumidas en ese factor son distintas en ese grupo que en el conjunto de la muestra.

Cuadro 4: Agregación de los proyectos en seis grupos.

Grupos		Coordenadas					Valores <i>test</i>				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	53	-0,9	-1,3	-0,1	0,3	0,8	-7,1	-10,8	-1,2	2,6	6,9
2	41	-0,4	1,6	0,5	0,9	1,3	-2,7	11,4	3,9	6,6	9,4
3	58	-0,7	0,5	-1,4	-0,4	-0,5	-6,5	4,2	-11,7	-3,4	-4,8
4	92	-0,3	-0,2	1,0	-0,1	-0,6	-4,2	-2,3	11,0	-1,4	-7,3
5	75	0,8	0,2	-0,0	-0,9	-0,1	7,6	2,7	-0,2	-8,7	-1,0
6	58	1,5	-0,4	-0,4	0,8	0,0	12,4	-3,9	-3,3	6,5	0,0

Gráfico 9: Centros de los grupos de proyectos.



La descripción de cada uno de estos grupos se lleva a cabo mediante las frecuencias con que aparecen representadas las categorías de todas las variables. En el anexo A4.3.3. se encuentran los cuadros de resultados del análisis que se realizó con este fin. No obstante, a continuación, junto con la presentación de cada uno de los grupos de proyectos se han incluido esquemas que resumen la información más relevante⁴².

Grupo 1:

Los proyectos del primer conjunto grupo se caracterizan por estar realizados con muy poca colaboración de los centros públicos de investigación. De hecho, en el 70% de los casos han sido desarrollados por la empresa en solitario (modalidad NC1). Además,

⁴² Al igual que en la sección 4.2., en los esquemas se ha sombreado la frecuencia de las modalidades que son más abundantes en el grupo que en la muestra (se rechaza la hipótesis de igualdad con al menos el 99% de significación) mientras que aparecen en letra normal las modalidades que son demasiado escasas en el grupo. Las casillas en blanco indican que no es posible rechazar la hipótesis de que esa modalidad está representada de igual modo en el grupo que en el conjunto de la muestra.

más del 90% de los proyectos que han sido concedidos aunque no participe ningún CPI se encuentran en este agrupamiento.

Es un grupo fuera de lo normal, en la medida que la concesión de un Proyecto Concertado requiere la participación de CPI, salvo que por su temática o por las características del Programa Nacional en el que se integre deba ser desarrollado por la empresa en solitario. En ese sentido, los proyectos de los Programas Nacionales de Investigación Espacial (ESP) y de Investigación y Desarrollo Farmacéuticos (FAR) aglutinan más del 76% de estos proyectos. Por el contrario, casi no hay proyectos de los programas de Nuevos materiales ni de Tecnologías de la alimentación.

Dado el carácter excepcional de estos proyectos, es destacable que 20 de los 53 proyectos de este grupo fuesen concedidos en la convocatoria de 1988, así como que estos proyectos representen el 35% de los concedidos ese año.

Aunque su presupuesto es muy variable, los departamentos de I+D de las empresas son de gran tamaño, destacando que en el 47% de los proyectos las empresas cuentan con más de 50 empleados en este departamento (en el 77% de los proyectos se superan los 25 empleados). En consecuencia, las empresas no deben "orientar" sus recursos hacia el Proyecto Concertado para poder cumplir su compromiso con el CDTI, lo que hace posible que el 62% de los proyectos de este grupo estén desarrollados por empresas que han obtenido tres o más Proyectos Concertados en el periodo 1988-91. El tamaño de las empresas tampoco está bien definido, pero, casi siempre, su plantilla supera los 25 empleados y sus ventas los 200 millones de pesetas. Son empresas intensivas en investigación y con gran vocación exportadora.

Grupo 2:

Este grupo es antagónico al primero en términos de participación de los equipos de investigación de universidades y OPI⁴³, ya que en más del 80% de estos proyectos las empresas no llegan a ejecutar el 60% del presupuesto ni el 50% del gasto en mano de obra. Es decir, el papel de los CPI es, al menos, comparable al de la organización empresarial.

La dimensión de las empresas y de los departamentos de I+D no diferencia a las empresas de estos grupos, al igual que el presupuesto de los proyectos -aunque sólo en un caso se superan los 250 millones de presupuesto. En cualquier caso, no parece que la participación de los CPI sea necesaria a causa de que el proyecto resulte demasiado grande para el departamento de I+D de la empresa, ya que en el 70% de los proyectos de este grupo el gasto en I+D es más del doble que el presupuesto anualizado. La alta colaboración

⁴³ El antagonismo en términos de colaboración de los centros públicos de investigación se extiende también al coste del proyecto por EJC-año dedicado. Así, los proyectos desarrollados en solitario por la empresa son caros, mientras que los emprendidos con colaboración considerable de los CPI tienen un coste reducido.

prestada por los CPI puede explicarse por el tipo de tecnología, pues el peso de los proyectos de Robótica y Biotecnología es significativo -áreas tecnológicas en la que los investigadores académicos pueden aportar sus conocimientos. Igualmente, es significativo que no se incluyan proyectos del programa de Investigación espacial.

Esquema 1: Características del grupo 1.

		Modalidades					
Variables	Descripción	1	2	3	4	5	6
VENTASC	Ventas	1,89					
PLANTIC	Plantilla	1,89					
PERIDC	Personal I+D	1,89				47,17	
GASTOIDC	Gasto en I+D	0,00	9,43				30,19
IDVC	Gasto I+D/ventas	0,00			32,08		33,96
PIDPLAC	Personal I+D/Planti.		0,00		47,17		
CNAE6	Ramas de actividad					1,89	
PRESUP	Presup. proyecto						
DPRESC	% Gasto en empresa	0,00	0,00	0,00	0,00	1,89	98,11
DMANO	% Trabajo en empr.	0,00	0,00	0,00	5,66	94,34	
RDPRESC	DPRESC/media.	0,00	0,00	67,92			
EJODC	EJC en CPI	69,81			3,77	3,77	
EJTDC	EJC totales						

En este esquema y los posteriores se muestran las frecuencias en el grupo de los atributos que se caracterizan por su presencia (sombreado) o su ausencia (letra normal) al 99% de significación.

Esquema 2: Características del grupo 2.

		Modalidades					
Variables	Descripción	1	2	3	4	5	6
VENTASC	Ventas	2,44					
PLANTIC	Plantilla						
PERIDC	Personal I+D						
GASTOIDC	Gasto en I+D						
IDVC	Gasto I+D/ventas						2,44
PIDPLAC	Personal I+D/Planti.						
CNAE6	Ramas de actividad			43,90			
PRESUP	Presup. proyecto						
DPRESC	% Gasto en empresa	87,80		0,00	0,00	0,00	0,00
DMANO	% Trabajo en empr.	85,37		0,00	0,00	2,44	
RDPRESC	DPRESC/media.	92,68	7,32	0,00	0,00		
EJODC	EJC en CPI		0,00	0,00		82,93	
EJTDC	EJC totales	2,44				41,46	

Grupo 3:

La característica común a estos proyectos es que las empresas que los desarrollan son de gran tamaño (el 98% supera los 1000 empleados) y, generalmente, están establecidas desde hace más de 35 años. Su intensidad investigadora es baja sólo por su tamaño, ya que sus departamentos de I+D son muy grandes (cuentan con más de 50 personas en el 63% de

los proyectos) y, en consecuencia, emprenden el Proyecto Concertado sin dificultad. De hecho, es muy frecuente -74% de los casos- que hayan obtenido tres o más proyectos entre 1988 y 1991.

Aunque no hay un perfil claro en cuanto a la colaboración de los CPI es significativo que casi en ningún proyecto la participación del CPI sea muy elevada (sólo un proyecto tiene el atributo DPR1). El Programa Nacional predominante es el de Nuevos materiales (MAT), con el 46,55% de los proyectos del grupo, mientras que el resto de los proyectos se reparte entre el resto de programas, si bien el 46% de los proyectos de Microelectrónica se sitúan en este grupo.

Esquema 3: Características del grupo 3.

		Modalidades					
Variables	Descripción	1	2	3	4	5	6
VENTASC	Ventas	0,00	0,00	0,00	3,45	96,55	
PLANTIC	Plantilla	0,00	0,00	0,00	1,72	98,28	
PERIDC	Personal I+D	0,00	1,72			63,79	
GASTO IDC	Gasto en I+D	1,72	0,00			36,21	37,93
IDVC	Gasto I+D/ventas	56,90			3,45		
PIDPLAC	Personal I+D/Planti.	34,48	39,66		8,62	10,34	
CNAE6	Ramas de actividad		12,07				
PRESUP	Presup. proyecto						
DPRESC	% Gasto en empresa	1,72					
DMANO	% Trabajo en empr.						
RDPRESC	DPRESC/media.						
EJODC	EJC en CPI						
EJTDC	EJC totales						

Esquema 4: Características del grupo 4.

		Modalidades					
Variables	Descripción	1	2	3	4	5	6
VENTASC	Ventas	5,43		45,65	29,35	2,17	
PLANTIC	Plantilla	0,00		45,65	32,61	2,17	
PERIDC	Personal I+D	2,17		39,13	31,52		
GASTO IDC	Gasto en I+D	0,00	13,04	26,09	41,30		4,35
IDVC	Gasto I+D/ventas	1,09		28,26			
PIDPLAC	Personal I+D/Planti.	0,00	9,78		45,65		
CNAE6	Ramas de actividad					2,17	
PRESUP	Presup. proyecto	5,43	11,96	29,35	28,26	25,00	
DPRESC	% Gasto en empresa	0,00				42,39	14,13
DMANO	% Trabajo en empr.	3,26			51,09	5,43	
RDPRESC	DPRESC/media.	0,00					
EJODC	EJC en CPI	0,00	4,35			48,91	
EJTDC	EJC totales	7,61				53,26	

Grupo 4:

Los proyectos del cuarto grupo son desarrollados mayoritariamente por empresas con personal entre 100 y 1.000 empleados y ventas comprendidas entre 1.000 y 20.000 millones, es decir, su tamaño es menor que las del grupo anterior. Su departamento de I+D suele contar con entre 10 y 50 empleados y un presupuesto anual entre 50 y 250 millones, lo que las caracteriza como empresas bastante intensivas en I+D.

Aunque los presupuestos de estos proyectos superan los 100 millones en el 80% de los casos, la participación de la empresa es bastante alta, ya que en 39 de los 92 proyectos ejecutan por sí solas más del 95% del presupuesto.

Los programas de nuevos materiales, tecnologías de la información y las comunicaciones (el 42% de los proyectos de TIC están en este grupo), investigación espacial, robótica e I+D farmacéutica engloban el 75% de los proyectos.

Grupo 5:

Continuando la tónica comentada, las empresas, al igual que los departamentos de I+D, son más pequeños que las de los conjuntos 3 y 4. De la misma forma, los presupuestos de los proyectos son menores (predominan PRE1 y PRE2) y, en consecuencia, la aportación del Plan Nacional es más reducida en términos absolutos.

Debido a su pequeño tamaño, las empresas necesitan concentrar sus recursos para desarrollar un Proyecto Concertado, por eso es raro que hayan obtenido más de un proyecto en el periodo considerado, aunque esto no ha originado que las empresas cedan porciones importantes de la ejecución del proyecto a los organismos públicos de investigación o universidades.

Es considerable la presencia de proyectos del programa de Nuevos materiales, pero sobre todo del programa de Tecnologías de alimentación, desarrollados por empresas de la rama de Otras industrias manufactureras. Por eso, se concentran en este grupo el 44% de los proyectos valencianos y el 60% de los gallegos.

Esquema 5: Características del grupo 5.

		Modalidades					
Variables	Descripción	1	2	3	4	5	6
VENTASC	Ventas	1,33	48,00			1,33	
PLANTIC	Plantilla		46,67			0,00	
PERIDC	Personal I+D	44,00	38,67		1,33	0,00	
GASTOIDC	Gasto en I+D	37,33	48,00		1,33	0,00	0,00
IDVC	Gasto I+D/ventas	49,33	21,33		5,33		2,67
PIDPLAC	Personal I+D/Plantilla		40,00		14,67	6,67	
CNAE6	Ramas de actividad				21,33	37,33	
PRESUP	Presup. proyecto	37,33	49,33	9,33	2,67	1,33	
DPRESC	% Gasto en empresa	1,33		24,00			8,00
DMANO	% Trabajo en empr.			46,67		2,67	
RDPRESC	DPRESC/media	2,67	42,67				
EJODC	EJC en CPI	0,00	26,67	29,33		6,67	
EJTDC	EJC totales	46,67				1,33	

Esquema 6: Características del grupo 6.

		Modalidades					
Variables	Descripción	1	2	3	4	5	6
VENTASC	Ventas	87,93		0,00	0,00	0,00	
PLANTIC	Plantilla	79,31		0,00	0,00	0,00	
PERIDC	Personal I+D	79,31		6,90	0,00	1,72	
GASTOIDC	Gasto en I+D	48,28	44,83	1,72	5,17	0,00	0,00
IDVC	Gasto I+D/ventas	0,00	0,00			27,59	37,93
PIDPLAC	Personal I+D/Plantilla	1,72	3,45			58,62	
CNAE6	Ramas de actividad	25,86		8,62			
PRESUP	Presup. proyecto	50,00			0,00	0,00	
DPRESC	% Gasto en empresa			12,07			
DMANO	% Trabajo en empr.		29,31				
RDPRESC	DPRESC/media		44,83				
EJODC	EJC en CPI	1,72				10,34	
EJTDC	EJC totales		29,31			3,45	

Grupo 6:

Las empresas de este grupo son las más pequeñas en todos los sentidos, mayoritariamente tienen menos de 25 empleados y cuentan con menos de 5 personas en su departamento de I+D. Son empresas jóvenes (45% fueron creadas menos de 5 años antes) dedicadas a las actividades de agricultura, ganadería y pesca, cuya producción se vende en el mercado nacional.

En términos relativos dedican recursos considerables a investigación. Sin embargo, su pequeño tamaño limita el presupuesto máximo que pueden ejecutar por debajo de 100 millones (en el 84% de los proyectos) y aun así deben concentrar el esfuerzo de su departamento de I+D, lo que explica que generalmente sólo desarrollen un proyecto.

Resumiendo, los dos primeros grupos se diferencian sobre todo por la participación de los CPI, baja en el primero y alta en el segundo. En ambos casos, las empresas son de tamaño indefinido, aunque escasean las pequeñas, pero sus departamentos de I+D son de tamaño apreciable, sobre todo en el primer grupo. De hecho, estas últimas cuentan con capacidad suficiente para desarrollar por sí mismas un proyecto de investigación. Los cuatro siguientes grupos muestran las diferencias en dimensión de las empresas y, en consecuencia, de los proyectos que ejecutan.

Esta clasificación presenta sintéticamente las diferencias de tamaño entre los proyectos y empresas, aunque no es capaz de mostrar -excepto en los grupos 1 y 2 -el efecto de la participación de los centros públicos de investigación. Para paliar este problema, se decidió establecer una nueva tipología de proyectos formada por los primeros dos conjuntos ya presentados y otros dos que se obtuvieron agrupando los proyectos de los grupos 3 a 6 según su proximidad en el eje 2⁴⁴. El resultado fueron dos nuevos conjuntos a los que se denomina "7" y "8"⁴⁵, cuya descripción se ofrece a continuación.

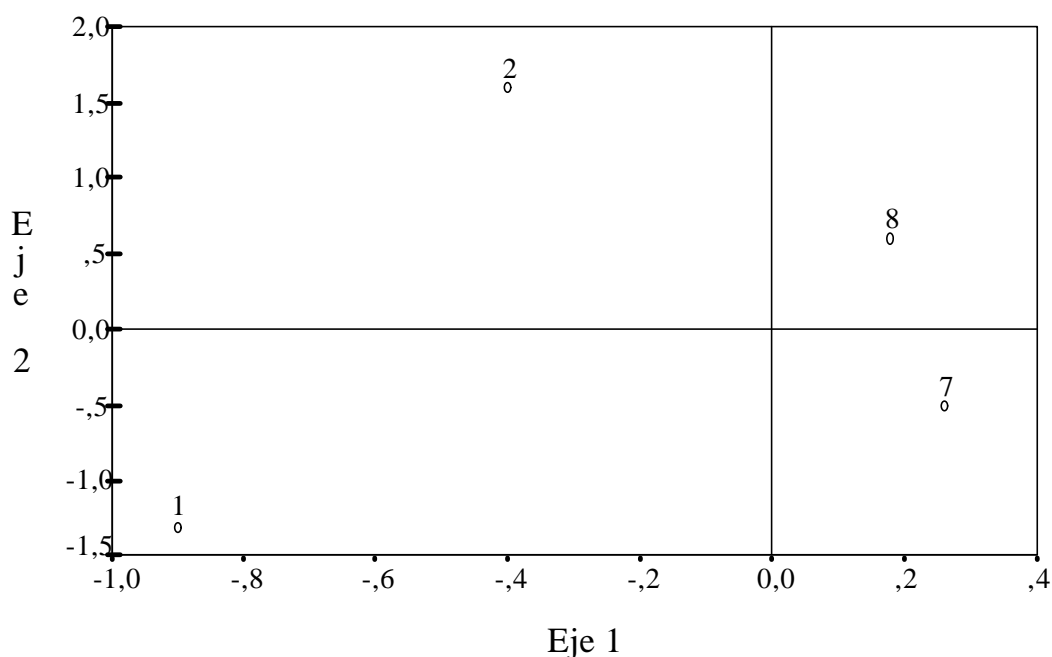
Cuadro 5: Coordenadas de los grupos que se diferencian en la participación.

GRUPOS		COORDENADAS	
	Nº empresas	1	2
1	53	-0,9	-1,3
2	41	-0,4	1,6
7	153	0,26	-0,5
8	130	0,18	0,6

⁴⁴ En este caso se utilizó la instrucción *Quick-cluster* de SPSS. Ver la sección 4.2. para más detalles sobre este procedimiento.

⁴⁵ En el anexo A4.3.4. se proporcionan los cuadros que describen ambos grupos.

Gráfico 10: Centros de los grupos.



Grupo 7:

En este grupo se encuentran proyectos desarrollados con poca colaboración de CPI (DPR5 y DPR4). Las empresas que realizan este tipo de proyectos suelen ser intensivas en I+D (así las modalidades PP4 y PP5 caracterizan al 74% de los casos). En cualquier caso, no aparece ningún patrón que indique que las empresas de este grupo deban concentrar sus recursos para desarrollar el Proyecto Concertado ni todo lo contrario.

Destaca la presencia de un colectivo de empresas pequeñas (V1, R1, P1) encuadradas en las ramas de actividad de agricultura y pesca (C1) así como de servicios prestados a otras empresas (C7).

Grupo 8:

En este grupo, los CPI intervienen bastante en la investigación, como manifiesta que el 56% de los proyectos sea DPR2 y DPR3. Las empresas son muy poco intensivas en I+D, como manifiesta el elevado peso de las categorías PP1, PP2, IDV1 e IDV2.

En general, el tamaño de estas empresas es mayor que en el grupo anterior (V5 y P5 representan casi el 34% del total), pero hay un colectivo importante de empresas con departamento de I+D pequeño.

Esquema 7: Características del grupo 7.

		Modalidades					
Variables	Descripción	1	2	3	4	5	6
VENTASC	Ventas	28,10				9,80	
PLANTIC	Plantilla	24,18			13,07	9,80	
PERIDC	Personal I+D			29,41			
GASTOIDC	Gasto en I+D						
IDVC	Gasto I+D/ventas	9,15			24,84		26,80
PIDPLAC	Personal I+D/Planti.	3,27	7,19		41,18	35,29	
CNAE6	Ramas de actividad	9,80		13,07			
PRESUP	Presup. proyecto						
DPRESC	% Gasto en empresa	0,00	3,92		20,92	42,48	
DMANO	% Trabajo en empr.	0,65	8,50	33,99	44,44	26,76	
RDPRESC	DPRESC/media	0,00			40,52		
EJODC	EJC en CPI	2,61	22,22	27,45		19,61	
EJTDC	EJC totales						

Esquema 8: Características del grupo 8.

		Modalidades					
Variables	Descripción	1	2	3	4	5	6
VENTASC	Ventas					33,85	
PLANTIC	Plantilla					33,85	
PERIDC	Personal I+D		20,00	8,46			
GASTOIDC	Gasto en I+D	24,62			13,08		
IDVC	Gasto I+D/ventas	43,85	21,54		4,62		3,85
PIDPLAC	Personal I+D/Planti.	21,54	40,77		8,46	10,77	
CNAE6	Ramas de actividad			33,85		23,85	
PRESUP	Presup. proyecto					4,62	
DPRESC	% Gasto en empresa	3,85	26,15	30,77			4,62
DMANO	% Trabajo en empr.		33,08			0,77	
RDPRESC	DPRESC/media		51,54		13,08		
EJODC	EJC en CPI	0,00				39,23	
EJTDC	EJC totales						

Las ramas de actividad con más peso son la de Extracción y transformación de minerales no energéticos e industria química, y la de Otras industrias manufactureras.

En conclusión, la mayor participación de un CPI en los proyectos aparece asociada a una menor dedicación de recursos a tareas de I+D en términos de gasto y personal. Así, las empresas de los grupos 1 y 7 son más intensivas en I+D y requieren menor colaboración que las empresas de los grupos 2 y 8.

A modo de síntesis de las semejanzas y diferencias entre los proyectos, en el cuadro 6 se ofrecen las características del proyecto medio de todos los ocho conjuntos detectados.

Cuadro 6: Características del proyecto medio de cada grupo.

Grupo	Ventas	Plantilla	Gasto en I+D	Personal de I+D	Gasto en I+D/ Ventas (%)	Personal I+D/ Plantilla(%)	Presup	Particip. (%)
1	19.531,1	1.703	3.484,4	302	17,8	18	151,2	99,0
2	20.585,9	1.425	982,1	103	4,7	7	114,9	47,6
3	97.454,1	3.970	3.292,3	304	3,3	8	123,7	86,8
4	4.054,8	270	251,7	41	6,2	15	182,7	88,2
5	2.558,7	172	28,0	6	1,1	4	69,1	84,1
6	114,3	18	23,8	5	20,8	29	61,2	85,3
7	14697	705	896	88	6,1	13	129,9	90,6
8	30579	1240	619	66	2,0	5	98,7	81,2

Los primeros dos grupos se caracterizan sobre todo por la participación extrema de empresa y centros públicos de investigación en la ejecución del proyecto. Aunque la dimensión de las empresas no está definida, el efecto de las mayores eleva las ventas y plantilla medias, aunque no alcanzan la magnitud de las del tercer agrupamiento. La alta intensidad en I+D de las empresas del primer grupo hace que tengan departamentos de I+D de tamaño considerable.

Los conjuntos 3 a 6 muestran la reducción de las empresas y de sus departamentos de I+D. Destaca, no obstante, el grupo 4, cuyas empresas son intensivas en investigación y emprenden proyectos grandes (182 millones de media).

Los grupos 7 y 8 difieren sobre todo en la intensidad con que dedican recursos a I+D y por la participación de los CPI. No obstante, la brecha es mucho menos amplia que la que separa a los agrupamientos 1 y 2.

4.3.4. Relaciones entre los grupos de empresas y la actuación del CDTI.

Aprovechando la tipología de Proyectos Concertados que se obtuvo en el apartado previo, es posible plantearse el tratamiento diferencial que el CDTI ha otorgado a cada uno de estos grupos. Precisamente, en este apartado se realiza una primera aproximación a las características básicas de la actuación pública a lo largo del cuatrienio 1988-1991.

Puesto que una de las peculiaridades de los Proyectos Concertados es la exigencia de colaboración con los CPI, en primer lugar se busca el patrón que determina el nivel de integración entre el sector público y el privado en los proyectos aprobados. En segundo lugar, se analizan los factores determinantes de que el CDTI haya concedido más de un crédito a una misma empresa. Por último, se considera el diferente trato que ha otorgado el CDTI, en términos del porcentaje del proyecto que financia a cada uno de los grupos definidos con cargo al Fondo nacional de I+D.

4.3.4.1. La participación de centros públicos de investigación en el desarrollo del proyecto.

En principio, cabe esperar que la concesión de un Proyecto Concertado esté relacionada con la capacidad del departamento de I+D de la empresa para desarrollar la

parte de la investigación que le corresponde. Si esta hipótesis es cierta, los Proyectos Concertados presentarán niveles de colaboración entre empresas y CPI que hagan posible su realización con costes reducidos y altas posibilidades de éxito.

En este subapartado se discute la validez de esta tesis utilizando la información que revelan los datos de los proyectos. Con las variables disponibles, caben dos formas de aproximar la capacidad de investigación de la empresa. La primera toma en cuenta la magnitud del departamento de investigación de la empresa en relación al tamaño del proyecto que desarrolla. La segunda opción considera la capacidad de investigación de una forma menos directa, esto es, plantea que las empresas con más intensidad innovadora, las más volcadas hacia las actividades de investigación, son las que menos necesitan la colaboración de los organismos públicos.

La primera versión de la hipótesis plantea la relación entre la dimensión del proyecto dentro del conjunto de la I+D desarrollada por la empresa y el grado de colaboración de la empresa y el CPI en el proyecto. La variable elegida para medir la magnitud del proyecto es su presupuesto total⁴⁶ anualizado, mientras que la dimensión del departamento de I+D se aproxima por el gasto en I+D que declara la empresa.

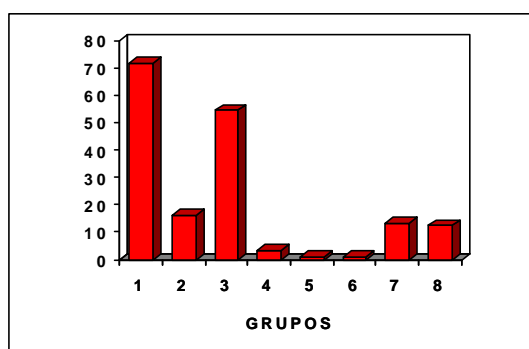
El gráfico 11 muestra que la dimensión marca la diferencia en la importancia que el Proyecto Concertado tiene en el conjunto de proyectos desarrollados por la empresa. Considerando esta gráfica se podría sugerir que la diferente participación de los CPI entre los grupos 1 y 2 se debe a la gran diferencia en el esfuerzo que supone realizar el proyecto. Sin embargo, esta afirmación no parece razonable ya que en ambos casos el tamaño del departamento de I+D es grande respecto al proyecto financiado (como mínimo diez veces mayor).

Por otra parte, los grupos 3 a 6 difieren en la importancia que tiene el proyecto en el conjunto de la investigación desarrollada por la empresa, pero, como se mostró en el apartado anterior, no en cuanto a participación de centros públicos.

Todo ello apunta a que la colaboración de los CPI no sirve para liberar a la empresa de aquellas tareas que no puede realizar por falta de dimensión mínima. Esta idea se refuerza si se atiende a que los dos últimos conjuntos de proyectos, que fueron definidos en función de la diferente participación en el proyecto, tienen un indicador similar.

⁴⁶ Una segunda alternativa para medir la magnitud del proyecto es utilizar la parte del presupuesto que es ejecutada por la empresa. Sin embargo, actuar de este modo oscurecería la relación a contrastar, ya que cuanto menor es la participación de la empresa, resulta más reducido el gasto ejecutado por la empresa y, en consecuencia, también será menor el "agobio" estimado. Es decir, si la hipótesis es cierta, cuanto más agobiada está la empresa, ejecuta una parte menor del proyecto, lo que hace que el indicador de agobio se reduzca.

Gráfico 11: Gasto en I+D respecto al presupuesto anualizado del proyecto.



Por tanto, la participación de la empresa no parece estar claramente relacionada con la importancia que el proyecto tiene para el conjunto de la investigación que la empresa lleva a cabo. Es decir, no hay evidencia sólida que permita afirmar que las empresas más "agobiadas" tiendan a ceder una porción mayor del proyecto al organismo investigador. En conclusión, no es posible explicar de esta forma que unos proyectos sean realizados en mayor o menor medida por la empresa, puesto que el grado de "agobio" o "colapso" no sirve para discriminarlos. En otras palabras, las empresas a las que el proyecto financiado les exige un gran esfuerzo en su departamento de I+D no tienden a ser las de baja participación.

La segunda versión de la hipótesis explica la diferente participación del CPI en el proyecto por la falta de capacidad de las empresas para llevar a cabo los proyectos debido a carencias de conocimientos y de equipamiento. Es decir, el CPI lleva a cabo aquellas tareas para las que está mejor dotado. Explicar la colaboración observando lo que aporta en cada caso el CPI al proyecto es complejo. Sin embargo, puede utilizarse la intensidad investigadora de la empresa para aproximar su capacidad de innovación. De este modo, se explora si las empresas que dedican relativamente más recursos a investigación muestran mayor participación en el proyecto. Como indicadores de la intensidad en I+D de una empresa se emplean el porcentaje de gasto en I+D sobre ventas y la parte del personal de la empresa que se dedica a actividades de Investigación y Desarrollo. Los gráficos 12 y 13 muestran que los dos indicadores están relacionados tanto con la dimensión de la empresa como con la cuota de participación de la empresa en el proyecto. No parece interesante profundizar en la relación de estas variables con la dimensión, puesto que es lógico que, en una empresa pequeña que sea capaz de realizar investigación precompetitiva, el peso del departamento de I+D sea mayor que en una empresa mediana o grande, aunque ello no signifique que tenga más capacidad de investigación.

En cuanto a la relación de la intensidad en investigación con la participación en los proyectos, en los gráficos 12 y 13 se observa claramente que las empresas de los grupos 1 y 7 son más intensivas en I+D y requieren menor colaboración de los CPI que las empresas de los grupos 2 y 8.

Gráfico 12: Personal I+D /plantilla (%),

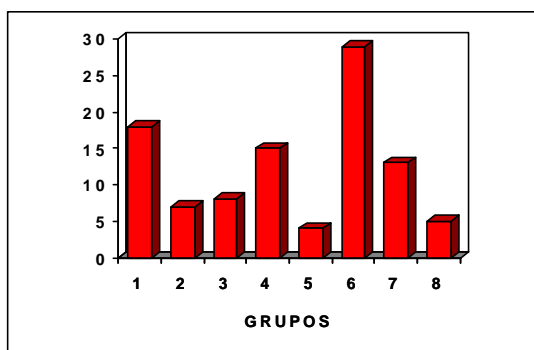
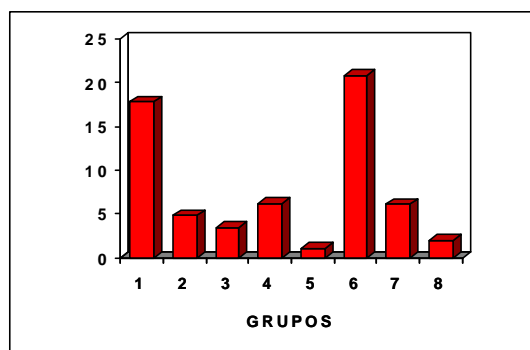


Gráfico 13: Gasto I+D /ventas (%).



En conclusión, la participación de la empresa en el proyecto parece estar más relacionada con el grado en que se involucra en tareas de I+D que a la relación entre la dimensión del departamento de I+D y la magnitud del proyecto. Es decir, la evidencia apunta a que la colaboración de los CPI es más necesaria para complementar la labor investigadora de la empresa que para servir de desahogo al departamento de I+D cuando la investigación en curso es de excesivo tamaño. Este resultado está en consonancia con los trabajos de Cohen y Levinthal (1989 y 1990) en los que las posibilidades que tiene una empresa para beneficiarse de las aportaciones ajenas dependen de su propia capacidad de investigación.

La consecuencia de esta conclusión es que resulta difícil explicar la participación de los investigadores públicos en los Proyectos Concertados sin analizar en detalle las capacidades de las empresas y los centros públicos de investigación, así como las actitudes de ambos agentes hacia la realización de actividades de I+D de forma conjunta.

4.3.4.2. Número de proyectos concedidos a la empresa.

Se ha mostrado que el CDTI no considera el tamaño del proyecto en comparación con el de la empresa cuando concede el proyecto, o al menos no parece tenerlo en cuenta para requerir el grado adecuado de colaboración con el CPI, de modo que el proyecto no sea excesivamente grande para la empresa. Sin embargo, las empresas pueden tener más de un proyecto cuando su capacidad de investigación lo permite.

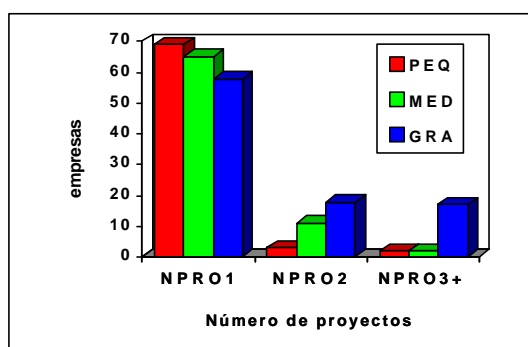
Puesto que las unidades que se utilizan en este trabajo son los Proyectos Concertados, para considerar el número de proyectos concedidos a cada empresa, ha sido necesario transformar la base de datos de manera que cada observación corresponda a una empresa. Para contrastar el efecto que tiene el tamaño sobre las posibilidades de obtener más de un proyecto entre 1988 y 1991, las 254 empresas que han obtenido Proyecto Concertado se han agrupado en tres conjuntos según su proximidad en el primer eje, que se corresponden con los atributos de empresa Grande, Mediana y Pequeña.

Cuadro 7: Coordenadas de los grupos

Grupos	Coordenada
	Eje 1
Grande	-0,79
Mediana	0,45
Pequeña	1,47

En el gráfico 14 se aprecia que en los tres colectivos predominan las empresas con un único proyecto. Sin embargo, la probabilidad de que una empresa tenga dos o más proyectos crece con su tamaño.

Gráfico 14: Dimensión de la empresa y número de Proyectos Concertados



Puesto que el esfuerzo que una empresa debe realizar para desarrollar un proyecto se relaciona inversamente con su tamaño, puede afirmarse que la concesión de más de un proyecto depende de la importancia que el proyecto tiene en el conjunto de la investigación de la empresa. De esta forma, todo sugiere que el CDTI ha concedido varios proyectos a las empresas capaces de desarrollarlos simultáneamente, aunque eso no implique que los puedan llevar a cabo sin una participación importante de los CPI. Esto es, los determinantes del grado de colaboración entre las empresas y el sector público son diferentes a los factores que explican el número de proyectos que realiza la empresa. Todo parece indicar que la magnitud de los proyectos y el número de proyectos se explican por la dimensión de la empresa, pero que la colaboración depende de factores más complejos de medir que determinan hasta que punto necesita la empresa al CPI, y que dependen de las complementariedades entre ambos, del carácter más o menos básico de la investigación, etc.

4.3.4.3. Financiación del Plan Nacional de I+D.

Después de haber analizado las relaciones existentes entre la dimensión de la empresa, su capacidad de investigación y su participación en el proyecto, se considera si el apoyo proporcionado a cada uno de estos grupos por el Plan Nacional es diferente. Concretamente, se examina si la parte del proyecto que el CDTI financia es similar en todos los grupos o si, por el contrario, las características que los distinguen hacen que se discrimine a unos proyectos (o empresas) en favor de otros.

El cuadro 8 presenta el gasto en I+D que ha supuesto el conjunto de los proyectos de en cada uno de los 8 sectores que se han definido, así como los fondos totales aportados por el Plan Nacional de I+D. Se aprecia que el porcentaje de fondos del Plan Nacional que aporta el CDTI a cada grupo es muy similar al peso que tienen en el gasto de los proyectos.

Cuadro 8: Presupuesto total y financiación del Plan Nacional de I+D (millones de ptas).

Sector	Gasto total en proyectos	%	Financiación Plan Nacional	%
1	8.013,4	17,6	3.669,3	18,34
2	4.709,3	10,3	2.109,1	10,54
3	7.177,4	15,7	3.067,9	15,33
4	16.809,4	37,0	7.201,1	36,0
5	5.180,1	11,4	2.297,8	11,48
6	3.548,1	7,8	1.657,6	8,28
7	19.890,8	43,8	8.559,8	43,0
8	12.834,2	28,2	5.664,6	44,1
Total	45.437,7	100,0%	20.002,8	100,0%

En el gráfico 15 se muestra la financiación media concedida con fondos del Plan Nacional a los proyectos de cada uno de los grupos. Se observa que se reproduce la estructura del total del proyecto, esto es, se financian mayores cantidades cuanto más grande es el proyecto y a medida que crece la participación de la empresa.

Gráfico 15: Aportación media del Plan Nacional.

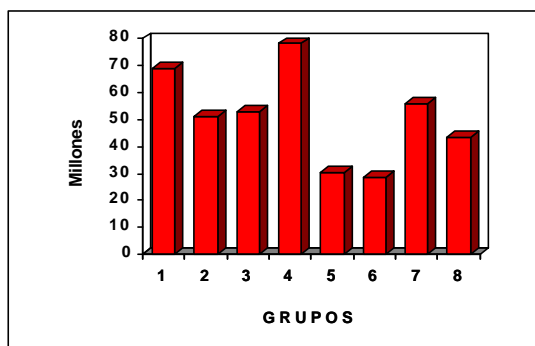
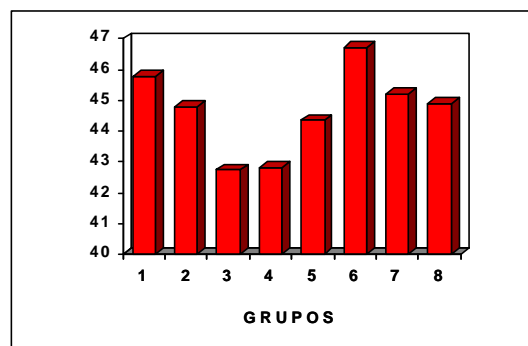


Gráfico 16: Porcentaje medio de financiación del Plan Nacional.



Sin embargo, si consideramos el porcentaje del presupuesto total del proyecto que se financia (gráfico 16), se tiende a apoyar más a los proyectos más pequeños (grupos 5 y 6) que a los grupos 3 y 4. También reciben elevados porcentajes de financiación los grupos 1 y

2; de hecho, comparando el grupo 1 con el 2 y el 7 con el 8, parece que existe cierta tendencia a favorecer los proyectos desarrollados por la empresa con poca colaboración de los centros públicos de investigación.

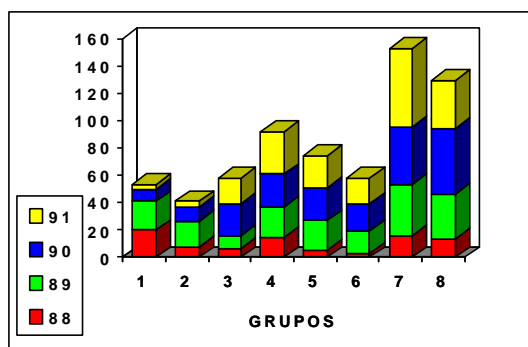
No obstante, hay que tener en cuenta que los porcentajes de financiación de los proyectos han variado a lo largo de los años 1988-91, tal y como se muestra en el cuadro 9. Se ha producido una tendencia a la disminución de la parte financiada por el Plan, inicialmente debido al fuerte aumento del número de proyectos, posteriormente por el crecimiento del tamaño medio de los proyectos y, por último, por la reducción de los fondos totales aportados.

Cuadro 9: Evolución temporal de la financiación proporcionada por el Plan nacional.

Año	Número de proyectos	Porcentaje de financiación	Fondos totales (Millones de pesetas)
88	57	50,72	3.704,3
89	109	44,80	5.079,4
90	111	42,16	5.899,6
91	100	41,55	5.319,5

Además, como el número de proyectos de cada agrupamiento aprobados en cada convocatoria es diferente (como se representa en el gráfico 16), el efecto de la reducción en el porcentaje de financiación de los proyectos que se ha producido entre 1988 y 1991 no es el mismo en todos los conjuntos.

Gráfico 16: Número de proyectos aprobados.



Para evitar este problema se plantea un modelo que explica la aportación del Plan Nacional en base al año en que se concedió la financiación y al grupo en que se integra el proyecto⁴⁷. Además, para tener en cuenta las diferencias en el porcentaje de financiación debidas al tamaño de los proyectos, se considera que el crédito del CDTI es una función lineal del tamaño del proyecto, en la que pueden existir divergencias entre los grupos tanto

⁴⁷ El modelo no explica la financiación recibida por cada proyecto, tan solo pretende separar los efectos del tamaño del proyecto y de la convocatoria en que se aprobó el proyecto. En la sección 4.4. se estiman modelos que determinan el crédito que concede el CDTI en función de las características del proyecto y de la empresa que lo emprende.

en la constante como en la pendiente. La ecuación a estimar es la que aparece a continuación, y el significado de las variables se proporciona en el cuadro 10.

$$PLAN = a + b_{presup} + \sum_{t=89}^{91} (a_t C_t + b_t P_t) + \sum_{i=1}^3 (a_i G_i + b_i PRG_i) + \sum_{i=5}^6 (a_i G_i + b_i PRG_i) + u$$

Cuadro 10: Variables.

PLAN	Crédito otorgado al proyecto.
Presup	Presupuesto del proyecto.
C _t	Variable ficticia que toma el valor uno si el proyecto fue concedido en el año t.
P _t	Presupuesto del proyecto si fue concedido en el año t y cero en el resto.
G _i	Variable ficticia que toma el valor uno si el proyecto pertenece al grupo i.
PRG _i	Presupuesto del proyecto si pertenece al grupo i y cero en el resto.
u	Perturbación aleatoria normalmente distribuida.

Cuadro 11: Estimación de la aportación del CDTI ⁴⁸.

Número de observaciones	377		
R cuadrado	0,93250		
R cuadrado corregido	0,93009		
Contraste del conjunto (F)	385,76671		
Significación	0,0000		
Variable	Parámetro	t de student	Signific.
C89	7.239.906,4	3,41	0,0007
C90	4.601.895,1	2,24	0,0255
P89	-0,13149	-7,63	0,0000
P90	-0,11413	-7,34	0,0000
P91	-0,08660	-7,82	0,0000
G2	-8.041.121,2	-2,68	0,0075
G5	-7.945.539,4	-3,37	0,0008
G6	-10.455.171,9	-3,47	0,0006
PRG2	0,05581	2,71	0,0070
PRG3	-0,02775	-2,85	0,0046
PRG5	0,03598	1,52	0,1292
PRG6	0,10241	2,61	0,0092
PRESUP	0,46816	35,66	0,0000
Constante	6.753.967,7	3,91	0,0001

El porcentaje financiado a un proyecto del grupo 4 en 1988 es el 46%, a lo que hay que añadir 6,7 millones. Igual comportamiento tiene la financiación al grupo 1, ya que los coeficientes de la constante y la pendiente no resultaron significativos.

Se observa que entre 1988 y 1989 se redujo el porcentaje financiado aunque creció la ordenada en el origen, indicando que tendía a favorecerse a los proyectos más pequeños.

⁴⁸ La estimación se ha realizado de manera que la constante recoge la ordenada en el origen para los proyectos del grupo 4 concedidos en 1988. Igualmente, el parámetro de la variable PRESUP mide el efecto sobre la cantidad aportada por el Plan Nacional de I+D de un incremento en una peseta en el presupuesto de un proyecto del tipo 4 en 1988. Por eso no se han introducido las variables C88 ni P88. Por otra parte, las variables G1, G3, PRG1 y C91 fueron eliminadas por no ser significativas.

En 1990 se mantenía esta actuación aunque con menor intensidad. Este efecto aún se debilita más en 1991, cuando la variable ficticia deja de ser significativa y el porcentaje medio de financiación es un 8% inferior al de 1988.

También se manifiesta que los grupos de proyectos 2, 5 y 6 reciben un porcentaje de financiación superior al de los conjuntos 1 y 4, sin embargo, la ordenada en el origen es menor. Los proyectos del grupo 3 reciben menor financiación pero la ordenada en el origen es la común.

Para comparar los grupos de proyectos eliminando el efecto temporal causado por el hecho de que el número de proyectos de cada grupo financiado en cada convocatoria no es el mismo, se ha estimado la diferencia en el porcentaje de financiación del proyecto medio de cada grupo debida a que los proyectos no se aprobaron en 1988⁴⁹. Restando esta estimación al porcentaje medio de financiación de cada grupo⁵⁰ se obtiene una medida no sesgada por la reducción del porcentaje de financiación que se produjo entre 1988 y 1991. Esta financiación estimada debe interpretarse como el porcentaje del presupuesto que hubiera aportado el Plan Nacional a un Proyecto Concertado concedido en 1988 cuyo presupuesto coincidiese con la media del grupo. También se ha incluido en el cuadro 12 el porcentaje de financiación medio que se hubiera concedido a los proyectos en la convocatoria de 1991, se obtiene restando el 8,66% a la financiación estimada con base 1988.

Se observa que, aunque todos los grupos de proyectos se han visto afectados por el recorte del porcentaje medio de financiación, los más perjudicados han sido los conjuntos 3 y 4, precisamente los que antes de realizar este ajuste recibían menor porcentaje de financiación.

⁴⁹ La expresión con que se obtiene es:

$$\text{Ajuste grupo}_i = \frac{\sum_{j \in i} \alpha + \beta \text{presup} + \alpha_t C_{j,t} + \beta_t P_{j,t}}{\sum_{j \in i} \text{presup } i}$$

⁵⁰ La introducción de efectos fijos para todos los grupos de proyectos hace que la estimación de la cantidad recibida por el proyecto medio del grupo coincida con lo realmente recibido, Aunque los parámetros de las variables ficticias G1 y G3 no resultan significativas, la divergencia entre el porcentaje de financiación estimado y el real es ínfima.

Cuadro 12: Estimación del porcentaje medio de financiación en 1988.

Grupo	Efecto 1989-91	Financiación estimada. Porcentaje del presupuesto (1988)	Financiación estimada. Porcentaje del presupuesto (1991)
1	-5,51	51,28	42,62
2	-6,48	51,27	42,61
3	-7,14	49,49	40,83
4	-7,49	50,51	41,85
5	-4,34	48,68	40,02
6	-4,28	51,00	42,34
7	-7,27	52,49	43,83
8	-5,47	50,36	41,70

Al final, el aporte medio de fondos es muy similar entre todos los grupos, situándose todos en torno al 50%, porcentaje máximo permitido (con la excepción de las pequeñas y medianas empresas que pueden recibir un 10% adicional) en la convocatoria de Proyectos Concertados. Las estimaciones superan en 4 casos el techo de financiación, lo que no debe interpretarse como errores de estimación, sino que refleja el hecho de que 1988 es un año excepcional, ya que el escaso número de proyectos aprobados permitió que la financiación media superase el 50%. Así, cuando la financiación se refiere al año 1991 los porcentajes se mantienen ligeramente por encima del 41%.

Los grupos peor tratados por el CDTI han sido el 3 y el 5, precisamente aquellos en los que se integran las empresas muy grandes con poca capacidad de investigación y las de tamaño muy reducido con baja intensidad investigadora.

Atendiendo a la participación, el grupo 7 ha sido más perjudicado que el 8 por la evolución temporal de la financiación del CDTI. Por eso, al final el proyecto medio del grupo 7 ha recibido un 2% más de financiación que el 8. Es decir, se ha apoyado más a los proyectos realizados por empresas que requieren una menor cooperación de CPI, aunque como ya se ha indicado, las diferencias entre ambos grupos en el grado de colaboración no son demasiado importantes.

Anexo A4.3.1.: Descripción de las variables.

En este anexo aparecen las modalidades de las variables utilizadas en el análisis de correspondencias múltiples, así como el rótulo que aparece en los gráficos para hacer referencia a cada una de ellas.

Variables activas:

1. VENTASC:

V1		$x < 200$
V2		$200 \leq x < 1000$
V3	si	$1000 \leq x < 5000$
V4		$5000 \leq x < 20000$
V5		$x \geq 20000$

Siendo x las ventas totales de la empresa en millones de pesetas.

2. PLANTIC:

P1		$x < 25$
P2		$25 \leq x < 100$
P3	si	$100 \leq x < 250$
P4		$250 \leq x < 1000$
P5		$x \geq 1000$

Siendo x la plantilla de la empresa.

3. PERIDC:

PID1		$x < 5$
PID2		$5 \leq x < 10$
PID3	si	$10 \leq x < 25$
PID4		$25 \leq x < 50$
PID5		$x \geq 50$

Siendo x el personal de I+D de la empresa.

4. GASTO IDC:

G1		$x < 10$
G2		$10 \leq x < 50$
G3	si	$50 \leq x < 100$
G4		$100 \leq x < 250$
G5		$250 \leq x < 500$
G6		$x \geq 500$

Siendo x el gasto total en actividades de I+D de la empresa en millones de pesetas.

5. IDVC:

IDV1	$x < 1$
IDV2	$1 \leq x < 2$
IDV3	si $2 \leq x < 5$
IDV4	$5 \leq x < 10$
IDV5	$10 \leq x < 20$
IDV6	$x \geq 20$

Siendo x la relación entre el gasto en I+D de la empresa y sus ventas, expresado en porcentaje.

6. PIDPLAC:

PP1	$x < 2$
PP2	$2 \leq x < 5$
PP3	si $5 \leq x < 10$
PP4	$10 \leq x < 20$
PP5	$x \geq 20$

Siendo x la relación (expresada en porcentaje) entre el personal de I+D de la empresa y la plantilla total.

7. CNAE6: Rama de actividad de la clasificación Nacional de Actividades Económicas (CNAE).

Rótulo	Código CNAE	Sectores
C1	0	Agricultura, ganadería y Pesca.
C3	2	Extracción y transformación de minerales no energéticos. Industria Química.
C4	3	Industrias Transformadoras de Metales, mecánica de precisión.
C5	4	Otras industrias manufactureras.
C6	1, 5, 6, 7, 9	Energía y agua. Construcción. Comercio, restaurantes y hostelería. Reparaciones. Transporte y comunicaciones. Otros servicios. Incluye también los proyectos realizados por empresa con CNAE desconocido.
C7	8	Instituciones Financieras, seguros y servicios.

8. PRESUPC:

PRE1	$x < 50$
PRE2	$50 \leq x < 100$
PRE3	si $100 \leq x < 150$
PRE4	$150 \leq x < 250$
PRE5	$x \geq 250$

siendo x el presupuesto total del Proyecto Concertado (en millones de pesetas).

9. DPRESC:

DPR1	$x < 60\%$
DPR2	$60\% \leq x < 75\%$
DPR3 si	$75\% \leq x < 85\%$
DPR4	$85\% \leq x < 90\%$
DPR5	$90\% \leq x < 95\%$
DPR6	$x \geq 95\%$

siendo X el gasto ejecutado por la empresa respecto al presupuesto total del proyecto.

10. DMANO:

DMA1	$x < 50\%$
DMA2	$50\% \leq x < 70\%$
DMA3 si	$70\% \leq x < 85\%$
DMA4	$85\% \leq x < 95\%$
DMA5	$x \geq 95\%$

siendo x el gasto en mano de obra ejecutado por la empresa respecto al gasto total en mano de obra del proyecto.

11. RDPRES:

RDP1	$x < 75\%$
RDP2	$75\% \leq x < 100\%$
RDP3 si	$100\% \leq x < 110\%$
RDP4	$x \geq 110\%$

siendo x la relación entre la proporción del presupuesto del proyecto ejecutada en la empresa y la proporción media ejecutada en los proyecto del mismo Programa Nacional.

12. EJODC:

JOD1	$x = 0$
JOD2	$0 \leq x < 1$
JOD3 si	$1 \leq x < 2$
JOD4	$2 \leq x < 5$
JOD5	$x \geq 5$

siendo x el número de EJC-año dedicados al proyecto por los CPI.

13. EJTD:

- JTD1 $x < 8$
 JTD2 $8 \leq x < 12$
 JTD3 si $12 \leq x < 18$
 JTD4 $18 \leq x < 25$
 JTD5 $x \geq 25$

siendo x el número de EJC-año dedicados al proyecto por empresa y CPI.

Variables suplementarias:

14. XV:

- XV1 $x = 0$
 XV2 $0 < x < 10$
 XV3 si $10 \leq x < 20$
 XV4 $10 \leq x < 50$
 XV5 $x \geq 50$

Siendo x la relación (expresada en porcentaje) entre las exportaciones y las ventas totales de la empresa.

15. RECURC:

- R1 $x < 100$
 R2 $100 \leq x < 500$
 R3 si $500 \leq x < 2000$
 R4 $2000 \leq x < 10000$
 R5 $x \geq 10000$

Siendo x los recursos propios de la empresa en millones de pesetas.

16. EDADC:

- E1 x es desconocido (-99)
 E2 $x \leq 3$
 E3 si $3 < x \leq 5$
 E4 $5 < x \leq 15$
 E5 $15 < x \leq 35$
 E6 $x > 35$

Siendo x la antigüedad de la empresa expresada en años.

17. TIPLAC:

- TI1 $x < 10$
 TI2 $10 \leq x < 20$
 TI3 si $20 \leq x < 50$
 TI4 $x \geq 50$

Siendo x la proporción que representan los titulados en la plantilla (expresado en porcentaje).

18. TIDPID:TID1 $x < 50$ TID2 si $50 \leq x < 75$ TID3 $x \geq 75$

Siendo x la proporción de titulados en el departamento de I+D.

19. PD:

PDNO si la empresa no ha obtenido Proyecto de Desarrollo Tecnológico.

PDSÍ si la empresa ha obtenido algún Proyecto de Desarrollo Tecnológico.

20. AUTON: autonomía en la que está radicada la empresa.

Rótulo	Comunidad autónoma
ANDA	Andalucía
ARAG	Aragón
ASTU	Asturias
BALE	Baleares
CANA	Canarias
CANT	Cantabria
CASL	Castilla-León
CASM	Castilla-La Mancha
CATA	Cataluña
EXTE	Extremadura
GALI	Galicia
RIOJ	La Rioja
MADR	Madrid
MURC	Murcia
NAVA	Navarra
PVAS	País Vasco
VALE	Valencia

21. NPROC:

NP1 si la empresa sólo ha desarrollado un Proyecto Concertado entre 1988 y 1991.

NP2 si la empresa ha desarrollado dos Proyectos Concertados.

NP3 si la empresa ha realizado tres o más Proyectos Concertados.

22. TIPOC:

Esta variable presenta 15 modalidades que se corresponden con cada uno de los programas del Plan Nacional de I+D.

Rótulo	Programa Nacional
- Area de Calidad de Vida y Recursos Naturales (Area A)	
AGR	Investigación agrícola
ALI	I+D en Tecnología de alimentos
BIO	Biotecnología
FAR	Investigación y desarrollo farmacéuticos
FOR	Sistemas y recursos forestales
GAN	Investigación y desarrollo ganadero
GEO	Recursos geológicos
MAR	Recursos marinos y acuicultura
NAT	Conservación de patrimonio natural y procesos de degradación ambiental
SAL	Salud
- Area de Tecnologías de la producción y las Comunicaciones (Area B)	
ESP	Investigación espacial
MAT	Nuevos materiales
MIC	Microelectrónica
ROB	Automatización avanzada y robótica
TIC	Tecnologías de la información y de las comunicaciones.

23.EJP:

EJP1 $x < 10\%$

EJP2 $10\% \leq x < 25\%$

EJP3 si $25\% \leq x < 50\%$

EJP4 $50\% \leq x < 90\%$

EJP5 $x \geq 90\%$

siendo x la relación entre los EJC totales del proyecto y el personal de I+D declarado por la empresa.

24. NCPIC:

NC1 si el proyecto se ha desarrollado sin la colaboración de CPI.

NC2 si un CPI ha colaborado en el Proyecto Concertado.

NC3 si en el proyecto han participado dos o más centros públicos de investigación.

25. DUC:

DU1 $x < 18$

DU2 $18 \leq x < 24$

DU3 si $24 \leq x < 30$

DU4 $30 \leq x < 36$

DU5 $36 \leq x < 42$

DU6 $x \geq 42$

siendo x la duración del proyecto expresada en meses.

26. PLAN:PLA1 $x < 20$ PLA2 $20 \leq x < 30$ PLA3 si $30 \leq x < 50$ PLA4 $50 \leq x < 100$ PLA5 $x \geq 100$

siendo x el crédito sin interés proporcionado por el Plan Nacional de I+D.

27. PLANPRES:PLP1 $x < 40$ PLP2 $40 \leq x < 45$ PLP3 si $45 \leq x < 50$ PLP4 $x = 50$ PLP5 $x > 50$

siendo x la parte del proyecto financiada con fondos procedentes del Plan Nacional de I+D.

28. GPRESUDC:GPD1 $x < 20\%$ GPD2 $20\% \leq x < 50\%$ GPD3 si $50\% \leq x < 100\%$ GPD4 $100\% \leq x < 200\%$ GPD5 $200\% \leq x < 500\%$ GPD6 $x \geq 500\%$

siendo x la relación entre el presupuesto en I+D de la empresa y el gasto anualizado en el proyecto.

29. IEJCDC:IJD1 $x < 10$ IJD2 $10 \leq x < 15$ IJD3 si $15 \leq x < 20$ IJD4 $20 \leq x < 30$ IJD5 $x \geq 30$

siendo x la inversión (en millones de pesetas) por EJC-año dedicado al proyecto.

Anexo A4.3.2.: Resultados del análisis de correspondencias múltiples.

Cuadro 1: Coordenadas y contribuciones absolutas y relativas de las modalidades activas *

Identificador	Descripción	P.rel	Dist	Coordenadas					Contribuciones absolutas					Contribuciones relativas				
				1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
VENTASC	Ventas (millones)			Contribución acumulada=					15,1	2,6	20,8	7,0	0,6					
V1	Menos de 200	1,20	5,39	1,40	-0,47	-0,35	0,91	0,00	6,8	1,0	0,7	4,9	0,0	0,36	0,04	0,02	0,15	0,00
V2	De 200 a 1000	1,59	3,83	0,69	-0,01	0,32	-0,04	0,10	2,2	0,0	0,7	0,0	0,1	0,12	0,00	0,03	0,00	0,00
V3	De 1000 a 5000	2,10	2,66	-0,19	-0,13	0,82	-0,43	0,11	0,2	0,1	6,1	1,9	0,1	0,01	0,01	0,25	0,07	0,00
V4	De 5000 a 20000	1,18	5,50	-0,79	0,03	0,33	0,05	-0,08	2,1	0,0	0,6	0,0	0,0	0,11	0,00	0,02	0,00	0,00
V5	20000 o más	1,61	3,77	-0,90	0,50	-1,36	-0,12	-0,19	3,8	1,5	12,8	0,1	0,3	0,22	0,07	0,49	0,00	0,01
PLANTIC	Plantilla			Contribución acumulada=					15,9	2,8	21,3	4,5	0,7					
P1	Menos de 25	1,14	5,73	1,50	-0,35	-0,46	0,77	0,17	7,5	0,5	1,0	3,4	0,2	0,39	0,02	0,04	0,10	0,01
P2	De 25 a 99	1,73	3,44	0,67	-0,07	0,31	-0,01	0,08	2,3	0,0	0,7	0,0	0,1	0,13	0,00	0,03	0,00	0,00
P3	De 100 a 249	1,59	3,83	-0,23	-0,34	0,91	-0,34	0,02	0,2	0,7	5,6	0,9	0,0	0,01	0,03	0,21	0,03	0,00
P4	De 250 a 999	1,59	3,83	-0,63	0,18	0,45	-0,15	-0,01	1,8	0,2	1,4	0,2	0,0	0,10	0,01	0,05	0,01	0,00
P5	Más de 999	1,63	3,71	-0,93	0,48	-1,33	-0,05	-0,21	4,1	1,4	12,5	0,0	0,4	0,23	0,06	0,48	0,00	0,01
PERIDC	Personal de I+D			Contribución acumulada=					17,3	0,6	10,0	4,4	3,2					
PID1	Menos de 5	1,80	3,28	1,31	0,01	-0,29	0,21	0,18	9,0	0,0	0,7	0,4	0,3	0,52	0,00	0,03	0,01	0,01
PID2	De 5 a 9	1,02	6,54	0,64	0,21	0,27	-0,26	-0,20	1,2	0,2	0,3	0,3	0,2	0,06	0,01	0,01	0,01	0,01
PID3	De 10 a 24	1,69	3,54	-0,20	0,14	0,64	-0,27	0,12	0,2	0,1	3,0	0,6	0,1	0,01	0,01	0,12	0,02	0,00
PID4	De 25 a 49	1,39	4,54	-0,59	-0,03	0,42	-0,38	0,30	1,4	0,0	1,1	1,0	0,7	0,08	0,00	0,04	0,03	0,02
PID5	Más de 49	1,80	3,28	-1,03	-0,23	-0,80	0,48	-0,41	5,5	0,4	4,9	2,0	1,7	0,32	0,02	0,19	0,07	0,05
GASTOICD	Gasto en I+D			Contribución acumulada=					16,5	0,7	12,9	6,0	2,6					
G1	Menos de 10 mill.	1,20	5,39	1,42	0,16	-0,50	0,06	0,15	7,0	0,1	1,3	0,0	0,2	0,37	0,00	0,05	0,00	0,00
G2	De 10 y 50 mill.	1,84	3,19	0,67	0,03	0,30	-0,01	0,02	2,4	0,0	0,7	0,0	0,0	0,14	0,00	0,03	0,00	0,00
G3	De 50 a 100 mill.	1,06	6,25	-0,14	0,17	0,78	-0,22	0,06	0,1	0,1	2,8	0,3	0,0	0,00	0,00	0,10	0,01	0,00
G4	De 100 y 250 mill.	1,61	3,77	-0,49	-0,15	0,48	-0,23	0,18	1,1	0,1	1,6	0,4	0,3	0,06	0,01	0,06	0,01	0,01
G5	De 250 a 500 mill.	1,04	6,39	-0,84	0,08	-0,42	-0,37	0,00	2,1	0,0	0,8	0,7	0,0	0,11	0,00	0,03	0,02	0,00
G6	Más de 500 mill.	0,94	7,20	-1,18	-0,28	-1,18	0,99	-0,62	3,8	0,3	5,7	4,6	2,1	0,19	0,01	0,19	0,14	0,05

* Identificador: Rótulo de cada modalidad. Descripción: Recordatorio del significado de las diversas modalidades.

P.rel: Peso relativo. Número de empresas con esa modalidad respecto al producto de empresas por variables.

Dist: Cuadrado de la distancia de la modalidad al centro de gravedad.

Coordenadas: Ubicación de la modalidad en el espacio formado por los 5 primeros ejes factoriales

Contribuciones absolutas: Porcentaje de la inercia del factor explicada por cada modalidad

Contribuciones relativas: Calidad de representación de la modalidad sobre cada eje (en porcentaje)

Cuadro 1: Coordenadas y contribuciones absolutas y relativas de las modalidades activas (continuación).

Identificador	Descripción	P.rel	Dist	Coordenadas					Contribuciones absolutas					Contribuciones relativas				
				1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
IDVC	%Gasto en I+D/ventas			Contribución acumulada=					0,4	10,3	9,0	12,7	2,1					
IDV1	Menos del 1%	1,67	3,60	-0,04	0,80	-0,78	-0,82	0,27	0,0	3,9	4,4	5,5	0,7	0,00	0,18	0,17	0,18	0,02
IDV2	Del 1 al 2%	0,92	7,38	-0,21	0,49	0,07	-0,59	-0,39	0,1	0,8	0,0	1,6	0,8	0,01	0,03	0,00	0,05	0,02
IDV3	Del 2 al 5%	1,29	4,98	-0,01	0,30	0,71	-0,03	-0,02	0,0	0,4	2,8	0,0	0,0	0,00	0,02	0,10	0,00	0,00
IDV4	Del 5 al 10%	1,43	4,39	-0,10	-0,46	0,49	0,29	0,15	0,0	1,1	1,5	0,6	0,2	0,00	0,05	0,06	0,02	0,00
IDV5	Del 10 al 20%	1,06	6,25	0,26	-0,37	-0,20	0,75	0,00	0,2	0,5	0,2	3,0	0,0	0,01	0,02	0,01	0,09	0,00
IDV6	Más del 20%	1,33	4,80	0,12	-0,85	-0,13	0,55	-0,21	0,1	3,5	0,1	2,0	0,3	0,00	0,15	0,00	0,06	0,01
PIDPLAC	%Personal I+D/Plantilla			Contribución acumulada=					1,0	9,6	6,2	10,7	2,0					
PP1	Menos del 2%	0,86	7,98	-0,28	0,91	-0,97	-0,86	0,49	0,2	2,6	3,4	3,1	1,2	0,01	0,10	0,12	0,09	0,03
PP2	Del 2 al 5%	1,51	4,09	-0,07	0,76	-0,24	-0,49	-0,20	0,0	3,2	0,4	1,8	0,4	0,00	0,14	0,01	0,06	0,01
PP3	Del 5 al 10%	1,08	6,11	0,21	0,10	0,34	-0,21	-0,12	0,1	0,0	0,5	0,2	0,1	0,01	0,00	0,02	0,01	0,00
PP4	Del 10 al 20%	2,29	2,37	-0,19	-0,36	0,42	0,11	0,12	0,2	1,1	1,8	0,1	0,2	0,01	0,06	0,08	0,00	0,01
PP5	Más del 20%	1,96	2,93	0,28	-0,62	-0,08	0,74	-0,13	0,4	2,7	0,1	5,4	0,2	0,03	0,13	0,00	0,19	0,01
CNAE6	Sector de actividad			Contribución acumulada=					5,0	6,1	2,4	9,0	2,1					
C1	CNAE-0	0,45	16,14	1,46	-0,28	-0,05	0,47	0,05	2,8	0,1	0,0	0,5	0,0	0,13	0,00	0,00	0,01	0,00
C3	CNAE-2	1,94	2,97	-0,36	0,45	0,10	-0,18	0,08	0,7	1,4	0,1	0,3	0,1	0,04	0,07	0,00	0,01	0,00
C4	CNAE-3	2,55	2,02	-0,29	-0,17	0,12	0,38	-0,23	0,6	0,3	0,2	1,9	0,8	0,04	0,02	0,01	0,07	0,03
C5	CNAE-4	1,06	6,25	0,46	0,53	-0,46	-1,06	0,39	0,6	1,1	1,0	5,9	1,0	0,03	0,04	0,03	0,18	0,02
C6	Resto de sectores	0,75	9,19	0,07	0,06	-0,45	0,31	-0,17	0,0	0,0	0,6	0,4	0,1	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00
C7	CNAE-8	0,94	7,20	0,26	-0,96	0,37	0,05	0,13	0,2	3,2	0,6	0,0	0,1	0,01	0,13	0,02	0,00	0,00
PRESUPC	Presupuesto del proyecto			Contribución acumulada=					8,2	0,9	3,0	4,4	6,1					
PRE1	Menos de 50 mill.	1,69	3,54	0,89	0,12	-0,38	0,03	0,31	3,9	0,1	1,1	0,0	1,0	0,23	0,00	0,04	0,00	0,03
PRE2	De 50 a 100 mill.	2,41	2,19	0,20	0,05	-0,19	-0,30	0,22	0,3	0,0	0,4	1,1	0,7	0,02	0,00	0,02	0,04	0,02
PRE3	De 100 a 150 mill.	1,47	4,24	-0,25	-0,20	0,23	-0,16	-0,25	0,3	0,2	0,3	0,2	0,5	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
PRE4	De 150 a 250 mill.	1,35	4,71	-0,71	0,20	0,27	0,18	0,03	2,0	0,2	0,4	0,2	0,0	0,11	0,01	0,02	0,01	0,00
PRE5	Más de 250 mill.	0,78	8,92	-0,87	-0,38	0,51	0,87	-0,94	1,7	0,4	0,9	2,9	4,0	0,08	0,02	0,03	0,08	0,10
DPRESC	Gasto ejecutado por la empresa respecto al total.			Contribución acumulada=					3,4	19,9	1,8	10,3	27,7					
DPR1	Menos del 60%	0,84	8,20	-0,26	1,74	0,46	0,92	1,54	0,2	9,3	0,7	3,5	11,5	0,01	0,37	0,03	0,10	0,29
DPR2	Del 60 al 75%	0,92	7,38	0,57	0,67	-0,08	0,63	-0,42	0,9	1,5	0,0	1,8	1,0	0,04	0,06	0,00	0,05	0,02
DPR3	Del 75 al 85%	1,10	5,98	0,35	0,44	-0,17	0,15	-1,10	0,4	0,8	0,1	0,1	7,7	0,02	0,03	0,00	0,00	0,20
DPR4	Del 85 al 90%	1,12	5,85	0,23	-0,05	0,02	-0,45	-0,44	0,2	0,0	0,0	1,2	1,3	0,01	0,00	0,00	0,04	0,03
DPR5	Del 90 al 95%	1,80	3,28	0,07	-0,26	0,21	-0,64	-0,29	0,0	0,4	0,3	3,6	0,9	0,00	0,02	0,01	0,12	0,03
DPR6	Más del 95%	1,92	3,01	-0,56	-1,06	-0,26	0,07	0,69	1,8	7,9	0,6	0,1	5,3	0,11	0,37	0,02	0,00	0,16

Cuadro 1: Coordenadas y contribuciones absolutas y relativas de las modalidades activas (continuación).

Identificador	Descripción	P.rel	Dist	Coordenadas					Contribuciones absolutas					Contribuciones relativas				
				1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
DMANO	Porcentaje del gasto en mano de obra ejecutado en la empresa.			Contribución acumulada=					4,0	17,7	2,5	9,9	18,7					
DMA1	Menos del 50%	1,08	6,11	-0,01	1,45	0,35	0,87	1,00	0,0	8,3	0,6	4,1	6,3	0,00	0,34	0,02	0,12	0,16
DMA2	Del 50 al 70%	1,24	5,18	0,46	0,62	-0,37	0,40	-0,62	0,8	1,8	0,7	1,0	2,8	0,04	0,07	0,03	0,03	0,07
DMA3	Del 70 al 85%	1,84	3,19	0,35	0,00	0,03	-0,47	-0,47	0,7	0,0	0,0	2,0	2,4	0,04	0,00	0,00	0,07	0,07
DMA4	Del 85 al 95%	2,08	2,70	-0,03	-0,33	0,24	-0,47	-0,32	0,0	0,8	0,5	2,3	1,2	0,00	0,04	0,02	0,08	0,04
DMA5	Más del 95%	1,45	4,31	-0,79	-1,14	-0,33	0,28	0,84	2,6	6,9	0,7	0,6	6,0	0,14	0,30	0,02	0,02	0,17
RDPRESC	Presupuesto respecto a la media del mismo programa nacional			Contribución acumulada=					2,4	14,2	0,4	8,0	20,5					
RDP1	Menos del 75%	0,98	6,85	-0,16	1,64	0,26	0,98	1,41	0,1	9,6	0,3	4,6	11,2	0,00	0,39	0,01	0,14	0,29
RDP2	Del 75 al 100%	2,29	2,37	0,50	0,26	0,00	0,21	-0,82	1,6	0,6	0,0	0,5	8,9	0,11	0,03	0,00	0,02	0,29
RDP3	Del 100 al 110%	2,47	2,12	-0,29	-0,44	-0,05	-0,46	0,11	0,6	1,8	0,0	2,6	0,2	0,04	0,09	0,00	0,10	0,01
RDP4	Más del 110%	1,96	2,93	-0,13	-0,56	-0,07	-0,15	0,11	0,1	2,3	0,0	0,2	0,1	0,01	0,11	0,00	0,01	0,00
EJODC	EJC-año dedicados por CPI			Contribución acumulada=					5,7	12,4	4,0	8,0	9,0					
JOD1	0	0,86	7,98	-0,91	-1,39	-0,54	0,41	1,13	2,1	6,1	1,1	0,7	6,4	0,10	0,24	0,04	0,02	0,16
JOD2	Entre 0 y 1	1,14	5,73	0,41	-0,46	-0,45	-0,54	0,27	0,6	0,9	1,0	1,7	0,5	0,03	0,04	0,04	0,05	0,01
JOD3	Entre 1 y 2	1,35	4,71	0,61	-0,33	0,09	-0,34	-0,03	1,4	0,5	0,0	0,8	0,0	0,08	0,02	0,00	0,03	0,00
JOD4	Entre 2 y 5	2,08	2,70	0,24	0,25	-0,05	-0,29	-0,23	0,4	0,5	0,0	0,9	0,6	0,02	0,02	0,00	0,03	0,02
JOD5	A partir de 5	2,26	2,40	-0,45	0,73	0,43	0,59	-0,33	1,3	4,4	1,8	3,9	1,5	0,08	0,22	0,08	0,15	0,05
EJTDC	ECJ-año dedicados en total			Contribución acumulada=					5,1	2,2	5,9	5,2	4,9					
JTD1	Menos de 8	1,98	2,89	0,45	-0,36	-0,54	-0,31	0,34	1,2	0,9	2,5	1,0	1,3	0,07	0,04	0,10	0,03	0,04
JTD2	Entre 8 y 12	1,20	5,39	0,53	-0,04	-0,05	0,05	0,28	1,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,05	0,00	0,00	0,00	0,01
JTD3	Entre 12 y 18	1,45	4,31	0,04	-0,15	-0,16	-0,25	0,03	0,0	0,1	0,2	0,5	0,0	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00
JTD4	Entre 18 y 25	1,27	5,08	-0,21	0,36	0,21	-0,17	-0,07	0,2	0,6	0,2	0,2	0,0	0,01	0,03	0,01	0,01	0,00
JTD5	Al menos 25	1,80	3,28	-0,73	0,29	0,62	0,64	-0,53	2,8	0,6	2,9	3,6	2,9	0,16	0,03	0,12	0,12	0,09

Cuadro 2: Coordenadas y valores *test* de las modalidades para los ejes 1 a 5*

Identific.	Descripción	Eff		Coordenadas					Valores <i>test</i>					
				1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
VENTASC	Ventas (millones)													
V1	Menos de 200	59	5,39	1,40	-0,47	-0,35	0,91	0,00	11,7	-4,0	-3,0	7,6	0,0	
V2	De 200 a 1000	78	3,83	0,69	-0,01	0,32	-0,04	0,10	6,8	-0,1	3,1	-0,4	1,0	
V3	De 1000 a 5000	103	2,66	-0,19	-0,13	0,82	-0,43	0,11	-2,3	-1,5	9,7	-5,1	1,3	
V4	De 5000 a 20000	58	5,50	-0,79	0,03	0,33	0,05	-0,08	-6,5	0,3	2,8	0,4	-0,7	
V5	20000 o más	79	3,77	-0,90	0,50	-1,36	-0,12	-0,19	-9,0	5,0	-13,6	-1,2	-1,9	
PLANTIC	Plantilla													
P1	Menos de 25	56	5,73	1,50	-0,35	-0,46	0,77	0,17	12,2	-2,8	-3,7	6,3	1,4	
P2	De 25 a 99	85	3,44	0,67	-0,07	0,31	-0,01	0,08	7,1	-0,7	3,3	-0,1	0,9	
P3	De 100 a 249	78	3,83	-0,23	-0,34	0,91	-0,34	0,02	-2,3	-3,4	9,0	-3,4	0,2	
P4	De 250 a 999	78	3,83	-0,63	0,18	0,45	-0,15	-0,01	-6,3	1,8	4,4	-1,5	-0,1	
P5	Más de 999	80	3,71	-0,93	0,48	-1,33	-0,05	-0,21	-9,3	4,8	-13,4	-0,5	-2,2	
PERIDC	Personal de I+D													
PID1	Menos de 5	88	3,28	1,31	0,01	-0,29	0,21	0,18	14,0	0,1	-3,1	2,3	1,9	
PID2	De 5 a 9	50	6,54	0,64	0,21	0,27	-0,26	-0,20	4,9	1,6	2,1	-2,0	-1,5	
PID3	De 10 a 24	83	3,54	-0,20	0,14	0,64	-0,27	0,12	-2,1	1,5	6,6	-2,8	1,2	
PID4	De 25 a 49	68	4,54	-0,59	-0,03	0,42	-0,38	0,30	-5,3	-0,3	3,9	-3,4	2,7	
PID5	Más de 49	88	3,28	-1,03	-0,23	-0,80	0,48	-0,41	-11,0	-2,5	-8,5	5,1	-4,4	
GASTO IDC	Gasto en I+D													
G1	Menos de 10 mill.	59	5,39	1,42	0,16	-0,50	0,06	0,15	11,8	1,4	-4,2	0,5	1,3	
G2	De 10 y 50 mill.	90	3,19	0,67	0,03	0,30	-0,01	0,02	7,2	0,3	3,2	-0,1	0,3	
G3	De 50 a 100 mill.	52	6,25	-0,14	0,17	0,78	-0,22	0,06	-1,1	1,3	6,1	-1,7	0,5	
G4	De 100 y 250 mill.	79	3,77	-0,49	-0,15	0,48	-0,23	0,18	-4,9	-1,5	4,8	-2,3	1,8	
G5	De 250 a 500 mill.	51	6,39	-0,84	0,08	-0,42	-0,37	0,00	-6,5	0,6	-3,2	-2,8	0,0	
G6	Más de 500 mill.	46	7,20	-1,18	-0,28	-1,18	0,99	-0,62	-8,5	-2,0	-8,6	7,2	-4,5	
IDVC	%Gasto en I+D/ventas													
IDV1	Menos del 1%	82	3,60	-0,04	0,80	-0,78	-0,82	0,27	-0,4	8,2	-8,0	-8,3	2,8	
IDV2	Del 1 al 2%	45	7,38	-0,21	0,49	0,07	-0,59	-0,39	-1,5	3,5	0,5	-4,2	-2,8	
IDV3	Del 2 al 5%	63	4,98	-0,01	0,30	0,71	-0,03	-0,02	-0,1	2,6	6,2	-0,2	-0,2	
IDV4	Del 5 al 10%	70	4,39	-0,10	-0,46	0,49	0,29	0,15	-0,9	-4,3	4,6	2,7	1,3	
IDV5	Del 10 al 20%	52	6,25	0,26	-0,37	-0,20	0,75	0,00	2,0	-2,8	-1,6	5,9	0,0	
IDV6	Más del 20%	65	4,80	0,12	-0,85	-0,13	0,55	-0,21	1,0	-7,5	-1,1	4,9	-1,9	
PIDPLAC	%Personal I+D/Plantilla													
PP1	Menos del 2%	42	7,98	-0,28	0,91	-0,97	-0,86	0,49	-1,9	6,2	-6,6	-5,9	3,4	
PP2	Del 2 al 5%	74	4,09	-0,07	0,76	-0,24	-0,49	-0,20	-0,7	7,3	-2,3	-4,7	-1,9	
PP3	Del 5 al 10%	53	6,11	0,21	0,10	0,34	-0,21	-0,12	1,6	0,8	2,7	-1,6	-0,9	
PP4	Del 10 al 20%	112	2,37	-0,19	-0,36	0,42	0,11	0,12	-2,4	-4,5	5,3	1,3	1,5	
PP5	Más del 20%	96	2,93	0,28	-0,62	-0,08	0,74	-0,13	3,2	-7,0	-0,9	8,4	-1,5	
CNAE6	Sector de actividad													
C1	CNAE-0	22	16,14	1,46	-0,28	-0,05	0,47	0,05	7,0	-1,4	-0,3	2,3	0,2	
C3	CNAE-2	95	2,97	-0,36	0,45	0,10	-0,18	0,08	-4,0	5,0	1,1	-2,0	0,9	
C4	CNAE-3	125	2,02	-0,29	-0,17	0,12	0,38	-0,23	-4,0	-2,4	1,6	5,2	-3,2	
C5	CNAE-4	52	6,25	0,46	0,53	-0,46	-1,06	0,39	3,5	4,1	-3,5	-8,2	3,1	
C6	Resto de sectores	37	9,19	0,07	0,06	-0,45	0,31	-0,17	0,5	0,4	-2,9	2,0	-1,1	
C7	CNAE-8	46	7,20	0,26	-0,96	0,37	0,05	0,13	1,9	-6,9	2,7	0,4	1,0	

* Explicación de la tabla: Identific: Identificador o rótulo de cada modalidad. Descripción: Recordatorio del significado de las diversas modalidades. Eff: Efectivo. Número de empresas con esa modalidad. Dist: Cuadrado de la distancia de la modalidad al centro de gravedad. Coordenadas: Ubicación de la modalidad en el espacio formado por los 5 primeros ejes factoriales. Valores *test*: estadístico (distribución normal estandar) del contraste de significación de la representación de la modalidad sobre cada eje.

Cuadro 2: Coordenadas y valores *test* de las modalidades para los ejes 1 a 5 (continuación).

Identific.		Coordenadas		Coordenadas					Valores <i>test</i>					
		Eff	Dist	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
PRESUPC	Presupuesto													
PRE1	Menos de 50 mill.	83	3,54	0,89	0,12	-0,38	0,03	0,31	9,2	1,2	-3,9	0,3	3,2	
PRE2	De 50 a 100 mill.	118	2,19	0,20	0,05	-0,19	-0,30	0,22	2,6	0,7	-2,5	-3,9	2,8	
PRE3	De 100 a 150 mill.	72	4,24	-0,25	-0,20	0,23	-0,16	-0,25	-2,3	-1,9	2,2	-1,5	-2,3	
PRE4	De 150 a 250 mill.	66	4,71	-0,71	0,20	0,27	0,18	0,03	-6,4	1,8	2,4	1,6	0,2	
PRE5	Más de 250 mill.	38	8,92	-0,87	-0,38	0,51	0,87	-0,94	-5,6	-2,5	3,3	5,6	-6,1	
DPRESC	Gasto ejecutado en empresa/ total.													
DPR1	Menos del 60%	41	8,20	-0,26	1,74	0,46	0,92	1,54	-1,8	11,8	3,1	6,2	10,4	
DPR2	Del 60 al 75%	45	7,38	0,57	0,67	-0,08	0,63	-0,42	4,1	4,8	-0,6	4,5	-3,0	
DPR3	Del 75 al 85%	54	5,98	0,35	0,44	-0,17	0,15	-1,10	2,8	3,5	-1,4	1,2	-8,7	
DPR4	Del 85 al 90%	55	5,85	0,23	-0,05	0,02	-0,45	-0,44	1,9	-0,4	0,1	-3,6	-3,6	
DPR5	Del 90 al 95%	88	3,28	0,07	-0,26	0,21	-0,64	-0,29	0,8	-2,7	2,2	-6,8	-3,1	
DPR6	Más del 95%	94	3,01	-0,56	-1,06	-0,26	0,07	0,69	-6,3	-11,9	-2,9	0,8	7,7	
DMANO	Mano de obra en la empresa/total													
DMA1	Menos del 50%	53	6,11	-0,01	1,45	0,35	0,87	1,00	-0,1	11,3	2,8	6,8	7,8	
DMA2	Del 50 al 70%	61	5,18	0,46	0,62	-0,37	0,40	-0,62	3,9	5,3	-3,1	3,4	-5,3	
DMA3	Del 70 al 85%	90	3,19	0,35	0,00	0,03	-0,47	-0,47	3,8	0,0	0,3	-5,1	-5,1	
DMA4	Del 85 al 95%	102	2,70	-0,03	-0,33	0,24	-0,47	-0,32	-0,3	-3,9	2,8	-5,5	-3,8	
DMA5	Más del 95%	71	4,31	-0,79	-1,14	-0,33	0,28	0,84	-7,4	-10,7	-3,0	2,6	7,9	
RDPRESC	Presupuesto/ media del mismo tipo													
RDP1	Menos del 75%	48	6,85	-0,16	1,64	0,26	0,98	1,41	-1,2	12,1	1,9	7,2	10,4	
RDP2	Del 75 al 100%	112	2,37	0,50	0,26	0,00	0,21	-0,82	6,3	3,3	0,0	2,6	-10,4	
RDP3	Del 100 al 110%	121	2,12	-0,29	-0,44	-0,05	-0,46	0,11	-3,9	-5,9	-0,7	-6,1	1,5	
RDP4	Más del 110%	96	2,93	-0,13	-0,56	-0,07	-0,15	0,11	-1,5	-6,4	-0,7	-1,7	1,3	
EJODC	EJC-año dedicados por CPI													
JOD1	0	42	7,98	-0,91	-1,39	-0,54	0,41	1,13	-6,3	-9,6	-3,7	2,8	7,8	
JOD2	Entre 0 y 1	56	5,73	0,41	-0,46	-0,45	-0,54	0,27	3,3	-3,7	-3,7	-4,4	2,2	
JOD3	Entre 1 y 2	66	4,71	0,61	-0,33	0,09	-0,34	-0,03	5,4	-3,0	0,8	-3,1	-0,3	
JOD4	Entre 2 y 5	102	2,70	0,24	0,25	-0,05	-0,29	-0,23	2,9	2,9	-0,6	-3,4	-2,7	
JOD5	A partir de 5	111	2,40	-0,45	0,73	0,43	0,59	-0,33	-5,6	9,2	5,4	7,4	-4,2	
EJTDC	ECJ-año dedicados por empresa y CPI													
JTD1	Menos de 8	97	2,89	0,45	-0,36	-0,54	-0,31	0,34	5,1	-4,1	-6,2	-3,6	3,9	
JTD2	Entre 8 y 12	59	5,39	0,53	-0,04	-0,05	0,05	0,28	4,4	-0,4	-0,4	0,4	2,3	
JTD3	Entre 12 y 18	71	4,31	0,04	-0,15	-0,16	-0,25	0,03	0,4	-1,4	-1,5	-2,3	0,3	
JTD4	Entre 18 y 25	62	5,08	-0,21	0,36	0,21	-0,17	-0,07	-1,8	3,1	1,8	-1,5	-0,6	
JTD5	Al menos 25	88	3,28	-0,73	0,29	0,62	0,64	-0,53	-7,8	3,1	6,6	6,8	-5,7	
XV	Exportaciones/ventas													
XV1	No exporta	102	2,70	0,64	-0,11	-0,01	0,26	0,00	7,5	-1,3	-0,1	3,0	-0,0	
XV2	Menos del 10%	94	3,01	-0,15	0,20	0,29	-0,13	0,14	-1,7	2,2	3,2	-1,4	1,5	
XV3	Entre el 10 y el 20%	56	5,73	-0,36	0,04	-0,49	-0,08	-0,17	-2,9	0,3	-3,9	-0,7	-1,4	
XV4	Entre el 20 y el 50%	60	5,28	-0,33	0,41	-0,04	-0,24	-0,10	-2,8	3,4	-0,3	-2,1	-0,9	
XV5	Al menos el 50%	65	4,80	-0,17	-0,54	0,06	0,08	0,05	-1,5	-4,7	0,5	0,7	0,4	
NPROC	Número de PC													
NP1	Uno	192	0,96	0,47	0,19	0,16	0,02	0,01	9,2	3,7	3,2	0,4	0,1	
NP2	Dos	64	4,89	-0,25	-0,17	0,27	0,08	-0,05	-2,2	-1,5	2,3	0,7	-0,4	
NP3M	Tres o más	121	2,12	-0,61	-0,21	-0,39	-0,08	0,02	-8,1	-2,8	-5,3	-1,0	0,2	

Cuadro 2: Coordenadas y valores *test* de las modalidades para los ejes 1 a 5 (continuación).

Identific.				Coordenadas					Valores <i>test</i>					
		Eff	Dist	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
RECURC	Recursos propios													
R1	Menos de 100	74	4,09	1,11	-0,14	-0,21	0,42	0,11	10,6	-1,4	-2,1	4,0	1,0	
R2	Entre 100 y 500	86	3,38	0,51	-0,31	0,40	-0,03	0,19	5,3	-3,2	4,2	-0,4	2,0	
R3	Entre 500 y 2000	95	2,97	-0,23	-0,11	0,74	-0,23	-0,12	-2,6	-1,3	8,3	-2,5	-1,4	
R4	Entre 2000 y 10000	59	5,39	-0,84	0,05	-0,16	0,16	0,06	-7,0	0,4	-1,3	1,4	0,5	
R5	Más de 10000	63	4,98	-0,86	0,72	-1,26	-0,26	-0,26	-7,4	6,2	-10,9	-2,3	-2,3	
EDADC	Antigüedad													
E1	Desconocida	32	10,78	0,11	-0,04	-0,09	-0,02	-0,26	0,6	-0,2	-0,6	-0,1	-1,5	
E2	Hasta 3 años	30	11,57	0,76	-0,43	0,01	0,49	-0,08	4,3	-2,5	0,1	2,8	-0,4	
E3	Entre 3 y 5 años	43	7,77	0,62	-0,58	0,18	0,05	0,45	4,3	-4,0	1,2	0,3	3,1	
E4	Entre 5 y 15 años	86	3,38	0,35	-0,23	0,14	0,07	0,05	3,7	-2,4	1,5	0,8	0,5	
E5	Entre 15 y 35 años	94	3,01	-0,09	0,30	0,42	-0,25	-0,12	-1,0	3,4	4,7	-2,8	-1,3	
E6	Más de 35 años	92	3,10	-0,80	0,34	-0,61	0,02	-0,02	-8,8	3,7	-6,7	0,2	-0,2	
TIPLAC	Titulados/plantilla													
TI1	Hasta el 10%	71	4,31	0,12	0,70	-0,23	-0,53	0,17	1,1	6,6	-2,1	-5,0	1,5	
TI2	Entre el 10 y el 20%	113	2,34	-0,25	0,23	-0,14	-0,11	-0,04	-3,2	3,0	-1,8	-1,4	-0,6	
TI3	Entre el 20 y el 50%	121	2,12	-0,08	-0,23	0,15	0,16	-0,04	-1,1	-3,1	2,0	2,2	-0,5	
TI4	50% o más	72	4,24	0,42	-0,67	0,19	0,43	-0,03	3,9	-6,3	1,8	4,1	-0,3	
TIDPID	Titulados/Personal I+D													
TID1	Menos del 50%	81	3,65	-0,50	0,06	-0,29	-0,14	0,00	-5,1	0,6	-2,9	-1,4	0,0	
TID2	Entre el 50 y el 75%	159	1,37	-0,04	0,18	0,01	-0,06	-0,16	-0,7	3,0	0,1	-0,9	-2,6	
TID3	Al menos el 75%	137	1,75	0,34	-0,25	0,16	0,15	0,18	5,0	-3,6	2,4	2,2	2,6	
PD1	Tiene Proyec. Des. Tec.													
PDNO	No	239	0,58	0,05	0,00	-0,06	-0,01	0,06	1,3	0,1	-1,4	-0,3	1,5	
PDSI	Sí	138	1,73	-0,09	-0,01	0,10	0,02	-0,10	-1,3	-0,1	1,4	0,3	-1,5	
EJP	EJC/Personal I+D													
EJP1	Menos del 10%	74	4,09	-0,94	-0,14	-1,14	0,38	-0,25	-9,0	-1,4	-10,9	3,7	-2,4	
EJP2	Entre el 10 y el 25%	79	3,77	-0,48	-0,15	0,45	-0,35	0,22	-4,8	-1,5	4,5	-3,5	2,2	
EJP3	Entre el 25 y el 50%	72	4,24	-0,24	0,13	0,39	-0,25	0,03	-2,2	1,2	3,7	-2,3	0,3	
EJP4	Entre el 50 y el 90%	57	5,61	0,54	0,06	0,36	0,04	-0,14	4,4	0,5	2,9	0,3	-1,1	
EJP5	90% o más	95	2,97	0,99	0,11	0,01	0,16	0,07	11,1	1,2	0,1	1,8	0,7	
NCPIC	Número de CPI													
NC1	Ninguno	40	8,43	-0,91	-1,46	-0,51	0,40	1,13	-6,1	-9,7	-3,4	2,7	7,5	
NC2	Uno	217	0,74	0,20	0,18	-0,05	-0,18	-0,03	4,6	4,0	-1,2	-4,2	-0,7	
NC3	Dos	79	3,77	0,01	0,22	0,26	0,10	-0,25	0,1	2,1	2,6	1,0	-2,5	
NC4	Tres o más	41	8,20	-0,21	0,07	0,28	0,39	-0,45	-1,4	0,5	1,9	2,7	-3,1	
AUT	Autonomía													
ANDA	Anadalucía	12	30,42	0,32	0,35	-0,33	-0,70	0,25	1,1	1,2	-1,2	-2,5	0,9	
ARA	Aragón	8	46,13	-0,28	0,19	0,10	0,38	-0,91	-0,8	0,5	0,3	1,1	-2,6	
AST	Asturias	10	36,70	0,18	0,95	-0,19	-0,60	0,39	0,6	3,0	-0,6	-1,9	1,3	
BALE	Baleares	1	376,0	1,62	1,59	-0,95	0,21	1,55	1,6	1,6	-0,9	0,2	1,6	
CANT	Cantabria	6	61,83	1,39	0,27	-0,10	0,70	-0,46	3,4	0,7	-0,2	1,7	-1,1	
CASL	Castilla León	6	61,83	0,12	1,34	-0,40	0,03	0,44	0,3	3,3	-1,0	0,1	1,1	
CASM	Castilla-La Mancha	2	187,5	0,87	-0,43	0,24	0,57	-0,27	1,2	-0,6	0,3	0,8	-0,4	
CATA	Cataluña	98	2,85	-0,07	-0,06	0,15	-0,21	-0,07	-0,8	-0,7	1,7	-2,4	-0,8	
GALI	Galicia	10	36,70	0,76	0,18	-0,08	-0,00	0,38	2,4	0,6	-0,3	-0,0	1,2	
RIOJ	La Rioja	2	187,5	-0,01	0,20	0,45	-1,37	-0,09	-0,0	0,3	0,6	-1,9	-0,1	
MADR	Madrid	146	1,58	-0,31	-0,27	-0,19	0,17	-0,09	-4,8	-4,2	-2,9	2,5	-1,3	
MURC	Murcia	2	187,5	0,77	0,60	0,49	0,01	-0,02	1,1	0,9	0,7	0,0	-0,0	
NAVA	Navarra	13	28,00	0,25	0,20	0,51	-0,02	0,43	0,9	0,7	1,9	-0,1	1,6	
PVAS	País Vasco	34	10,09	-0,03	0,37	0,67	0,22	-0,02	-0,2	2,2	4,1	1,3	-0,1	
VALE	Valencia	27	12,96	0,91	0,05	-0,35	-0,09	0,39	4,9	0,3	-1,9	-0,5	2,1	

Cuadro 2: Coordenadas y valores *test* de las modalidades para los ejes 1 a 5 (continuación).

Identific.				Coordenadas					Valores <i>test</i>					
		Eff	Dist	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
TIPOC	Programa Nacional													
ROB	A.avanzada y Robótica	32	10,78	-0,23	0,38	0,55	0,21	0,25	-1,3	2,2	3,3	1,2	1,5	
BIO	Biotechnología	24	14,71	-0,03	0,56	0,23	0,14	0,53	-0,2	2,8	1,2	0,7	2,7	
AGR	Investigación Agrícola	11	33,27	0,51	0,42	0,29	0,18	0,16	1,7	1,4	1,0	0,6	0,5	
FAR	I+D farmacéuticos	19	18,84	-1,10	-0,38	0,60	0,46	0,10	-4,9	-1,7	2,7	2,1	0,4	
GAN	I+D Ganadero	6	61,83	0,84	-0,35	0,37	0,02	0,36	2,1	-0,9	0,9	0,1	0,9	
ESP	Investigación espacial	56	5,73	-0,29	-1,13	0,01	0,10	0,33	-2,4	-9,1	0,1	0,8	2,6	
MIC	Microelectrónica	13	28,00	-0,58	0,06	-0,41	0,68	-1,15	-2,1	0,2	-1,5	2,5	-4,2	
MAT	Nuevos Materiales	98	2,85	-0,08	0,36	-0,15	-0,35	-0,27	-0,9	4,1	-1,8	-4,0	-3,1	
NAT	Con.Patrimonio Natural	14	25,93	0,12	0,59	-0,35	-0,43	0,18	0,5	2,2	-1,3	-1,6	0,7	
GEO	Recursos Geológicos	2	187,5	0,43	0,13	0,21	0,33	-0,93	0,6	0,2	0,3	0,5	-1,3	
MAR	Recursos Marinos	11	33,27	1,63	-0,03	-0,23	0,61	0,17	5,5	-0,1	-0,8	2,1	0,6	
SAL	Salud	7	52,86	-0,28	-0,07	0,58	-0,23	-0,29	-0,7	-0,2	1,5	-0,6	-0,8	
FOR	Recursos Forestales	8	46,13	0,83	-0,24	-0,89	-0,54	0,41	2,4	-0,7	-2,5	-1,5	1,2	
ALI	I+D en Alimentos	38	8,92	0,77	0,20	-0,36	-0,65	0,33	5,0	1,3	-2,4	-4,2	2,1	
TIC	T.de la Inf. y las Com.	38	8,92	-0,11	-0,18	0,10	0,74	-0,53	-0,7	-1,2	0,6	4,8	-3,4	
DUC	Duración (meses)													
DU1	Menos de 18	62	5,08	0,54	-0,33	-0,04	-0,16	0,22	4,6	-2,8	-0,3	-1,4	1,9	
DU2	Entre 18 y 24	48	6,85	0,41	-0,36	-0,32	-0,06	0,04	3,0	-2,7	-2,4	-0,5	0,3	
DU3	Entre 24 y 30	110	2,43	-0,03	0,00	-0,08	0,04	-0,03	-0,3	0,0	-1,0	0,5	-0,4	
DU4	Entre 30 y 36	44	7,57	-0,18	-0,10	0,15	-0,14	-0,05	-1,3	-0,7	1,1	-1,0	-0,4	
DU5	Entre 36 y 42	74	4,09	-0,44	0,48	0,12	0,03	-0,09	-4,2	4,6	1,1	0,3	-0,9	
DU6	42 o más	39	8,67	-0,24	0,15	0,28	0,33	-0,07	-1,6	1,0	1,8	2,1	-0,5	
PLAN	Financiación CDTI													
PLA1	Menos de 20 millones	59	5,39	1,01	0,29	-0,40	-0,11	0,22	8,5	2,4	-3,4	-0,9	1,9	
PLA2	Entre 20 y 30 millones	66	4,71	0,37	-0,00	-0,25	-0,08	0,44	3,3	-0,0	-2,3	-0,7	4,0	
PLA3	Entre 30 y 50 millones	91	3,14	0,13	0,03	-0,12	-0,31	0,07	1,4	0,3	-1,3	-3,4	0,8	
PLA4	Entre 50 y 100 millones	110	2,43	-0,49	-0,02	0,22	0,03	-0,16	-6,1	-0,3	2,8	0,4	-2,0	
PLA5	Más de 100 millones	51	6,39	-0,83	-0,33	0,54	0,70	-0,61	-6,3	-2,5	4,1	5,4	-4,7	
PLANPRES	Financiación CDTI respecto al presupuesto													
PLP1	Menos del 40%	74	4,09	-0,15	0,20	0,24	-0,00	-0,01	-1,4	1,9	2,3	-0,0	-0,1	
PLP2	Entre el 40 y el 45%	83	3,54	-0,21	0,18	-0,02	-0,08	-0,20	-2,1	1,8	-0,2	-0,8	-2,1	
PLP3	Entre el 45 y el 50%	79	3,77	0,44	-0,23	-0,11	0,16	0,08	4,4	-2,3	-1,1	1,6	0,8	
PLP4	50%	98	2,85	0,06	-0,13	-0,05	-0,17	0,01	0,7	-1,4	-0,6	-1,9	0,1	
PLP5	Más del 50%	43	7,77	-0,29	0,02	-0,06	0,23	0,24	-2,0	0,1	-0,4	1,6	1,7	
GPRESDUC	Gasto I+D/presupuesto anualizado													
GPD1	Menos del 20%	36	9,47	1,30	0,17	-0,42	-0,11	0,13	8,2	1,0	-2,6	-0,7	0,8	
GPD2	Entre el 20 y el 50%	53	6,11	0,94	0,01	-0,05	0,19	0,05	7,4	0,1	-0,4	1,5	0,4	
GPD3	Entre el 50 y el 100%	42	7,98	0,35	-0,13	0,52	0,15	-0,17	2,4	-0,9	3,6	1,0	-1,2	
GPD4	Entre el 100 y el 200%	66	4,71	0,04	0,06	0,65	-0,09	0,03	0,4	0,5	5,8	-0,8	0,3	
GPD5	Entre el 100 y el 500%	80	3,71	-0,36	-0,25	0,57	-0,35	0,14	-3,6	-2,5	5,8	-3,5	1,5	
GPD6	500% o más	100	2,77	-0,85	0,15	-0,93	0,21	-0,14	-9,9	1,7	-10,8	2,4	-1,6	
IEJCDC	Inversión/EJC-año													
IJD1	Menos del 10%	101	2,73	0,38	0,43	0,01	0,11	0,15	4,5	5,0	0,1	1,3	1,8	
IJD2	Entre el 10 y el 15%	99	2,81	0,11	0,06	-0,02	-0,01	-0,06	1,2	0,7	-0,3	-0,1	-0,7	
IJD3	Entre el 15 y el 20%	78	3,83	-0,03	-0,11	0,18	-0,08	-0,13	-0,3	-1,1	1,8	-0,8	-1,3	
IJD4	Entre el 20 y el 30%	59	5,39	-0,38	-0,21	0,12	-0,06	-0,14	-3,2	-1,7	1,0	-0,5	-1,1	
IJD5	Al menos el 30%	40	8,43	-0,62	-0,71	-0,50	0,00	0,22	-4,2	-4,7	-3,3	0,0	1,4	

Anexo A4.3.3.: Descripción de los grupos de proyectos.*

Cuadro 1: Caracterización del primer grupo de proyectos.

IDEN	PORCENTAJES			PESO	TEST	SIGN.	IDEN	PORCENTAJES			PESO	TEST	SIGN.
	CLA/ MOD	MOD/ CLA	GLOB AL					CLA/ MOD	MOD/ CLA	GLOB AL			
DMA5	70,42	94,34	18,83	71	13,44	0,000	XV1	6,86	13,21	27,06	102	-2,39	0,008
DPR6	55,32	98,11	24,93	94	12,56	0,000	E5	6,38	11,32	24,93	94	-2,43	0,008
NC1	92,50	69,81	10,61	40	12,29	0,000	G2	5,56	9,43	23,87	90	-2,66	0,004
JOD1	88,10	69,81	11,14	42	11,91	0,000	ALI	0,00	0,00	10,08	38	-2,84	0,002
ESP	53,57	56,60	14,85	56	7,79	0,000	C5	1,92	1,89	13,79	52	-2,85	0,002
RDP3	29,75	67,92	32,10	121	5,66	0,000	GPD2	1,89	1,89	14,06	53	-2,90	0,002
NP3M	27,27	62,26	32,10	121	4,75	0,000	DPR1	0,00	0,00	10,88	41	-3,00	0,001
IJD5	42,50	32,08	10,61	40	4,59	0,000	P1	1,79	1,89	14,85	56	-3,05	0,001
PID5	28,41	47,17	23,34	88	4,01	0,000	EJP4	1,75	1,89	15,12	57	-3,10	0,001
FAR	52,63	18,87	5,04	19	3,91	0,000	V1	1,69	1,89	15,65	59	-3,19	0,001
MADR	23,29	64,15	38,73	146	3,90	0,000	PLA1	1,69	1,89	15,65	59	-3,19	0,001
G6	34,78	30,19	12,20	46	3,70	0,000	DPR2	0,00	0,00	11,94	45	-3,20	0,001
EJP1	28,38	39,62	19,63	74	3,53	0,000	R1	2,70	3,77	19,63	74	-3,32	0,000
XV5	29,23	35,85	17,24	65	3,42	0,000	RDP1	0,00	0,00	12,73	48	-3,35	0,000
R4	28,81	32,08	15,65	59	3,12	0,001	NC3	2,53	3,77	20,95	79	-3,54	0,000
IDV6	27,69	33,96	17,24	65	3,08	0,001	DMA1	0,00	0,00	14,06	53	-3,60	0,000
PP4	22,32	47,17	29,71	112	2,76	0,003	DPR3	0,00	0,00	14,32	54	-3,65	0,000
GPD6	23,00	43,40	26,53	100	2,74	0,003	DPR4	0,00	0,00	14,59	55	-3,70	0,000
PLA5	27,45	26,42	13,53	51	2,57	0,005	G1	0,00	0,00	15,65	59	-3,88	0,000
IDV4	24,29	32,08	18,57	70	2,42	0,008	DMA2	0,00	0,00	16,18	61	-3,96	0,000
TI3	20,66	47,17	32,10	121	2,33	0,010	IJD1	2,97	5,66	26,79	101	-3,98	0,000
							DMA4	2,94	5,66	27,06	102	-4,02	0,000
							EJP5	2,11	3,77	25,20	95	-4,21	0,000
							MAT	2,04	3,77	25,99	98	-4,33	0,000
							TI1	0,00	0,00	18,83	71	-4,39	0,000
							DPR5	1,14	1,89	23,34	88	-4,45	0,000
							PID1	1,14	1,89	23,34	88	-4,45	0,000
							JOD4	1,96	3,77	27,06	102	-4,49	0,000
							PP2	0,00	0,00	19,63	74	-4,51	0,000
							IDV1	0,00	0,00	21,75	82	-4,83	0,000
							JOD5	1,80	3,77	29,44	111	-4,84	0,000
							DMA3	0,00	0,00	23,87	90	-5,14	0,000
							NP1	4,69	16,98	50,93	192	-5,35	0,000
							RDP2	0,00	0,00	29,71	112	-5,96	0,000
							NC2	4,15	16,98	57,56	217	-6,39	0,000

* En los cuadros se indica:

- IDEN: Rótulo o identificador de la modalidad a caracterizar (ver anexo A.4.3.1.).
- Porcentaje CLA/MOD: Porcentaje que representa sobre la muestra total el número de empresas del grupo con dicha modalidad.
- Porcentaje MOD/CLA: Frecuencia relativa de la categoría en el agrupamiento.
- Porcentaje GLOBAL: Frecuencia relativa de la modalidad en el conjunto de la muestra.
- Peso: Número de empresas que tienen ese atributo en la muestra.
- Valor *test* y significación: Hacen referencia a un contraste, basado en la distribución de probabilidad hipergeométrica, acerca de si la representación de la modalidad en el grupo es distinta que en el conjunto de la muestra. Las modalidades de la izquierda de las tablas son aquellas para las que se ha rechazado la hipótesis nula a causa de su excesivo peso en el grupo. Las que aparecen en la parte derecha son demasiado escasas. El *test* sigue una distribución normal.

Cuadro 2: Caracterización del segundo grupo de proyectos.

IDEN	PORCENTAJES						IDEN	PORCENTAJES					
	CLA/ MOD	MOD/ CLA	GLOB AL	PESO	TEST	SIGN.		CLA/ MOD	MOD/ CLA	GLOB AL	PESO	TEST	SIGN.
RDP1	79,17	92,68	12,73	48	13,06	0,000	NC1	0,00	0,00	10,61	40	-2,43	0,008
DPR1	87,80	87,80	10,88	41	13,05	0,000	IJD5	0,00	0,00	10,61	40	-2,43	0,008
DMA1	66,04	85,37	14,06	53	11,26	0,000	V1	1,69	2,44	15,65	59	-2,52	0,006
JOD5	30,63	82,93	29,44	111	7,42	0,000	C7	0,00	0,00	12,20	46	-2,70	0,003
IJD1	21,78	53,66	26,79	101	3,72	0,000	IDV6	1,54	2,44	17,24	65	-2,77	0,003
ROB	34,38	26,83	8,49	32	3,60	0,000	DMA5	1,41	2,44	18,83	71	-3,00	0,001
C3	18,95	43,90	25,20	95	2,62	0,004	DPR3	0,00	0,00	14,32	54	-3,04	0,001
JTD5	19,32	41,46	23,34	88	2,59	0,005	DPR4	0,00	0,00	14,59	55	-3,08	0,001
E6	18,48	41,46	24,40	92	2,40	0,008	JOD2	0,00	0,00	14,85	56	-3,12	0,001
BIO	29,17	17,07	6,37	24	2,36	0,009	ESP	0,00	0,00	14,85	56	-3,12	0,001
							RDP2	2,68	7,32	29,71	112	-3,44	0,000
							JOD3	0,00	0,00	17,51	66	-3,51	0,000
							JTD1	1,03	2,44	25,73	97	-3,95	0,000
							DPR5	0,00	0,00	23,34	88	-4,29	0,000
							DMA3	0,00	0,00	23,87	90	-4,36	0,000
							DPR6	0,00	0,00	24,93	94	-4,49	0,000
							RDP4	0,00	0,00	25,46	96	-4,56	0,000
							DMA4	0,00	0,00	27,06	102	-4,75	0,000
							RDP3	0,00	0,00	32,10	121	-5,36	0,000

Cuadro 3: Caracterización del tercer grupo de proyectos.

IDEN	PORCENTAJES						IDEN	PORCENTAJES					
	CLA/ MOD	MOD/ CLA	GLOB AL	PESO	TEST	SIGN.		CLA/ MOD	MOD/ CLA	GLOB AL	PESO	TEST	SIGN.
P5	71,25	98,28	21,22	80	14,41	0,000	XV2	7,45	12,07	24,93	94	-2,41	0,008
V5	70,89	96,55	20,95	79	14,08	0,000	DPR1	2,44	1,72	10,88	41	-2,48	0,007
R5	77,78	84,48	16,71	63	13,05	0,000	GPD5	6,25	8,62	21,22	80	-2,54	0,006
GPD6	49,00	84,48	26,53	100	10,12	0,000	E2	0,00	0,00	7,96	30	-2,55	0,005
EJP1	51,35	65,52	19,63	74	8,44	0,000	XV1	6,86	12,07	27,06	102	-2,78	0,003
E6	41,30	65,52	24,40	92	7,21	0,000	PVAS	0,00	0,00	9,02	34	-2,80	0,003
PID5	42,05	63,79	23,34	88	7,16	0,000	V4	3,45	3,45	15,38	58	-2,83	0,002
NP3M	35,54	74,14	32,10	121	7,06	0,000	PP5	6,25	10,34	25,46	96	-2,89	0,002
IDV1	40,24	56,90	21,75	82	6,33	0,000	PID2	2,00	1,72	13,26	50	-2,99	0,001
G6	47,83	37,93	12,20	46	5,54	0,000	GPD2	1,89	1,72	14,06	53	-3,15	0,001
PP1	47,62	34,48	11,14	42	5,20	0,000	GPD4	3,03	3,45	17,51	66	-3,23	0,001
G5	41,18	36,21	13,53	51	4,75	0,000	E4	4,65	6,90	22,81	86	-3,24	0,001
TI2	28,32	55,17	29,97	113	4,24	0,000	GPD3	0,00	0,00	11,14	42	-3,25	0,001
C2	77,78	12,07	2,39	9	3,94	0,000	E3	0,00	0,00	11,41	43	-3,31	0,000
PP2	31,08	39,66	19,63	74	3,75	0,000	IDV4	2,86	3,45	18,57	70	-3,43	0,000
XV3	33,93	32,76	14,85	56	3,66	0,000	G1	1,69	1,72	15,65	59	-3,45	0,000
MAT	27,55	46,55	25,99	98	3,56	0,000	C7	0,00	0,00	12,20	46	-3,46	0,000
XV4	30,00	31,03	15,92	60	3,03	0,001	P1	0,00	0,00	14,85	56	-3,98	0,000
TID1	27,16	37,93	21,49	81	3,00	0,001	PP4	4,46	8,62	29,71	112	-3,98	0,000
MADR	22,60	56,90	38,73	146	2,91	0,002	EJP4	0,00	0,00	15,12	57	-4,02	0,000
NC2	19,82	74,14	57,56	217	2,68	0,004	TI4	1,39	1,72	19,10	72	-4,06	0,000
MIC	46,15	10,34	3,45	13	2,44	0,007	V1	0,00	0,00	15,65	59	-4,12	0,000
							R1	1,35	1,72	19,63	74	-4,15	0,000
							TID3	5,11	12,07	36,34	137	-4,30	0,000
							P4	1,28	1,72	20,69	78	-4,33	0,000
							V2	0,00	0,00	20,69	78	-4,95	0,000
							P3	0,00	0,00	20,69	78	-4,95	0,000
							P2	0,00	0,00	22,55	85	-5,24	0,000
							R2	0,00	0,00	22,81	86	-5,28	0,000
							PID1	0,00	0,00	23,34	88	-5,36	0,000
							G2	0,00	0,00	23,87	90	-5,44	0,000
							R3	0,00	0,00	25,20	95	-5,64	0,000
							EJP5	0,00	0,00	25,20	95	-5,64	0,000
							NP1	4,69	15,52	50,93	192	-5,93	0,000
							V3	0,00	0,00	27,32	103	-5,96	0,000

Cuadro 4: Caracterización del cuarto grupo de proyectos.

IDEN	PORCENTAJES						IDEN	PORCENTAJES					
	CLA/ MOD	MOD/ CLA	GLOB AL	PESO	TEST	SIGN.		CLA/ MOD	MOD/ CLA	GLOB AL	PESO	TEST	SIGN.
JTD5	55,68	53,26	23,34	88	7,29	0,000	DU2	10,42	5,43	12,73	48	-2,37	0,009
P3	53,85	45,65	20,69	78	6,30	0,000	PLA3	14,29	14,13	24,14	91	-2,52	0,006
R3	48,42	50,00	25,20	95	5,92	0,000	E6	14,13	14,13	24,40	92	-2,59	0,005
DMA4	46,08	51,09	27,06	102	5,63	0,000	VALE	3,70	1,09	7,16	27	-2,65	0,004
G4	48,10	41,30	20,95	79	5,12	0,000	G6	8,70	4,35	12,20	46	-2,65	0,004
PLA5	54,90	30,43	13,53	51	4,94	0,000	PP2	12,16	9,78	19,63	74	-2,71	0,003
PRE5	60,53	25,00	10,08	38	4,88	0,000	DPR6	13,83	14,13	24,93	94	-2,71	0,003
DPR5	44,32	42,39	23,34	88	4,64	0,000	G2	13,33	13,04	23,87	90	-2,77	0,003
JOD5	40,54	48,91	29,44	111	4,47	0,000	PLA2	10,61	7,61	17,51	66	-2,88	0,002
V3	40,78	45,65	27,32	103	4,28	0,000	ALI	5,26	2,17	10,08	38	-2,99	0,001
PID3	43,37	39,13	22,02	83	4,24	0,000	EJP5	12,63	13,04	25,20	95	-3,08	0,001
PLA4	39,09	46,74	29,18	110	4,03	0,000	V1	8,47	5,43	15,65	59	-3,17	0,001
EJP2	43,04	36,96	20,95	79	4,03	0,000	TI1	9,86	7,61	18,83	71	-3,21	0,001
GPD5	42,50	36,96	21,22	80	3,95	0,000	JOD2	7,14	4,35	14,85	56	-3,38	0,000
V4	46,55	29,35	15,38	58	3,90	0,000	DMA1	5,66	3,26	14,06	53	-3,61	0,000
PP4	37,50	45,65	29,71	112	3,64	0,000	GPD6	11,00	11,96	26,53	100	-3,69	0,000
G3	46,15	26,09	13,79	52	3,57	0,000	EJP1	8,11	6,52	19,63	74	-3,77	0,000
PID4	42,65	31,52	18,04	68	3,56	0,000	DMA5	7,04	5,43	18,83	71	-3,96	0,000
IDV3	41,27	28,26	16,71	63	3,13	0,001	C5	3,85	2,17	13,79	52	-4,02	0,000
P4	38,46	32,61	20,69	78	3,01	0,001	GPD1	0,00	0,00	9,55	36	-4,07	0,000
PRE3	37,50	29,35	19,10	72	2,65	0,004	NC1	0,00	0,00	10,61	40	-4,35	0,000
PRE4	39,39	28,26	17,51	66	2,87	0,002	R1	6,76	5,43	19,63	74	-4,15	0,000
E5	35,11	35,87	24,93	94	2,60	0,005	DPR1	0,00	0,00	10,88	41	-4,42	0,000
NP2	37,50	26,09	16,98	64	2,45	0,007	JOD1	0,00	0,00	11,14	42	-4,49	0,000
NC4	41,46	18,48	10,88	41	2,40	0,008	PP1	0,00	0,00	11,14	42	-4,49	0,000
TIC	42,11	17,39	10,08	38	2,38	0,009	PRE1	6,02	5,43	22,02	83	-4,70	0,000
NC3	35,44	30,43	20,95	79	2,37	0,009	PRE2	9,32	11,96	31,30	118	-4,74	0,000
							JTD1	7,22	7,61	25,73	97	-4,81	0,000
							RDP1	0,00	0,00	12,73	48	-4,89	0,000
							PLA1	1,69	1,09	15,65	59	-4,99	0,000
							R5	1,59	1,09	16,71	63	-5,23	0,000
							P1	0,00	0,00	14,85	56	-5,40	0,000
							G1	0,00	0,00	15,65	59	-5,58	0,000
							V5	2,53	2,17	20,95	79	-5,69	0,000
							P5	2,50	2,17	21,22	80	-5,74	0,000
							PID1	2,27	2,17	23,34	88	-6,19	0,000
							IDV1	1,22	1,09	21,75	82	-6,33	0,000

Cuadro 5: Caracterización del quinto grupo de proyectos.

IDEN	PORCENTAJES			PESO	TEST	SIGN.	IDEN	PORCENTAJES			PESO	TEST	SIGN.
	CLA/ MOD	MOD/ CLA	GLOB AL					CLA/ MOD	MOD/ CLA	GLOB AL			
PID2	58,00	38,67	13,26	50	6,37	0,000	C4	12,80	21,33	33,16	125	-2,35	0,009
TI1	49,30	46,67	18,83	71	6,23	0,000	PRE3	9,72	9,33	19,10	72	-2,35	0,009
NP1	32,29	82,67	50,93	192	6,22	0,000	PRE5	2,63	1,33	10,08	38	-2,96	0,002
ALI	63,16	32,00	10,08	38	6,08	0,000	RDP1	4,17	2,67	12,73	48	-3,05	0,001
V2	46,15	48,00	20,69	78	5,95	0,000	EJP2	7,59	8,00	20,95	79	-3,13	0,001
IDV1	45,12	49,33	21,75	82	5,93	0,000	DPR1	2,44	1,33	10,88	41	-3,16	0,001
C5	53,85	37,33	13,79	52	5,83	0,000	PP4	9,82	14,67	29,71	112	-3,18	0,001
G1	47,46	37,33	15,65	59	5,17	0,000	IDV4	5,71	5,33	18,57	70	-3,43	0,000
P2	41,18	46,67	22,55	85	5,14	0,000	ESP	3,57	2,67	14,85	56	-3,54	0,000
G2	40,00	48,00	23,87	90	5,06	0,000	TIC	0,00	0,00	10,08	38	-3,65	0,000
DMA3	38,89	46,67	23,87	90	4,78	0,000	NC1	0,00	0,00	10,61	40	-3,77	0,000
PP2	40,54	40,00	19,63	74	4,53	0,000	PLA5	1,96	1,33	13,53	51	-3,79	0,000
GPD1	52,78	25,33	9,55	36	4,50	0,000	JOD1	0,00	0,00	11,14	42	-3,90	0,000
EJP5	36,84	46,67	25,20	95	4,44	0,000	DPR6	6,38	8,00	24,93	94	-3,94	0,000
PID1	37,50	44,00	23,34	88	4,36	0,000	TI4	4,17	4,00	19,10	72	-3,98	0,000
JTD1	36,08	46,67	25,73	97	4,31	0,000	IDV6	3,08	2,67	17,24	65	-4,06	0,000
PLA1	42,37	33,33	15,65	59	4,23	0,000	PRE4	3,03	2,67	17,51	66	-4,11	0,000
PRE2	31,36	49,33	31,30	118	3,54	0,000	G6	0,00	0,00	12,20	46	-4,14	0,000
PRE1	33,73	37,33	22,02	83	3,29	0,001	E6	5,43	6,67	24,40	92	-4,21	0,000
NC2	25,81	74,67	57,56	217	3,28	0,001	V1	1,69	1,33	15,65	59	-4,25	0,000
MAT	31,63	41,33	25,99	98	3,14	0,001	MADR	8,90	17,33	38,73	146	-4,29	0,000
JOD2	35,71	26,67	14,85	56	2,88	0,002	DMA5	2,82	2,67	18,83	71	-4,39	0,000
E5	30,85	38,67	24,93	94	2,84	0,002	PLA4	6,36	9,33	29,18	110	-4,40	0,000
VALE	44,44	16,00	7,16	27	2,84	0,002	PP5	5,21	6,67	25,46	96	-4,42	0,000
JOD3	33,33	29,33	17,51	66	2,73	0,003	G5	0,00	0,00	13,53	51	-4,44	0,000
RDP2	28,57	42,67	29,71	112	2,55	0,005	R5	1,59	1,33	16,71	63	-4,47	0,000
GALI	60,00	8,00	2,65	10	2,54	0,006	PID4	1,47	1,33	18,04	68	-4,74	0,000
R2	30,23	34,67	22,81	86	2,51	0,006	EJP1	1,35	1,33	19,63	74	-5,05	0,000
IDV2	35,56	21,33	11,94	45	2,48	0,007	JOD5	4,50	6,67	29,44	111	-5,17	0,000
GPD2	33,96	24,00	14,06	53	2,47	0,007	G4	1,27	1,33	20,95	79	-5,30	0,000
DPR3	33,33	24,00	14,32	54	2,39	0,008	V5	1,27	1,33	20,95	79	-5,30	0,000
							NP3M	4,13	6,67	32,10	121	-5,65	0,000
							JTD5	1,14	1,33	23,34	88	-5,74	0,000
							P5	0,00	0,00	21,22	80	-5,93	0,000
							PID5	0,00	0,00	23,34	88	-6,31	0,000
							GPD6	0,00	0,00	26,53	100	-6,86	0,000

Cuadro 6: Caracterización del sexto grupo de proyectos.

IDEN	PORCENTAJES						IDEN	PORCENTAJES					
	CLA/ MOD	MOD/ CLA	GLOB AL	PESO	TEST	SIGN.		CLA/ MOD	MOD/ CLA	GLOB AL	PESO	TEST	SIGN.
V1	86,44	87,93	15,65	59	14,27	0,000	IJD4	5,08	5,17	15,65	59	-2,37	0,009
P1	82,14	79,31	14,85	56	12,80	0,000	NC1	2,50	1,72	10,61	40	-2,42	0,008
R1	59,46	75,86	19,63	74	10,34	0,000	JOD1	2,38	1,72	11,14	42	-2,54	0,006
PID1	52,27	79,31	23,34	88	9,94	0,000	PP1	2,38	1,72	11,14	42	-2,54	0,006
EJP5	38,95	63,79	25,20	95	6,72	0,000	TI2	7,96	15,52	29,97	113	-2,56	0,005
G1	47,46	48,28	15,65	59	6,44	0,000	E5	6,38	10,34	24,93	94	-2,79	0,003
XV1	36,27	63,79	27,06	102	6,31	0,000	PRE5	0,00	0,00	10,08	38	-3,03	0,001
PP5	35,42	58,62	25,46	96	5,77	0,000	G3	1,92	1,72	13,79	52	-3,09	0,001
C1	68,18	25,86	5,84	22	5,64	0,000	PID3	4,82	6,90	22,02	83	-3,10	0,001
TI4	38,89	48,28	19,10	72	5,46	0,000	PLA4	6,36	12,07	29,18	110	-3,14	0,001
PRE1	34,94	50,00	22,02	83	5,05	0,000	C3	5,26	8,62	25,20	95	-3,24	0,001
PLP3	34,18	46,55	20,95	79	4,69	0,000	G4	3,80	5,17	20,95	79	-3,36	0,000
GPD2	39,62	36,21	14,06	53	4,58	0,000	GPD5	3,75	5,17	21,22	80	-3,41	0,000
TID3	27,01	63,79	36,34	137	4,49	0,000	IDV2	0,00	0,00	11,94	45	-3,41	0,000
NP1	23,44	77,59	50,93	192	4,37	0,000	TID1	3,70	5,17	21,49	81	-3,46	0,000
PLA1	35,59	36,21	15,65	59	4,12	0,000	G6	0,00	0,00	12,20	46	-3,46	0,000
IDV6	33,85	37,93	17,24	65	4,02	0,000	TI1	2,82	3,45	18,83	71	-3,47	0,000
G2	28,89	44,83	23,87	90	3,71	0,000	XV4	1,67	1,72	15,92	60	-3,50	0,000
GPD1	38,89	24,14	9,55	36	3,49	0,000	JOD5	5,41	10,34	29,44	111	-3,55	0,000
MAR	63,64	12,07	2,92	11	3,44	0,000	PP2	2,70	3,45	19,63	74	-3,61	0,000
E2	40,00	20,69	7,96	30	3,26	0,001	RDP3	5,79	12,07	32,10	121	-3,62	0,000
E3	34,88	25,86	11,41	43	3,25	0,001	G5	0,00	0,00	13,53	51	-3,73	0,000
IDV5	30,77	27,59	13,79	52	2,90	0,002	PLA5	0,00	0,00	13,53	51	-3,73	0,000
DU1	29,03	31,03	16,45	62	2,89	0,002	V4	0,00	0,00	15,38	58	-4,07	0,000
JTD2	28,81	29,31	15,65	59	2,75	0,003	R4	0,00	0,00	15,65	59	-4,12	0,000
VALE	37,04	17,24	7,16	27	2,69	0,004	DU5	1,35	1,72	19,63	74	-4,15	0,000
DMA2	27,87	29,31	16,18	61	2,62	0,004	EJP1	1,35	1,72	19,63	74	-4,15	0,000
RDP2	23,21	44,83	29,71	112	2,52	0,006	JTD5	2,27	3,45	23,34	88	-4,24	0,000
							GPD6	3,00	5,17	26,53	100	-4,30	0,000
							R5	0,00	0,00	16,71	63	-4,30	0,000
							EJP2	1,27	1,72	20,95	79	-4,37	0,000
							PRE4	0,00	0,00	17,51	66	-4,44	0,000
							PID4	0,00	0,00	18,04	68	-4,52	0,000
							R3	2,11	3,45	25,20	95	-4,54	0,000
							NP3M	3,31	6,90	32,10	121	-4,76	0,000
							PID5	1,14	1,72	23,34	88	-4,76	0,000
							P3	0,00	0,00	20,69	78	-4,95	0,000
							P4	0,00	0,00	20,69	78	-4,95	0,000
							V5	0,00	0,00	20,95	79	-4,99	0,000
							P5	0,00	0,00	21,22	80	-5,04	0,000
							IDV1	0,00	0,00	21,75	82	-5,12	0,000
							E6	0,00	0,00	24,40	92	-5,52	0,000
							V3	0,00	0,00	27,32	103	-5,96	0,000

Cuadro 7: Caracterización del séptimo grupo de proyectos.

IDEN	PORCENTAJES						IDEN	PORCENTAJES					
	CLA/ MOD	MOD/ CLA	GLOB AL	PESO	TEST	SIGN.		CLA/ MOD	MOD/ CLA	GLOB AL	PESO	TEST	SIGN.
DPR5	73,86	42,48	23,34	88	7,14	0,000	NAT	7,14	,65	3,71	14	-2,49	0,006
DMA4	66,67	44,44	27,06	102	6,14	0,000	DMA5	26,76	12,42	18,83	71	-2,54	0,006
RDP4	64,58	40,52	25,46	96	5,40	0,000	EJP1	27,03	13,07	19,63	74	-2,56	0,005
V1	72,88	28,10	15,65	59	5,34	0,000	R4	23,73	9,15	15,65	59	-2,79	0,003
TI4	66,67	31,37	19,10	72	4,85	0,000	TI1	25,35	11,76	18,83	71	-2,82	0,002
C7	69,57	20,92	12,20	46	4,08	0,000	P4	25,64	13,07	20,69	78	-2,94	0,002
P1	66,07	24,18	14,85	56	4,03	0,000	TI2	28,32	20,92	29,97	113	-3,10	0,001
JOD3	63,64	27,45	17,51	66	4,03	0,000	DMA2	21,31	8,50	16,18	61	-3,30	0,000
PP4	56,25	41,18	29,71	112	3,89	0,000	JOD5	27,03	19,61	29,44	111	-3,40	0,000
IDV6	63,08	26,80	17,24	65	3,89	0,000	E6	22,83	13,73	24,40	92	-3,96	0,000
DMA3	57,78	33,99	23,87	90	3,66	0,000	DPR2	13,33	3,92	11,94	45	-4,03	0,000
R1	59,46	28,76	19,63	74	3,53	0,000	PP1	11,90	3,27	11,14	42	-4,10	0,000
PP5	56,25	35,29	25,46	96	3,48	0,000	GPD6	23,00	15,03	26,53	100	-4,15	0,000
P3	57,69	29,41	20,69	78	3,30	0,000	V5	18,99	9,80	20,95	79	-4,42	0,000
E2	70,00	13,73	7,96	30	3,20	0,001	C3	21,05	13,07	25,20	95	-4,49	0,000
JOD2	60,71	22,22	14,85	56	3,15	0,001	C3	21,05	13,07	25,20	95	-4,49	0,000
DPR4	58,18	20,92	14,59	55	2,70	0,003	JOD1	9,52	2,61	11,14	42	-4,51	0,000
XV1	51,96	34,64	27,06	102	2,61	0,005	P5	18,75	9,80	21,22	80	-4,51	0,000
C1	68,18	9,80	5,84	22	2,47	0,007	NC1	7,50	1,96	10,61	40	-4,73	0,000
GPD3	59,52	16,34	11,14	42	2,46	0,007	R5	14,29	5,88	16,71	63	-4,76	0,000
IDV4	54,29	24,84	18,57	70	2,44	0,007	IDV1	17,07	9,15	21,75	82	-4,97	0,000
							PP2	14,86	7,19	19,63	74	-5,14	0,000
							DPR1	0,00	0,00	10,88	41	-6,36	0,000
							DMA1	1,89	0,65	14,06	53	-6,89	0,000
							RDP1	0,00	0,00	12,73	48	-6,99	0,000

Cuadro 8: Caracterización del octavo grupo de proyectos.

IDEN	PORCENTAJES						IDEN	PORCENTAJES					
	CLA/ MOD	MOD/ CLA	GLOB AL	PESO	TEST	SIGN.		CLA/ MOD	MOD/ CLA	GLOB AL	PESO	TEST	SIGN.
IDV1	69,51	43,85	21,75	82	7,27	0,000	EJP2	22,78	13,85	20,95	79	-2,37	0,009
PP2	71,62	40,77	19,63	74	7,21	0,000	TID3	26,28	27,69	36,34	137	-2,44	0,007
RDP2	59,82	51,54	29,71	112	6,52	0,000	E2	13,33	3,08	7,96	30	-2,47	0,007
DPR3	74,07	30,77	14,32	54	6,30	0,000	PRE5	15,79	4,62	10,08	38	-2,48	0,007
DMA2	70,49	33,08	16,18	61	6,16	0,000	E3	16,28	5,38	11,41	43	-2,61	0,005
DPR2	75,56	26,15	11,94	45	5,86	0,000	TI3	24,79	23,08	32,10	121	-2,64	0,004
R5	66,67	32,31	16,71	63	5,60	0,000	G4	21,52	13,08	20,95	79	-2,66	0,004
MAT	58,16	43,85	25,99	98	5,52	0,000	GPD5	21,25	13,08	21,22	80	-2,74	0,003
PP1	66,67	21,54	11,14	42	4,36	0,000	DPR1	12,20	3,85	10,88	41	-3,20	0,001
V5	55,70	33,85	20,95	79	4,24	0,000	XV5	16,92	8,46	17,24	65	-3,26	0,001
P5	55,00	33,85	21,22	80	4,14	0,000	PLA5	13,73	5,38	13,53	51	-3,38	0,000
TI1	56,34	30,77	18,83	71	4,07	0,000	FAR	0,00	0,00	5,04	19	-3,48	0,000
IDV2	62,22	21,54	11,94	45	3,90	0,000	RDP4	17,71	13,08	25,46	96	-4,02	0,000
C5	59,62	23,85	13,79	52	3,85	0,000	P3	14,10	8,46	20,69	78	-4,34	0,000
NC2	42,40	70,77	57,56	217	3,69	0,000	PP5	14,58	10,77	25,46	96	-4,85	0,000
JOD4	50,00	39,23	27,06	102	3,69	0,000	C7	4,35	1,54	12,20	46	-4,98	0,000
G1	54,24	24,62	15,65	59	3,26	0,001	TI4	9,72	5,38	19,10	72	-5,15	0,000
TI2	46,90	40,77	29,97	113	3,17	0,001	IDV6	7,69	3,85	17,24	65	-5,31	0,000
NAT	78,57	8,46	3,71	14	3,17	0,001	IDV4	8,57	4,62	18,57	70	-5,34	0,000
GPD1	58,33	16,15	9,55	36	2,91	0,002	NC1	0,00	0,00	10,61	40	-5,56	0,000
PLA1	50,85	23,08	15,65	59	2,68	0,004	JOD1	0,00	0,00	11,14	42	-5,73	0,000
C3	46,32	33,85	25,20	95	2,65	0,004	ESP	0,00	0,00	14,85	56	-6,84	0,000
PID2	52,00	20,00	13,26	50	2,59	0,005	PP4	9,82	8,46	29,71	112	-6,86	0,000
TID2	42,14	51,54	42,18	159	2,56	0,005	DPR6	6,38	4,62	24,93	94	-7,11	0,000
XV3	50,00	21,54	14,85	56	2,45	0,007	DMA5	1,41	0,77	18,83	71	-7,39	0,000

4.4. DETERMINANTES DE LA FINANCIACION PROPORCIONADA A LOS PROYECTOS CONCERTADOS DEL PLAN NACIONAL DE I+D.

En las secciones previas de este capítulo se han analizado las características de las empresas que emprenden Proyectos Concertados y, sobre todo, se han destacado aquellas que las diferencian del resto de empresas que realizan I+D. También se ha proporcionado una visión sintética de los Proyectos Concertados que se han desarrollado entre 1988 y 1991, lo que ha hecho posible una primera aproximación de carácter exploratorio a algunos rasgos de la actuación pública. A continuación, en esta sección se profundiza en los factores que explican el comportamiento del CDTI cuando determina la financiación que concede a cada Proyecto Concertado. El método que se va a seguir consiste en la estimación de un modelo econométrico, que se define en el segundo apartado, que explica la magnitud del crédito concedido por el CDTI en función de las características de la empresa, del proyecto y de la propia actuación del CDTI.

La información que se utiliza es la misma que se ha empleado en las dos secciones precedentes y, además, se van a aprovechar los ejes factoriales obtenidos en ambos análisis de correspondencias múltiples. No obstante, el impacto de algunas variables se va a estudiar con más profundidad que en las secciones previas. Se trata de las que hacen referencia al destino del presupuesto de los Proyectos Concertados aprobados entre 1988 y 1991, que permiten diferenciar el tipo de gasto al que han ido dirigidos y si la ejecución la ha llevado a cabo la propia empresa o los CPI.

El cambio sustancial, respecto al examen llevado a cabo hasta ahora, se encuentra en la aproximación que sigue al pasar de emplear un método exploratorio, como es el análisis de correspondencias múltiples, a uno confirmatorio, los modelos con autoselección. En cualquier caso, esta sección debe interpretarse sólo como un intento de encontrar alguna evidencia empírica sobre la forma de actuación del CDTI durante la primera fase del Plan Nacional de I+D.

En concreto, el primer aspecto sobre el que se desea indagar es hasta qué punto la financiación proporcionada por el Plan Nacional se explica por el presupuesto del proyecto y si la intensidad con la que se financian los proyectos varía con el destino del presupuesto, esto es, si la aportación depende de la importancia que la adquisición de equipamiento, materiales, remuneración a los investigadores u otro tipo de costes tiene en el presupuesto total del proyecto y, sobre todo, si estos gastos se van a ejecutar en la propia empresa o en algún CPI. También se pretende conocer el grado de incidencia de otras características del proyecto, como la duración del mismo o el Programa Nacional en el que se inscribe, en la financiación que recibe y, sobre todo, si las características de la empresa tienen un peso importante en la decisión del CDTI sobre la magnitud del crédito a conceder.

Puesto que uno de los objetivos de los Proyectos Concertados es favorecer la integración del sistema de ciencia y tecnología, otro elemento que debe incorporarse es si el modo en que el CDTI ha actuado ha tendido a incentivarla. En otras palabras, si se han concedido créditos de mayor magnitud a los proyectos que cuentan con más intervención de universidades y organismos públicos de investigación.

Al plantear un modelo que permita analizar la actuación del CDTI debe tenerse en cuenta que los Proyectos Concertados no son una muestra aleatoria de la investigación desarrollada por las empresas. Por el contrario, son el producto de un proceso de selección por parte del CDTI que considera la viabilidad técnica y económica de los proyectos presentados. En consecuencia, es posible que la financiación no sea independiente del proceso de selección y, por tanto, el método de estimación debe considerar explícitamente este proceso si no se quiere incurrir en un error de especificación.

Desde otro punto de vista, también debe tenerse en cuenta que, aunque la mayoría de los Proyectos Concertados han sido desarrollados por equipos formados por una empresa y uno o más centros públicos de investigación, existe un pequeño grupo de proyectos emprendidos sin la colaboración de investigadores públicos, por lo que es interesante determinar hasta qué punto las características de estos proyectos y de las empresas que los obtuvieron inciden en la financiación que se les otorgó.

El esquema de esta sección es el siguiente. En el apartado primero, partiendo de un desarrollo teórico, se llega a formular el modelo econométrico que explica la financiación que el CDTI proporciona a los Proyectos Concertados. Sin embargo, este modelo no es estimable al requerir más información de la que razonablemente puede disponerse; por ello se plantea y discute otro más reducido que puede ser puesto en práctica con los datos con que se cuenta. En el segundo apartado se describen las variables que se utilizan y, en el tercero, se presentan diversas especificaciones del modelo, tratando de responder a las cuestiones que se han planteado anteriormente. Por último, en el cuarto apartado, se modifica el modelo para examinar cómo afecta a la financiación que concede el CDTI el que algunos proyectos sean desarrollados en solitario por las empresas.

4.4.1. El modelo.

4.4.1.1. El modelo teórico

La finalidad de esta sección es analizar el modo en que el CDTI ha contribuido a la financiación de los Proyectos Concertados (PC), determinando qué variables explican la cuantía del crédito que concede y obtener estimaciones sobre la magnitud de su impacto. En concreto, el crédito concedido a cada Proyecto Concertado (F) se hace depender de un vector de características de dicho proyecto (z_F), de variables relativas a la empresa que lo lleva a cabo (x_F) y de otras que reflejan el modo de actuar del CDTI (w_F). Esta relación,

que se establece en la ecuación (1.), se supone que es lineal y que incorpora una perturbación aleatoria (u_F) que está normalmente distribuida.

$$F = x_F \beta_F + z_F \gamma_F + w_F \theta_F + u_F \quad (1.)$$

La estimación de esta ecuación tropieza, sin embargo, con el problema de que esta financiación no va dirigida a proyectos de I+D elegidos al azar, sino a aquellos a los que se les ha concedido un Proyecto Concertado, esto es, sólo aquellos proyectos que han sido presentados a la convocatoria de Proyectos Concertados y han resultado aprobados reciben el crédito. En consecuencia, la estimación de la ecuación (1.) en solitario, sin tener en cuenta el efecto de este proceso de selección, daría lugar a estimaciones inconsistentes.

Este error de especificación, conocido como sesgo de selección, surge si la financiación otorgada por el CDTI no es independiente del proceso de selección de los proyectos o, dicho de otra forma, si existen características inobservadas de los proyectos (y de las empresas que los realizan) que influyen tanto en la probabilidad de que un Proyecto Concertado llegue a ser aprobado como en la cuantía del crédito que se le concede. Como resultado, en ese caso, la perturbación u_F no tiene media cero, sino que su valor esperado depende de las variables que explican que un proyecto tenga financiación del CDTI. Por ello, si se estimase sólo la ecuación de financiación (1.) faltaría introducir un regresor que recogiese la influencia sobre la cuantía del crédito de aquellas características inobservadas que han estado presentes en el momento de la aprobación del Proyecto Concertado, es decir, que se presentaría un problema de omisión de variables que daría lugar a la inconsistencia de los parámetros \mathbf{b}_F , \mathbf{g}_F y \mathbf{q}_F .

La solución a este problema consiste en plantear y estimar modelos con autoselección, en los que junto a la regla de financiación se incorpore el mecanismo mediante el que se realiza la selección de proyectos¹, introduciendo de forma explícita el comportamiento de los agentes que conduce a que unos proyectos de I+D reciban financiación del Plan nacional y otros no.

Los modelos con autoselección se han aplicado en diversos campos de la literatura económica: economía del trabajo y de la educación, evaluación de programas sociales, etc.². En el campo de la innovación tecnológica en España, Busom (1991,1993) ha planteado modelos que están próximos al que se desarrolla a continuación, pues analiza el impacto de las ayudas públicas a la I+D. En ambos trabajos³, esta autora utiliza una misma

¹ Para una descripción de la problemática y métodos de estimación de los modelos de autoselección puede consultarse a Amemiya (1984), Dhrymes (1986), Maddala (1983 y 1986) y Greene (1991).

² Para una revisión de algunos de ellos puede consultarse Maddala (1983 y 1986) y más recientemente los trabajos de Manski (1989) y Heckman (1990).

³ Su artículo de 1993 es una versión mejorada de una porción del primero, que es su tesis doctoral.

base de datos, obtenida mediante una encuesta realizada en 1988 a 194 empresas españolas, de las que 164 dedicaban recursos a investigación⁴.

El objetivo de Busom es doble. En primer lugar averiguar si existe un conjunto de características de las empresas que las haga más proclives a solicitar y obtener ayudas públicas, analizando tanto los instrumentos de la Comunidad Europea como los del CDTI (no sólo los Proyectos Concertados sino también los Proyectos de Desarrollo Tecnológico). En segundo lugar, estudiar si al disponer de ayudas públicas para las actividades de I+D hace cambiar las decisiones de I+D de las empresas y en qué sentido. En sus modelos se tiene en cuenta explícitamente que las empresas que tienen ayudas del CDTI han pasado por un proceso de selección, aunque, debido a dificultades en el proceso de estimación, la selectividad se debe sólo al hecho de contar o no con financiación CDTI. De este modo, sus modelos explican, tanto para las empresas que cuentan con ayudas del CDTI como para las que no las han recibido, el esfuerzo en I+D (medido en términos de gasto en I+D, personal de I+D, y personal de I+D respecto a personal total) y el tipo de investigación que llevan a cabo las empresas, analizando el porcentaje que la investigación básica y aplicada representa en el total de la investigación que lleva a cabo la empresa⁵.

El modelo que se desarrolla a continuación tiene en común con la investigación de Busom la introducción del proceso de selección, aunque no se plantea abordar los efectos de las ayudas públicas sobre el esfuerzo en investigación, ni ninguna otra característica de la investigación de la empresa. El objetivo es estudiar la decisión del CDTI sobre la financiación que proporciona a cada uno de los Proyectos Concertados, por lo que se supone que, en principio, el proceso de selección se basa no sólo en las características de las empresas sino también en las de los proyectos de investigación. En otras palabras, mientras que en este trabajo la unidad de análisis es un proyecto de investigación desarrollado por una empresa, en los de Busom la unidad es una empresa y el conjunto de los proyectos de investigación desarrollados por ésta.

En cualquier caso, no sólo el trabajo de Busom se ha considerado como punto de referencia de esta investigación sino también el realizado por Manski y Wise (1983). Estos autores, con la colaboración de Fuller y Venti analizan desde diversos ángulos el proceso de elección de escuela universitaria por parte de los estudiantes norteamericanos. A pesar

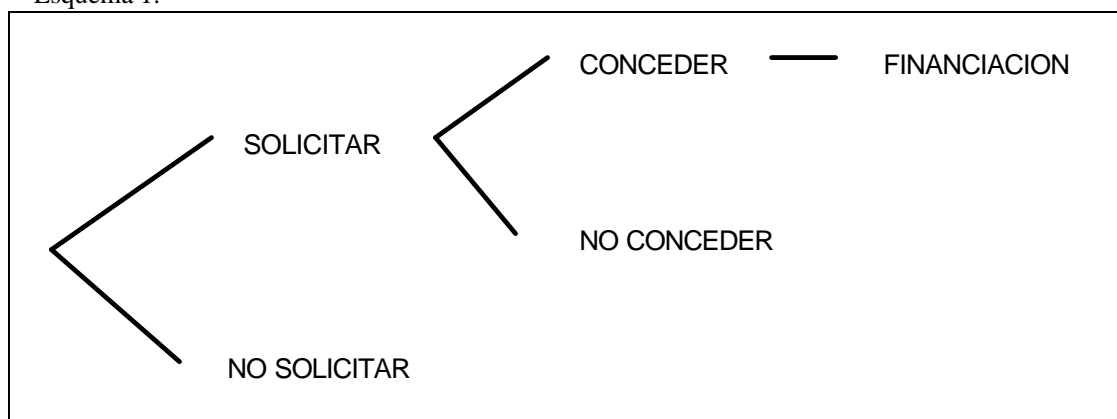
⁴ El objetivo original de la encuesta era conocer el grado de información que las empresas poseen sobre los programas públicos de I+D y su grado de satisfacción con los procedimientos administrativos para solicitar fondos públicos comunitarios. Véase Brandts et al. (1989).

⁵ Busom (1991) también estima, conjuntamente con la probabilidad de que la empresa tenga alguna ayuda del CDTI, la probabilidad de que la empresa realice investigación destinada a obtener nuevos procesos productivos y la probabilidad de tener proyectos a largo plazo. Sin embargo, estos modelos no se encuadran entre los de muestra autoseleccionada sino entre los *probit* bivariantes, ya que ambas variables son dicotómicas.

de que los campos de aplicación son bastante distintos, el proceso de toma de decisiones del trabajo de Manski y Wise presenta bastante paralelismo con el que se analiza aquí, sobre todo en uno de los modelos que plantean, en el que estudian los determinantes de las becas que, de forma discrecional, conceden las escuelas junto a los factores que influyen en que algunos jóvenes ingresen en ese colegio mientras que otros no lo hacen.

En el esquema 1 se han sintetizado las decisiones que toman las empresas y el CDTI, que son las que llevan a que algunos proyectos lleven a ser aprobados como Proyectos Concertados. En primer lugar, las empresas deben elegir entre solicitar o no el crédito para un determinado proyecto de I+D. Después, el CDTI decide a cuáles de los proyectos presentados les concede financiación y determina la magnitud del crédito sin interés que les otorga.

Esquema 1.



Siguiendo este esquema, el primer paso para conseguir estimaciones consistentes consiste en describir el comportamiento de una empresa que está planteándose iniciar un proyecto de I+D y debe decidir si lo presenta a la convocatoria de Proyectos Concertados. En caso de que no solicite el crédito sin intereses, la empresa tiene varias posibilidades: puede llevar a cabo dicho proyecto sin apoyo público, puede solicitar otro tipo de ayuda o, simplemente, puede renunciar a desarrollar esa investigación. Por eso, la empresa adoptará la decisión de solicitar o no la ayuda comparando el beneficio que le reportaría el proyecto si lo realiza como Proyecto Concertado, al que se denominará B_1 , con el que obtendría en la mejor de las restantes posibilidades, B_0 .

Las variables que la empresa toma en consideración para decidir si presenta un proyecto al CDTI son un vector x_S de características de la empresa, un vector z_S que proporciona los atributos de los proyectos que la empresa considera relevantes para tomar la decisión, y un conjunto de variables (w_S) relativas a la actuación del CDTI respecto a los Proyectos Concertados. El beneficio que espera obtener la empresa cuando solicita el

Proyecto Concertado depende de las características anteriores⁶ y, si se supone que la función es lineal, se puede explicar por la ecuación (2.), en la que el efecto sobre la decisión de la empresa que se debe a factores inobservables queda recogido por la variable aleatoria e_1 .

$$B_1 = x_s b_1 + z_s g_1 + w_s \theta_1 + e_1 \quad (2.)$$

Los costes y beneficios para la empresa englobarían no sólo los que proceden de la posible explotación futura de los resultados de la investigación o del ahorro de costes financieros que supone la financiación del Plan Nacional de I+D, sino también de otros más intangibles. Entre estos últimos se incluirían los costes y beneficios de la colaboración con los CPI, que han sido analizados en la sección 3.3. Por ejemplo, si la empresa tiene la impresión de que los investigadores públicos no van a realizar aportaciones sustanciales al desarrollo del proyecto o si estima que van a perjudicar sus resultados futuros porque favorecen la difusión de la información a sus competidores, se mostrará reticente a llevar a cabo proyectos de investigación con la participación de universidades y organismos públicos de investigación. Por el contrario, en los campos en los que la investigación de los centros públicos es más directamente aplicable, las empresas encontrarán beneficioso aliarse con los investigadores de estas instituciones.

La actuación del CDTI también influye en la decisión de la empresa en la medida que ésta antes de solicitar la ayuda estima la probabilidad de que se conceda financiación a ese proyecto. Por ejemplo, si el proyecto no desarrolla ninguna de las tecnologías que el Plan Nacional financia, la empresa probablemente no llegará a presentar ninguna propuesta. Este efecto de la actuación pública se recoge en los parámetros que miden la incidencia de las características específicas de la empresa y del proyecto; sin embargo, aquellas acciones del CDTI que afectan de igual forma a todos los proyectos y empresas se introducen mediante el vector w_s , como pueden ser el coste que supone a una empresa presentar una propuesta, el grado de exigencia del CDTI para aprobarlas o el recorte general en la cuantía de las ayudas que puede producirse en momentos de escasez de fondos.

El beneficio de la empresa si no solicita el Proyecto Concertado viene dado por (3.). Esta función también adopta forma lineal e incorpora los efectos no observados mediante la introducción de una variable aleatoria (e_0). Las diferencias respecto a la ecuación (2.) son que la actuación del CDTI no tiene ningún efecto (aunque puede tenerlo la

⁶ Para simplificar la notación, los vectores de características de empresa y proyecto son comunes a la explicación del beneficio que obtiene la empresa con Proyecto Concertado y sin él. Por ello, algunos de los parámetros que acompañan a las variables que describen a la empresa y al proyecto pueden ser cero, indicando que no afectan al beneficio que obtiene la empresa si obtiene un Proyecto Concertado. Estas variables están incluidas en los vectores de características porque afectan al beneficio que obtiene la empresa si no accede al Proyecto Concertado.

de otro organismo que conceda ayudas) y que las variables de empresa y proyecto tienen diferente incidencia; de hecho, algunas de las que explican B_I no tendrán ninguna trascendencia en B_0 ya que determinados parámetros incluidos en los vectores b_0 y g_0 pueden ser cero.

$$B_0 = x_s b_0 + z_s g_0 + e_0 \quad (3.)$$

Con este planteamiento, la probabilidad de que la empresa solicite el Proyecto Concertado coincide con la probabilidad de que B_I exceda B_0 , esto es:

$$\begin{aligned} Prob[B_I - B_0 > 0] &= Prob[x_s(b_1 - b_0) + z_s(g_1 - g_0) + w_s \mathbf{q}_1 + (e_1 - e_0) > 0] = \\ &= Prob[S^* = x_s \beta_s + z_s \gamma_s + w_s \theta_s + u_s > 0] \end{aligned} \quad (4.)$$

Así, la probabilidad de que la empresa solicite el Proyecto Concertado depende de un indicador S^* , que es inobservable. Esta variable latente, que es una medida de la disposición de la empresa a presentar ese proyecto de I+D, se supone que adopta una forma lineal respecto a las características del proyecto, de las empresas, de la actuación pública y de factores inobservables, que quedan recogidos en la variable aleatoria normalmente distribuida u_s . La empresa solicita proyecto ($S=1$) sólo si la variable latente S^* es positiva, tal y como se recoge en (5.).

$$\begin{aligned} S^* &= x_s \beta_s + z_s \gamma_s + w_s \theta_s + u_s \\ S &= 1 \text{ si } S^* > 0 \quad (\text{solicitud}) \\ S &= 0 \text{ si } S^* \leq 0 \quad (\text{no solicitud}) \end{aligned} \quad (5.)$$

En síntesis, la probabilidad de que la empresa solicite el Proyecto Concertado viene dada por (6.), donde F representa la función de distribución de la normal univariante.

$$\begin{aligned} Prob[S^* > 0] &= Prob[-u_s < x_s \beta_s + z_s \gamma_s + w_s \theta_s] = \\ &= \Phi(x_s \beta_s + z_s \gamma_s + w_s \theta_s) \end{aligned} \quad (6.)$$

Una vez que las empresas han solicitado ayudas, se inicia la evaluación de la viabilidad técnica y económica de los proyectos que concluye con la concesión o no del Proyecto Concertado. Los criterios que toma en consideración el CDTI hacen referencia a características observables de la empresa (x_A) y del proyecto (z_A), y sus decisiones están influidas por variables que recogen la propia actuación del CDTI (w_A)⁷, junto a otros factores que son inobservables y se recogen en la variable aleatoria u_A . Los vectores de características de la empresa y del proyecto que toma en consideración el CDTI cuando

⁷ Contando con más información, sería incluso posible plantear que las características de empresa y proyecto dan lugar a un indicador sobre la calidad técnica de la propuesta y otro que resume la viabilidad económica desde el punto de vista del CDTI. Estos indicadores, comparados con los niveles mínimos de calidad exigidos por el CDTI, explicarían la aprobación o denegación de los créditos.

evalúa los Proyectos Concertados no tienen por qué coincidir con las que son relevantes para explicar la decisión de la empresa, ni la cuantía del crédito que se puede llegar a conceder.

La decisión del CDTI puede reducirse a una variable latente (A^*) que se interpreta como un indicador de la calidad de la propuesta para la agencia pública y, por tanto, de su disposición a aprobarla. Esta variable latente A^* , que es intrínsecamente inobservable, se ha supuesto que depende linealmente de las variables consideradas, de modo que se concede la ayuda ($A=1$) sólo si dicho indicador es positivo, tal y como se define en (7.). El modo de actuación del CDTI queda resumido en parte por los parámetros \mathbf{b}_A y \mathbf{g}_A de dicha ecuación, pero también puede depender de otras variables que facilitan o dificultan la concesión de las ayudas a los proyectos.

$$\begin{aligned} A^* &= x_A \beta_A + z_A \gamma_A + w_A \theta_A + u_A \\ A &= 1 \text{ si } A^* > 0 \quad (\text{concesión}) \\ A &= 0 \text{ si } A^* \leq 0 \quad (\text{no concesión}) \end{aligned} \quad (7.)$$

En la medida que la perturbación u_A siga una distribución normal, la probabilidad de que se conceda un Proyecto Concertado a una empresa que lo ha solicitado es:

$$\text{Pr ob}[A^* = x_A \beta_A + z_A \gamma_A + w_A \theta_A + u_A > 0] = \Phi(x_A \beta_A + z_A \gamma_A + w_A \theta_A) \quad (8.)$$

El proceso de selección de los proyectos se define por las ecuaciones (27.) y (7.) y unido a la decisión del CDTI sobre la magnitud del crédito (1.) da lugar al modelo (9.):

$$\begin{aligned} S^* &= x_S \beta_S + z_S \gamma_S + w_S \theta_S + u_S \\ A^* &= x_A \beta_A + z_A \gamma_A + w_A \theta_A + u_A \text{ si } S^* > 0 \\ I &= 1 \text{ si } S^* > 0 \text{ y } A^* > 0 \\ I &= 0 \text{ si } S^* \leq 0 \text{ ó } (S^* > 0 \text{ pero } A^* \leq 0) \\ F &= x_F \beta_F + z_F \gamma_F + w_F \theta_F + u_F \text{ si } I = 1 \\ F &\text{ no es observado si } I = 0 \end{aligned} \quad (9.)$$

Las decisiones del CDTI no se observan para el conjunto de los proyectos de investigación que las empresas se plantean realizar sino que sólo son apreciables la concesión o no del proyecto para aquellas empresas que lo han solicitado ($S=1$) y la financiación de los proyectos aprobados ($S=1$ y $A=1$).

El modelo que se está describiendo supone implícitamente que las decisiones de ambos agentes son secuenciales, esto es, el CDTI sólo puede aprobar o denegar la ayuda si antes la empresa la ha solicitado. De esta forma, es suficiente con que la variable latente A^* esté definida cuando $S^* > 0$ o, dicho de otra forma, con que la perturbación u_A siga una

distribución condicionada a que los proyectos hayan sido presentados⁸. Así, la probabilidad de que un proyecto sea concedido es el producto de las probabilidades de solicitar y ser aprobado:

$$\begin{aligned} & \Pr ob[S^* > 0] \Pr ob[A^* > 0 | S^* > 0] = \\ & = \Phi(x_S \beta_S + z_S \gamma_S + w_S \theta_S) \Phi(x_A \beta_A + z_A \gamma_A + w_A \theta_A) \end{aligned} \quad (10.)$$

Utilizando el esquema de toma de decisiones que se ha descrito, la observabilidad de F puede hacerse depender de una variable dicotómica I que toma valor uno cuando el proyecto llega a ser aprobado, mientras que es cero tanto cuando la empresa no solicita el proyecto ($S=0$) como cuando lo solicita pero la propuesta es rechazada ($S=1$ y $A=0$).

En la medida que las decisiones de la empresa y del CDTI pueden estar correladas, es necesario que las tres perturbaciones del modelo sigan una distribución conjunta, que se ha supuesto es una distribución normal multivariante. Si no existiera correlación entre las perturbaciones de las ecuaciones del mecanismo de selección y de la ecuación de financiación, sería suficiente con estimar la ecuación (1.), ya que no existiría sesgo de selección. Pero si, por el contrario, las decisiones de solicitar y conceder Proyectos Concertados están correladas con la magnitud del crédito, es necesario estimar el modelo de forma conjunta porque aparece el sesgo de selección, que se manifiesta en que el valor esperado de la perturbación de la ecuación de financiación no es cero, tal y como se establece en (11.).

$$E[u_F | S^* > 0, A^* > 0] \neq 0 \quad (11.)$$

La estimación simultánea de la regla de financiación y del mecanismo de selección hace posible determinar si aquellas características que no son cuantificables o simplemente no son observables, pero contribuyen a explicar que una empresa haya obtenido un Proyecto

⁸ Este es el planteamiento seguido por Abowd y Farber (1982); ahora bien, esto no quiere decir que las perturbaciones u_A y u_S sean independientes, sino que simplemente la naturaleza del proceso de selección hace innecesario tomar en consideración que puedan estar correlacionadas. Si, por el contrario, se supone, como hace Poirier (1980), que ambas decisiones se toman conjuntamente (es decir, que la perturbación u_A está definida incluso para los proyectos que no llegan a presentarse al CDTI), es necesario utilizar una normal bivalente para calcular la probabilidad de que un proyecto haya sido presentado al CDTI y sea aprobado.

Por su parte, Maddala (1986, p. 1678), critica la diferencia entre el modelo secuencial y el conjunto. Para él, lo adecuado es estimar siempre utilizando una distribución bivalente. No hacerlo así no debe justificarse en la naturaleza del proceso de selección, sino en el tipo de inferencia que se desee realizar. Así, si se utiliza la distribución condicional de u_A , sólo es posible hacer inferencia condicional, esto es, en el caso que se plantea sólo se puede analizar el efecto que cambios en las variables que afectan a la aprobación de las propuestas tienen sobre la probabilidad de que uno de los proyectos presentados sea aprobado. Si, por el contrario, se define la normal bivalente se puede realizar inferencia marginal, es decir, que se puede calcular el impacto que cambios en las variables que afectan a la probabilidad de que un proyecto sea aprobado tienen en la probabilidad de que un proyecto cualquiera sea aprobado.

Concertado, están afectando también en algún sentido a la cantidad prestada. Por ejemplo, una empresa muy pequeña, en principio, tiende a no poder desarrollar proyectos de I+D de la entidad de los Proyectos Concertados; sin embargo, es posible que la investigación que desarrolle sea puntera y de calidad (información de la que no se dispone) y consiga acceder a uno de ellos. En ese caso, no sería de extrañar que el CDTI le diese un trato favorable cuando decide la magnitud del crédito. Otra alternativa es que el CDTI conceda el proyecto a empresas pequeñas que aún no han alcanzado la solvencia que garantiza la aprobación del proyecto, pero que a cambio sea más prudente a la hora de determinar la magnitud del crédito.

El modelo (9.) permite estimar la financiación que proporciona el CDTI a los Proyectos Concertados en función, entre otras variables, de las características de los proyectos. Podría, sin embargo, aducirse que dichas características no son fijas, sino que al menos algunas son alterables por la empresa sin afectar a la esencia del proyecto. Siguiendo esa línea, un planteamiento menos restrictivo admitiría que las empresas pueden elegir las características de los proyectos dentro de unos ciertos márgenes para hacerlos más atractivos a los evaluadores del CDTI. Por ejemplo, es posible que si la empresa no recibiese la ayuda del CDTI encontrase más adecuado llevar a cabo el proyecto de I+D en solitario, pero que prefiera colaborar con centros públicos de investigación en caso de que solicite un Proyecto Concertado para, de ese modo, tener más probabilidades de recibir financiación pública. También puede suceder que los objetivos del proyecto sean más ambiciosos si se presenta a la convocatoria de Proyectos Concertados, ya que, al contar con financiación sin coste, la empresa lo encuentra rentable.

La consecuencia de esta flexibilidad es que las características que no son fijas son elegidas por la empresa simultáneamente a su decisión de presentar el proyecto o no al CDTI. Como resultado, el modelo debe incorporar explícitamente estas decisiones de la empresa. En este nuevo marco, el beneficio que le proporciona a la empresa el proyecto si no disfruta de un Proyecto Concertado (B_0) es el máximo que pueda obtener eligiendo apropiadamente los rasgos del proyecto que no son fijos. Del mismo modo, la empresa debe seleccionar óptimamente las características del proyecto que se plantea presentar al CDTI. En este caso, la decisión es más complicada porque no sólo debe conseguir hacer B_1 lo mayor posible, sino además que el proyecto cumpla con los requisitos aceptables por el CDTI. Por ejemplo, si en opinión del CDTI la empresa no cuenta con gran capacidad para investigar, la decisión de la empresa podría dirigirse a aumentar la participación de investigadores del sector público si con ello aumenta la probabilidad de que el proyecto sea aceptado, aunque eventualmente ese modo de actuar no afecte al beneficio del proyecto.

En este marco, la decisión de solicitar el Proyecto Concertado se adopta comparando los beneficios máximos que la empresa puede obtener con ambas alternativas, y las características óptimas de cada proyecto en ambas posibilidades serían dependientes de

vectores de características de la empresa, los proyectos y la actuación pública. El resto del modelo no se ve alterado en su esencia, aunque ahora las variables relativas al proyecto que toma en cuenta el CDTI pueden ser fijas o seleccionadas por la empresa.

Este modelo es muy sugerente en la medida que hace posible determinar el efecto que el instrumento Proyectos Concertados tiene en variables de los proyectos como su magnitud, el grado de colaboración de CPI, la duración del proyecto, su probabilidad de éxito, etc. Es decir, con él se podría obtener simultáneamente el efecto de la intervención del CDTI sobre las características de la investigación de la empresa de un modo que recuerda al planteado por Busom⁹ (1991 y 1993), junto a las decisiones del CDTI de aprobar los proyectos y decidir la magnitud del crédito que concede.

Por desgracia, los problemas de observabilidad que se deben afrontar en la estimación del modelo son muy importantes. Por ello, a continuación, en lugar de profundizar en el modelo con características de los proyectos endógenas se discuten los problemas del modelo descrito por (9.) y se propone un modelo que sea estimable.

4.4.1.2. Un modelo viable.

Las dificultades para aplicar el modelo (9.) surgen a causa de que la unidad de observación considerada es el proyecto de investigación. En la práctica, resulta imposible¹⁰ obtener información sobre las características de los proyectos individuales que las empresas realizan y no han presentado a ayudas públicas, es decir, la máxima información que se podría reunir son las características de los proyectos que las empresas han presentado a alguna convocatoria de ayudas de la administración. En cualquier caso, incluso tratar de formar una muestra con los proyectos que las empresas han presentado a alguna convocatoria pública a nivel nacional sería muy complejo, no sólo por la diversidad de organismos financiadores a los que sería necesario convencer para que cedieran sus bases de datos, sino también por la necesidad de homogeneizar la información que pudieran proporcionar.

La solución más razonable consiste en realizar el análisis sólo con la información proporcionada por las empresas que se han presentado a la convocatoria de Proyectos Concertados, es decir, empleando los proyectos para los que $S=I$. Esta forma de actuar conduce a utilizar una muestra truncada por la decisión de las empresas de presentar la propuesta al CDTI. En cualquier caso, las limitaciones son aún mayores porque el CDTI está obligado a preservar la confidencialidad sobre los proyectos que ha rechazado y, en consecuencia, no puede proporcionar información sobre estos proyectos. Como resultado,

⁹ Sólo lo recuerda porque aquí se trata de proyectos individuales mientras que Busom analiza el conjunto de la investigación de la empresa.

¹⁰ Excepto, tal vez, mediante encuestas a las empresas que realizan actividades de I+D.

sólo es posible disponer de las características de los proyectos presentados que han sido aprobados ($S=I$ y $A=I$), lo que impide corregir el efecto de la selectividad mediante un mecanismo en el que el proceso de selección dependa de las características de los proyectos.

Desde el punto de vista estadístico, la solución correcta consiste en plantear la estimación de la ecuación de financiación teniendo en cuenta que la muestra sólo contiene proyectos aprobados, es decir, el modelo correcto sería (9.), pero tomando en consideración que sólo se tienen observaciones para los proyectos que verifican que $S=I$ y $A=I$. Para estimar los parámetros de este modelo debe utilizarse el método de la máxima verosimilitud. Sin embargo, esta alternativa no se ha puesto en práctica porque, en la medida que el proceso de selección de los Proyectos Concertados incorpora dos decisiones (solicitud y aprobación), la función de verosimilitud es compleja (incorpora normales trivariantes) y las posibilidades de obtener un máximo son muy reducidas¹¹. Además, este método presenta serios inconvenientes ya que las ecuaciones que explican S^* y A^* no pueden ser estimadas porque no se dispone de las observaciones para las que $S=0$ y $A=0$. Lo único que se puede hacer es introducir en la función de verosimilitud el truncamiento de la muestra, para lo que es necesario conocer a priori los determinantes de dicho truncamiento, es decir, las variables que explican S^* y A^* .

Maddala (1983, p.267) muestra, para un modelo en el que existe truncamiento debido a una única causa, que dicho truncamiento impide que las estimaciones de los parámetros del mecanismo de selección sean buenas, en la medida en que no hay ninguna información para las observaciones truncadas. En el caso del modelo (9.), no sólo se carece de las observaciones truncadas, como plantea Maddala, sino que el proceso que lleva a que los proyectos sean aprobados requiere pasar una doble criba, que hace necesario plantear dos ecuaciones. Además, como sólo se conoce el resultado conjunto de las decisiones de la

¹¹ Como una aproximación que pretendía servir como ensayo sobre las posibilidades de estimar este modelo, se planteó uno más sencillo en el que el mecanismo de selección (en este caso origen del truncamiento de la muestra) se basa sólo en una variable dicotómica I , que toma valor 1 para los Proyectos Concertados y cero en el resto, y que tiene asociada una variable latente I^* que depende linealmente de las características de empresas, proyectos y actuación pública. Los intentos de encontrar el máximo de la función de verosimilitud no dieron fruto en ningún caso.

Este resultado no es extraño en la medida que, si bien el TSP 4.2B permite obtener estimaciones, por el método de Bloom y Killingsworth (1985), del modelo que considera el truncamiento de la muestra cuando se refunde el truncamiento en una única variable, el propio manual de este programa advierte de la dificultad de encontrar el máximo de la función de verosimilitud.

Otra posibilidad, pero que supone una orientación totalmente diferente, es utilizar las características de los proyectos que se han presentado a otro tipo de ayudas del CDTI, como los proyectos de desarrollo tecnológico. No obstante, no parece que los resultados fuesen a mejorar, ya que los proyectos que se presentan a una u otra ayuda son muy diferentes y, además, persistiría el truncamiento de la muestra porque seguiría desconociéndose información que sí es relevante: la relativa a las empresas que no solicitan ayudas públicas y a las que les han sido rechazadas.

empresa y del CDTI cuando deciden presentar el proyecto y aprobarlo, surge un problema de observabilidad parcial. De esta forma, la unión del truncamiento de la muestra con el problema de observabilidad motiva que la calidad de las estimaciones sea aun peor y, sobre todo, hace que el método de la máxima verosimilitud sea difícilmente aplicable.

Por todo ello, a pesar de su complejidad, la estimación del modelo con truncamiento no permite esperar que las estimaciones de los parámetros del mecanismo de selección sean fiables. En consecuencia, se ha seguido otra alternativa, que trata de aprovechar al máximo la información disponible con la intención de obtener buenas estimaciones de la regla de financiación de los Proyectos Concertados, aun a costa de perder calidad en las estimaciones de los parámetros del mecanismo de selección de proyectos.

Con este fin, se ha explicado el proceso de selección de los proyectos teniendo en cuenta sólo las características de las empresas que los presentan o, al menos, han podido hacerlo. El coste es no poder tomar en cuenta el papel que las características de los proyectos tienen en la solicitud y concesión de las ayudas.

Tras esta simplificación, la lógica subyacente al modelo es que los Proyectos Concertados son desarrollados por empresas a las que les pareció ventajoso presentar un proyecto de investigación y cuyas características son tales que el CDTI ha considerado que garantizan la viabilidad técnica y económica del mismo. Por el contrario, si una empresa no ha disfrutado de un Proyecto Concertado en el periodo 1988-1991 es porque sus propias características la han llevado a no presentar propuestas o porque el CDTI no la considera un candidato válido para concedérselo.

A pesar de no ser totalmente adecuado, este planteamiento parece aceptable si se tiene en cuenta que el modelo se va a estimar utilizando los cuatro años que componen la primera fase del Plan Nacional de I+D. De este modo, una empresa que no ha disfrutado de Proyecto Concertado ha tenido más de una oportunidad para, si lo deseaba, presentar proyectos. Si le era rechazada una propuesta a causa de su inviabilidad técnica o económica ha podido mejorarla, o sustituirla por otra en sucesivas convocatorias, adaptándola a los requisitos mínimos del CDTI. Por ello, si en el conjunto del periodo no ha obtenido ningún Proyecto Concertado, puede aproximarse que se debe a que las características de la empresa o del conjunto de su investigación son tales que no lo hacen posible o deseable.

Una razón adicional para apoyar el método empleado es que entre las características de los proyectos de las que se dispone no figura ninguna que haga referencia a la calidad de las propuestas, es decir, que hay bastante información relevante para explicar la financiación proporcionada por el CDTI, pero no tanta para discriminar entre proyectos aprobados y rechazados. Por ello, se ha considerado más grave perder la información sobre las empresas que no tienen Proyecto Concertado (poniendo en práctica el

modelo de muestra truncada), que estimar el modelo de selección a costa de perder las variables relativas a los proyectos aceptados.

El mecanismo de selección es, entonces, (12.), que es similar a (9.), aunque eliminando las características de los proyectos de las decisiones de solicitud y aprobación y prescindiendo también de las variables que caracterizan la actuación pública en la ecuación que explica la solicitud de ayudas.

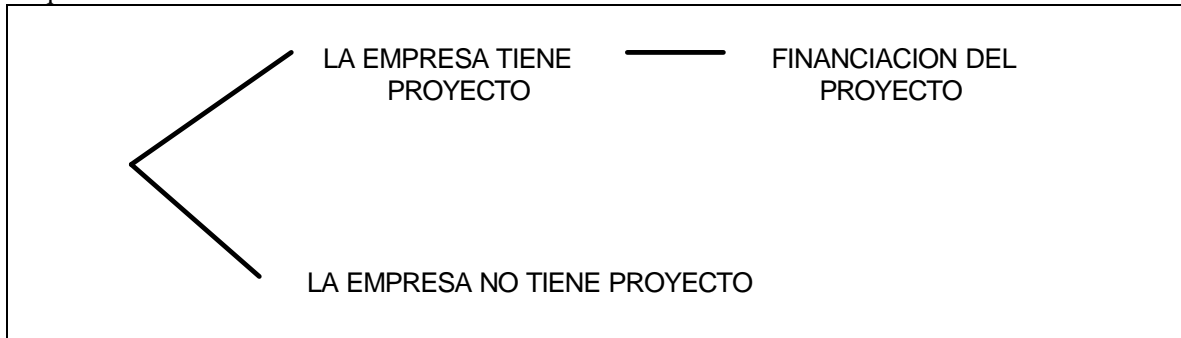
$$\begin{aligned}
 S^* &= x_S \mathbf{b}_S + u_S \\
 A^* &= x_A \mathbf{b}_A + w_A \mathbf{q}_A + u_A \text{ si } S^* \geq 0 \\
 I &= 1 \text{ si } S^* > 0 \text{ y } A^* > 0 \\
 I &= 0 \text{ si } S^* \leq 0 \text{ ó } (S^* > 0 \text{ pero } A^* \leq 0)
 \end{aligned}
 \tag{12.}$$

Al estimar el modelo incorporando el mecanismo de selección descrito en (12.) debe tenerse en cuenta que, puesto que el CDTI no proporciona información sobre las empresas a las que les ha sido rechazada su propuesta, los datos disponibles no permiten diferenciar entre las empresas que han solicitado Proyectos Concertados y les ha sido rechazado y aquellas otras que no han llegado a solicitarlo. Por ello, es necesario plantear un modelo con observabilidad parcial, en el que sólo se puede conocer el efecto conjunto de las decisiones de la empresa y del CDTI.

Existen dos alternativas para este mecanismo de selección. La primera es la de Abowd y Farber (1982), que consiste en considerar que las decisiones de empresa y CDTI son secuenciales; la segunda es la llevada a cabo por Poirier (1980), en la que las dos elecciones son conjuntas. En principio, dado el esquema de decisiones que se ha descrito, la alternativa más adecuada parece ser la de Abowd y Farber. No obstante, la diferencia esencial entre ambos modelos procede del modo en que se define la perturbación de la ecuación que explica la concesión de las ayudas. Si la distribución de u_A está condicionada a que el proyecto haya sido presentado, se estaría siguiendo la perspectiva de Abowd y Farber, mientras que si u_A está definida incluso para los proyectos que no se han presentado (u_A y u_I se distribuyen conjuntamente) se debería utilizar el método de Poirier.

En cualquier caso, la escasez de variables sobre la empresa, unida a la carencia de información sobre los proyectos concretos, no hizo posible obtener por separado los determinantes de la actuación de la empresa y del CDTI en ninguno de los dos esquemas de estimación. La solución que se ha adoptado consiste en refundir las decisiones de ambos agentes en una única variable latente (I^*) que recoge la propensión a que una empresa tenga Proyecto Concertado y que depende sólo de las características de la empresa (x_I). De esa forma, este mecanismo de selección se puede representar siguiendo el esquema 2.

Esquema 2.



Reunir el proceso de selección en una única ecuación de participación tiene el coste de que las estimaciones de sus parámetros no son tan buenas como podrían serlo, aunque se consigue recoger el sesgo de selección de manera que los parámetros de la ecuación de financiación no estén sesgados¹². Además, en lugar de introducir las características de las empresas a través de las variables originales proporcionadas por el CDTI, se ha preferido emplear como variables de la empresa los ejes factoriales que se obtuvieron en el análisis de correspondencias múltiples de la muestra de empresas. De este modo, con muy pocas variables se consigue recoger las diferencias entre las empresas que tienen y no tienen proyecto, esto es, que participan o no en el programa de Proyectos Concertados¹³ y se puede analizar a partir del modelo (13.) el modo en que el CDTI se ha comportado a la hora de determinar la magnitud del crédito¹⁴.

¹² A pesar de estas limitaciones cabe señalar que, por ejemplo, en el capítulo 5 del trabajo de Manski y Wise (1983), a pesar de que en el capítulo 4 consideran explícitamente que el mecanismo de selección consta de más de una ecuación, ya que dos agentes deben tomar decisiones, cuando analizan el modo en que se conceden becas, suponen que el mecanismo de selección viene dado por una única ecuación similar a la ecuación de participación.

¹³ En especificaciones preliminares se introdujeron las variables originales, pero el modelo que utiliza ejes factoriales resultó preferible incluso en términos de capacidad de predicción.

¹⁴ Una crítica que puede hacerse a este modelo es la ausencia de un primer paso en el proceso de selección de la muestra en el que se tome en consideración la decisión de las empresas de realizar o no actividades de I+D. Esta alternativa no es viable porque no se ha contado con una muestra representativa de empresas que no realicen I+D, por lo que no es posible estimar el modelo incorporando un nuevo paso en los criterios de selección. De todas formas, no parece que los efectos de esta omisión sean demasiado importantes.

La solución podría consistir en estimar el modelo por máxima verosimilitud incorporando el efecto del truncamiento de la muestra. Sin embargo, dados los resultados que se han obtenido en otros intentos y teniendo en cuenta que la solución que se ha adoptado ha ido en la dirección de simplificar el modelo, no parece adecuado seguir esa vía.

En cualquier caso, como señala Maddala, debe considerarse que la selección y el truncamiento pueden ocurrir a distintos niveles. En situaciones prácticas, debe asumirse aleatoriedad a ciertos niveles o el modelo se haría demasiado amplio para ser útil. El nivel al que la selección y el sesgo por truncamiento necesita ser introducido es una cuestión que depende de la naturaleza del problema. En este caso, no parece razonable extender el modelo para considerar este tipo de truncamiento, ni siquiera parece interesante esforzarse en construir una muestra de empresas que no realizan I+D. Parece preferible concentrar los esfuerzos en obtener más información sobre el conjunto de empresas que sí realizan I+D.

$$\begin{aligned}
I^* &= x_I \beta_I + u_I \\
I &= 1 \text{ si } I^* > 0 \quad (\text{participación}) \\
I &= 0 \text{ si } I^* \leq 0 \quad (\text{no participación}) \\
F &= x_F \beta_F + z_F \gamma_F + w_F \theta_F + u_F \quad \text{si } I = 1 \\
F &\text{ no es observado si } I = 0
\end{aligned} \tag{13.}$$

Las perturbaciones u_A y u_F se distribuyen conjuntamente como una normal bivalente cuya matriz de covarianzas entre los términos de error es¹⁵:

$$\Sigma = \begin{bmatrix} 1 & \sigma_{IF} \\ \sigma_{IF} & \sigma_F^2 \end{bmatrix} \tag{14.}$$

La magnitud del sesgo de selección se obtiene de la expresión:

$$\begin{aligned}
E[u_F / I = 1] &= E[u_F / u_I > -x_I \beta_I] = \rho \sigma_F E[u_I / u_I > -x_I \beta_I] = \\
&= \rho \sigma_F \frac{\phi(-x_I \beta_I)}{1 - \Phi(-x_I \beta_I)} = \rho \sigma_F \frac{\phi(x_I \beta_I)}{\Phi(x_I \beta_I)} = \rho \sigma_F \lambda(x_I \beta_I)
\end{aligned} \tag{15.}$$

Se aprecia que la media de la perturbación no es cero sino que depende de las características de la empresa a la que se le ha concedido un Proyecto Concertado y de la correlación entre los dos términos de error (σ_{IF}), que puede expresarse $r\sigma_F$, donde r es el coeficiente de correlación entre ambas perturbaciones. La función de densidad de la normal estandar se representa por f . La expresión λ recibe el nombre de inverso del ratio de Mills y mide el valor esperado de u_I para las observaciones en que $I=1$, es decir, para la distribución truncada por abajo¹⁶ de u_I . Cuando se multiplica por la correlación entre las dos perturbaciones se obtiene el efecto esperado que el truncamiento en u_F tiene sobre la financiación proporcionada por el CDTI, que lleva a que la financiación esperada de los proyectos aprobados sea:

$$\begin{aligned}
E[F / I = 1] &= x_F \beta_F + z_F \gamma_F + w_F \theta_F + E[u_F / I = 1] = \\
&= x_F \beta_F + z_F \gamma_F + w_F \theta_F + \rho \sigma_I \sigma_F \frac{\phi(x_I \beta_I)}{\Phi(x_I \beta_I)} = \\
&= x_F \beta_F + z_F \gamma_F + w_F \theta_F + \rho \sigma_I \sigma_F \lambda(x_I \beta_I)
\end{aligned} \tag{16.}$$

Basándose en que el último sumando de (16.) representa el sesgo de selección, Heckman (1979) propuso un método en dos etapas que permite obtener estimaciones

¹⁵ Puesto que no se observa la variable latente I^* sino solamente la variable dicotómica I , no se pueden obtener estimaciones independientes de los parámetros β_I y de la desviación típica de la perturbación (σ_I). Por ello, se supone que la desviación típica del error es igual a la unidad.

¹⁶ Existe otra expresión para el inverso del ratio de Mills cuando la distribución está truncada por arriba, es decir, cuando $I=0$ y, en consecuencia, $u_I < -x_I \beta_I$. Ver Maddala (1983, pp. 365-367) para una exposición de los momentos de la normal bivalente.

consistentes cuando existe selectividad. Aplicándolo al modelo (13.), el procedimiento parte de que la financiación esperada no es independiente de la aprobación o no del proyecto, sino que depende de la correlación entre ambas perturbaciones. Heckman obtiene estimaciones consistentes de la regla de financiación utilizando estimaciones del inverso del ratio de Mills para corregir el efecto de la selectividad. Para ello procede en dos etapas:

El primer paso consiste en estimar independientemente la ecuación de selección. Se trata de un modelo probit univariante, ya que el indicador I^* es intrínsecamente inobservable, sólo se dispone de la variable dicotómica I y la perturbación u_I se distribuye con forma normal. Una vez estimado por el método de la máxima verosimilitud, se puede construir la estimación del inverso del ratio de Mills para cada empresa.

La segunda etapa del método de Heckman consiste en sustituir en (16.) el inverso del ratio de Mills por su estimación. De esta forma, la ecuación (1.) conduce a (23.), en la que se ha corregido el sesgo de selección. Aplicando mínimos cuadrados pueden estimarse los parámetros y la correlación entre ambas perturbaciones (\mathbf{rs}_F).

$$(F/I = 1) = x_F \beta_F + z_F \gamma_F + w_F \theta_F + \rho \sigma_F \lambda(x_I \hat{\beta}_I) \quad (17.)$$

Para saber si realmente existe sesgo de selección, basta con probar la hipótesis de que el coeficiente que acompaña al inverso del ratio de Mills es igual a cero. Para esto, puede utilizarse el estadístico t de student de este parámetro. Ahora bien, las desviaciones estándar de los parámetros que se obtienen por el método de Heckman están sesgadas debido a que la perturbación u_F condicionada a que $I=1$ es heterocedástica. Para solucionar esta limitación, que afecta a los estadísticos t de student, se deben obtener estimaciones robustas de la desviación estándar empleando las fórmulas propuestas por White (1980).

Aunque el procedimiento de Heckman permite obtener estimaciones consistentes, lograr que sean eficientes requiere emplear el método de la máxima verosimilitud. A continuación se describe la función de verosimilitud del modelo (13.), que es la que se ha empleado para obtener las estimaciones¹⁷ definitivas del apartado 4.4.3.

¹⁷ A causa de la complejidad de la función de verosimilitud, no está garantizada la obtención del máximo y, además, consume mucho tiempo obtener las estimaciones. Por ese motivo en muchas ocasiones no queda más remedio que conformarse con obtener estimaciones consistentes por el método de Heckman

De hecho, en un primer momento sólo se obtuvieron estimaciones consistentes a causa de que, empleando LIMDEP 6.0., no fue posible encontrar el máximo de la función de verosimilitud en ninguna de las especificaciones planteadas. Posteriormente fue posible mejorar los resultados utilizando TSP 4.2B

Teniendo en cuenta que las perturbaciones (u_I, u_F) se distribuyen como una normal bivalente, las probabilidades que deben tenerse en cuenta para construir la función de verosimilitud son¹⁸:

a) La empresa no tiene proyecto ($I=0$).

$$\Pr ob(I^* \leq 0) = 1 - \Pr ob(x_I \beta_I \leq -u_I) = 1 - \Phi(x_I \beta_I) = p_1 \quad (18.)$$

b) La empresa consigue un proyecto ($I=1$) y recibe una financiación F . La probabilidad de este suceso puede escribirse sustituyendo la función de densidad de la normal bivalente por el producto de la función de densidad de una normal univariante multiplicada por la función de densidad de una normal condicional (que se denota por g), tal y como se ha hecho en (19.):

$$\Pr ob(I^* > 0, F) = \Pr ob(I^* > 0|F)\phi(F) = \Pr ob(x_I \beta_I > -u_I|F)\phi(F) =$$

$$\int_{-\infty}^{x_I \beta_I} g(u_I|F) du_I \phi(F) = p_2 \quad (19.)$$

La función de verosimilitud a maximizar es el producto para todas las observaciones de la muestra de la probabilidad del evento que corresponda, esto es, que la empresa no tiene proyecto ($I=0$) o lo tiene y recibe una financiación F . Como la distribución de g condicionada a F es una normal univariante, la función de verosimilitud no incluye normales bivariantes.

$$L = \prod_{I=0} p_1 \prod_{I=1} p_2 = \prod_{I=0} \left[1 - \Phi\left(\frac{x_I \beta_I}{\sigma_I^{1/2}}\right) \right] \prod_{I=1} \phi\left(\frac{F - x_F \beta_F - z_F \gamma_F - w_F \theta_F}{\sigma_F^{1/2}}\right) g(u_I | u_F \geq -x_F \beta_F - z_F \gamma_F - w_F \theta_F) \quad (20.)$$

Tomando logaritmos, la función a maximizar viene dada por:

$$\begin{aligned} \ln L = & \sum_{I=0} \ln(1 - \Phi(x_I \beta_I)) + \\ & + \sum_{I=1} \left[-\frac{1}{2} \ln(2\pi) - \frac{1}{2} \ln \sigma_F - \frac{1}{2\sigma_F} (F - x_F \beta_F - z_F \gamma_F - w_F \theta_F)^2 \right] + \\ & + \sum_{I=1} \ln \Phi \left[\frac{1}{(1 - \rho^2)^{1/2}} \left(x_I \beta_I + \rho \left(\frac{F - x_F \beta_F - z_F \gamma_F - w_F \theta_F}{\sigma_F^{1/2}} \right) \right) \right] \end{aligned} \quad (21.)$$

En la medida que la selectividad de la muestra es la causa de la inconsistencia de las estimaciones por mínimos cuadrados ordinarios, es importante disponer de un *test* del

¹⁸ Como se indicó anteriormente, la varianza de la perturbación u_I se supone igual a uno.

sesgo de selección (Dhrymes (1986, pp.1625-1626)). La hipótesis nula es que las perturbaciones de ambas ecuaciones están incorreladas, es decir, $\mathbf{r}=0$. Bajo esta restricción, el logaritmo de la función de verosimilitud se transforma en:

$$\ln L = \sum_{I=1} \left[-\frac{1}{2} \ln(2\pi) - \frac{1}{2} \ln \sigma_F - \frac{1}{2\sigma_F} (F - x_F \beta_F - z_F \gamma_F - w_F \theta_F)^2 \right] + \sum_{I=1} \ln \Phi(x_I \beta_I) + \sum_{I=0} \ln(1 - \Phi(x_I \beta_I)) \quad (22.)$$

El logaritmo de la función de verosimilitud bajo la hipótesis nula es la suma del logaritmo de la función de verosimilitud del modelo probit que explica la participación de las empresas (segundo y tercer sumando) y del logaritmo de la función de verosimilitud de la ecuación de financiación (28.) estimada por separado por mínimos cuadrados (primer sumando). Se puede probar con facilidad la hipótesis de ausencia de autoselección utilizando un *test* de la razón de verosimilitud. Denominando \mathbf{L} a la diferencia entre los máximos del logaritmo de la función de verosimilitud bajo la hipótesis nula y alternativa, $-2\mathbf{L}$ se distribuye como una ji-cuadrado con un sólo grado de libertad.

4.4.2. Variables explicativas.

Para la estimación del modelo (13.), que permite explicar la cuantía del crédito concedido por el CDTI, es necesario contar con un conjunto de variables relativas a la empresa que expliquen porqué unas tienen Proyecto Concertado y otras no. Además, hace falta disponer de información sobre la empresa, el proyecto y la actuación pública para poner en práctica la regla de financiación del CDTI.

Precisamente esta información es la que se ha utilizado en los análisis realizados en las secciones previas de este capítulo. Por ello, no se vuelve a discutir extensamente la procedencia y contenido de las bases de datos de que se dispone, sino que simplemente se indican las variables que se van a emplear¹⁹ en las especificaciones que se exponen en el apartado 4.4.3. Se pueden dividir en los tres grupos que se han reunido en los vectores x , z y w en la presentación del modelo a estimar.

a) Variables relativas a la empresa.

La información relativa a las empresas, tanto las que han obtenido Proyecto Concertado como las que no, se ha descrito ampliamente en la sección 4.2. Para obtener los resultados que se presentan a continuación se emplean, como se ha indicado en el apartado anterior, los cinco indicadores que resumen de una forma adecuada la inercia de la nube de

¹⁹ En los intentos previos, que se han descrito en el apartado anterior, se introdujeron las variables originales proporcionadas por el CDTI y la CICYT que se presentaron en las secciones 2 y 3 de este capítulo. Puesto que los resultados no fueron aceptables no se han incluido dichas variables en esta relación.

empresas, cuya interpretación se sintetiza en el cuadro 1. Estos ejes factoriales no sólo han dado buenos resultados en la estimación de la ecuación de participación, sino que también han sido la mejor opción para recoger el efecto que las características de la empresa tienen en la financiación concedida por el CDTI.

Cuadro 1: Ejes factoriales que describen a las empresas.

EJEM1	Mide el tamaño de la empresa en forma inversa, esto es, cuanto menor es la empresa en todos sus aspectos mayor es este indicador.
EJEM2	Refleja el grado en que la empresa está orientada hacia actividades de investigación y desarrollo tecnológico. Cuanto mayor es esta variable menos importancia relativa tienen estas actividades para la empresa.
EJEM3	Resume la capacidad de investigación de la empresa, especialmente la que se relaciona con la magnitud del departamento de I+D.
EJEM4	No ha sido posible encontrar un significado claro para el cuarto factor, sin embargo, las empresas con Proyecto Concertado tienden a tener coordenadas positivas.
EJEM5	Cuanto más negativo es este indicador mayor es la necesidad o el interés por el apoyo público para realizar tareas de investigación precompetitiva.

También se emplea el sector de actividad en que se encuadra cada empresa, que se introduce mediante variables ficticias correspondientes a cada uno de los siete grandes sectores en los que se han clasificado las empresas, tal y como se indica en el cuadro 2.

Cuadro 2: Sectores de actividad

C1	Agricultura, ganadería y pesca.
C2	Energía y agua.
C3	Extracción y transformación de minerales no energéticos. Industria Química.
C4	Otras industrias manufactureras.
C5	Construcción.
C6	Resto de sectores.
C7	Instituciones financieras, seguros y servicios.

b) Variables relativas al proyecto

Las variables que describen cada proyecto hacen referencia tanto a su presupuesto total como al destino del mismo. El presupuesto se desglosa en adquisición de equipamiento, materiales y otros gastos en la empresa y en los centros públicos de investigación que pueden participar en el proyecto, así como a los gastos de personal en la empresa y en los centros de investigación públicos. En el cuadro 1 se detallan estas variables.

También se tiene en cuenta la duración del proyecto en meses (variable DU) y los ejes de tamaño (EJE1) y grado de colaboración de los CPI (EJE2) generados en el análisis de correspondencias múltiples de los Proyectos Concertados. Cuanto mayor sea el indicador EJE1 menor es la dimensión conjunta de empresa y proyecto; por su parte, la variable EJE2 crece con el grado de participación de los centros públicos de investigación en el proyecto.

Cuadro 3: Variables relativas al proyecto*.

PRESUP	Presupuesto total del proyecto.
IAFLAB	Inversión en equipos de laboratorio para la empresa.
IAFOTROS	Inversión en otros activos fijos para la empresa.
IMANO	Gasto en mano de obra en la empresa.
IMATE	Gasto en materiales ejecutado por la empresa.
CINOTROS	Otros costes ejecutados por la empresa.
COSTVARE	Presupuesto ejecutado por la empresa no dedicado a inversión. IMANO+IMATE+CINOTROS.
EQUI	Inversión en equipos para los CPI.
MANO	Gasto en mano de obra en los CPI.
MATE	Gasto en materiales ejecutado por CPI.
OTROSB	Otros gastos ejecutados en los CPI.
COSVCPI	Presupuesto ejecutado por los CPI no dedicado a inversión en equipamiento. MANO+MATE+OTROSB.
CINDOPI	Coste de la colaboración de CPI. EQUI+MANO+MATE+OTROSB.
COSV	Presupuesto no dedicado a inversión. COSTVARE+COSVCPI.

* Todas las variables están medidas en pesetas.

c) Variables relativas a la actuación pública:

Se han introducido variables ficticias referidas al año en el que se aprobó el Proyecto Concertado, así las variables CON1, CON2 y CON3 se refieren, respectivamente, al efecto diferencial en relación a 1991 de si el proyecto fue aprobado en la convocatoria de 1988, 1989 o 1990. Junto a ellas, se han considerado el resto de ayudas concedidas por el sector público al mismo proyecto, siendo OTRPUB la suma de los créditos y subvenciones públicas concedidos al proyecto distintas del Proyecto Concertado.

Cuadro 4: Programa Nacional.

T1	ROB	Automatización Avanzada y Robótica
T2	BIO	Biotecnología
T3	AGR	Investigación agrícola
T4	FAR	Investigación y Desarrollo Farmacéutico
T5	GAN	Investigación y Desarrollo Ganadero
T6	ESP	Investigación Espacial
T7	MIC	Microelectrónica
T8	MAT	Nuevos Materiales
T9	NAT	Conservación del Patrimonio Natural y Procesos de Degradación Ambiental
T10	GEO	Recursos Geológicos
T11	MAR	Recursos Marinos y Acuicultura
T12	SAL	Salud
T13	FOR	Sistemas y Recursos Forestales
T14	ALI	I+D en Tecnología de Alimentos
T15	TIC	Tecnologías de la Información y de las Comunicaciones.

Por último, se ha recogido el efecto del Programa Nacional en el que se encuadra el proyecto mediante la inclusión de variables ficticias, tal y como se expone en el cuadro 4. Debe hacerse notar que, aunque se consideran variables de actuación pública, también podrían incluirse en el conjunto de variables de proyecto en la medida que permiten captar las diferencias entre tecnologías.

Una vez que se ha optado por describir el proceso de selección solamente en función de las características de la empresa que solicita el proyecto, la base de datos utilizada adopta una forma especial: consta de una observación para cada una de las empresas que realizan I+D, pero no han obtenido Proyecto Concertado, más una observación relativa a cada uno de los proyectos que han sido concedidos²⁰. Esta forma de actuar se justifica en que se pretende extraer conclusiones acerca de los determinantes de la financiación CDTI a cada proyecto aprobado, por lo que cada uno de ellos constituye una observación con independencia de que una misma empresa pueda ser responsable de más de uno²¹.

4.4.3. Resultados de la estimación.

Aunque el método de la máxima verosimilitud permite obtener simultáneamente estimaciones de los parámetros de las ecuaciones de participación y de financiación, se presenta en primer lugar la ecuación de participación para más tarde abordar el modelo de forma conjunta.

4.4.3.1. Ecuación de participación.

La ecuación de selección o ecuación de participación en el programa de Proyectos Concertados puede estimarse a través de un probit univariante. En el cuadro 5 se muestran los resultados de la estimación del modelo incluyendo como regresores los ejes 2 al 5 y las variables ficticias que indican la pertenencia de cada una de las empresas a un determinado sector de actividad. Todas las variables son significativas tanto individual como conjuntamente y la capacidad predictiva del modelo es aceptable.

²⁰ Con este modo de construir la muestra, se está perdiendo información sobre las empresas que no realizan I+D, aunque se plantearon solicitar un Proyecto Concertado y llevarlo a cabo. De todas formas, teniendo en cuenta que los Proyectos Concertados apoyan la realización de investigación precompetitiva, no parece que este sea un caso frecuente.

²¹ Una crítica que puede hacerse a esta forma de construir la base de datos y al método de estimación que se deriva es que mientras las empresas que no tienen proyecto sólo aparecen representadas una vez, las que tienen más de un proyecto aparecen en varias ocasiones. Esto podría sesgar las estimaciones de la ecuación de participación y afectar a las de la ecuación de financiación.

Para probar la importancia de este efecto, se estimó el modelo de una forma diferente. Primero se estimó la ecuación de participación empleando una observación para cada empresa (es decir, eliminando las observaciones repetidas a causa de que una empresa tuviera más de un proyecto) y se obtuvieron los inversos del ratio de Mills para cada una de las empresas. Posteriormente, se estimó la ecuación de financiación para cada uno de los proyectos incorporando las estimaciones de *I*. Los resultados que se obtuvieron fueron muy similares a los obtenidos de la estimación del modelo (13.) por el método de Heckman.

Dada la similitud de los resultados, además de por lo comentado en el texto, se ha utilizado la estructura de base de datos que incorpora varias veces las características de las empresas con proyecto porque permite emplear el método de la máxima verosimilitud.

El indicador dimensión de la empresa (EJEM1) no resulta significativo por lo que se ha eliminado en las especificaciones definitivas. Este es un resultado importante, pues permite afirmar que el tamaño de la empresa no ha tenido incidencia en la participación en el programa de Proyectos Concertados, aunque indirectamente otras características que en parte pueden estar relacionadas con el tamaño, como la capacidad de investigación, sí han influido.

Cuadro 5: Ecuación de participación con variables ficticias sectoriales.

Número de observaciones			1099
Logaritmo de la función de verosimilitud (F.V.)			-457,71
Logaritmo de la función de verosimilitud, sólo con constante			-706,69
pseudo-R ² = *			0,3523
Chi-cuadrado (10)	497,96	Significación	0,00000
Logaritmo de la función de verosimilitud, sin variables sectoriales			-468,88
Chi-cuadrado (7)	22,34	Significación	0,00222
Variable	Coficiente	t de student	Significación
EJEM2	-1,3996	-13,515	0,00000
EJEM3	1,0137	8,228	0,00000
EJEM4	0,96303	8,188	0,00000
EJEM5	-1,6913	-10,789	0,00000
C1	-1,0262	-4,106	0,00004
C2	-1,0304	-3,585	0,00034
C3	-0,64090	-6,464	0,00000
C4	-0,95050	-11,163	0,00000
C5	-0,43870	-3,136	0,00171
C6	-1,3197	-6,543	0,00000
C7	-0,78701	-4,677	0,00000
Predicho			
Real:	No participa	Participa	TOTAL
No participa:	631	91	722
Participa:	106	271	377
Total	737	362	1099
Predicciones correctas (en porcentaje)			82,07

* El pseudo R² o R² de MacFadden se define como el complemento a uno del cociente entre el logaritmo de la función de verosimilitud del modelo y el logaritmo de la función de verosimilitud del modelo que restringe todas las pendientes a cero. Ver, por ejemplo, Amemiya (1981, p. 1505).

Los ejes 2 al 5 tienen parámetros significativos e indican que las empresas más intensivas en actividades de I+D y con más capacidad para llevarlas a cabo son las más propensas a disfrutar un Proyecto Concertado. También la necesidad o interés por el apoyo público, medidos por el eje 5, afectan a la probabilidad de emprender este tipo de proyectos de investigación.

También se estimó la ecuación sin incluir las variables sectoriales. Aunque los resultados de ambas especificaciones son similares, la que incluye el efecto del sector de actividad es más correcta, pues aplicando el contraste de la razón de verosimilitud no es

posible rechazar la hipótesis de igualdad de las variables sectoriales²². El efecto de los sectores de actividad indica que las empresas menos propensas²³ a solicitar y obtener Proyectos Concertados son las englobadas en la categoría de "resto de actividades" (C6), seguidas por las de los sectores de Agricultura, ganadería y pesca, Energía y agua e Industrias transformadoras de los metales, mecánica de precisión, mientras que las que tienen mayor probabilidad son Extracción y transformación de minerales no energéticos. Industria química, Instituciones financieras, seguros y servicios y, sobre todo, Otras industrias manufactureras.

4.4.3.2. Determinantes de la financiación.

Los determinantes de la financiación otorgada por el CDTI se han hecho depender del desglose de los costes del proyecto, así como de su duración y la financiación proporcionada por otros organismos de la administración central o autonómica. También se ha considerado relevante la introducción de variables ficticias para recoger el efecto sobre la financiación de cada una de las cuatro convocatorias de Proyectos Concertados, aunque en la práctica -como cabía esperar después de lo expuesto en el análisis de correspondencias de la base de datos de proyectos- sólo es significativo el efecto de la convocatoria de 1988, cuando la financiación otorgada fue excepcionalmente elevada.

Para obtener la especificación definitiva del modelo es necesario determinar si los siguientes grupos de variables tienen efectos sobre la financiación del CDTI:

- Por una parte, los ejes factoriales que se obtuvieron en el análisis de correspondencias múltiples de la muestra de empresas (EJEM1 a EJEM5) de la sección 4.2., de forma que sea posible recoger el efecto sobre el crédito concedido por el CDTI del tamaño de la empresa, su capacidad de investigación, su propensión a obtener Proyecto Concertado, etc. En cualquier caso, como en las especificaciones estimadas el eje factorial que recoge la dimensión de la empresa (EJEM1) no tiene efecto significativo sobre la

²² Un motivo adicional para incluir en la ecuación de participación las variables sectoriales es la mayor facilidad para encontrar máximos en la función de verosimilitud del modelo conjunto de participación y financiación. En concreto, sin variables ficticias sectoriales no se ha podido encontrar el máximo cuando los Programas Nacionales en los que se encuadran los proyectos aparecen como regresores en la ecuación de financiación.

²³ A esta mayor o menor propensión a tener Proyectos Concertados recogida por la variable ficticia sectorial se añade el efecto que las características de la empresa tienen en las posibilidades de que una empresa realice un Proyecto Concertado. Por ello, no tiene que existir relación entre la frecuencia con la que las empresas de una determinada rama de actividad acceden a los Proyectos Concertados y el valor de la variable ficticia.

Así, por ejemplo, las empresas de los sectores de Agricultura, ganadería y pesca (C1) y los de Servicios a las empresas (C7) tienen valores muy negativos en sus variables ficticias respectivas y, sin embargo, son las únicas ramas de actividad cuyos proyectos medios tienen indicadores I^* positivos, lo que es coherente con el hecho de que más de la mitad de las empresas de estos sectores incluidas en la muestra tienen Proyecto Concertado.

financiación, las variables que se deben introducir son, como mucho, los otros cuatro factores.

- Del mismo modo, se plantea la posibilidad de introducir los dos primeros ejes factoriales del análisis de correspondencias obtenidos a partir de la base de datos de proyectos para recoger el efecto conjunto del tamaño de la empresa y del proyecto (EJE1), así como de la colaboración que se establece entre empresa y CPI (EJE2). En este caso sólo la variable EJE2, que indica el grado de colaboración que se establece entre empresa y CPI, resulta significativa. Además, introducir el primer eje factorial podría dar problemas, ya que resume información no solo del tamaño de la empresa sino también del proyecto, por lo que surgiría colinealidad con las variables que desglosan el coste del proyecto.

- Por otro lado, la financiación puede depender del Programa Nacional en que se incluye el proyecto o del sector de actividad en el que se sitúa la empresa.

Para elegir los modelos más apropiados se estimaron todas las combinaciones posibles, obteniéndose los máximos de la función de verosimilitud que aparecen en el cuadro 6. Las decisiones que hay que tomar simultáneamente son, en primer lugar, si se incluyen los ejes factoriales que definen la empresa y/o el eje factorial, o bien ninguna de estas variables y, en segundo lugar, si se introducen las variables ficticias de Programa Nacional o de sector de actividad²⁴.

Las especificaciones de la tercera fila del cuadro 6 son preferibles a las que incluyen diferencias en la magnitud del crédito concedido por el CDTI entre Programas Nacionales si se acepta la restricción de que el conjunto de las catorce variables ficticias de tipo de proyecto son cero. Aplicando contrastes de la razón de verosimilitud se rechaza esta hipótesis tanto para la especificación que no incluye variables referidas a la empresa ni al grado de implicación de los CPI en el proyecto, como en los modelos que incluyen una de estas dos opciones. Esto es así pues $-2*(7025,00-7049,37)$, $-2*(7012,55-7044,44)$, $-2*(7022,76-7043,46)$ y $-2*(-7009,07-7041,37)$ superan el valor crítico de una distribución ji-cuadrado con 14 grados de libertad.

Cuadro 6: Logaritmo del máximo de la función de verosimilitud (F.V.) en varias alternativas.

Variables ficticias	Indicadores sobre empresa y proyecto.			
	Ninguna	EJEM 2 a 5	Grado de colaboración.	EJEM 2 a 5 y grado de colaboración.
Programa Nacional	-7025,00	-7012,55	-7022,76	-7009,07
Sector de Actividad	-7043,84	-7040,96	-7040,1	-7038,62
Ninguno	-7049,37	-7044,44	-7043,46	-7041,37

Comparando del mismo modo las especificaciones que incluyen el sector de actividad de la empresa (que aparecen en la segunda fila) con las que no las incorporan

²⁴ No se considera adecuado introducir simultáneamente el Programa Nacional y el sector de actividad porque están bastante relacionados.

(tercera fila), es dudoso que se pueda rechazar la hipótesis de que los proyectos de todos los sectores reciben el mismo trato del CDTI. De hecho, excepto en el modelo que no incluye ningún eje factorial (primera columna), el *test* de la razón de verosimilitud no supera el valor de una ji-cuadrado con 6 grados de libertad a un nivel de significación del 10% y, aún en este caso, no se rechaza al 5%. Por todo ello, se sostiene que la financiación del CDTI depende del Programa Nacional en que se inscribe el proyecto y no del sector de actividad.

Por último, es necesario analizar si la financiación procedente del CDTI es sensible a las características de las empresas o a la colaboración de centros públicos de investigación. Puesto que la especificación de la primera columna está anidada en la segunda, ésta en la tercera y la última es la más general, pueden compararse empleando el *test* de la razón de verosimilitud. De esta forma, los datos del cuadro 6 llevan a rechazar el modelo restringido, siendo preferible el modelo que incluye los cuatro indicadores sobre las empresas y el grado de colaboración con CPI²⁵.

En la especificación 1 del cuadro 7, se presentan los resultados del modelo que toma en cuenta, además de las variables relativas al proyecto, los indicadores de la empresa y del grado de colaboración junto al Programa Nacional en que se integra el proyecto. Se aprecia que, comparada con las otras fuentes de gasto, la aportación del CDTI es más reducida cuando los fondos del proyecto se destinan a la adquisición de activos fijos para la empresa, sobre todo si no están relacionados con la actividad de investigación en sentido estricto. Es decir, el CDTI tiende, lógicamente, a financiar los costes más directamente relacionados con el proyecto sobre todo si son específicos al mismo y no se extienden a otros trabajos de investigación de la empresa.

El resultado anterior contrasta con lo observado en la financiación de los costes en equipamiento destinado a los centros públicos de investigación, que son financiados en su totalidad por el crédito del CDTI (no es posible rechazar la hipótesis de que el parámetro correspondiente sea significativamente distinto de uno). Esta forma de actuar también parece razonable en la medida que las adquisiciones de equipos para los CPI permiten a éstos aumentar su infraestructura, lo que mejorará su capacidad futura para realizar investigación básica o incluso para colaborar con otras empresas.

²⁵ En cualquier caso, en términos cualitativos, las cuatro especificaciones correspondientes a la primera fila del cuadro 6 ofrecen los mismos resultados.

Cuadro 7: Ecuación de financiación con variables de Programa Nacional.

VARIABLE	Especificación 1		Especificación 2		Especificación 3	
	Parametro	t-student	Parametro	t-student	Parametro	t-student
a) Ecuación de participación						
EJEM2	-1,3034	-11,41	-1,2997	-11,53	-1,2972	-11,57
EJEM3	1,1127	7,59	1,1138	7,74	1,1112	7,75
EJEM4	0,8406	6,41	0,8438	6,45	0,8441	6,47
EJEM5	-1,4528	-8,70	-1,4464	-8,76	-1,4492	-8,84
C1	-0,9956	-3,28	-0,9947	-3,30	-0,9944	-3,30
C2	-0,7963	-3,43	-0,7741	-3,43	-0,7658	-3,41
C3	-0,7150	-6,92	-0,7078	-7,00	-0,7092	-7,01
C4	-0,9232	-11,63	-0,9329	-11,86	-0,9306	-11,85
C5	-0,4221	-3,20	-0,4208	-3,26	-0,4274	-3,31
C6	-1,1272	-5,99	-1,1236	-5,97	-1,1246	-5,99
C7	-0,9341	-5,44	-0,9175	-5,60	-0,9142	-5,63
b) Ecuación de financiación						
IAFLAB	0,3996	41,48	0,3987	49,61	0,3998	50,14
IAFOTROS	0,3022	10,56	0,3001	10,93	0,3006	11,20
EQUI	1,0617	10,03	1,0662	9,43	1,0818	10,15
IMANO	0,4708	24,24				
IMATE	0,4425	12,82				
CINOTROS	0,4668	25,46				
COSTVARE			0,4630	40,59		
MANO	0,4510	11,25				
MATE	0,6093	7,47				
OTROSB	0,4856	7,67				
COSVCPI			0,4824	16,67		
COSV					0,4658	42,56
DU	157.503	3,01	159.652	3,23	160.055	3,25
CON1	8.690.210	5,89	8.594.760	5,87	8.559.980	5,83
OTR PUB	-0,3386	-13,13	-0,3344	-13,90	-0,3331	-13,98
EJEM2	9.747.540	5,56	9.823.140	5,94	9.861.940	5,95
EJEM3	-8.111.000	-3,95	-8.443.060	-4,53	-8.384.430	-4,52
EJEM4	-7.721.090	-3,93	-7.637.320	-3,90	-7.746.590	-4,16
EJEM5	1.1071.300	4,64	11.187.000	4,70	11.312.700	5,00
EJE2	-2.036.370	-1,79	-2.119.170	-1,94	-1.825.280	-2,29
T1 ROB	1.682.540	0,75	1.026.050	0,50	1.236.430	0,61
T2 BIO	-6.025.020	-1,94	-5.591.350	-1,71	-5.599.150	-1,76
T3 AGR	-4.411.720	-1,09	-4.814.490	-1,18	-4.646.720	-1,14
T4 FAR	-7.876.830	-3,16	-6.708.890	-3,21	-6.580.460	-3,16
T5 GAN	-3.595.600	-0,62	-2.981.890	-0,46	-2.691.600	-0,43
T6 ESP	3.570.740	1,57	3.814.230	1,80	3.964.150	1,86
T7 MIC	7.511.660	2,31	7.362.370	2,27	7.372.440	2,26
T9 NAT	-1.072.150	-0,26	-1.133.770	-0,27	-1.179.060	-0,28
T10 GEO	-7.731.810	-0,13	-8.051.790	-0,24	-7.966.370	-0,25
T11 MAR	507.874	0,06	609.927	0,07	761.617	0,08
T12 SAL	-3.001.230	-0,53	-2.717.660	-0,47	-2.455.990	-0,42
T13 FOR	-5.020.180	-1,08	-5.249.540	-1,10	-5.074.250	-1,08
T14 ALI	-1.670.580	-0,74	-1.775.280	-0,79	-1.701.190	-0,75
T15 TIC	6.959.180	3,19	6.744.870	3,34	6.856.770	3,39
C	12.914.000	6,11	12.934.100	6,37	12.904.200	6,47
σ_F	11.237.400	12,38	11.237.400	22,95	11.248.500	14,47
ρ	-0,868134	-1,2 10 ⁻⁶	-0,863628	-22,6156	-0,864952	-1,5 10 ⁻⁶

Cuadro 8: Contrastes.

	Especificación 1	Especificación 2	Especificación 3
Número de observaciones	1099	1099	1099
Número de observaciones con I=1	377	377	377
R ² de MacFadden	0,1035	0,1033	0,1033
Ji-cuadrado del conjunto	1619,12	1616,42	1615,98
Significación	0,00000	0,00000	0,00000
Log. de la func. de verosimilitud ($\rho=0$)	-7020,56	-7022,52	-7022,94
Ji-cuadrado (1)	22,98	24,2	24,6
Significación	0,00000	0,00000	0,00000
Pagan y Vella (Ji-cuadrado(3))	2,38	2,3	2,2
Significación	0,49737	0,51252	0,53195

En síntesis, el CDTI financia aproximadamente el 100% de la adquisición de equipos para los CPI. Sin embargo, es más estricto a la hora de financiar las compras de activos fijos destinados a la empresa, sobre todo si no están directamente relacionados con actividades de investigación. La parte financiada del resto de los costes se encuentra a medio camino de ambas.

La similitud entre los coeficientes que acompañan a las variables que recogen los costes de los proyectos que no se destinan a inversión, llevó a plantear la segunda especificación del cuadro 7, en la que se ha impuesto la restricción de igualdad en los parámetros referentes a estos costes ejecutados en empresa y CPI (cuatro restricciones en total, que no es posible rechazar)²⁶ y se han introducido las variables COSTVARE y COSVCPI. Los resultados son cualitativamente iguales a los ya comentados.

Nuevamente, el parecido entre los coeficientes de los costes variables de empresa y CPI llevó a plantear la hipótesis de que el CDTI financia de la misma forma estos costes independientemente de si son ejecutados por la empresa o por los CPI. En la tercera especificación del cuadro 7, COSTVARE y COSVCPI se han fundido en una única variable que reúne todos los costes del proyecto que no se destinan a inversión (COSV). Esta restricción resulta estadísticamente aceptable, obteniéndose resultados que no alteran de forma importante ninguno de los otros coeficientes, excepto EJE2.

A pesar de que se acepte la hipótesis de igualdad entre los coeficientes de COSTVARE y COSVCPI, cabe pensar que esto no se deba realmente a que la financiación sea igual, pues en los modelos estimados los costes ejecutados en los CPI indican un mayor porcentaje de financiación que los llevados a cabo en las empresas. Por eso, la causa de que la hipótesis se acepte es más bien que el peso de COSTVARE es mucho mayor que el de COSVCPI, puesto que la parte mayoritaria de los proyectos se desarrolla en las empresas,

²⁶ Si se consideran los máximos del logaritmo de la función de verosimilitud con la restricción de que el gasto en mano de obra, materiales y otros gastos reciben el mismo trato del CDTI sigue obteniéndose que el mejor modelo es el que incorpora las variables ficticias de Programa Nacional y tanto los ejes que describen a las empresas como el EJE2 de colaboración.

lo que hace que el aumento en la función de verosimilitud que se consigue introduciendo la variable COSVCPI por separado no compense la adición del nuevo parámetro²⁷.

El resto de las variables tiene una incidencia similar en cualquiera de las tres especificaciones del modelo:

Las características de la empresa resumidas por los cinco ejes factoriales son significativas a excepción de EJEM1, que mide la dimensión empresarial. Esto significa que los atributos de las empresas que explican que hayan desarrollado o no un Proyecto Concertado son tomados en consideración cuando se determina la financiación otorgada por el CDTI. De hecho, los signos de todas estas variables son contrarios a los de la ecuación de selección, lo que parece indicar que las características de las empresas que explican que una empresa tenga Proyecto Concertado influyen negativamente en la cantidad recibida del CDTI.

El efecto de la variable EJE2 es negativo, indicando que los proyectos que cuentan con más colaboración tienden a recibir un crédito un poco menor. Puesto que la variable EJE2 toma valores negativos para los proyectos que se realizan con poca colaboración de centros públicos de investigación, la financiación del CDTI ha sido mayor en aquellos proyectos que cuentan con poca colaboración de CPI que en los desarrollados con mucha colaboración. Este efecto predomina sobre la mayor financiación que reciben los gastos ejecutados en las universidades y OPI, es decir, en igualdad de condiciones, ejecutar mayores porciones del proyecto en los CPI lleva asociada una menor financiación del CDTI²⁸.

Este resultado es contradictorio en vista del objetivo de integración del sistema de ciencia y tecnología que es propio de los Proyectos Concertados, ya que supone un peor tratamiento para los proyectos que cuentan con más colaboración. Sin embargo, puede ser explicado de una forma que indica un comportamiento más favorable por parte del CDTI hacia los proyectos desarrollados en colaboración. Esta interpretación consiste en que el CDTI ha facilitado el acceso a un Proyecto Concertado a aquellas empresas que, no contando con características que las hicieran claramente merecedoras de este tipo de proyectos, han presentado propuestas en las que se recaba la colaboración con CPI. De este modo, la menor financiación del CDTI a estos proyectos sugeriría que el CDTI ha

²⁷ Como muestra cabe señalar que el efecto sobre la financiación del CDTI de la diferencia de coeficientes en la especificación 2 es de 311.000 pesetas para el proyecto con características medias.

²⁸ El factor que no se está tomando en cuenta es si realizar investigación en los CPI resulta más barato que hacerlo en las empresas, esto es, si el simple hecho de colaborar con investigadores del sector público está suponiendo una subvención a la empresa. Si es así, el requisito de que los CPI participen en el proyecto puede estar sirviendo para poner de manifiesto a las empresas que el establecimiento de vínculos con las universidades y OPI es interesante.

intercambiado la aprobación de la propuesta por una financiación del proyecto ligeramente inferior.

En apoyo de esta segunda interpretación está el hecho de que la variable EJE2 está correlada negativamente con los residuos de la ecuación de participación, es decir, cuanto menor es la estimación de I^* , los proyectos que tienen proyecto aprobado tienden a tener mayor indicador EJE2, que recoge la mayor colaboración de CPI. En cualquier caso, este es un resultado tentativo porque, como no se conoce el grado de colaboración de los CPI en las propuestas que no fueron aprobadas por el CDTI, no es posible determinar si la colaboración ha sido un factor a tener en cuenta para la aprobación de los proyectos a las empresas que no deberían tenerlo²⁹.

El parámetro que acompaña a la variable otra financiación pública (OTRPUB) indica que los fondos aportados por el Plan Nacional se reducen cuando otra institución pública cofinancia el proyecto. Sin embargo, la sustitución es sólo parcial, ya que por cada peseta adicional de financiación procedente del sector público, el CDTI sólo reduce 0,33 pesetas su aportación. De esta forma, aunque el CDTI toma en consideración el resto de créditos privilegiados y subvenciones que el sector público concede a la empresa, al ser el parámetro bastante menor que la unidad, las empresas están incentivadas a buscar esta cofinanciación.

La actuación del CDTI presenta diferencias significativas entre 1988 y el resto del periodo considerado. El año 1988 fue un año peculiar en la financiación de los Proyectos Concertados, puesto que, como media, los proyectos recibieron 7,2 millones adicionales.

²⁹ En cualquier caso, se realizó un intento algo más sofisticado de determinar si la colaboración se explica, al menos parcialmente, por el propio proceso de selección de los proyectos. Aunque en la sección 4.4.2. se rechazó el diseño de un modelo en el que las características de los proyectos son endógenas en base a que los problemas de información hacían imposible explicar el comportamiento "optimizador" de las empresas, aun sin contar con las características de los proyectos no presentados, es posible obtener evidencia sobre si el proceso de concesión influye en la elección por parte de la empresa de una característica del proyecto, como puede ser el grado de colaboración de los centros públicos de investigación. Para eso, se explica dicha característica del proyecto en función de variables de la empresa, el proyecto y la actuación pública, teniendo en cuenta -como se ha hecho al explicar la financiación CDTI- que la muestra de proyectos está autoseleccionada, es decir, la estimación toma en cuenta que sólo son observables esas características cuando el proyecto se concede.

La escasez de variables relativas al proyecto, a la utilidad de la investigación pública para los proyectos desarrollados por las empresas y a las actitudes de la empresa y los CPI de cara al trabajo conjunto no ha permitido obtener estimaciones aceptables. Realmente, para poder poner en práctica un modelo como éste, primero debería recabarse información sobre las aportaciones que los CPI realizan a las empresas en cada una de las tecnologías apoyadas por el CDTI y sobre las actitudes de empresas y centros públicos de investigación hacia la colaboración.

Contando con datos suficientes, este procedimiento de estimación sería susceptible de ser utilizado también para explicar el éxito y fracaso tecnológico de los Proyectos Concertados, relacionándolo con el mecanismo de selección de los proyectos y el número de proyectos concedidos a cada empresa.

La aportación del CDTI tiende a crecer con la duración prevista del proyecto, pero aunque el efecto es significativo, su magnitud no es demasiado importante.

Atendiendo a los Programas Nacionales, las tecnologías que en promedio reciben más financiación en relación al programa de Nuevos materiales son las incluidas en los Programas Nacionales de Tecnologías de la información y las telecomunicaciones, de Microelectrónica y de Investigación espacial. Por el contrario, los proyectos integrados en los programas de Biotecnología, Investigación agrícola, Investigación y desarrollo farmacéuticos y Sistemas y recursos forestales tienden a recibir un crédito menor. El resto de los programas tienden a recibir un trato similar al de Nuevos materiales, cuya variable ficticia se ha excluido.

Siguiendo con los resultados de la estimación, el parámetro \mathbf{r} indica que los factores no observados que inciden en que una empresa tenga Proyecto Concertado afectan a la financiación otorgada por el CDTI, esto quiere decir que realmente existe sesgo de selección. Aunque la significación individual de este parámetro pueda ser muy baja en algún caso, sin embargo, el contraste del sesgo de selección presentado en la sección 4.3., cuyos resultados se muestran en el cuadro 8, rechaza siempre la hipótesis de que carece de importancia, indicando que es necesario plantear el modelo de autoselección.

El signo negativo de \mathbf{r} sugiere la presencia de características no medidas que actúan de forma inversa en las ecuaciones de participación y financiación. Esto implica que entre empresas y proyectos con idénticos atributos medidos, aquellas empresas con mayores posibilidades de tener proyecto tienden a recibir ayudas de menor cuantía. Así, la estimación conjunta de ambas ecuaciones es necesaria para obtener estimaciones consistentes de la importancia que el CDTI asigna a las características de los proyectos elegidos cuando determina la cuantía de la financiación que proporciona.

Una posible interpretación de esta correlación negativa es que existen proyectos cuya aprobación no está claramente justificada de acuerdo a sus características observadas y, aunque el CDTI les concede financiación, ésta es un poco menor de lo que les correspondería en base al presupuesto del proyecto y al resto de sus características.

Las estimaciones que se obtienen por máxima verosimilitud son muy sensibles a las desviaciones de las distribuciones de los errores respecto de la normal; por ello, se ha aplicado el *test* de normalidad propuesto por Pagan y Vella (1989) para los modelos con autoselección. La hipótesis nula de distribución normal de las perturbaciones se puede probar contrastando que los coeficientes de tres variables auxiliares no sean de forma conjunta significativamente distintos de cero³⁰. Tal y como se muestra en el cuadro 8, en ninguna de las tres especificaciones se rechaza la hipótesis de normalidad.

³⁰ Una breve descripción de este *test* se puede encontrar en Maddala (1993, p. 204).

La bondad de ajuste del modelo se mide por el valor del R^2 de la ecuación de financiación³¹, que en el modelo de la especificación 3 es 0,85. En este caso también se puede comprobar la calidad de las estimaciones obtenidas comparando la financiación real y estimada para el proyecto representativo tanto de cada uno de los Programas Nacionales como de los seis grupos de Proyectos Concertados que se identificaron en la sección 3 de este capítulo³².

Para estimar la financiación concedida al proyecto medio de cada grupo se ha utilizado la expresión (23.), en la que los parámetros utilizados son los estimados en la tercera especificación del cuadro 7 (denotados por un circunflejo) y las variables de proyecto, empresa y actuación pública son las medias para cada uno de los Programas Nacionales o bien de cada uno de los seis grupos de Proyectos Concertados.

$$(\hat{F}/I = 1) = x_F \hat{\beta}_F + z_F \hat{\gamma}_F + w_F \hat{\theta}_F + \hat{\rho} \hat{\sigma}_F \lambda(x_I \hat{\beta}_I) \quad (23.)$$

De acuerdo a los resultados que se incluyen en el cuadro 9, las diferencias entre el crédito real y el estimado son pequeñas para la generalidad de los 15 Programas Nacionales. Igual sucede con los seis grupos de Proyectos Concertados identificados en la sección 4.3., tal y como se muestra en el cuadro 10.

Cuadro 9: Crédito real y estimado al proyecto representativo de cada Programa Nacional (millones de pesetas).

	Financiación real	Financiación estimada	Porcentaje de error
T1 ROB	65.668	66.149	0,73
T2 BIO	41.295	40.162	-2,74
T3 AGR	48.072	47.576	-1,03
T4 FAR	95.515	97.710	2,29
T5 GAN	38.166	36.242	-5,04
T6 ESP	55.233	54.733	-0,90
T7 MIC	71.130	69.699	-2,01
T8 MAT	52.376	52.266	-0,21
T9 NAT	31.857	30.191	-5,22
T10 GEO	52.350	50.623	-3,29
T11 MAR	25.198	23.181	-8,00
T12 SAL	55.600	54.814	-1,41
T13 FOR	23.650	22.700	-4,01
T14 ALI	25.834	24.928	-3,50
T15 TIC	73.660	73.414	-0,33

Insistiendo algo más en la información contenida en el cuadro 10, no sólo se muestra la calidad del ajuste, sino que se analiza la influencia de las características de la

³¹ El R^2 se ha calculado a través de los residuos de la ecuación de financiación del modelo estimado por máxima verosimilitud.

³² Aunque se obtuvieron ocho grupos, los dos últimos, que diferencian los proyectos de acuerdo al grado de colaboración, no aportan información adicional que justifique su introducción en este momento.

empresa, del proyecto y de la actuación pública en la financiación de los Proyectos Concertados. Aunque se exponen los efectos tanto en términos absolutos como en porcentaje respecto al presupuesto del proyecto, los resultados se extraen con más facilidad en este último caso. En concreto, se aprecia que el error de predicción para los proyectos representativos es muy reducido, pues oscila entre el 1,64% y el -2,70%. Este bajo porcentaje de disparidad hace posible que las diferencias entre los grupos en el porcentaje financiado por el CDTI sean del mismo signo tanto según los datos reales como por los estimados.

Recordando los resultados obtenidos en la sección 4.3, los grupos de proyectos 1 y 2 se caracterizan por la gran dimensión de la empresa que los realiza, pero se diferencian porque los que se encuadran en el grupo 1 se han llevado a cabo con muy escasa colaboración de CPI, mientras que los del grupo 2 han contando con una fuerte intervención de investigadores del sector público. Los grupos 3 a 6 no se distinguen por tener grados de colaboración de centros públicos de investigación extremos sino porque el tamaño de la empresa que los lleva a cabo y del proyecto se hace menor a medida que se pasa del grupo 3 a 6.

El cuadro 10 indica que la máxima financiación del CDTI ha ido dirigida a los proyectos de los grupos 1 y 6, mientras el proyecto medio del resto de los grupos recibe un porcentaje de financiación intermedio. Para explicar este resultado, según el cual el CDTI tiende a apoyar un poco más a los proyectos de empresas grandes que no colaboran con CPI y a los de empresas más pequeñas, se puede profundizar en los factores que, según el modelo, determinan las diferencias en financiación. Para ello, se puede dividir la financiación en dos grandes grupos: en el primero se considera aquella que se explica en función de los diferentes conceptos de coste que se incluyen en los presupuestos de los proyectos (y la duración de los mismos) y, en el segundo, el resto de variables.

Procediendo de esta forma, se aprecia que la financiación estimada utilizando sólo los costes de los proyectos sobreestima la realmente recibida entre un cinco y un diez por ciento, es decir, que simplemente con estas cinco variables se aproximaría bastante la financiación CDTI, aunque existen otras características que influyen en la magnitud del crédito otorgado.

La sobreestimación era de esperar porque el coeficiente de financiación de los costes variables de los proyectos se sitúa ligeramente por encima del porcentaje medio de financiación del CDTI, mientras que el coeficiente que acompaña a la financiación de equipos para los centros públicos de investigación es muy superior. En consecuencia, la mayor sobreestimación se ha producido en los grupos de proyectos en los que se han adquirido más equipos para los CPI.

Cuadro 10: Determinantes de la financiación proporcionada a los proyectos representativos de cada uno de los ocho grupos de Proyectos Concertados identificados*.

	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	Grupo 6
Presupuesto	151.196	114.860	123.748	182.710	69.068	61.174
Probabilidad de tener proyecto	0,7313	0,5861	0,7680	0,6496	0,3202	0,5790
Financiación del CDTI real	69.232	51.441	52.894	78.272	30.637	28.579
Financiación media estimada	70.369	51.079	52.962	78.556	30.631	27.806
Porcentaje de error	+1,64%	-0,70%	+0,12%	+0,36%	-0,02%	-2,70%
Financ debida a desglose del presupuesto (incluye DU)	71.992	61.060	60.268	87.069	34.748	31.747
Resto de características	-14.526	-22.885	-20.209	-21.417	-17.021	-16.844
Efecto de características de empresa	-11.483	-8.057	-12.108	-9.513	-2.148	-8.585
Efecto eje2	2.532	-3.078	-945	381	-514	868
CON1 y OTRPUB	-2.659	-4.598	-4.073	-7.916	-2.853	-2.363
Tipos	1.471	-683	783	1.179	-638	-193
Sesgo de selección	-4.387	-6.466	-3.864	-5.548	-10.866	-6.570
Porcentaje de financiación real	45,79%	44,78%	42,74%	42,83%	44,35%	46,71%
Porcentaje de financiación estimado	46,54%	44,47%	42,79%	42,99%	44,34%	45,45%
Financ debida a desglose del presupuesto (incluye DU)	47,61%	53,16%	48,70%	47,65%	50,31%	51,89%
Resto de características con constante	1,07%	-8,69%	-5,90%	-4,65%	-5,96%	-6,44%
Resto de características	-9,60%	-19,92%	-16,33%	-11,72%	-24,64%	-27,53%
Efecto de características de empresa	-7,59%	-7,01%	-9,78%	-5,20%	-3,11%	-14,03%
Efecto eje2	1,67%	-2,68%	-0,76%	0,20%	-0,74%	1,42%
CON1 y OTRPUB	-1,75%	-4,00%	-3,29%	-4,33%	-4,13%	-3,86%
Tipos	0,97%	-0,59%	0,63%	0,64%	-0,92%	-0,31%
Sesgo de selección	-2,90%	-5,63%	-3,12%	-3,03%	-15,73%	-10,74%

*Todas las variables monetarias están expresadas en miles de pesetas.

El resto de características tienen un efecto negativo, siendo muy fuerte en los grupos 2, 5 y 6. Aunque este efecto persiste en todos los grupos de proyectos cuando se considera incluida la constante, este ajuste a la baja se reduce más en los grupos de proyectos con presupuesto menor, ya que el efecto porcentual de la constante es más acusado. Por eso, al final, el ajuste total a la baja es del 8,7% en los del grupo 2, oscilando en el resto entre el 4% y el 6%, excepto en el grupo 1, en el que el ajuste es al alza en un 1%.

Los cuatro ejes que caracterizan a las empresas tomados simultáneamente reducen la cuantía del crédito concedido, sobre todo en los proyectos 3 y 6 (en este último caso debido al pequeño tamaño del proyecto representativo). Por su parte, el grado de colaboración tiene efecto, sobre todo, en los grupos 1 y 2, que son los más extremos en cuanto a la intervención de CPI. Puesto que el parámetro de EJE2 es negativo, los proyectos que mayor financiación tienden a recibir son los que se han realizado con escasa colaboración de los CPI.

El efecto de la actuación pública refunde la incidencia de las variables CON1 y OTRPUB. En todos los casos, es negativo y próximo a 4%, excepto en el grupo 1, en el que el efecto es menor, -1,75%. El motivo es que el proyecto representativo del grupo 1 incorpora la mayor financiación otorgada a los Proyectos Concertados en 1988.

La diferente importancia de cada uno de los Programas Nacionales en los distintos grupos de proyectos no tiene efectos relevantes en las diferencias en la financiación existentes entre ellos.

Por último, el sesgo de selección es importante en los grupos 5 y 6 y, en menor medida, en el grupo 2, es decir, en los proyectos cuya aprobación se explica peor por las características observadas de las empresas.

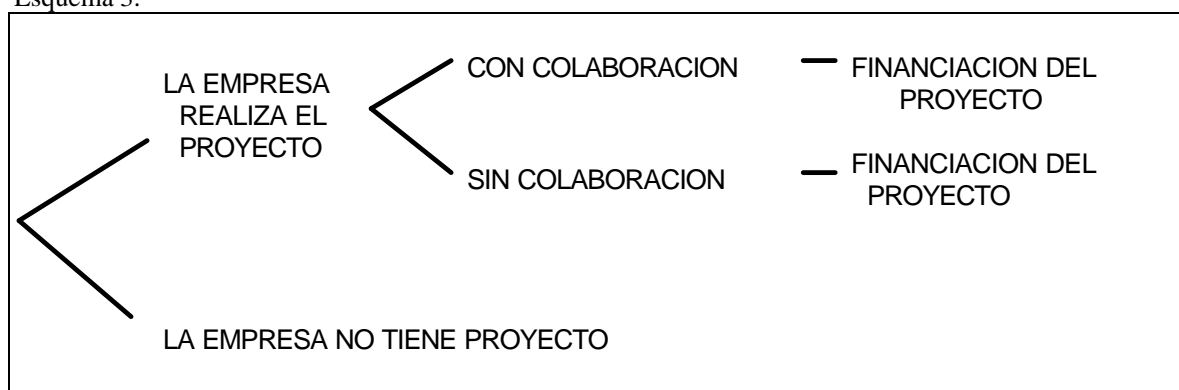
4.4.4. El sesgo de la colaboración.

Los Proyectos Concertados del Plan Nacional de I+D se diferencian de otros mecanismos de estímulo de la investigación empresarial en su empeño por reforzar los vínculos entre las actividades tecnológicas del tejido productivo y la investigación realizada en los CPI. En ese sentido, es destacable que entre 1988 y 1991 se concedieran 42 Proyectos Concertados a empresas que no contaron con la colaboración de equipos pertenecientes a universidades u organismos públicos de investigación. Resulta, por tanto, interesante analizar en qué medida las características observables e inobservables que justifican que estos proyectos sean desarrollados en solitario pueden conducir a un trato diferencial por parte del CDTI cuando decide la financiación que les concede.

Para incorporar esta influencia, se ha ampliado el modelo presentado en la sección 2 para introducir un mecanismo de selección doble, como queda reflejado en el esquema 3.

Existen proyectos que reciben ayudas del CDTI y otros que no, y, dentro de los primeros, es necesario diferenciar entre las empresas que emprenden el proyecto recibiendo la colaboración de centros públicos de investigación y las que lo llevan a cabo en solitario. En consecuencia, surgen cuatro ecuaciones de financiación, es decir, las dos que explican el crédito concedido a los proyectos que se han realizado con la colaboración de CPI y sin ella, y las dos que determinarían la financiación que les hubiera correspondido, en los mismos casos, a los proyectos que no han recibido apoyo del CDTI. No obstante, como sólo es observable la financiación proporcionada a los proyectos aprobados, es imposible estimar las dos últimas ecuaciones. Por otro lado, los determinantes de la financiación que reciben los Proyectos Concertados pueden ser distintos según que sea emprendido en solitario o con la colaboración de CPI. El objetivo de esta sección es, precisamente, detectar esas diferencias.

Esquema 3.



El modelo (24.) incorpora la doble selección de la muestra y las dos ecuaciones de financiación. En primer lugar, explica la participación de las empresas en el programa de Proyectos Concertados, después, diferencia entre los proyectos aprobados que han sido desarrollados por la empresa en solitario o con la colaboración de CPI. La primera selección se explicó en el apartado 4.4.3.; para explicar la colaboración se define la variable latente C^* , que depende de un conjunto de características (h) de la empresa, del proyecto y de la actuación pública. La observabilidad de C^* está limitada a la variable C , que toma valor 1 cuando el proyecto se realiza en colaboración, mientras que es cero en caso contrario.

La financiación proporcionada por el CDTI a los proyectos aprobados se explica por una ecuación similar a la planteada en el apartado 4.4.3. Ahora, sin embargo, la regla de financiación puede ser distinta en función de que los CPI intervengan ($C=1$) o no ($C=0$) en el desarrollo del proyecto.

$$\begin{aligned}
I^* &= x_I \beta_I + u_I \\
I &= 1 \text{ si } I^* > 0 \quad (\text{participa}) \\
I &= 0 \text{ si } I^* \leq 0 \quad (\text{no participa}) \\
C^* &= e\eta + v \\
\left. \begin{aligned}
C &= 1 \text{ si } C^* > 0 \quad (\text{colabora}) \\
C &= 0 \text{ si } C^* \leq 0 \quad (\text{no colabora})
\end{aligned} \right\} \text{si } I = 1 \\
F &= x_{FC} \beta_{FC} + z_{FC} \gamma_{FC} + w_{FC} \theta_{FC} + u_{FC} \quad \text{si } I = 1 \text{ y } C = 1 \\
F &= x_{FNC} \beta_{FNC} + z_{FNC} \gamma_{FNC} + w_{FNC} \theta_{FNC} + u_{FNC} \quad \text{si } I = 1 \text{ y } C = 0 \\
F &\text{ no es observado si } I = 0
\end{aligned} \tag{24.}$$

El planteamiento que está implícito en el esquema 3 supone que la elección de colaborar o no es posterior al resultado de tener o no Proyecto Concertado. Realmente, es más razonable suponer que ambas decisiones son conjuntas. Ahora bien, eso implica plantear un mecanismo en el que se determine simultáneamente la participación y la colaboración, pero en el que sólo se observan las decisiones de colaborar o no para la submuestra de proyectos que han resultado aprobados. Sin embargo, hay varias razones que han hecho que este no haya sido el camino seguido para obtener las estimaciones. En primer lugar, la función de verosimilitud es muy compleja, ya que incorpora normales bivariantes. En segundo lugar, no parece adecuado plantear ahora un mecanismo tan complicado cuando previamente se han tenido que simplificar las decisiones de solicitar proyecto y de concederlo en una única ecuación que explique la participación. En tercer y último lugar, para evitar la correlación entre las perturbaciones de las dos ecuaciones del mecanismo de selección (y con ella la necesidad de introducir el mecanismo de selección de forma simultánea) se define la distribución de v como una distribución condicionada a que el proyecto se lleve a cabo con el apoyo del CDTI. Así, aunque la participación no sea previa e independiente de la determinación de la colaboración con los CPI, las perturbaciones v y u_I son independientes. El coste de actuar de este modo es que sólo puede hacerse inferencia condicional³³.

La financiación esperada puede no ser independiente de la aprobación del proyecto, ni de la intervención en el mismo de CPI. Si las perturbaciones se distribuyen normalmente, las expresiones (25.) y (26.) determinan la magnitud del sesgo de selección (Maddala (1983, pp.365-367)) para los proyectos que se realizan con colaboración y en solitario, respectivamente³⁴.

³³ Ver nota a pié de página nº 9.

³⁴ Las varianzas de las perturbaciones v y u_I se han supuesto unitarias, ya que como las variables C e I son dicotómicas es imposible obtener estimaciones separadas de los parámetros de las ecuaciones de colaboración y participación y de las varianzas de los errores.

$$\begin{aligned}
 E[u_{FC} / I = 1, C = 1] &= E[u_{FC} / u_I > -x_I \mathbf{b}_I, v > -e\mathbf{h}] = \\
 &= \mathbf{s}_{FI} E[u_{FC} / u_F > -x_I \mathbf{b}_I] + \mathbf{s}_{FC} E[u_{FC} / u_{FC} > -e\mathbf{h}] = \\
 &= \mathbf{s}_{FI} \frac{f(-x_I \mathbf{b}_I)}{1 - \Phi(-x_I \mathbf{b}_I)} + \mathbf{s}_{FC} \frac{f(-e\mathbf{h})}{1 - \Phi(-e\mathbf{h})} = \mathbf{s}_{FI} \frac{f(x_I \mathbf{b}_I)}{\Phi(x_I \mathbf{b}_I)} + \mathbf{s}_{FC} \frac{f(e\mathbf{h})}{\Phi(e\mathbf{h})} \quad (25.)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E[u_{FNC} / I = 1, C = 0] &= E[u_{FNC} / u_I > -x_I \beta_I, v \leq -e\eta] = \\
 &= \sigma_{FI} E[u_{FNC} / u_{FC} \leq -x_I \beta_I] + \sigma_{FNC} E[u_{FNC} / u_{FNC} \leq -e\eta] = \\
 &= \sigma_{FI} \frac{\phi(-x_I \beta_I)}{1 - \Phi(-x_I \beta_I)} + \sigma_{FNC} \frac{-\phi(-e\eta)}{\Phi(-e\eta)} = \quad (26.) \\
 &= \sigma_{FI} \frac{\phi(x_I \beta_I)}{\Phi(x_I \beta_I)} + \sigma_{FNC} \frac{-\phi(e\eta)}{1 - \Phi(e\eta)}
 \end{aligned}$$

\mathbf{s}_{FI} es la correlación de las perturbaciones de las ecuaciones de financiación con la de la ecuación de participación. \mathbf{s}_{FC} es la correlación de la ecuación de financiación de los proyectos desarrollados con colaboración con la ecuación de colaboración. \mathbf{s}_{FNC} es la correlación de la ecuación de financiación de los proyectos desarrollados en solitario con la ecuación de colaboración.

De esta forma, la financiación esperada para los proyectos que se desarrollan con la colaboración de CPI es:

$$\begin{aligned}
 E[F / I = 1, C = 1] &= E[F / u_I > -x_I \beta_I, v > -e\eta] = \\
 &= x_{FC} \beta_{FC} + z_{FC} \gamma_{FC} + w_{FC} \theta_{FC} + \sigma_{FI} \frac{\phi(x_I \beta_I)}{\Phi(x_I \beta_I)} + \sigma_{FC} \frac{\phi(e\eta)}{\Phi(e\eta)} \quad (27.)
 \end{aligned}$$

Para los proyectos desarrollados en solitario viene dada por:

$$\begin{aligned}
 E[F / I = 1, C = 0] &= E[F / u_I > -x_I \beta_I, v \leq -e\eta] = \\
 &= x_{FNC} \beta_{FNC} + z_{FNC} \gamma_{FNC} + w_{FNC} \theta_{FNC} + \sigma_{FI} \frac{\phi(x_I \beta_I)}{\Phi(x_I \beta_I)} + \sigma_{FNC} \frac{-\phi(e\eta)}{1 - \Phi(e\eta)} \quad (28.)
 \end{aligned}$$

La estimación se ha realizado empleando el método de Heckman. Primero se han estimado las ecuaciones de participación y colaboración por separado, considerando que son probit univariantes. De esta forma ha sido posible obtener predicciones de los sesgos de selección, que se han incorporado a las ecuaciones (27.) y (28.), estimándolas a continuación por mínimos cuadrados, la primera sobre el conjunto de proyectos realizados con colaboración y la segunda sobre el grupo realizado sin intervención de centros públicos de investigación.

Al introducir en cada ecuación tanto el sesgo de colaboración como el de participación, se obtienen estimaciones consistentes, aunque no eficientes, de los coeficientes del modelo. Un último problema que ha sido necesario resolver es que la heteroscedasticidad de las varianzas de las dos ecuaciones de financiación hace que las

estimaciones de las desviaciones típicas de las ecuaciones de financiación no sean consistentes. Para solucionar este inconveniente se han calculado desviaciones típicas de los parámetros que son robustas en presencia de heteroscedasticidad (White (1980)).

La ecuación de participación de las empresas en el programa de Proyectos Concertados fue analizada en la sección anterior, por lo que sólo falta estimar la ecuación de colaboración. Aunque inicialmente se introdujeron variables originales relativas a la empresa y al proyecto³⁵, en la especificación definitiva, que se muestra en el cuadro 11, se han utilizado como regresores los dos primeros ejes del análisis factorial de proyectos. Los resultados son similares en ambos casos, pero como los coeficientes de los parámetros de las ecuaciones del mecanismo de selección no son el objetivo esencial de esta investigación, se ha preferido una regla que explique la colaboración de la forma más sintética posible.

Cuadro 11: Colaboración de centros públicos de investigación.

Número de observaciones		377	
Logaritmo de la función de verosimilitud		-45,9883	
Logaritmo de la función de verosimilitud, sólo con constante		-131,741	
pseudo-R ²		0,675724	
Chi-cuadrado (2)	171,5	Significación.	0,00000
Variable	Parámetro	t-student	Significación
EJE1	0,990212	4,89	0,00000
EJE2	2,03574	7,22	0,00000
Constante	3,14889	8,73	0,00000
Predicho			
Real	No colabora	Colabora	TOTAL
No colabora	32	8	40
Colabora	10	327	337
TOTAL	42	335	377
Predicciones correctas (porcentaje)		0,95225	

De acuerdo a si la empresa realiza el Proyecto Concertado en solitario o con la colaboración de CPI, surgen dos ecuaciones de financiación distintas. Empezando por la que explica el crédito concedido a los 42 proyectos que no se han llevado a cabo sin la intervención de CPI, en el cuadro 12 se incluyen los resultados de dos especificaciones del modelo. Dada la escasez de observaciones, y puesto que los coeficientes de las distintas partidas de gasto son muy similares, se presenta directamente el efecto conjunto sobre la financiación CDTI de los costes en mano de obra, materiales y otros gastos. En la segunda especificación se refundieron todas las partidas del presupuesto del proyecto, no pudiéndose rechazar la hipótesis de que todos los coeficientes de las variables del desglose del presupuesto son iguales.

³⁵ Empleando variables originales relativas a la empresa y al proyecto, se obtiene que las empresas que no han requerido colaborar con CPI desarrollan Proyectos Concertados que se ubican sobre todo en el Programa Nacional de tecnología espacial, tienen departamentos de I+D de gran tamaño y realizan proyectos de I+D de mayor duración que requieren la dedicación de pocos investigadores.

Las conclusiones que se extraen son las siguientes:

- El porcentaje del presupuesto financiado (54,6%) es muy elevado, por encima de la media del resto de proyectos. Este resultado no parece que se deba tanto a una actuación premeditada del CDTI como al hecho de que buena parte de estos proyectos fueron aprobados en 1988, año excepcional en la financiación otorgada por el CDTI. La variable ficticia CON1 no es significativa porque la mayoría de los proyectos de este grupo fueron concedidos en 1988, pero este efecto es recogido por la constante, que es negativa.

Cuadro 12: Financiación de los proyectos desarrollados por la empresa en solitario.

	Especificación 1		Especificación 2	
Nº de observaciones	42		42	
S	6869840		6617400	
R2	0,983955		0,983818	
R2 corregido	0,971398		0,973461	
F (conjunto)	78,3588		94,9946	
significación	0,00000		0,00000	
Log -F.V.	-708,141		-708,320	
Log -F.V. sin tipos	-717,89		-717,92	
chi-cuadrado(10)	19,498		19,2	
significación	0,03437		0,03779	
	Especificación 1		Especificación 2	
Variable	Parametro	t-student	Parametro	t-student
IAFLAB	0,5674	13,88		
IAFOTROS	0,5932	4,95		
COSTVARE	0,5427	20,63		
PRESUP			0,5460	22,18
DU	231.258	2,01	231.444	2,13
CON1	-497.892	-0,23	-66.285	-0,03
OTRPUB	-0,4875	-3,35	-0,4485	-4,15
σ_{FI}	667.713	0,25	1.023.200	0,41
σ_{FNC}	4.891500	1,98	5.214.560	2,36
EJEM1	5.784.300	3,09	5.806.580	2,86
T1	15.965.900	1,46	13.523.900	1,35
T2	976.086	0,27	-409.826	-0,14
T4	-7.543.760	-0,99	-9.844.900	-1,71
T6	6.321.090	1,44	4.773.660	1,45
T7	-9.626.080	-1,35	-11.409.600	-1,86
T9	5.401.480	0,79	4.463.560	0,71
T13	12.255.800	2,44	11.796.900	2,30
T14	6.950.670	1,90	5.654.760	1,94
T15	6.428.130	1,09	3.926.050	0,86
C	-6.147.020	-1,25	-4.875.160	-1,08

Los estadísticos t de student están calculados corrigiendo el efecto de la heterocedasticidad.

- El efecto de la variable "otra financiación pública" es mayor, en valor absoluto, al obtenido en los modelos ya comentados, es decir, que la financiación del Plan Nacional se reduce más rápidamente a medida que otras instancias públicas proporcionan apoyo al proyecto.

- A diferencia del resto de modelos considerados, en este caso la variable dimensión de la empresa (EJEM1) es la única característica de las empresas que incide significativamente en la financiación del CDTI, indicando que tiende a reducirse cuanto mayor es el tamaño de las empresas que lo llevan a cabo.

- Por otra parte, la variable que refleja la colaboración entre empresa y CPI (EJE2) no tiene incidencia estadísticamente significativa, lo que es razonable ya que todos estos proyectos han sido emprendidos por la empresa en solitario.

- Los factores inobservados que explican la participación pierden significación sobre la financiación otorgada por el CDTI y, además, la correlación se vuelve positiva.

- La correlación entre la decisión de llevar a cabo el proyecto en solitario y la financiación otorgada por el CDTI es positiva, esto significa que los factores no medidos inciden del mismo modo en las ecuaciones de colaboración y financiación, por lo que si hacen aumentar las posibilidades de que una empresa realice el proyecto en solitario (esto es, tienen efecto negativo en la ecuación de colaboración) dan lugar también a que el crédito proporcionado por el CDTI sea menor de lo que se esperaría de acuerdo a las características observadas de empresa y proyecto. De este modo, los proyectos que por sus características observadas deberían realizar el proyecto en colaboración, pero lo desarrollan en solitario, tienden a recibir un menor apoyo del CDTI.

En definitiva, los proyectos que fueron desarrollados en solitario deben ser interpretados como casos excepcionales que surgieron en los primeros años de funcionamiento de los Proyectos Concertados más que como una elección que pueda adoptar la empresa en base a sus características o las del proyecto que desea emprender. Por ello, los resultados que se obtienen de la estimación de la ecuación de financiación para los 335 proyectos desarrollados en colaboración son el reflejo de la actuación más habitual del CDTI durante el cuatrienio analizado. En ese sentido, es interesante comparar los parámetros estimados según este modelo con doble selección con los que se obtuvieron en el modelo de participación y financiación para el conjunto de los proyectos.

En el cuadro 13 se presentan las estimaciones de la regla de financiación para los proyectos que se realizan en colaboración incorporando como regresores los inversos del ratio de Mills estimados a partir de las ecuaciones de colaboración y de participación. Se han incluido tres especificaciones similares a las que se presentaron en el apartado 4.4.4. Los resultados son cualitativamente iguales a los comentados entonces, aunque surgen algunas diferencias:

La primera es que las características de las empresas (variables EJEM2, EJEM3, EJEM4 y EJEM5) dejan de tener efecto significativo en la financiación otorgada por el CDTI. Al eliminar estas variables, que en el modelo del apartado 4.4.4. tienden a ajustar a la baja la financiación proporcionada a los proyectos, la influencia de las variables que

hacen referencia al desglose del presupuesto se reducen. Del mismo modo, puede explicarse la disminución de la magnitud de los coeficientes que recogen el efecto de la colaboración con los CPI (EJE2) y de la aprobación del proyecto en 1988 (CON1).

Por otro lado, la correlación entre las perturbaciones de las ecuaciones de financiación y de participación se vuelve positiva, aunque no es significativa, mientras que la covarianza entre la financiación y la ecuación de colaboración es negativa y significativa. La interpretación de esta correlación negativa es que cuanto mayores son los factores no observados que justifican que la empresa realice el proyecto en colaboración, menor tiende a ser la financiación concedida por el CDTI. En cualquier caso, a pesar de lo grande que es el coeficiente de σ_{FC} , el efecto sobre la financiación otorgada no es tan importante -en media está próximo a 1,7 millones de pesetas-, aunque en términos cualitativos sugiere que el CDTI no ha animado a las empresas que a priori no requieren colaboración con CPI a que inicien proyectos conjuntos mediante la concesión de créditos ligeramente superiores, sino todo lo contrario.

En síntesis, los resultados de este modelo que incorpora el sesgo de la colaboración sostienen el resultado fundamental que se expuso en la sección 4.4.4.: la financiación proporcionada por el CDTI depende sobre todo de la composición del presupuesto de los proyectos. Ahora bien, una vez que se dejan fuera los 42 proyectos que son desarrollados por una empresa en solitario, las características de las empresas no desempeñan ningún papel en la determinación de la financiación CDTI, es decir, que el reparto de los fondos es aún menos dependiente de la situación de cada empresa. De hecho, también deja de tener incidencia el sesgo de selección procedente del proceso de participación, aunque su efecto parece quedar recogido ahora por la ecuación de colaboración.

De todos modos, puesto que en la actualidad las posibilidades de que las empresas realicen Proyectos Concertados sin colaboración de CPI son muy reducidas, y los proyectos que existieron en el pasado con esta característica son casos excepcionales, parece correcto defender que el modelo más adecuado para explicar la generalidad de los Proyectos Concertados concedidos entre 1988 y 1991 (y más aún si se analiza la segunda fase del Plan Nacional de I+D) es el expuesto en la sección 4.4.3., a pesar de que incluya 42 observaciones un tanto especiales. Por supuesto, lo que no es correcto es eliminar estos proyectos para la estimación del modelo, ya que entonces se estaría originando un problema de sesgo de selección.

Cuadro 13: Financiación CDTI para las empresas que realizan el proyecto con la colaboración de centros públicos de investigación.

	Especificación 1		Especificación 2		Especificación 3	
Nº de observaciones	335		335		335	
S	8.790.420		8.853.940		8.860.190	
R ²	0,949391		0,947983		0,947741	
R ² corregido	0,944579		0,943775		0,943695	
F (conjunto)	197,295		225,256		234,251	
significación	0,00000		0,00000		0,00000	
Log -Func. Verosim.	-5816,00		-5820,60		-5821,37	
Log -F.V. sin tipos	-5829,48		-5836,54		-5838,00	
chi-cuadrado(14)	26,96		31,88		33,26	
significación	0,01949		0,00417		0,00264	
	Especificación 1		Especificación 2		Especificación 3	
Variable	Parametro	t-tudent	Parametro	t-tudent	Parametro	t-tudent
IAFLAB	0,3608	6,89	0,3683	7,17	0,3685	7,13
IAFOTROS	0,2485	5,74	0,2429	5,38	0,2429	5,46
IMANO	0,4656	15,12				
IMATE	0,3182	5,84				
CINOTROS	0,4255	13,81				
COSTVARE			0,4256	24,39		
COSV					0,4321	31,02
EQUI	0,9777	4,65	0,9707	4,85	0,9944	4,87
MANO	0,4518	8,31				
MATE	0,4819	3,27				
OTROSB	0,4795	11,83				
COSVCPI			0,4647	13,96		
DU	138.814	2,44	172.407	3,01	178.605	3,04
CON1	6.545.150	3,55	6.754.610	3,58	6.799.030	3,67
OTRUPUB	-0,2840	-4,67	-0,2759	-4,62	-0,2721	-4,57
EJE2	-2.107.300	-2,67	-2.196.700	-2,87	-1.717.400	-2,98
σ_{FI}	824.753	1,03	773.596	0,96	908.360	1,13
σ_{EC}	-10.438.000	-2,12	-10.687.700	-2,14	-11.425.400	-2,09
T1	189.145	0,09	-98.386	-0,04	384.711	0,17
T2	-4.603.850	-3,05	-4.244.960	-2,89	-4.324.530	-2,91
T3	-4.954.520	-1,94	-5.984.540	-2,40	-5.809.850	-2,35
T4	-2.342.120	-0,59	-1.312.810	-0,34	-1.041.830	-0,26
T5	-2.303.910	-1,03	-2.935.150	-1,38	-2.522.710	-1,21
T6	3.729.140	1,76	4.672.280	2,13	5.043.690	2,23
T7	6.507.910	3,01	6.327.340	2,98	6.483.000	3,02
T9	-1.259.570	-0,80	-949.089	-0,61	-1.136.190	-0,73
T10	-4.941.730	-2,30	-5.723.170	-4,93	-5.414.480	-4,65
T11	-1.720.510	-1,23	-1.742.660	-1,32	-1.507.580	-1,15
T12	-725.212	-0,36	-840.455	-0,42	-458.651	-0,21
T13	-5.199.070	-1,75	-5.332.850	-1,80	-5.197.670	-1,76
T14	-1.191.750	-0,82	-953.708	-0,66	-913.295	-0,63
T15	3.866.260	1,82	4.437.170	1,96	4.749.190	2,05
C	2.043.500	1,08	1.095.050	0,54	698.530	0,34

Los estadísticos t de student están calculados corrigiendo el efecto de la heterocedasticidad.

4.5. CONCLUSIONES.

Los trabajos expuestos en los capítulos 2 y 3 han abierto múltiples líneas por las que se puede encaminar la investigación aplicada en España. No obstante, para desarrollar gran parte de ellas es requisito indispensable obtener información detallada a nivel de empresa e incluso de los proyectos de investigación que se llevan a cabo, lo que las hace difícilmente viables sin la realización de encuestas específicas.

Con estas limitaciones, la parte empírica de esta investigación se centra en el análisis de la actuación pública (que se concreta en el CDTI) en lo que se refiere a los Proyectos Concertados concedidos en el periodo 1988-91. Las necesidades de información se han solucionado explotando al máximo la recabada por la propia administración pública a partir de las peticiones de ayudas de las empresas. Esto implica que los resultados obtenidos pueden ser mejorados obteniendo información específica mediante encuestas a las empresas que realizan I+D y especialmente a las que han disfrutado o al menos han solicitado Proyectos Concertados. En ese sentido, el presente trabajo debe ser interpretado como un primer paso en la dirección de caracterizar la actuación del CDTI y de las empresas participantes en los Proyectos Concertados, a partir del cual pueda diseñarse un estudio más completo que utilice información más detallada.

Con la excepción de la primera sección, que revisa los estudios realizados en España sobre la dedicación de recursos de las empresas a actividades de I+D, el capítulo 4 se dirige al análisis de la actuación del CDTI respecto a los Proyectos Concertados, las preguntas que se tratan de responder se agrupan en tres bloques que corresponden al contenido de las secciones 2 a 4:

a) La primera meta de esta investigación es dilucidar qué factores explican que unas empresas disfruten de Proyectos Concertados mientras que otras no lo hacen. Para ello, primero se debe conocer qué diferencias existen entre las empresas que realizan I+D en España, para encontrar los rasgos relevantes a la hora de dividir a las empresas de acuerdo a su propensión a desarrollar Proyectos Concertados. El objetivo último es obtener un juicio tentativo sobre si durante la primera fase del Plan Nacional los Proyectos Concertados han fomentado la I+D y acerca de la dirección en que debería orientarse la actuación del CDTI en el futuro.

b) Puesto que los Proyectos Concertados no sólo pretenden fomentar la I+D sino también articular el sistema de ciencia y tecnología, es interesante determinar qué puede explicar las diferencias en el grado de colaboración entre empresas y CPI que se producen en los proyectos. Este es el principal objetivo de la tercera sección del capítulo y en el trasfondo del mismo está si los Proyectos Concertados sirven para estimular la colaboración entre empresas y CPI.

c) Por último, se ponen en relación los resultados obtenidos en las dos secciones anteriores sobre qué empresas son más proclives a obtener Proyectos Concertados y el grado de participación de los CPI en los proyectos con la financiación que otorga el CDTI. Con este fin, se obtiene una regla que explica la financiación del CDTI y se estudia qué empresas y proyectos se ven más beneficiados o perjudicados con ella, lo que permite analizar si esta forma de actuar es coherente con los objetivos de fomento de la I+D y articulación del sistema de ciencia y tecnología que son propios de los Proyectos Concertados.

El estudio realizado guarda ciertas similitudes con la línea abierta por Busom (1991) y, de alguna forma, es complementaria a ésta. Sin embargo, aunque en ambos casos se analiza la actuación pública en apoyo de la I+D en las empresas, las diferencias son notorias en tanto que Busom se centra en el análisis de las decisiones de las empresas en materia de I+D cuando cuentan con medidas de estímulo desde la administración y no en la propia actuación de la agencia pública que gestiona las ayudas.

a) Las empresas.

El primer bloque de cuestiones se aborda utilizando una muestra de empresas construida con información proporcionada por la CICYT y el CDTI que, de acuerdo con el análisis realizado en el anexo A4.2.1., es representativa de las que realizan actividades de I+D en España.

Las variables continuas fueron transformadas en variables categóricas para evitar los errores y arbitrariedades del proceso de recogida de la misma, así como para mitigar la incidencia que sobre las magnitudes monetarias tiene el hecho de que el análisis se extienda a lo largo de un periodo de cuatro años. Partiendo de la información transformada, la metodología empleada permite reducir la dimensión del problema empleando la técnica del análisis de correspondencias múltiples (ACM). En este caso, los resultados obtenidos del ACM permiten extraer cinco factores que sintetizan una parte importante de las características de las empresas. La elección de este número de ejes factoriales no es independiente de los objetivos de este trabajo, ya que, por ejemplo, los dos últimos son importantes para recoger las particularidades de la nube de empresas que hacen referencia a por qué unas tienen Proyecto Concertado mientras que otras no lo tienen.

El factor más importante que diferencia a las empresas que realizan I+D es su dimensión. En segundo lugar aparece la intensidad con que las empresas dedican sus recursos a I+D (en relación a sus ventas o a su personal). El tercer rasgo es la dimensión de su departamento de I+D, esto es, el esfuerzo que en términos absolutos realizan las empresas en investigación. El cuarto y el quinto factor contribuyen a explicar por qué unas empresas tienen Proyectos Concertados mientras otras carecen de ellos. En el caso del quinto factor, estas características indican que las empresas con departamentos de I+D muy pequeños o

medio grandes tienen más tendencia a tener Proyectos Concertados mientras que las menos propensas a desarrollarlos son las que cuentan con departamentos de I+D grandes o medianos. No ha sido posible atribuir un significado al cuarto factor a partir de las modalidades y variables que lo forman; no obstante se ha mantenido en el análisis posterior a causa de su elevada capacidad para discriminar a las empresas con y sin proyecto.

Según esto, no existe una relación directa que ligue el tamaño de la empresa con el hecho de haber disfrutado de uno o más Proyectos Concertados en el periodo 1988-1991. Lo que sí sugiere el análisis factorial es que tanto las empresas pequeñas como las grandes tienen bastantes posibilidades de obtener Proyecto Concertado, mientras que las de tamaño intermedio tienden tendencia a no tenerlo. No obstante, el hecho de que las empresas medianas no tengan proyecto no parece justificarse por su tamaño sino porque éstas tienen otras características comunes que las contraponen con las empresas grandes y con las pequeñas. Estas características son fundamentalmente la intensidad con la que dedican recursos a I+D y la dimensión de su departamento de I+D, que hacen disminuir su propensión a tener Proyecto Concertado.

El agrupamiento de las empresas según su proximidad en el espacio formado por los cinco factores da lugar a cuatro colectivos, que muestran distintas propensiones a tener Proyectos Concertados. Así, en el grupo 1 se concentran empresas pequeñas y de reciente creación que están bastante implicadas en actividades de I+D, si bien en términos absolutos la dedicación de recursos no es de gran magnitud. Las coordenadas medias del grupo en los ejes cuarto y quinto indican poca propensión a tener Proyecto Concertado. En la práctica, este grupo no destaca ni por la elevada ni por la baja frecuencia de las empresas con proyecto.

El segundo grupo también está integrado por empresas pequeñas, aunque algo mayores que las del grupo 1, y, aunque dedican pocos recursos a investigación, son intensivas en I+D. Tanto el cuarto como el quinto factor indican propensión a disponer de ayudas y, en el periodo 1988-91, las empresas de este grupo presentan una tendencia mayor a disponer de Proyectos Concertados que el conjunto de la muestra.

El agrupamiento donde se sitúan las empresas sin proyecto es el tercero, integrado por empresas establecidas de tamaño intermedio, pero que cuentan con departamentos de I+D reducidos de forma que su esfuerzo en I+D es bajo. También los ejes 4 y 5 denotan baja propensión a tener proyecto.

Por último, existen muchas empresas con proyecto en el grupo 4, que está compuesto mayoritariamente por empresas grandes e intensivas en I+D, aunque el quinto factor no muestra una coordenada significativa.

Se obtiene así una tipología de empresas según la cual, las sociedades de mayor dimensión y algunas de las más pequeñas son las que afrontan proyectos de investigación de

mayor entidad. En el otro extremo, aparecen las medianas, que no se relacionan con tareas de investigación, y el resto de las empresas de pequeña dimensión, que se enfrentan a un problema de falta de escala mínima en sus operaciones de investigación.

Para obtener una imagen más clara de qué tipo de empresas desarrollan Proyecto Concertado y cuáles no, se crea un indicador sintético que recoge la propensión de las empresas a disfrutar de un Proyecto Concertado. Este indicador está construido a partir de los ejes factoriales del ACM, aunque el primero de ellos no se utiliza al representar el tamaño de la empresa y no ser éste una variable relevante para diferenciar las empresas que tienen Proyecto Concertado de las que no lo tienen.

Este indicador, junto con el primer eje factorial permite elaborar una clasificación en siete grupos de las empresas que apoya las conclusiones anteriores, llevándolas incluso un poco más lejos. Así, lo primero que se aprecia es que las empresas grandes y pequeñas se dividen en varios subgrupos según tengan alta o baja probabilidad de tener proyecto, pero las de tamaño medio (ventas comprendidas entre 1.000 y 5.000 millones y plantilla entre 50 y 250 empleados) es poco frecuente que lo obtengan.

En el caso de las empresas de mayor dimensión, las diferencias entre las que tienen y las que no tienen proyecto son el tamaño del departamento de I+D, que es mayor en el caso de las empresas que tienen proyecto, y sobre todo la baja intensidad en I+D de las empresas del grupo en que escasean los Proyectos Concertados. Además, en el grupo de empresas sin proyecto destaca la abundante presencia de empresas de la Industria transformadora de los metales.

La dimensión de la empresa y del tamaño absoluto de I+D no parece distinguir a aquellas empresas pequeñas sin proyecto de las que lo tienen. Cuando se trata de explicar este resultado, gana importancia el quinto de los factores extraídos en el análisis de correspondencias múltiples. Así, el grupo de empresas con proyecto tiene más propensión que la media de acuerdo a este indicador mientras que el de empresas sin proyecto se caracteriza por lo contrario. Por ramas de actividad, en el grupo de empresas sin proyecto destaca la de Otras industrias manufactureras, al igual que en el que se mezclan las empresas con y sin proyecto, aunque en este último también es destacable la presencia de empresas que prestan servicios a empresas. Entre las empresas con proyecto las más frecuentes son las dedicadas a prestar servicios y las de las ramas de Agricultura, ganadería y pesca y las de aquella que amalgama las no consideradas por separado que se ha denominado "Otros".

Los dos grupos de empresas de tamaño medio suponen el 39% de las empresas de la muestra que no tienen Proyecto Concertado. Por ramas de actividad destaca la ausencia de empresas del sector agro-ganadero y pesquero, y de las dedicadas a la prestación de

servicios. Por el contrario, el sector de Otras industrias manufactureras está ampliamente representado en ambos grupos.

En síntesis, el tamaño de la empresa no parece ser determinante para la explicación de que una empresa tenga o no Proyecto Concertado. Si las empresas grandes y pequeñas tienen una tendencia mayor a disfrutar de Proyectos Concertados que las medianas se debe a que estas últimas no cuentan con las características adecuadas para ello: dimensión del departamento de I+D, orientación hacia estas actividades, y sobre todo que la rama de actividad en que se ubica la empresa no hace necesarias las actividades de I+D o al menos las aleja de los objetivos tecnológicos del Plan Nacional.

Observando este resultado a la luz de la literatura revisada en los capítulos precedentes puede decirse que el hecho de que las empresas pequeñas estén accediendo a los Proyectos Concertados es importante. Sin embargo, no lo es porque se trate de empresas que antes no investigaban, ya que las empresas pequeñas que acceden a Proyectos Concertados están volcadas en estas actividades. La importancia procede de que puede servir como un primer contacto con los CPI que fructifique posteriormente en el establecimiento de vínculos duraderos de carácter formal e informal, y no hay que olvidar que son las empresas pequeñas las que más se benefician de este tipo de relaciones (Link y Rees (1990)). Además, de acuerdo a los resultados que se extrajeron en la sección 3.3., las empresas de menor dimensión son las que se enfrentan a mayores dificultades para captar financiación externa, por lo que es muy probable que los créditos concedidos por el CDTI sirvan para hacer posible el inicio de otros proyectos de investigación.

La participación de las empresas de mayor tamaño no puede ser tan fácilmente justificada, ya que como por su dimensión pueden acceder con mucha más facilidad a la financiación externa es razonable que no tengan demasiados problemas para financiar sus actividades de I+D. Por ello, no está claro que los Proyectos Concertados concedidos a estas empresas hayan servido para generar más actividades de I+D. Por otra parte, determinar el efecto sobre la colaboración con CPI requeriría análisis más detallados; pero en vista de los resultados obtenidos por Link y Rees (1990) y Buesa y Molero (1992a), las empresas con grandes departamentos de I+D suelen colaborar con más frecuencia con los CPI. En ese sentido, la colaboración que se establece en los Proyectos Concertados no es probablemente nueva sino que procede de vínculos previamente establecidos.

El colectivo de empresas que se relaciona menos con la acción del CDTI es el integrado por las empresas de tamaño mediano. Aunque sus características indican que su capacidad para realizar I+D es bastante limitada, por lo que es difícil que accedan a Proyectos Concertados, habría que analizar si entre ellas pueden encontrarse algunas que sean capaces de realizar investigación precompetitiva susceptible de ser apoyado mediante un Proyecto Concertado u otro instrumento que se pueda diseñar. Para ello, debería realizarse un diagnóstico sobre el tipo de investigación que llevan a cabo para aclarar si

ésta se aleja de los objetivos de los Proyectos Concertados o si las empresas no presentan propuestas al CDTI por desconocimiento o falta de interés por estas ayudas. También debería determinarse en qué medida estas empresas están utilizando otros instrumentos de apoyo a las actividades de I+D más próximas al mercado. Por otra parte, sería interesante analizar con más detalle el grado de colaboración que establecen con CPI, por si su no vinculación con CPI está suponiendo una barrera para la presentación de propuestas. Por último, debería obtenerse información acerca de la facilidad o dificultad con la que estas empresas financian sus proyectos de investigación porque si no tienen problemas para hacerlo, la capacidad de los Proyectos Concertados para atraerlas hacia la colaboración con CPI y la investigación precompetitiva será escasa. En resumen, el colectivo de empresas medianas parece una asignatura pendiente de los Proyectos Concertados; ahora bien, sin contar con más información es difícil tanto desvelar las razones por las que no participan como establecer las posibilidades de que en un futuro accedan a los Proyectos Concertados.

b) Los Proyectos Concertados.

En la sección tercera del capítulo se aplica la misma metodología de la sección segunda al conjunto de los Proyectos Concertados aprobados en el periodo 1988-1991. En este caso, se generan sólo dos ejes que se puedan interpretar: el primero es un indicador de la dimensión tanto del proyecto como de la empresa que lo desarrolla y el segundo mide el grado en que los CPI se involucran en las actividades de I+D. Este análisis resulta muy interesante para los intereses de esta investigación porque permite poner en relación la dimensión con la vinculación de la investigación empresarial y académica, esto es, se puede determinar qué proyectos tienden a contar con mayor participación de los CPI.

El agrupamiento de los proyectos según su proximidad en el espacio formado por los cinco primeros ejes factoriales da lugar a una clasificación en 6 grupos. Los dos primeros se caracterizan por la gran dimensión de los proyectos y de las empresas que los llevan a cabo, pero son antagónicos en cuanto a la intervención de los CPI. En el primer grupo, los proyectos han sido desarrollados con muy poca colaboración de los CPI, destacando los llevados a cabo por la empresa en solitario. Pertenecen en muchos casos a los programas nacionales de Investigación espacial e Investigación y desarrollo farmacéutico y fueron concedidos en 1988. Por el contrario, en el grupo 2 la intervención de los CPI es muy importante, destacando la presencia de proyectos de los Programas Nacionales de Robótica y Biotecnología, y la ausencia de proyectos de Investigación espacial. Por su parte, los grupos 3 a 6 se diferencian sobre todo por la dimensión de empresas y proyectos.

De todos modos, las empresas que componen los grupos 3 a 6 se han agrupado en dos de acuerdo a su proximidad en el eje de participación (EJE2). De esta forma, se ha obtenido una segunda tipología formada por los grupos con participaciones de los CPI

extremas (1 y 2) y otros dos con participaciones intermedias (7 y 8). Las diferencias en participación entre los grupos 7 y 8 se relacionan con la dedicación de recursos a actividades de I+D tanto en términos de gasto como de personal, esto es, las empresas más intensivas en I+D (grupo 7) tienden a requerir menos participación de CPI que las del grupo 8.

Los ocho grupos que componen las dos tipologías alternativas hacen posible una primera aproximación a la actuación del CDTI, cuyas conclusiones se pueden resumir en:

- La participación de los CPI en los proyectos no parece estar causada por la necesidad de la empresa de subcontratar partes del proyecto por falta de escala para acometerlas. Por el contrario, se relaciona con el grado en que se involucra en tareas de I+D, esto es, la labor de los investigadores académicos parece que actúa como complemento a la actividad investigadora que se lleva a cabo en la empresa, tal y como sugieren los análisis de Mowery (1983) y de Cohen y Levinthal (1989).

- El número de proyectos concedidos a las empresas sí depende de su tamaño, lo que indica que la capacidad de investigación puede permitir que las empresas tengan más de un proyecto. Tal y como se sostiene en la conclusión anterior, esto no implica que la participación de CPI en algunos o todos ellos pueda ser elevada. En suma, la participación de CPI y el número de proyectos desarrollados dependen de factores distintos.

- El porcentaje de la financiación procedente del Plan Nacional que ha ido a parar a cada grupo es bastante similar al peso que cada uno de los grupos tiene en el gasto en I+D movilizado por los Proyectos Concertados. Esto sugiere que el CDTI no discrimina a unos grupos de proyectos frente a otros o, dicho de otro modo, la dimensión y el grado de participación no influyen en el porcentaje del presupuesto financiado por el CDTI.

Sin embargo, a lo largo del periodo 1988-91 se ha producido una reducción en la parte del presupuesto de los proyectos que es financiada por el Plan, inicialmente debida al fuerte aumento de proyectos aprobados, posteriormente por el incremento del tamaño medio de los mismos y, por último, por la reducción de los fondos totales aportados por el Plan Nacional. Un análisis que tiene en cuenta la evolución de la financiación procedente del CDTI a lo largo del periodo indica que la financiación media a los proyectos se redujo un 8,66% entre 1988 y 1991. También se obtiene que aunque en 1989 la reducción de la financiación se produjo de forma que el CDTI tendió a favorecer a los proyectos más pequeños, este segundo efecto se debilitó en 1990 y prácticamente desapareció en 1991.

Por ello, en la medida que la distribución de los proyectos aprobados en cada convocatoria entre los distintos grupos no es constante, el recorte en la financiación proporcionada por el CDTI ha afectado de forma distinta a cada uno de ellos. Para evitar este problema se obtienen estimaciones acerca del tratamiento que hubiera recibido cada uno de los grupos de proyectos si todos se hubieran aprobado en la misma convocatoria.

El resultado de este ejercicio de predicción es que el aporte de fondos a todos los grupos es muy similar, indicando que no ha existido un tratamiento muy distinto entre colectivos, pero que los peor tratados han resultado ser los integrados por proyectos que cuentan con más colaboración de los CPI: el de las empresas muy grandes con poca capacidad de investigación (grupo 3) y el de aquellas de tamaño muy reducido con intensidad investigadora pequeña (grupo 5). Sin embargo, no se ha tratado peor al grupo 2, en el que la colaboración de los CPI es muy considerable, probablemente porque éste es un grupo especial en cuanto a las tecnologías desarrolladas: Robótica y Biotecnología, frente a los otros dos en los que predominan los proyectos del programa de Nuevos materiales.

c) La financiación concedida por el CDTI.

Tras analizar las características de las empresas que desarrollan Proyectos Concertados y los diferentes grados de participación en los proyectos, queda por considerar con más detalle el modo en que el CDTI ha establecido la cuantía de la financiación otorgada a los Proyectos Concertados.

Para ello se estima la regla de financiación que explica el crédito concedido por el CDTI en función de las características del proyecto, de la empresa que lo lleva a cabo y con variables relativas a la propia actuación pública (como la convocatoria en que fue aprobado). De esta forma, es posible contrastar si la magnitud del crédito se relaciona sólo con las características del proyecto o si también juegan un papel destacado el resto de variables, indicando un trato diferencial a favor de unas empresas u otras.

En cualquier caso, la obtención de estimadores consistentes requiere tomar en consideración que los Proyectos Concertados no son una muestra aleatoria de la investigación desarrollada por las empresas, ni siquiera de los proyectos de carácter precompetitivo emprendidos por éstas. El motivo es que para que un proyecto de I+D reciba el apoyo del CDTI en forma de Proyecto Concertado es necesario que primero la empresa encuentre interesante presentar la propuesta y, en segundo lugar, que ésta sea aceptada, esto es, que debe pasar por un proceso de selección.

El modelo que se estima recoge el efecto de este proceso de selección, si bien no en la forma óptima a causa de las limitaciones que impone la falta observabilidad de las características de los proyectos que no han sido presentados al CDTI o que han sido rechazados por éste. Estas carencias de información llevan a que, en la práctica, sea imposible conseguir conjuntamente estimaciones de los factores que explican que unas empresas presenten propuestas mientras otras no lo hacen y de los que justifican que unas propuestas sean rechazadas y otras aceptadas. Por ello, la alternativa adoptada consiste en estimar un modelo con sesgo de selección en el que primero se diferencia a las empresas que acceden a Proyectos Concertados del resto y, teniendo en cuenta el efecto de este

proceso de selección, se obtiene una regla que explica la financiación otorgada por el CDTI a un proyecto que ha sido aceptado.

A pesar de que, como se expone en la sección 4.4., este planteamiento no es el mejor posible, parece adecuado si se tiene en cuenta que el modelo se va a estimar utilizando los cuatro años que componen la primera fase del Plan Nacional de I+D. En este contexto, una empresa a la que se le haya rechazado su propuesta a causa de su inviabilidad técnica o económica ha podido adaptarla en sucesivas convocatorias a los requisitos mínimos del CDTI. Por eso, si en el conjunto del periodo una empresa no ha obtenido ningún Proyecto Concertado, lo más probable es que se deba a que sus características o las del conjunto de su investigación son tales que no hacen deseable para la empresa la presentación de proyectos o que no hacen que la propuesta sea aceptable por el CDTI.

Con este procedimiento de estimación, no sólo se conoce la incidencia que los distintos factores tienen en la probabilidad de que una empresa tenga un Proyecto Concertado, sino que se pueden obtener estimaciones consistentes de los parámetros que ligan las características de las empresas y de los proyectos con la financiación otorgada por el CDTI. Además, la estimación simultánea de la regla de financiación y del mecanismo de selección hace posible determinar si aquellas características que no son cuantificables o simplemente no son observables, pero que contribuyen a explicar que una empresa haya obtenido un Proyecto Concertado, están afectando también en algún sentido a la cantidad prestada.

Las estimaciones se obtienen uniendo toda la información utilizada en las secciones 4.2. y 4.3., de forma que se genera una base de datos que incorpora una observación por cada empresa que realiza I+D y no ha disfrutado de Proyecto Concertado y una por cada uno de los proyectos aprobados entre 1988 y 1991.

El modelo de participación-financiación se estimó por máxima verosimilitud obteniéndose especificaciones que verifican la hipótesis de normalidad en las perturbaciones según el contraste de Pagan y Vella (1989). Debe destacarse que los ACM llevados a cabo en las secciones 2 y 3 no sólo sirven como una primera aproximación a los rasgos básicos de las empresas, los proyectos y la propia actuación del CDTI, sino que son necesarios para poner en práctica este modelo econométrico, ya que en las especificaciones definitivas, en lugar de utilizar las características originales de las empresas ha sido preferible emplear las coordenadas de las mismas en los ejes factoriales obtenidos en la sección 2 de este capítulo. Además, como complemento a las características de los proyectos, se emplean los ejes factoriales obtenidos en el análisis de correspondencias múltiples de la base de datos de proyectos (sección 4.3.). En este sentido, es muy interesante el indicador de reparto de las actividades de investigación entre empresas y CPI (EJE2).

Una conclusión que se extrae de los modelos estimados es que el presupuesto del proyecto es el factor de mayor importancia para explicar la financiación del CDTI, aunque la magnitud del crédito concedido por el CDTI no depende solamente del presupuesto del proyecto, sino que está influido por el destino del mismo. Así, la máxima financiación se recibe cuando se adquieren equipos para los CPI participantes, mientras que es mucho menor cuando se trata de incorporar activos fijos para la empresa. El resto de los gastos que originan los proyectos son tratados de forma intermedia, aunque existe cierta tendencia (estadísticamente no significativa) a financiar algo más los costes ejecutados en los centros públicos de investigación.

De esta forma, parece que el CDTI aplica de forma horizontal unos mismos porcentajes de financiación a todos los tipos de gasto presentes en los proyectos. No obstante, hay que destacar la incidencia de otras variables que se detallan a continuación:

- A pesar de la ligera tendencia a financiar más favorablemente los gastos en los CPI, lo cierto es que la variable que mide el grado en que se involucran los CPI en el proyecto (EJE2) tiene signo negativo, por lo que el CDTI ha contrarrestado el efecto del mayor porcentaje de financiación a los gastos ejecutados en los CPI reduciendo la de los créditos concedidos a los proyectos que más colaboración han establecido con los CPI.

Este resultado que, en principio, puede parecer contradictorio con el objetivo de integración del sistema de ciencia y tecnología que es propio de los Proyectos Concertados, puede ser interpretado de una forma que sugiere un tratamiento más favorable hacia la colaboración con CPI. Consiste en que el CDTI ha facilitado el acceso a un Proyecto Concertado a aquellas empresas que, no contando con características que las hicieran claramente merecedoras de este tipo de proyectos, han presentado propuestas en las que se recaba la colaboración con CPI. De este modo, la menor financiación proporcionada a estos proyectos sugiere que el CDTI ha intercambiado la aprobación de la propuesta por una financiación del proyecto ligeramente inferior a la que le correspondería en función del destino de los costes del proyecto.

Aunque no es posible saber si realmente la colaboración ha servido para justificar la aprobación de los proyectos a las empresas que por sus características no deberían tenerlo, la correlación negativa entre la estimación del indicador de participación I^* y el eje que mide el grado de colaboración (EJE2) refuerza la veracidad de esta interpretación.

- Los efectos inobservados de las ecuaciones de participación y de financiación están correlados negativamente, lo que indica que las variables no medidas que aumentan las posibilidades de que un proyecto sea aprobado reducen su financiación. En otras palabras, las propuestas que han sido aprobadas a pesar de que por sus características observadas no debieron serlo tienden a recibir menor financiación. La duda que surge es si las características no observadas indican que las propuestas son mejores de lo que parece o

si se debe interpretar como que la concesión se produce a pesar de que las características de empresa y proyecto no sean las idóneas. La primera interpretación sugiere una actuación poco coherente por parte del CDTI, mientras que la segunda muestra que el CDTI ha proporcionado créditos a empresas que no eran buenos candidatos aunque, a cambio, la magnitud de los mismos tiende a ser menor.

- Las variables relativas a la empresa (indicadores EJEM2 a EJEM5 del ACM de empresas) tienen signos contrarios en ambas ecuaciones, lo que lleva a afirmar que el CDTI concede menores créditos a aquellas empresas que acceden con más facilidad a las ayudas. Sin embargo, el modelo no permite diferenciar si se trata de las empresas más propensas a solicitarlos o de aquellas para las que la concesión resulta más fácil. De todos modos, en ambos casos la actuación pública parece adecuada. Así, en la medida que estas variables recojan la facilidad de una empresa para que su propuesta sea aprobada, el hecho de que la financiación CDTI sea menor puede ser razonable si se debe a que el CDTI reduce las ayudas a las empresas que cuentan con suficiente capacidad de investigación y que no necesitan los créditos para llevar a cabo más I+D. Por otro lado, en la parte que estas variables sintetizan la propensión de las empresas a presentarse a las convocatorias de Proyectos Concertados, la menor financiación del CDTI se justifica porque ya no es necesario incentivarlas para que se presenten a las convocatorias de Proyectos Concertados.

- Los proyectos concedidos en la convocatoria de 1988 recibieron un trato más favorable que el resto.

- El crédito concedido por el CDTI depende negativamente de la cuantía de las otras ayudas públicas concedidas al mismo proyecto; no obstante, el coeficiente de la variable OTRPUB sugiere que la actuación del CDTI ha incentivado a las empresas a buscar más de una ayuda pública para el mismo proyecto, ya que por cada peseta que un proyecto recibe de otras fuentes el crédito del CDTI se reduce en 0,3 pesetas.

La calidad del modelo se manifiesta claramente cuando se comparan las magnitudes de los créditos predichos con los reales para cada uno de los proyectos representativos de los siete agrupamientos que se obtuvieron en la sección 4.3.. Este ejercicio de predicción no sólo muestra la reducida magnitud de los errores de estimación, sino que también indica que la financiación recibida por el proyecto depende básicamente del desglose del coste del proyecto, teniendo el resto de características de las empresas y del proyecto una importancia mucho menor.

Además del modelo de participación-financiación se estima otro que considera una segunda fuente de autoselección que surge porque los proyectos pueden realizarse con o sin la colaboración de CPI. Por ello, no sólo los efectos inobservados que conducen a que un proyecto llegue a ser aprobado pueden incidir en la financiación otorgada por el CDTI, sino que también lo hacen aquellas variables no medidas que inducen a que sea llevado a cabo

con la colaboración de CPI. Aunque los resultados de este modelo de participación-colaboración-financiación no son muy distintos a los que se han descrito, cabe indicar varios cambios significativos:

- El grupo formado por los 42 proyectos realizados por la empresa en solitario es peculiar, lo que no es de extrañar de acuerdo a lo expuesto en el ACM de proyectos: son proyectos concedidos en 1988 que reciben elevada financiación. Destaca que, a diferencia de los modelos anteriores, el tamaño de las empresas sí altera positivamente la financiación recibida. Además, los proyectos que son desarrollados en solitario -a pesar de que las características observadas de proyectos y empresas deberían conducirlos a emprenderlos en colaboración- tienden a recibir una menor financiación del CDTI.

- En el modelo estimado con los proyectos desarrollados en colaboración, dejan de ser significativos tanto los ejes factoriales del análisis de empresas (EJEM2 a EJEM5) como la correlación entre la ecuación de participación y de financiación, lo que está indicando que para este colectivo de proyectos la financiación del CDTI depende básicamente del desglose del presupuesto de los mismos y no juega ningún papel el tipo de empresa que los ejecuta. Por el contrario, las perturbaciones de las ecuaciones de colaboración y financiación están correladas negativamente, reflejando que las variables no medidas que están haciendo que los proyectos se lleven a cabo en colaboración motivan que la financiación recibida sea menor.

Puesto que los proyectos desarrollados en solitario parecen ser excepciones, que fueron toleradas por el CDTI a las grandes empresas en el periodo de puesta en funcionamiento de los Proyectos Concertados, más que una elección que las empresas pueden adoptar, el modelo más apropiado es el que sólo toma en cuenta el efecto de la participación en los Proyectos Concertados. Con todo, el modelo que incluye el sesgo de colaboración indica que la financiación aplicada por el CDTI es aún menos dependiente de las características de las empresas de lo que sugiere el modelo con sesgo de selección a causa de la participación.

En definitiva, del análisis realizado en el capítulo 4 se puede concluir que la participación de las empresas en los Proyectos Concertados no está influida por su dimensión, pero sí por la capacidad de las empresas para realizar I+D y por su orientación hacia estas actividades. Como resultado, da la impresión de que existe un colectivo de empresas de gran tamaño que acceden con facilidad a las ayudas y a las que probablemente no sea necesario apoyar. Por contra, otras de tamaño medio no acceden a las mismas probablemente por falta de capacidad para emprender proyectos de investigación precompetitiva.

Junto a estos resultados relativos a la participación de las empresas, la regla de financiación indica una actuación en la que los proyectos son apoyados del mismo modo con

independencia de la empresa que los lleva a cabo. En ese sentido, no parece que sea muy correcta la actuación del CDTI de acuerdo a las conclusiones de los modelos teóricos, si bien debe reconocerse que la teoría está muy lejos de ofrecer recomendaciones lo suficientemente generales como para dirigir la actuación pública. Parece, por tanto, necesario hacer un esfuerzo para formular modelos que puedan ser útiles para la definición y aplicación de instrumentos de política tecnológica. Por ello, como ya se ha indicado previamente, una línea futura de investigación consiste en la realización de análisis de simulación con los que se puedan generar ideas sobre el efecto de instrumentos que afecten a la generalidad de las empresas.

En cualquier caso, la intervención del CDTI tampoco parece estar de acuerdo con los resultados de los trabajos que abordan la colaboración entre empresas y CPI ni con los que tratan la financiación de las actividades de I+D, ya que en ambos casos el tamaño de la empresa parece guardar relación con el tipo de intervención necesaria.

CAPÍTULO 5

REFLEXIONES FINALES.

El objetivo esencial de este trabajo es analizar la actuación pública en relación a un instrumento concreto de estímulo a las actividades de I+D en las empresas: los Proyectos Concertados del Plan Nacional de I+D. Por ello, el primer paso ha consistido en estudiar en qué medida es necesaria la intervención del sector público para fomentar la investigación en las empresas.

Los modelos teóricos analizados en el capítulo 2 han dejado claro que los recursos dedicados a I+D por parte de las empresas difícilmente pueden coincidir con los socialmente óptimos porque existen importantes distorsiones que originan problemas en la asignación de recursos a estas actividades.

Este resultado apoya la necesidad de una intervención pública activa en I+D para evitar las discrepancias entre la asignación de recursos de las empresas y la que sería óptima; sin embargo, su puesta en práctica es problemática. La razón es que no todas las distorsiones detectadas provocan que las decisiones sociales y privadas difieran en la misma dirección. Así, por ejemplo, mientras que la falta de apropiabilidad de los beneficios de las innovaciones produce la subinversión en I+D, el interés que tienen las empresas por innovar antes que sus rivales puede llevar a situaciones de sobreinversión.

En la literatura se ha estudiado la conveniencia de la intervención pública en diferentes contextos: incertidumbre sobre los resultados de la I+D, diversas estructuras de costes de investigación, externalidades de conocimiento e incluso análisis de equilibrio general tanto con innovaciones de proceso como de producto. En cada caso han surgido nuevas distorsiones entre la elección social y la privada; sin embargo, persiste la indeterminación acerca de si realmente existe subinversión en actividades de I+D.

La causa de subinversión en investigación que más se repite en los trabajos realizados es la falta de apropiabilidad de los resultados de las actividades de I+D. La importancia de este factor ha sido puesta de manifiesta en los estudios empíricos, que han mostrado que las tasas de rentabilidad social de las inversiones en I+D son bastante superiores a las privadas. En consecuencia, a pesar de la indeterminación teórica, es de esperar que, en muchas ocasiones, las medidas de estímulo a las actividades de I+D sean necesarias.

De todos modos, aun aceptando la necesidad de intervención pública, un resultado importante es que ésta no debe ser igual para todas las empresas y proyectos. En este sentido, a tenor de lo sugerido en los estudios revisados, debe depender, entre otros factores, de si la competencia en el mercado se establece en precios o cantidades y del grado de colusión que existe, de la facilidad con que se imitan las innovaciones, de la importancia de las externalidades de conocimiento que genera la investigación, de si los proyectos tienen un carácter básico o de desarrollo tecnológico e incluso del coste de los proyectos y de lo arriesgados que sean.

En ese sentido, la línea futura de investigación teórica debería orientarse hacia la búsqueda de actuaciones que puedan ser efectivas en una amplitud de situaciones, de manera que sean útiles para la puesta en práctica de la política tecnológica. Una forma de enfocar esta tarea podría ser la realización de simulaciones teóricas, al estilo de Spence (1984) y Quirnbach (1993), de los efectos de los instrumentos de política tecnológica bajo distintas estructuras de mercado, características de los proyectos y de la forma en que se compite en I+D.

Además, desde la perspectiva aplicada, se podría tratar de identificar los tipos de empresas, tecnologías y sectores en los que es más patente que la dedicación de recursos es demasiado escasa o, al menos, en los que la divergencia entre la tasa social y privada de rentabilidad de la inversión en I+D es mayor. De este modo, se dispondría de una guía más clara que podría utilizarse para dirigir la actuación pública.

Aunque los modelos teóricos no hayan dado una respuesta definitiva a si el objetivo de la administración de fomentar las actividades de I+D en las empresas es oportuno, lo que parece seguro es que la lejanía del mercado que caracteriza a la investigación precompetitiva que apoyan los Proyectos Concertados acentúa la falta de apropiabilidad de los resultados de la investigación. Además, dicho carácter precompetitivo reduce la intensidad de la competencia que se establece en las empresas por finalizar con éxito los proyectos de investigación antes que sus rivales. Ambos efectos juntos hacen más fácil sostener la necesidad de este tipo de intervención.

Los Proyectos Concertados persiguen un segundo objetivo que consiste en articular el sistema de ciencia y tecnología, identificando ciencia con la investigación que se desarrolla en el ámbito de las universidades y OPI y tecnología con la que se lleva a cabo en las empresas. De esta forma, los Proyectos Concertados pretenden estimular la vinculación entre empresas y CPI.

La literatura analizada en la sección segunda del capítulo 3 ha puesto de manifiesto que la ciencia influye de múltiples formas sobre la tecnología, como son que origina nuevo conocimiento, que es fuente de herramientas, técnicas y de instrumentos científicos que se emplean posteriormente en la industria, y que sirve para el desarrollo de nuevas habilidades humanas y capacidades que pueden ser útiles para la tecnología.

Esta influencia positiva es detectada por los estudios empíricos que analizan las externalidades de la investigación académica sobre las empresas. No obstante, también es patente que la difusión de estos beneficios no alcanza por igual a todas las empresas sino que está limitada geográficamente. La explicación de este resultado pasa por tener en cuenta que la transferencia de los resultados de la investigación de los CPI hacia las empresas, así como la transmisión de sus conocimientos y habilidades o la utilización por las empresas del equipamiento de las universidades y OPI requiere, en muchas ocasiones, el

establecimiento de vínculos de carácter formal e informal entre los investigadores académicos y los de las empresas.

Esta necesidad de contactos personales justifica, siempre que existan obstáculos a las relaciones de colaboración, la utilización de un instrumento como los Proyectos Concertados, que fuerza el establecimiento de vínculos entre empresas y CPI.

Los estudios realizados en otros países muestran que, a pesar de que empresas y CPI son mundos diferentes y de que las universidades no se encuentran estructuradas para colaborar con las empresas, las barreras al establecimiento de vínculos no son elevadas. Ahora bien, es probable que exista desconocimiento mutuo y que las empresas tengan dificultades para establecer contactos con los CPI. Esto puede indicar la necesidad de fomentar la colaboración, sobre todo si se tiene en cuenta que, una vez establecida la relación, el vínculo probablemente continuará en el futuro.

Esta justificación es aún más sólida si se considera otra importante conclusión obtenida en los estudios previos según la cual, a pesar de que las empresas que cuentan con más experiencia en colaboración con CPI son las grandes, las empresas pequeñas se benefician más de este tipo de relaciones.

La necesidad de facilitar las relaciones entre empresas y CPI es patente atendiendo a los trabajos que analizan la situación en España, cuyas conclusiones son que en la actualidad dichos vínculos continúan siendo débiles y que existe un alejamiento de objetivos y comportamientos entre los investigadores de las empresas y de los CPI. De todos modos, una tarea pendiente es hacer un diagnóstico general de las relaciones entre CPI y empresas, con el fin de analizar si existen barreras culturales u otro tipo de obstáculos al establecimiento de vínculos, así como de valorar los efectos de las relaciones de colaboración que ya se han producido. Además, sería importante determinar la influencia que los Proyectos Concertados y el resto de instrumentos que en la actualidad se engloban en el Programa de Fomento de la Articulación del Sistema de Ciencia y Tecnología e Industria (PACTI) tienen en el establecimiento de lazos y en la transmisión de los beneficios de la investigación académica hacia las empresas para facilitar la introducción de nuevos procesos y productos.

Aunque, por lo dicho, los objetivos de estímulo de la investigación precompetitiva y de las relaciones entre empresas y CPI que persiguen los Proyectos Concertados pueden ser aceptables, queda por resolver si su instrumentación es adecuada, es decir, si es conveniente que consistan en créditos sin intereses con cláusula de riesgo técnico. La consecuencia más inmediata de esta forma de instrumentación es que sólo las empresas que tengan problemas para financiar sus actividades de investigación estarán interesadas en el crédito en sí mismo, mientras que el resto estarán incentivadas sólo por el ahorro de costes financieros que supone o por la cobertura frente al riesgo técnico que proporciona. En este

sentido, la literatura revisada en la sección tercera del capítulo 3, en la que las empresas se enfrentan a racionamiento en el mercado de crédito (como consecuencia de la existencia de asimetría informativa), pone de manifiesto que las empresas pequeñas tienen mayores dificultades para financiar sus inversiones, sobre todo si son de reciente creación. Por ello, los Proyectos Concertados parecen un instrumento apropiado sobre todo para favorecer a estas empresas, mientras que podrían ser menos interesantes para las empresas de mayor tamaño.

En cualquier caso, para dar una respuesta definitiva a si es conveniente que los Proyectos Concertados consistan en créditos se requiere conocer los problemas de financiación que afrontan en España las empresas que realizan I+D y, mejor aún, cuáles son las características de las empresas que se enfrentan a mayores restricciones crediticias.

Por otra parte, defender la concesión de créditos por el CDTI exige de alguna forma aceptar que este organismo es capaz de evitar los problemas de asimetría informativa que afronta el sistema financiero. Si no es así, se corre el riesgo de que el CDTI conceda créditos a empresas que no son capaces de acceder a otros tipos de financiación a causa de sus malas perspectivas económicas o, por el contrario, que rechace proyectos presentados por empresas de pequeño tamaño recientemente creadas, que son las que tienen problemas de financiación, mientras que acepta las solicitudes de empresas grandes de reconocida solvencia que no se enfrentan a restricciones financieras.

También sería interesante analizar cómo ha funcionado la cláusula de riesgo técnico, determinando en qué casos ha sido utilizada por las empresas y si ha tenido efectos distorsionadores, y en qué sentido, sobre las características de los proyectos de investigación que han elegido llevar a cabo las empresas.

Tras la revisión de la literatura realizada en los capítulos 2 y 3, se aborda el análisis empírico de la actuación pública en relación a los Proyectos Concertados.

El análisis de la participación de las empresas que realizan I+D en el programa de Proyectos Concertados muestra que los factores que se han identificado como más relevantes para explicar que unas empresas hayan obtenido Proyectos Concertados y otras no, son la intensidad relativa con la que dedican recursos a I+D (medida por su gasto en I+D en relación a sus ventas o a su personal de I+D en relación a su plantilla) y también la dimensión absoluta de su departamento de I+D. Además, se obtiene un factor que se puede interpretar como un indicador del interés o proximidad de las empresas a las ayudas concedidas por el CDTI y, en especial, a los Proyectos Concertados.

Pese a que el tamaño de la empresa no es de por sí un factor que sirva para separar a las empresas que acceden a Proyectos Concertados de aquellas otras que no lo hacen, las empresas de tamaño mediano (con ventas comprendidas entre 1000 y 5000 millones y plantilla entre 50 y 250 trabajadores) tienen menos tendencia a disfrutar de estas ayudas. En

concreto, las empresas grandes y pequeñas se pueden dividir en varios subgrupos en función de si mantienen con el CDTI relaciones del tipo de los Proyectos Concertados. Las medianas, sin embargo, están alejadas en general de los Proyectos Concertados especialmente por su escasa dedicación de recursos a I+D tanto en términos absolutos como relativos.

Es destacable que las empresas pequeñas estén accediendo a los Proyectos Concertados, sin embargo, no lo es por el hecho de que se esté estimulando a que empresas que estaban alejadas de la investigación ahora emprendan proyectos sino porque posiblemente se está permitiendo que empresas que tendrían dificultades para iniciar más proyectos de I+D por la existencia de restricciones en el acceso a crédito ahora puedan hacerlo. Además, de acuerdo a las conclusiones de la literatura revisada en el capítulo 3, posiblemente se estará estimulando a que establezcan vínculos con CPI las empresas que menos tendencia tienen a colaborar y que, sin embargo, más beneficios pueden obtener de estas relaciones .

Pasando al examen de los Proyectos Concertados, éste muestra que las diferencias más notables entre ellos provienen de su dimensión, que va muy pareja al tamaño de la empresa que lo desarrolla, y del grado en que los CPI colaboran en su ejecución. Así, se detectan cuatro grupos de proyectos que se caracterizan básicamente por su diferente dimensión junto a otros dos grupos que se diferencian sobre todo por la colaboración que se establece entre empresas y CPI. El primero está formado mayoritariamente por empresas grandes con proyectos desarrollados sin la colaboración de CPI, y debe ser considerado un grupo fuera de lo normal, ya que desde 1990 el CDTI no ha vuelto a conceder Proyectos Concertados a empresas en solitario. Junto a este grupo de proyectos, existe otro que cuenta con una muy amplia colaboración de centros públicos de investigación, que se explica por las tecnologías que desarrollan (robótica y biotecnología son las más destacables).

El estudio de la actuación pública pone de manifiesto que las diferencias en el grado de colaboración no están relacionadas con la capacidad absoluta de las empresas para desarrollar proyectos, medida ésta por la dimensión de su departamento de I+D en términos de personal o gasto, sino que dependen de su intensidad en I+D (en relación a su personal total o sus ventas), es decir, que todo parece indicar que la colaboración de los CPI actúa como un complemento de las capacidades de I+D de la propia empresa más que como un sustituto. Cuando sí tiene efecto la dimensión del departamento de I+D en relación al tamaño de los proyectos ejecutados es a la hora de determinar el número de Proyectos Concertados que desarrolla la empresa.

Una vez analizadas las características de las empresas que realizan I+D y de los Proyectos Concertados, el siguiente paso consiste en analizar las características de la actuación pública. El grado de colaboración con CPI, el número de proyectos concedidos a cada empresa, los determinantes del éxito o fracaso técnico de los proyectos y los

resultados (nuevos productos y procesos, patentes, etc.) que han generado son algunas de las facetas del funcionamiento de los Proyectos Concertados que merecen ser estudiados con más detalle. Sin embargo, la escasez de información ha llevado a centrar esta investigación en la estimación de la regla que utiliza el CDTI cuando decide la magnitud de los créditos que concede.

Explicar la financiación del Plan Nacional requiere plantear un modelo que tenga en cuenta que los Proyectos Concertados no son una extracción aleatoria de la investigación realizada en España sino que, por el contrario, son el producto de un proceso en el cual las empresas deciden si solicitan ayudas al CDTI y de qué tipo, y éste decide si las aprueba o las deniega. Por ello, el modelo adecuado debe incorporar la posible existencia de sesgo de selección.

Después de las simplificaciones a las que se sometió al modelo propuesto en la sección 4.4. para que fuese posible ponerlo en práctica con los datos disponibles, las estimaciones obtenidas indican que el sesgo de selección existe. Además, va en el sentido de reducir la financiación otorgada a aquellas empresas que cuentan con Proyectos Concertados a pesar de que sus características observadas no indican una alta propensión a disponer de proyecto. Dicho en otras palabras, una explicación plausible del sesgo de selección es que el CDTI ha concedido ayudas a empresas que no alcanzan plenamente los requisitos mínimos exigidos, pero que a cambio les ha proporcionado una financiación algo menor.

Las estimaciones del modelo indican que el presupuesto del proyecto es el factor más importante para explicar la financiación del Plan Nacional, aunque la magnitud de la misma está influida también por el destino que se vaya a dar al presupuesto. Así, la máxima financiación se proporciona cuando se adquieren equipos para los CPI participantes, mientras que es mucho menor si se trata de incorporar activos fijos para la empresa. El resto de los gastos que originan los proyectos son tratados de forma intermedia, aunque existe cierta tendencia a financiar algo más los costes ejecutados en los centros públicos de investigación.

Aunque otras variables tienen incidencia sobre la cuantía del crédito concedido, como el grado de colaboración que se establece con CPI, las características de las empresas o la cuantía de otras ayudas públicas, la magnitud de su efecto es reducida. Por ello, la conclusión que se extrae es que el CDTI aplica de forma horizontal a todas las empresas unos mismos porcentajes de financiación en función del tipo de gasto que se ejecute. Esta forma de actuar parece ir en contra de la necesidad de intervención selectiva que se extrae de los modelos teóricos. No obstante, este comportamiento es comprensible si se tiene en cuenta que, como ya se ha señalado, la teoría económica no proporciona reglas simples que puedan ser puestas en práctica.

Tal y como se ha indicado, el modelo estimado no es el más completo de los que se pueden plantear teóricamente. Por ello, las líneas futuras de investigación van en la dirección de evitar las simplificaciones que fue necesario adoptar. Sin embargo, es muy difícil que se pueda llegar a disponer de información detallada sobre los proyectos rechazados por el CDTI y prácticamente imposible sobre los proyectos que se podrían haber planteado presentar las empresas (los llevaran o no a cabo).

Una alternativa con más posibilidades de ser puesta en práctica consiste en estimar las ecuaciones de selección basadas en características de las empresas, aunque añadiendo más información general sobre las propias empresas como son sus estrategias, su disponibilidad de liquidez, etc. y, sobre todo, sobre el conjunto de la investigación que desarrollan y las relaciones que sostienen con CPI. En otras palabras, se trataría de plantear un modelo utilizando una base de datos sobre las empresas que desarrollan I+D que sea más completa que la dispuesta para este trabajo, de forma que sea posible estimar un modelo que explique la selección de los proyectos a partir tanto de las razones por las que las empresas solicitan Proyectos Concertados como de las que hacen que el CDTI conceda las ayudas.

Esta información se podría completar con datos más detallados relativos a los Proyectos Concertados aprobados con lo que sería posible estimar una regla de financiación que no dependiese del desglose de los costes sino de atributos de los mismos (como su rentabilidad esperada, su dificultad técnica, la experiencia de los investigadores de empresa y de los CPI que integran el equipo de investigación, etc.), o incluso hacer intentos de explicar otras características de la actuación pública o de los resultados de la misma.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABOWD, J.M. y FARBER, H.S. (1982): "Job queues and the union status of workers", *Industrial & Labor Relations Review*, vol.35, nº3, pp.354-367.
- ABRAMOVITZ, M. (1956): "Resource and output trends in the United States since 1870", *American Economic Review*, vol.2, pp.5-23.
- ACS, Z.J. y AUDRETSCH, D.B. (1988): "Innovation in large and small firms: an empirical analysis", *American Economic Review*, vol.78, nº 4, pp.678-690.
- ACS, Z.J. y AUDRETSCH, D.B. (1990): *Innovation and small firms*, MIT Press, Cambridge, Mass.
- ACS, Z.J.; AUDRETSCH, D.B. y FELDMAN, M.P. (1992): "Real effects of academic research: comment", *American Economic Review*, vol.82, nº1, pp.363-367.
- ACS, Z.J.; AUDRETSCH, D.B. y FELDMAN, M.P. (1994): "R&D spillovers and recipient firm size", *Review of Economics and Statistics*, vol.76, nº2, pp.336-340.
- AGHION, P. y HOWIT, P. (1992): "A model of growth through creative destruction", *Econometrica*, vol.60, nº2, pp.323-351.
- AKERLOF, G.A. (1970): "The market for 'Lemons': quality uncertainty and the market mechanism", *Quarterly Journal of Economics*, vol.84, pp.488-500.
- AMEMIYA, T. (1981): "Qualitative response models: a survey", *Journal of Economic Literature*, vol.19, pp.1483-1536.
- AMEMIYA, T. (1984): "Tobit models: a survey", *Journal of Econometrics*, vol.24, pp.3-61.
- ARNÉS, H. (1990): "Participación española en los programas de I+D de la CE", *Economía Industrial*, nº 275, pp.69-82.
- ARNÉS, H. (1993): "El papel del CDTI en la financiación de la I+D empresarial", *Economía Industrial*, nº 294, pp.125-131.
- ARNÉS, H. (1994): "La financiación de los proyectos empresariales de I+D", *Política Científica*, nº 39, pp.8-11.
- ARROW, K.J. (1962a): "Economic welfare and the allocation of resources for invention", en *Collected Papers of Kenneth J. Arrow, vol.5: Production and Capital*, Harvard University Press, Cambridge, Mass., 1985.
- ARROW, K.J. (1962b): "The economic implications of learning by doing", en *Collected Papers of Kenneth J. Arrow, vol.5: Production and Capital*, Harvard University Press, Cambridge, Mass., 1985.
- AZÁROFF, L.V. (1982): "Industry-university collaboration: how to make it work", *Research Management*, vol.3, pp.31-34.

-
- BAGWELL, K. y STAIGER, R. (1990): *Risky R&D in oligopolistic product markets*, Discussion Paper n°872, Northwestern University, The Center for Mathematical Studies in Economics and Management Science.
- BANIA, N.; EBERTS, R.W. y FOGARTY, M.S. (1993): "Universities and the startup of new companies: can we generalize from route 128 and Silicon Vallley?", *Review of Economics and Statistics*, vol.75, n°4, pp.761-766.
- BEATH, J.; KATSOULACOS, Y. y ULPH, D. (1987): "Sequential product innovation and industry evolution", *Economic Journal*, vol.97, pp.32-43.
- BEATH, J.; KATSOULACOS, Y. y ULPH, D. (1989): "Strategic R&D policy", *Economic Journal*, vol.99, pp.74-83.
- BENZECRI, J.P. (1979): "Sur le calcul des taux d'inertia dans l'analyse d'un questionnaire", *Les Cahiers d'Analyse des Données*, vol.3, p. 377.
- BERGÉS, A. y MARAVALL, F. (1985): "Decisiones de inversión y decisiones de financiación en la empresa industrial española", *Investigaciones Económicas*, n°26, pp.5-19.
- BERMAN, E.M. (1990): "The economic impact of industry-funded university R&D", *Research Policy*, vol.19, n°4, pp.349-355.
- BERNSTEIN, J.I. (1988): "Cost of production, intra- and interindustry R&D spillovers: Canadian evidence", *Canadian Journal of Economics*, vol.21, n°2, pp.324-347.
- BERNSTEIN, J.I. y NADIRI, M.I. (1988): "Interindustry R&D spillovers, rates of return, and production in high-tech industries", *American Economic Review*, vol.78, n° 2, pp.429-434.
- BERNSTEIN, J.I. y NADIRI, M.I. (1989): "Research and development and intra-industry spillovers: an empirical application of dynamic duality", *Review of Economic Studies*, vol.56, pp.249-269.
- BHATTACHARYA, S y MOOKHERJEE, D. (1986): "Portfolio choice in research and development", *RAND Journal of Economics*, vol.17, n°4, pp.594-605.
- BISQUERRA, R. (1989): *Introducción conceptual al análisis multivariable*, Promociones y Publicaciones Universitarias, Barcelona.
- BLANCO, J. (1983): "Planes Concertados de investigación", *Economía Industrial*, n° 230, pp.93-98.
- BLOOM, D.E. y KILLINGSWORTH, M.R. (1985): "Correcting for selection bias caused by a latent truncation variable", *Journal of Econometrics*, vol.27, pp.131-135.

- BOUROCHE, J.M. y SAPORTA, G. (1980): *L'analyse des données*, Presses Universitaires, Paris.
- BRANCH, B. (1974): "Research and development activity and profitability: a distributed lag analysis", *Journal of Political Economy*, vol.82, nº5, pp.999-1011.
- BRANDTS, J. y BUSOM, I. (1992): "Las subvenciones a la I+D ¿funcionan o no funcionan?", *Ekonomiaz*, nº23, pp.160-177.
- BRANDTS, J.; BUSOM, I.; CAMINAL, R.; GARCÍA-MILA, T.; MARTÍNEZ-GIRALT, X.; MATUTES, C. y VIVES, X. (1989): *An overall evaluation of the state of R&D in Spain*, Report to the Commission of the European Communities, nº PSS*/0082/00.
- BRAVO, A. y QUINTANILLA, M.A. (1995): "Convergencia en el esfuerzo de I+D", *Papeles de Economía Española*, nº63, pp.317-323.
- BRESNAHAN, T.F. (1986): "Measuring the spillovers from technical advance: mainframe computers in financial services", *American Economic Review*, vol.76, nº4, pp.742-755.
- BROOKS, H. (1994): "The relationship between science and technology", *Research Policy*, vol.23, nº5, pp.477-486.
- BUESA, M. (1993): "Desarrollo productivo y política industrial en la economía española de los años noventa", *Círculo de empresarios*, diciembre, pp.25-44.
- BUESA, M. (1994): "La política tecnológica en España. Una evaluación desde el punto de vista del sistema productivo", *Información Comercial Española*, nº 726, pp.161-182.
- BUESA, M. y MOLERO, J. (1988): *Estructura industrial de España*, Fondo de Cultura Económica, Madrid.
- BUESA, M. y MOLERO, J. (1992a): *Patrones del cambio tecnológico y política industrial. Un estudio de las empresas innovadoras madrileñas*, Ed. Civitas e IMADE, Madrid.
- BUESA, M. y MOLERO, J. (1992b): "Capacidades tecnológicas y ventajas competitivas en la industria española: un análisis a partir de las patentes", *Ekonomiaz*, nº22, pp.220-247.
- BUESA, M. y MOLERO, J. (1993a): "Tipología de las estrategias innovadoras", *Economía Industrial*, nº289, pp.49-62.
- BUESA, M. y MOLERO, J. (1993b): "Patrones de innovación y estrategias tecnológicas en las empresas españolas", en García Delgado, J.L.(dir.): *España Economía*, Espasa Calpe, Madrid.
- BUSOM, I. (1991): *Innovación tecnológica e intervención pública: panorama y evidencia empírica*, Tesis doctoral no publicada, Universidad Autónoma de Barcelona.

-
- 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.
- CABALLERO, F. (1992): "La política tecnológica de las Comunidades Europeas", *Ekonomiaz*, nº 23, pp.103-117.
- CABALLERO, F. y URBANO, A. (1991): "The analytical structure of sequential models of innovation and market evolution", *Investigaciones Económicas*, vol.15, nº3, pp.531-553.
- CABRAL, L. (1994): "Bias in market R&D portfolios", *International Journal of Industrial Organization*, vol.12, nº4, pp.533-547.
- CALOMIRIS, C.W. y HUBBARD, R.G. (1990): "Firm heterogeneity, internal finance, and 'credit rationing' ", *Economic Journal*, vol.100, pp.90-104.
- CASADO, M. (1995): "La capacidad tecnológica de la economía española: un balance de la transferencia internacional de tecnología", *Información Comercial Española*, nº740, pp.153-170.
- CASILDA, R. (1993): "La financiación de tecnología en la pequeña y mediana empresa", *Economía Industrial*, nº 294, pp.133-146.
- CASTRO, E. (1993): "Balance del Programa de Estímulo a la Transferencia de Resultados de Investigación (PETRI)", *Política Científica*, nº37, pp.36-37.
- CELEUX, G.; DIDAY, E.; GOVAERT, G.; LECHEVALIER, Y. y RALAMBONDRAIN, H. (1989): *Classification automatique des données*, Dunod, Paris.
- CENTRO PARA EL DESARROLLO TECNOLÓGICO INDUSTRIAL (1993): *Cooperación tecnológica industrial. La participación española en programas internacionales*, Cuadernos CDTI, nº 3.
- CHANG, R. y RHEE, G. (1990): "The impact of personal taxes on corporate dividend policy and capital structure Decisions", *Financial Management*, verano, pp.21-31.
- CHATFIELD, C. y COLLINS, A.J. (1980): *Introduction to multivariate analysis*, Chapman and Hall, Londres.
- CÍRCULO DE EMPRESARIOS (1988): *Actitud y comportamiento de las grandes empresas españolas ante la innovación*, Madrid.
- CÍRCULO DE EMPRESARIOS (1995): *Actitud y comportamiento de las grandes empresas españolas ante la innovación*, Madrid.
- COE, D.T. y HELPMAN, E. (1995): "International R&D spillovers", *European Economic Review*, vol.39, pp.859-887.

- COHEN, W.M. y LEVIN, R.C. (1989): "Empirical studies of innovation and market structure" en Schmalensee, R. y Willing, R.D. (ed.): *Handbook of Industrial Organization*, vol.2, Elsevier Science Publisher B.V.
- COHEN, W.M. y LEVINTHAL, D.A. (1989): "Innovation and learning: the two faces of R&D", *Economic Journal*, vol.99, pp.569-596.
- COHEN, W.M. y LEVINTHAL, D.A. (1990): "The implications of spillovers for R&D investment and welfare", en Link, A. y Smith, K. (eds.): *Advances in Applied Micro-Economics*, vol.5: *The factors affecting technological change*, J.A.I. Press, Greenwich, Conn.
- COMISIÓN DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS (1993): *Promoción de la investigación y tecnología en la CE. El Tercer Programa Marco 1990-1994*, Bruselas.
- CUERVO-ARANGO, C. (1986): "Inversión y financiación en la empresa industrial española", *Investigaciones Económicas*, suplemento, pp.231-245.
- D'ASPREMONT, C. y JACQUEMIN, A. (1988): "Cooperative and noncooperative R&D in duopoly with spillovers", *American Economic Review*, vol.78, nº5, pp.1133-1137.
- D'ASPREMONT, C. y JACQUEMIN, A. (1990): "Cooperative and noncooperative R&D in duopoly with spillovers: erratum", *American Economic Review*, vol.80, nº3, pp.641-642.
- DASGUPTA, P. (1987): "The economic theory of technology policy: an introduction", en Dasgupta, P. y Stoneman, P. (eds.): *Economic policy and technological performance*, Cambridge University Press, Cambridge.
- DASGUPTA, P. (1988): "Patents, priority and imitation or, the economics of races and waiting games", *Economic Journal*, vol.98, pp.66-80.
- DASGUPTA, P. y DAVID, P.A. (1985): *Information disclosure and the economics of science and technology*, Documento de trabajo del Center for Economic Policy Research, nº8.
- DASGUPTA, P. y DAVID, P.A. (1994): "A new economics of science", *Research Policy*, vol.23, nº5, pp.487-521.
- DASGUPTA, P. y MASKIN, E. (1987): "The simple economics of research portfolios", *Economic Journal*, vol.97, pp.581-595.
- DASGUPTA, P. y STIGLITZ, J. (1980a): "Industrial structure and the nature of innovative activity", *Economic Journal*, vol.90, pp.266-293.
- DASGUPTA, P. y STIGLITZ, J. (1980b): "Uncertainty, industrial structure and the speed of R&D", *Bell Journal of Economics*, vol.11, nº1, pp.1-28.

-
- DAVID, P.A.; MOWERY, D. y STEINMUELLER, W.E. (1992): "Analysing the economic payoffs from basic research", *Economics of Innovation and New Technology*, vol.2, n°4, pp.73-90.
- DE BONDT, R., SLAETS, P. y CASSIMAN, B. (1992): "The degree of spillovers and the number of rivals for maximum effective R&D", *International Journal of Industrial Organization*, vol.10, pp.35-54.
- DE LA FUENTE, A. (1992): "Historie d'A: Crecimiento y progreso técnico", *Investigaciones económicas*, vol.16, n°3, pp.331-391.
- DEAN, C.W. (1981): "A study of university/small business interaction for technology transfer", *Technovation*, vol.1, pp.109-123.
- DELBONO, F. y DENICOLÒ, V. (1990): "R&D investment in a symmetric and homogeneous oligopoly: Bertrand vs. Cournot", *International Journal of Industrial Organization*, vol.8, pp.297-313.
- DELBONO, F. y DENICOLÒ, V. (1991): "Incentives to innovate in a Cournot oligopoly", *Quarterly Journal of Economics*, vol.106, n°3, pp.951-961.
- DEVEREUX, M. y SCHIANTARELLI, F. (1988): *Investment, financial factors and cash-flow: evidence from U.K. panel data*, National Bureau of Economic Research, W.P. n° 3116.
- DHRYMES, P.J. (1986): "Limited dependent variables", en Griliches, Z. y Intriligator, M.D. (eds.): *Handbook of econometrics*, Elsevier Science Publishers, Amsterdam.
- DIDAY, E.; LEMAIRE, J.; POUGET, J. y TESTU, F. (1982): *Éléments d'analyse de données*, Dunod, Paris.
- DIXIT, A. (1988): "A general model of R&D competition and policy", *RAND Journal of Economics*, vol.19, n°3, pp.317-326.
- DIXIT, A. y STIGLITZ, J. (1977): "Monopolistic competition and optimum product diversity", *American Economic Review*, vol.67, n°3, pp.297-308.
- DOSI, G. (1988): "Sources, procedures and microeconomic effects of innovation", *Journal of Economic Literature*, vol.26, pp.1120-1171. Traducido al castellano en *Ekonomiaz*, n°22, pp.269-331, 1992.
- DOSI, G.; FREEMAN, C.; NELSON, R.; SILVERBERG, G. y SOETE, L. (eds.) (1988): *Technical change and economic theory*, Pinter Publishers, Londres.
- ELLIOT, J.W. (1971): "Funds flows vs. expectational theories or research and development expenditures in the firm", *Southern Economic Journal*, vol.37, pp.409-422.

- ESCOFIER, B. y PAGÈS, J. (1992): *Análisis factoriales simples y múltiples*, Servicio editorial de la Universidad del País Vasco, Bilbao.
- ESPINOSA DE LOS MONTEROS, J.; MARTÍNEZ, F.; TORIBIO, M.; MUÑOZ, E. y LARRAGA, V. (1995a): *El Programa Nacional de Investigación y Desarrollo Farmacéutico durante el periodo 1988-1993*, Documento de Trabajo del CSIC-Instituto de Estudios Sociales Avanzados nº 8.
- ESPINOSA DE LOS MONTEROS, J.; MARTÍNEZ, F.; TORIBIO, M.; MUÑOZ, E. y LARRAGA, V. (1995b): *El Programa Nacional de Salud durante el periodo 1989-1993*, Documento de Trabajo del CSIC-Instituto de Estudios Sociales Avanzados nº 9.
- ESPINOSA DE LOS MONTEROS, J.; MIRABAL, O.; MUÑOZ, E. y TORIBIO, M.A. (1996): *Recursos humanos y Política Científica: el caso del Programa Nacional de Nuevos Materiales*, Documento de Trabajo del CSIC-Instituto de Estudios Sociales Avanzados nº 1.
- ESTRADA, A. y VALLÉS, J. (1995): *Inversión y costes financieros: evidencia en España con datos de panel*, Documento de Trabajo nº9506 del Servicio de Estudios del Banco de España.
- EVENSON, R.E. y KISLEV, Y. (1973): "Research and productivity in wheat and maize", *Journal of Political Economy*, vol.81, nº3, pp.1309-1329.
- FAGERBERG, J. (1988): "Why growth rates differ" en Dosi et al.: *Technical change and economic theory*, Pinter Publishers, Londres.
- FAULKNER, W. y SENKER, J. (1994): "Making sense of diversity: public-private sector research linkage in three technologies", *Research Policy*, vol.23, nº 6, pp.673-695.
- FAZZARI, S.M.; HUBBARD, R.G. y PETERSEN, B.C. (1988): "Financing constraints and corporate investment", *Brooking Papers on Economic Activity*, vol.1, pp.141-195.
- FELLNER, W. (1970): "Trends in the activities generating technological progress", *American Economic Review*, vol.60, pp.1-29.
- FERNÁNDEZ, M.; GONZÁLEZ, M.T.; PÉREZ, M. (1995): *La formación de investigadores científicos en el Plan Nacional de I+D (1982-1994): una aproximación evaluativa*, Documento de Trabajo del CSIC-Instituto de Estudios Sociales Avanzados nº 14.
- FLUVIÁ, M. (1989): *R&D activity in spanish industrial firms: an analysis with panel data*, M. Phil. thesis in Economics, University of Oxford.
- FLUVIÁ, M. (1990): "Capital tecnológico y externalidades: un análisis de panel", *Investigaciones Económicas*, suplemento, pp.167-172.

FONTELA, E.; PULIDO, A.; SANCHEZ, M.P. y VICENS, J. (1992): *Evaluación de la actuación del CDTI en apoyo a la I+D*, Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial, Madrid.

FOUCART, T. (1985): *Analyse factorielle*, Masson, Paris.

FOWLER, D.R. (1984): "University-industry research relationships", *Research Management*, vol.1, pp.35-41.

FREEMAN, C. (1994): "The economics of technical change", *Cambridge Journal of Economics*, vol.18, pp.463-514.

FREIXAS, J. (1991): "Equilibrio y racionamiento en el mercado de crédito", *Cuadernos Económicos de ICE*, nº49, pp.223-235.

FUDENBERG, D.; GILBERT, R.; STIGLITZ, J. y TIROLE, J. (1983): "Preemption, leapfrogging and competition in patent races", *European Economic review*, vol.22, pp.3-31.

GALLINI, N.T. y KOTOWITZ, Y. (1985): "Optimal R and D processes and competition", *Econometrica*, vol.52, nº207, pp.321-334.

GARCÍA, A. (1996): "Hacia una definición del EDP", *Política Científica*, nº 45, pp.59-61.

GIBBONS, M. y JOHNSTON, R. (1974): "The roles of science in technological innovation", *Research Policy*, vol.3, pp.220-242.

GILBERT, R. y NEWBERY, D. (1982): "Preemptive patenting and the persistence of monopoly", *American Economic Review*, vol.72, nº3, pp.514-526.

GILBERT, R. y NEWBERY, D. (1984): "Uncertain innovation and the persistence of monopoly: comment", *American Economic Review*, vol.74, nº1, pp.238-246.

GINER, C. y REPRESA, D. (1993): "DATRI. Base de datos de oferta tecnológica de la red OTRI/OTT", *Política Científica*, nº37, pp.38-39.

GÓMEZ, M.; SÁNCHEZ, M. y DE LA PUERTA, E. (1992): *El cambio tecnológico hacia el nuevo milenio*, ICARIA-FUHEM, Barcelona.

GONZÁLEZ AYUSO, J.; COMESAÑA, J.; CRIADO, E.; ARAGÓN, J. y DURÁN, A. (1993): "Actividades de I+D y transferencia de tecnología en la empresa española", *Economía Industrial*, nº289, pp.103-134.

GOTO, A. y SUZUKI, K. (1989): "R&D capital, rate of return on R&D investment and spillover of R&D in japanese manufacturing industries", *Review of Economics and Statistics*, vol.76, nº4, pp.555-564.

GOVERNMENT-UNIVERSITY-INDUSTRY-RESEARCH ROUNDTABLE (1991): *Industrial Perspectives on innovation and Interactions with Universities*, National Academy Press, Washintong, DC.

- GRABOWSKI, H.G. (1968): "The Determinants of industrial research and development: a study of the chemical, drug and petroleum industries", *Journal of Political Economy*, vol.76, pp.292-306.
- GRANDE, I. y ABASCAL, E. (1989): *Métodos de análisis multivariante para la investigación comercial*, Editorial Ariel, Barcelona.
- GRANDÓN, V. y RODRÍGUEZ ROMERO, L. (1991): *Capital tecnológico e incrementos de la productividad en la industria española*, Documento de trabajo de la Universidad Carlos III de Madrid, nº1.
- GREENE, W.H. (1991): *Econometric analysis*, MacMillan Publishing Company, Nueva York.
- GREENWALD, B.; STIGLITZ, J.E. y WEISS, A. (1984): "Informational imperfections in the capital market and macroeconomic fluctuations", *American Economic Review*, vol.74, nº2, pp.194-199.
- GRILICHES, Z. (1958): "Research costs and social returns: hybrid corn and related innovations", *Journal of Political Economy*, vol.66, pp.419-431.
- GRILICHES, Z. (1979): "Issues in assessing the contribution of research and development to productivity growth", *Bell Journal of Economics*, vol.10, pp.92-116.
- GRILICHES, Z. (1980): "R & D and the productivity slowdown", *American Economic Review*, vol.70, nº2, pp.343-348.
- GRILICHES, Z. (1986): "Productivity, R&D and basic research at the firm level in the 1970's", *American Economic Review*, vol.76, nº1, pp.141-154.
- GRILICHES, Z. (1988): "Productivity puzzles and R&D: another nonexplanation", *Journal of Economic Perspectives*, vol.2, pp.9-21.
- GRILICHES, Z. (1990): "Patent statistics as economic indicators: a survey", *Journal of Economic Literature*, vol.28, pp.1661-1707.
- GRILICHES, Z. (1992): "The search for R&D spillovers", *Scandinavian Journal of Economics*, vol.94, suplemento, pp.29-47.
- GRILICHES, Z. y LICHTENBERG, F. (1984): R&D productivity at the industry level: is there still a relationship?, en Griliches, Z. (ed): *R&D, patents and productivity*, University of Chicago Press, Chicago.
- GRILICHES, Z. y REGEV, H. (1995): "Firm productivity in Israeli industry: 1979-1988", *Journal of Econometrics*, vol.65, nº1, pp.175-204.
- GROSSMAN, G.M. y HELPMAN, E. (1991a): "Quality ladders in the theory of growth", *Review of Economic Studies*, vol.58, nº193, pp.43-61.

GROSSMAN, G.M. y HELPMAN, E. (1991b): "Quality ladders and product cycles", *Quarterly Journal of Economics*, vol.106, nº2, pp.557-586.

GROSSMAN, G.M. y HELPMAN, E. (1991c): "Trade, knowledge spillovers and growth", *European Economic Review*, vol.35, pp.517-526.

GROSSMAN, G.M. y HELPMAN, E. (1994): "Endogenous innovation in the theory of growth", *Journal of Economics Perspectives*, vol.8, nº1, pp.23-44.

GROSSMAN, G.M. y SHAPIRO, C. (1986): "Optimal dynamic R&D programs", *RAND Journal of Economics*, vol.17, nº4, pp.581-593.

GROSSMAN, G.M. y SHAPIRO, C. (1987): "Dynamic R&D competition", *Economic Journal*, vol.97, pp.372-387.

GUMBAU, M. (1994): "Los determinantes de la innovación: el papel del tamaño de la empresa", *Información Comercial Española*, nº726, pp.117-127.

HALL, B.H. (1991): *Time Series Processor version 4.2: user's manual*.

HALL, B.H. y MAIRESSE, J. (1995): "Exploring the relationship between R&D and productivity in French manufacturing firms", *Journal of Econometrics*, vol.65, nº1, pp.263-293.

HAMBERG, D. (1966): *R&D: Essays on the economics of research and development*, Random House, Nueva York.

HARRIS, C. y VICKERS, J. (1985a): "Perfect equilibrium in a model of a race", *Review of Economic Studies*, vol.52, pp.193-209.

HARRIS, C. y VICKERS, J. (1985b): "Patent races and the persistence of monopoly", *Journal of Industrial Economics*, vol.33, nº4, pp.461-481.

HARRIS, C. y VICKERS, J. (1987): "Racing with uncertainty", *Review of Economic Studies*, vol.54, pp.1-21.

HECKMAN, J.J. (1979): "Sample selection bias as a specification error", *Econometrica*, vol.47, nº 1, pp.153-161.

HECKMAN, J.J. (1990): "Varieties of selection bias", *American Economic Review*, vol.80, pp.313-318.

HELPMAN, E. (1992): "Endogenous macroeconomic growth theory", *European Economic Review*, vol.36, pp.237-267.

HERNANDO, I. y VALLÉS, J. (1991): *Inversión y restricciones financieras: evidencia en las empresas industriales españolas*, Documento de Trabajo nº 9113 del Servicio de Estudios del Banco de España .

- HIMMELBERG, C.P. y PETERSEN, B.C. (1994): "R&D and internal finance: a panel study of small firms in high-tech industries", *Review of Economics and Statistics*, vol.76, nº1, pp.38-51.
- HÖGLUND, L. y PERSSON, O. (1987): "Communication within a national R&D-system: a study of iron and steel in Sweden", *Research Policy*, vol.16, nº 1, pp.29-37.
- HOSHI, T.; KASHYAP, A. y SCHARFSTEIN, D. (1991): "Corporate structure, liquidity, and investment: evidence from Japanese industrial groups", *Quarterly Journal of Economics*, vol.106, pp.33-60.
- ISAC, J.M. (1985a): "La Política científica y tecnológica en España y en la CEE", *Economía Industrial*, nº242, pp.79-91.
- ISAC, J.M. (1985b): "Las nuevas tecnologías y los programas nacionales de I+D", *Economía Industrial*, nº246, pp.63-70.
- JAFFE, A. (1986): "Technological opportunity and spillovers of R&D: evidence from firms' patents, profits, and market value", *American Economic Review*, vol.76, nº 5, pp.984-1001.
- JAFFE, A. (1988): "Demand and supply influences in R&D intensity and productivity growth", *Review of Economics and Statistics*, vol.70, nº3, pp.431-437.
- JAFFE, A.B.; TRAJTENBERG, M. y HENDERSON, R. (1993): "Geographic location of knowledge spillovers as evidenced by patent citations", *Quarterly Journal of Economics*, vol.108, pp.577-598.
- JAFFE, A.B. (1986): "Technological opportunity and spillovers of R&D: evidence from firms' patents, profits, and market value", *American Economic Review*, vol.76, nº 5, pp.984-1001.
- JAFFE, A.B. (1989): "Real effects of academic research", *American Economic Review*, vol.79, nº5, pp.957-970.
- JAFFEE, D.M. y RUSSELL, T. (1976): "Imperfect information, uncertainty, and credit rationing", *Quarterly Journal of Economics*, vol.90, pp.651-666.
- JONES, L.E. y MANUELLI, R.E. (1994): "Las fuentes del crecimiento", *Cuadernos Económicos de ICE*, nº58, pp.71-106.
- JUDD, K.L. (1985): "On the performance of patents", *Econometrica*, vol.53, nº3, pp.567-585.
- JUST, R.E. y ZILBERMAN, D. (1988): "The effects of agricultural development policies on income distribution and technological change in agriculture", *Journal of Development Economics*, vol.28, pp.193-216.

-
- KAMIEN, M.I. y SCHWARTZ, N.L. (1975): "Market structure and innovative activity: a survey", *Journal of Economic Literature*, vol.13, pp.1-37.
- KAMIEN, M.I. y SCHWARTZ, N.L. (1978): "Self-financing of an R&D project", *American Economic Review*, vol.68, nº3, pp.252-261.
- KAMIEN, M.I. y SCHWARTZ, N.L. (1989): *Estructura de mercado e innovación*, Alianza Economía y Finanzas, Madrid.
- KAMIEN, M.I., MULLER, E. y ZANG, I. (1992): "Research joint ventures and R&D cartels", *American Economic Review*, vol.82, nº5, pp.1293-1306.
- KATZ, M. y SHAPIRO, C. (1987): "R&D rivalry with licensing or imitation", *American Economic Review*, vol.77, nº3, pp.402-420.
- KLETTE, T. y DE MEZA, D. (1986): "Is the market biased against risky R&D?", *RAND Journal of Economics*, vol.17, nº1, pp.133-139.
- KRUGMAN, P. (1991): "History versus expectations", *Quarterly Journal of Economics*, vol.106, nº 2, pp.651-667.
- LAFUENTE, A. y ORO, L.A (1991):. "Evolución del sistema de ciencia y tecnología, en España. El Plan Nacional de I+D" en Dorado, R.; Rojo, J.M.; Triana, E. y Martínez, F. (eds.): *Ciencia, tecnología e industria en España*, Fundesco, Madrid.
- LAFUENTE, A. y ORO, L.A. (1992): *El sistema español de ciencia y tecnología*, Fundesco, Madrid.
- LAFUENTE, A.; SALAS, V. y YAGÜE, M.J. (1983): "Actividades de I+D y dimensión empresarial en la Industria Española", *Economía Industrial*, nº230, pp.113-124.
- LAFUENTE, A.; SALAS, V. y YAGÜE, M.J. (1985a): *Productividad, capital tecnológico e investigación en la economía española*, Ministerio de Industria y Energía, Madrid.
- LAFUENTE, A.; SALAS, V. y YAGÜE, M.J. (1985b): "Formacion de capital tecnológico en la industria española", *Revista Española de Economía*, vol.2, nº2, pp.269-290.
- LEBART, L.; MORINEAU, A. y TABARD, N. (1977): *Techniques de la description statistique*, Dunod, Paris.
- LEE, T. y WILDE, L.L. (1980): "Market structure and innovation: a reformulation", *Quarterly Journal of Economics*, vol.94, nº2, pp.429-436.
- LEVIN, R.C. y REISS, P.C. (1984): "Test of a schumpeterian model of R&D and market structure", en Griliches, Z. (ed.): *R&D, Patents, and Productivity*, University of Chicago Press for the National Bureau of Economic Research, Chicago.
- LEVIN, R.C. y REISS, P.C. (1988): "Cost-reducing and demand-creating R&D with spillovers", *RAND Journal of Economics*, vol.19, nº4, pp.538-556.

- LEVIN, R.C.; KLEVORICK, A.K.; NELSON, R.R. y WINTER, S.G. (1987): "Appropriating the returns from industrial research and development", *Brooking papers on economic activity*, nº3, pp.783-831.
- LINK, A.N. (1981): "Basic research and productivity increase in manufacturing: additional evidence", *American Economic Review*, vol.71, nº5, pp.1111-1112.
- LINK, A.N. (1982): "An analysis of the composition of R&D spending", *Southern Economic Journal*, vol.49, pp.342-349.
- LINK, A.N. y REES, J. (1990): "Firm size, university based research, and the returns to R&D", *Small Business Economics*, vol.2, pp.25-31.
- LOBO, F. (1979): "Política científica y desarrollo económico 1959-1979", *Información Comercial Española*, nº 552, pp.35-46.
- LÓPEZ, R. (1990): "El PEIN II (1988-90). Análisis y resultados", *Economía Industrial*, nº275, pp.103-109.
- LÓPEZ, R. y ÁLAMO, J. (1994): "Resultados del Plan de Actuación Tecnológico Industrial 1991-1993", *Economía Industrial*, nº 296, pp.25-34.
- LOURY, G.C. (1979): "Market structure and innovation", *Quarterly Journal of Economics*, vol.93, nº3, pp.395-410.
- LUCAS, R. (1988): "On the mechanics of economic development", *Journal of Monetary Economics*, vol.1, pp.3-42.
- MACHO, I. y PÉREZ CASTRILLO, D. (1994): *Introducción a la economía de la información*, Ariel Economía, Barcelona.
- MADDALA, G.S. (1983): *Limited-dependent and qualitative variables in econometrics*, Cambridge University Press, Cambridge.
- MADDALA, G.S. (1986): "Disequilibrium, self-selection, and switching models", en Griliches, Z y Intriligator, M.D. (eds.): *Handbook of econometrics*, Elsevier Science Publishers, Amsterdam.
- MADDALA, G.S. (1993): "Contrastes de especificación en modelos de variable dependiente limitada", *Cuadernos económicos de I.C.E.*, nº55, pp.185-223.
- MANSFIELD, E. (1965): "Rates of return from industrial research and development", *American Economic Review Papers and Proceedings*, vol.55, pp.310-347.
- MANSFIELD, E. (1972): "Contribution of R&D to economic growth in the United States", *Science*, vol.175, pp.477-486.
- MANSFIELD, E. (1980): "Basic research and productivity increase in manufacturing", *American Economic Review*, vol.70, nº5, pp.863-873.

-
- MANSFIELD, E. (1981): "Composition of R&D expenditures: relationship to size of firm, concentration, and innovative output", *Review of Economics and Statistics*, vol.63, pp.610-614.
- MANSFIELD, E. (1984): "Comment on using linked patent and R&D data to measure interindustry technology flows", en Griliches, Z. (ed.): *Patents and Productivity*, University of Chicago Press, Chicago, pp.462-464.
- MANSFIELD, E. (1991): "Academic research and industrial innovation", *Research Policy*, vol.20, nº1, pp.1-12.
- MANSFIELD, E. (1992): "Academic research and industrial innovation: a further note", *Research Policy*, vol.21, nº3, pp.295-296.
- MANSFIELD, E. (1995): "Academic research underlying industrial innovations: sources, characteristics, and financing", *Review of Economics and Statistics*, vol.78, nº1, pp.55-65.
- MANSFIELD, E.; RAPOPORT, J.; ROMEO, A.; WAGNER, S. y BEARDSLEY, G. (1977): "Social and private rates of return from industrial innovations", *Quarterly Journal of Economics*, vol.91, nº2, pp.221-240.
- MANSKI, C. (1989): "Anatomy of the selection problem", *Journal of Human Resources*, vol.24, pp.343-360.
- MANSKI, C. y WISE, D. (1983): *College choice in America*, Harvard University Press, Cambridge, Mass.
- MARAVALL, J. (1988): "Un Plan Nacional para la Ciencia en España", *Política Científica*, nº11, pp.4-10.
- MARTÍN, C. (1992): "Criterios para la evaluación de la política tecnológica. Una aplicación al caso español", en Audretsch, D. et al: *Política industrial, teoría y práctica*, Economistas Libros, Madrid.
- MARTÍN, C. y RODRÍGUEZ ROMERO, L. (1979): "Análisis comparado de la intervención del sector público en España en los procesos de generación y difusión de tecnología", *Información Comercial Española*, nº 552, pp.19-33.
- MARTÍN, C. y RODRÍGUEZ ROMERO, L. (1985): "La política tecnológica como instrumento de la promoción industrial", *Economía Industrial*, nº 246, pp.73-91.
- MARTÍN, C. y RODRÍGUEZ ROMERO, L. (1988): "Datos para una política tecnológica de dimensión regional", *Papeles de Economía Española*, nº35, pp.153-164.
- MARTÍN, C. y RODRÍGUEZ ROMERO, L. (1993): "Las vías de acceso al cambio técnico" en Delgado, J.L.(dir.): *España, economía*, 5ª edición, Es pasa Calpe, Madrid.

MARTÍN, C. y VELAZQUEZ, F.J. (1993): "Actividad tecnológica y competitividad de las empresas industriales españolas", *Papeles de Economía Española*, nº56, pp.194-207.

MARTÍNEZ, J. y MATO, G. (1993): "Estructura financiera e inversión", *Revista de Economía Aplicada*, vol.1, nº2, pp.99-118.

MATO, G. (1989): "Inversión, coste de capital y estructura financiera: un estudio empírico", *Moneda y Crédito*, nº188, pp.177-201.

MATSUYAMA, K. (1991): "Increasing returns, industrialization, and indeterminacy of equilibrium", *Quarterly of Economics*, vol.106, nº 2, pp.617-650.

MENÉNDEZ, S. (1994): "Racionamiento del crédito como consecuencia de la asimetría de información y los conflictos de agencia", *Información Comercial Española*, nº 735, pp.140-154.

MINISTERIO DE INDUSTRIA, COMERCIO Y TURISMO (1991a): *Plan de Actuación Tecnológico Industrial*, Madrid.

MINISTERIO DE INDUSTRIA, COMERCIO Y TURISMO (1991b): *Plan de Actuación Industrial Avanzada*, Madrid.

MINISTERIO DE INDUSTRIA, COMERCIO Y TURISMO (1991c): *Plan de Desarrollo Tecnológico en Biotecnologías, Tecnologías Químicas y Tecnologías de los Materiales*, Madrid.

MINISTERIO DE INDUSTRIA, COMERCIO Y TURISMO (1991d): *Plan de Fomento de la Investigación en la Industria Farmacéutica*, Madrid.

MINISTERIO DE INDUSTRIA, COMERCIO Y TURISMO (1991e): *Plan Electrónico e Informático Nacional III*, Madrid.

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGÍA (1994): *Plan de Actuación Tecnológico Industrial 1994-1996*, Madrid.

MISANIAN, J.R. (1969): "Research and development, production functions and rates of return", *American Economic Review Papers and Proceedings*, vol.59, pp.80-86.

MODIGLIANI, F. y MILLER, M. H. (1958): "The cost of capital, corporation finance and the theory of investment", *American Economic Review*, vol.48, pp.261-297.

MODREGO, A. (1985): *Construcción de un indicador socioeconómico para la provincia de Vizcaya*, mimeo.

MODREGO, A. (1986): *Determinantes de la demanda de educación superior: una aplicación para la provincia de Vizcaya*, Tesis doctoral no publicada, Universidad del País Vasco.

MODREGO, A. (dir.)(1994a): *A brief overview on technological and innovation policies in Spain (1990-1993)*, Documento de trabajo del Master de Análisis y Gestión de la Ciencia y la Tecnología, Universidad Carlos III de Madrid.

MODREGO, A. (dir.)(1994b): *Industrial innovation, diffusion and technology transfer policy development*, Documento de trabajo del Master de Análisis y Gestión de la Ciencia y la Tecnología, Universidad Carlos III de Madrid.

MOHNEN, P.A., NADIRI, M.I. y PRUCHA, I.R. (1986): "R&D, production structure and rates of return in the U.S., Japanese and German manufacturing sectors", *European Economic Review*, vol.30, nº4, pp.749-771.

MOLERO, J. (1990): "Economía e innovación (hacia una teoría estructural del cambio técnico)", *Economía Industrial*, nº275, pp.39-54.

MOLERO, J. (1994): "Desarrollos actuales de la teoría del cambio tecnológico: tipologías y modelos organizativos", *Información Comercial Española*, nº726, pp.7-21.

MOLERO, J. y BUESA, M. (1995): "Configuración productiva y capacidad de innovación en la industria española", *Información Comercial Española*, nº 743, pp.59-84.

MOWERY, D.C. (1983): "Economic theory and government technology policy", *Policy Sciences*, vol.16, pp.27-43.

MUELLER, D.C. (1967): "The firm's decision process: an econometric investigation", *Quarterly Journal of Economics*, vol.81, pp.58-87.

MUÑOZ, E. (1995): "Política Tecnológica en la Unión Europea. La difícil trayectoria española hacia la convergencia", *Papeles de Economía Española*, nº63, pp.306-316.

MUÑOZ, E y ORNIA, F. (1986): *Ciencia y tecnología: una oportunidad para España*, MEC-Aguilar, Madrid.

MYERS, S.C. y MAJLUF, N.S. (1984): "Corporate financing and investment decisions when firms have information that investors do not have", *Journal of Financial Economics*, vol.13, pp.187-221.

MYRO, R. (1982): *La evolución de la productividad global de la economía española en el periodo 1965-81*, Comunicación presentada al Primer Congreso de Economía y Economistas de España, Barcelona.

MYRO, R. (1993): "Competitividad y política industrial en España", *Economía Industrial*, nº292, pp.73-86.

NATIONAL SCIENCE FOUNDATION (1969): *Technology in retrospect and critical events in science (TRACES)*, National Science Foundation, Washintong, D.C.

- NAVARRO, M. (1992): "Actividades empresariales de I+D y política tecnológica del gobierno vasco", *Ekonomiaz*, nº23, pp.118-159.
- NELSON, R.R. (1959): "The simple economics of basic scientific research", *Journal of Political Economy*, vol.67, pp.297-306.
- NELSON, R.R. (1986): "Institutions supporting technical advance in industry", *American Economic Review*, vol.76, nº2, pp.186-189.
- NELSON, R.R. (1987): *Understanding technical change as an evolutionary process*, North Holland, Amsterdam.
- NELSON, R.R. y WINTER, S. (1982): *An evolutionary theory of economic change*, Cambridge, The Belnap Press of Harvard University Press, Cambridge, Mass.
- NORDHAUS, W. (1967): "The optimal rate and direction of technical change", en Shell, K. (ed.): *Essays on the theory of optimal economic growth*, MIT Press, Cambridge, Mass.
- NORDHAUS, W. (1969): "An economic theory of technological change", *American Economic Review*, vol.2, pp.18-28.
- OCDE (1993): *Main Science and Technology Indicators*, Paris.
- OFFICE OF THE DIRECTOR OF DEFENSE RESEARCH ENGINEERING (1969): *Project Hindsight: final report*, Office of the Director of Defense Research Engineering, National Science Foundation, Washintong, D.C.
- ORO, L.A. (1993): "La política de articulación del sistema Ciencia-Tecnología-Sociedad en España", *Política Científica*, nº37, pp.15-17.
- PAGAN, A.R. y VELLA, F. (1989): "Diagnostic tests for models based on unit record data: a survey", *Journal of Applied Econometrics*, vol.4, pp.s29-s59.
- PAKES, A. y SCHANKERMAN, M. (1984): "The rates of obsolescence of patents, research gestation lags and the private rate of return to research resources", en Griliches, Z. (ed.): *R&D, Patents and Productivity*, NBER, Chicago.
- PAMPILLÓN, R. (1991): *El déficit tecnológico español*, Instituto de Estudios Económicos, Madrid.
- PARICIO, J. (1993): "Determinantes de la actividad tecnológica en la industria española", *Revista de Economía Aplicada*, vol.1, nº1, pp.103-123.
- PAVITT, K. (1987): "The objectives of technology policy", *Science and Public Policy*, vol.14, nº4, pp.182-188.
- PAVITT, K. (1991): "What makes basic research economically useful?", *Research Policy*, vol.20, nº2, pp.109-119.

PAVÓN, J. y GOODMAN, R.A. (1981): *La planificación del desarrollo tecnológico. El caso español*, CDTI-CSIC, Madrid.

PÉREZ CASTRILLO, J.D. (1990): "Procesos de I+D y estructura industrial: un panorama de modelos teóricos", *Economía Pública*, nº6, pp.171-213.

PÉREZ CASTRILLO, J.D. y VERDIER, T. (1989): "La estructura industrial de una carrera por la patente con costes fijos y variables", *Investigaciones Económicas*, Suplemento, pp.79-85.

POIRIER, D.J. (1980): "Partial observability in bivariate probit models", *Journal of Econometrics*, vol.12, nº 2, pp.209-217.

PRADAS, J.I. (1995): "Análisis de la innovación en la empresa industrial española", *Economía Industrial*, nº 301, pp.153-166.

PRICE, D.S. (1984): "The science/technology relationship, the craft of experimental science, and policy for the improvement of high technology innovation", *Research Policy*, vol.13, pp.3-20.

QUESADA, V.; ISIDORO, A. y LÓPEZ, L.A. (1982): *Curso y ejercicios de estadística*, Ed. Alhambra, Madrid.

QUINTANILLA, M.A. (dir.) (1991): *Proyecto EPOC (Evaluación de Políticas Científicas)*, Universidad de Salamanca.

QUINTANILLA, M.A. (1992a): "El Sistema español de ciencia y tecnología y la política de I+D", *Arbor*, nº 554-555, pp.9-29.

QUINTANILLA, M.A. (1992b): "Recursos del sistema de ciencia y tecnología en España", *Arbor*, nº 554-555, pp.31-76.

QUINTANILLA, M.A.; BRAVO, A y MALTRÁS, B. (1993): "Gasto real de las empresas españolas en I+D", *Economía Industrial*, nº289, pp.135-140.

QUIRMBACH, H.C. (1993): "R&D: competition, risk, and performance", *RAND Journal of Economics*, vol.24, nº2, pp.157-197.

REINGANUM, J.F. (1981): "Dynamic games of innovation", *Journal of Economic Theory*, vol.25, pp.21-41.

REINGANUM, J.F. (1982): "A dynamic game of R and D: patent protection and competitive behavior", *Econometrica*, vol.50, nº3, pp.671-688.

REINGANUM, J.F. (1983): "Uncertain innovation and the persistence of monopoly", *American Economic Review*, vol.73, nº4, pp.741-748.

REINGANUM, J.F. (1985): "Innovation and industry evolution", *Quarterly Journal of Economics*, vol.100, nº1, pp.81-99.

- REINGANUM, J.F. (1989): "The timing of innovation: research, development, and diffusion" en Schmalensee, R. y Willing, R.D. (eds.): *Handbook of industrial organization*, vol.1. Elsevier Science Publisher B.V.
- RIGGS, W. y VON HIPPEL, E. (1994): "Incentives to innovate and the resources of innovation: the case of scientific instruments", *Research Policy*, vol.23, pp.459-469.
- RODRÍGUEZ BRITO, M.G. (1995): *El racionamiento del crédito: análisis econométrico con datos de panel de su incidencia en las decisiones de inversión de las empresas*, Tesis doctoral no publicada, Universidad de la Laguna.
- RODRÍGUEZ CORTEZO, J. (1990): "Tecnología e industria en España", *Economía Industrial*, nº275, pp.29-38.
- RODRÍGUEZ ROMERO, L. (1993): "Actividad económica y actividad tecnológica: un análisis simultáneo de datos de panel", en Dolado, J.J.; Martín C. y Rodríguez Romero, L. (eds.): *La industria y el comportamiento de las empresas españolas*, Alianza Editorial, Madrid.
- ROJO, J.M. (1988): "El sistema ciencia-tecnología español antes y después del Plan Nacional", *Política Científica* nº11, pp.37-39.
- ROJO, J.M. (1991): "El sistema de I+D: fortalezas y debilidades", en Dorado, R.; Rojo, J.M.; Triana, E. y Martínez, F. (eds.): *Ciencia, tecnología e industria en España*, Fundesco. Madrid.
- ROMER, P.M. (1986): "Increasing returns and long-run growth", *Journal of Political Economy*, vol.5, pp.1002-1037.
- ROMER, P.M. (1987): "Growth based on increasing returns due to specialization", *American Economic Review*, vol.2, pp.56-62.
- ROMER, P.M. (1990): "Endogenous technical change", *Journal of Political Economy*, vol.98, nº5, pp.s71-s102.
- ROMER, P.M. (1994): "The origins of endogenous growth", *Journal of Economic Perspectives*, vol.8, nº1, pp.3-22.
- ROSEN, R.J. (1991): "Research and development with asymmetric firm sizes", *RAND Journal of Economics*, vol.22, nº3, pp.411-429.
- ROSENBERG, N. (1979): *Tecnología y economía*, Gustavo Gili, Barcelona.
- ROSENBERG, N. (1991): "Critical issues in science policy research", *Science and Public Policy*, vol.18, nº6, pp.335-346. Ha sido reimpresso en Rosenberg, N. (1994): *Exploring the black box: technology, economics and history*, Cambridge University Press, Cambridge. Existe traducción al castellano en Rosenberg, N. (1993): "Investigación y política científica: algunas cuestiones esenciales", *Economía Industrial*, nº 289, pp.23-36.

ROSENBERG, N. (1992): "Scientific instrumentation and university research", *Research Policy*, vol.21, nº4, pp.381-390. Ha sido reimpresso en Rosenberg, N. (1994): *Exploring the black box: technology, economics and history*, Cambridge University Press, Cambridge.

ROSENBERG, N. y NELSON, R.R. (1994): "American universities and technical advance in industry", *Research Policy*, vol.23, pp.323-348.

ROTHWELL, R. (1977): "The characteristics of successful innovators and technically progressive firms (with some comments on innovation research)", *R&D Management*, vol.7, nº3, pp.191-206.

RUFF, L. (1969): "Research and technological progress in a Cournot economy", *Journal of Economic Theory*, vol.4, pp- 397-415.

RUSTICHINI, A. y SCHMITZ, J.A. (1991): "Research and imitation in long-run growth", *Journal of Monetary Economics*, vol.27, pp.271-292.

SALA I MARTÍN, X. (1994): *Apuntes de crecimiento económico*, Antoni Bosch, Barcelona.

SÁNCHEZ, M.P. (1992): "Contenido tecnológico de los sectores industriales españoles. Un intento de perspectiva tecnológica", *Ekonomiaz*, nº23, pp.10-33.

SÁNCHEZ, M.P. y VICENS, J. (1994): "Competitividad exterior y desarrollo tecnológico", *Información Comercial Española*, nº726, pp.99-115.

SANZ MENÉNDEZ, L. (1994): *Policy choices, institutional constraints and policy learning: the spanish science and technology policy in the eighties*, Documento de trabajo del CSIC- Instituto de Estudios Sociales Avanzados, nº 3.

SANZ MENÉNDEZ, L. (1995a): *Research actors and the state: research evaluation and evaluation of science and technology policies in Spain*, Documento de trabajo del CSIC- Instituto de Estudios Sociales Avanzados, nº 12.

SANZ MENÉNDEZ, L. (1995b): *La construcción institucional de la política científica y tecnológica en el franquismo*, Documento de trabajo CSIC- Instituto de Estudios Sociales Avanzados, nº 13.

SANZ MENÉNDEZ, L. y MUÑOZ, E. (1992): *Technology policy in Spain: issues, concerns and problems*, Documento de trabajo del CSIC- Instituto de Estudios Sociales Avanzados, nº 9.

SANZ MENÉNDEZ, L. y PFRETZSCHNER, J. (1992): "Política científica y gestión de la investigación", *Arbor*, nº 557, pp.9-51.

SANZ MENÉNDEZ, L., MUÑOZ, E. y GARCÍA, C. (1993): *Coordinación y evaluación de las políticas de ciencia y tecnología: lecciones de la historia reciente para el caso español*, Documento de trabajo del CSIC- Instituto de Estudios Sociales Avanzados, nº 1.

- SCHANKERMAN, M. (1981): "The effect of double counting and expending on the measurement returns to R&D", *Review of Economics and Statistics*, vol.63 pp.454-458.
- SCHERER, F.M. (1965): "Size of firm, oligopoly and, research: a comment", *Canadian Journal of Economics and Political Science*, vol.31, pp.255-266.
- SCHERER, F.M. (1983): "The propensity to patent", *International Journal of Industrial Organization*, vol.1, pp.107-128.
- SCHUMPETER, J.A. (1942): *Capitalismo, socialismo y democracia*, Ediciones Orbis, Barcelona, 1983.
- SEGERSTROM, P.S. (1991): "Innovation, imitation and economic growth", *Journal of Political Economy*, vol.99, n°4, pp.807-827.
- SEGERSTROM, P.S.; ANANT, T.C. y DINOPOULOS, E. (1990): "A Schumpeterian model of product life cycle", *American Economic Review*, vol.80, n°5, pp.1077-1091.
- SEGURA, J. (dir.) (1992): *Un panorama de la industria española*, Ministerio de Industria, Comercio y Turismo, Madrid.
- SENKER, J. y FAULKNER, W. (1992): "Industrial use of public sector research in advanced technologies: a comparison of biotechnology and ceramics", *R&D Management*, vol.22, n°2, pp.157-175.
- SHELL, K. (1973): "Inventive activity, industrial organization and economic growth", en Mirrlees, J. y Stern, N. (eds.): *Models of economic growth*, Wiley & Sons, Nueva York.
- SHESHINSKI, E. (1967): "Optimal accumulation with learning by doing", en Shell, K. (ed.): *Essays on the theory of optimal economic growth*, MIT Press, Cambridge, Mass..
- SIMPSON, R.D. y VONORTAS, N.S. (1994): "Cournot equilibrium with imperfectly appropriable R&D", *Journal of Industrial Economics*, vol.42, n°1, pp.79-92.
- SOETE, L. (1992): "Política tecnológica: su práctica y problemática en los países europeos", en Audretsch, D. et al.: *Política industrial, teoría y práctica*, Economistas Libros, Madrid.
- SOLOW, R. (1957): "Technical change and the aggregate production function", *Review of Economics and Statistics*, vol.39, pp.312-320.
- SOLOW, R.M. (1994): "Perspectives on growth theory", *Journal of Economic Perspectives*, vol.8, n°1, pp.45-54
- SPENCE, M. (1984): "Cost reduction, competition, and industry performance", *Econometrica*, vol.52, n°1, pp.101-121.
- SPENCER, B.J. y BRANDER, J.A. (1983): "International R&D rivalry and industrial strategy", *Review of Economic Studies*, vol.50, pp.707-722

-
- STIGLITZ, J.E. y WEISS, A. (1981): "Credit rationing in markets with imperfect information", *American Economic Review*, vol.71, nº3, pp.393-410.
- STOKEY, N. (1988): "Learning by doing and the introduction of new goods", *Journal of Political Economy*, vol.4, pp.63-80.
- SURÍS, J.M. (1986): *La empresa industrial española ante la innovación tecnológica*, Hispano Europea, Barcelona.
- SUZUMURA, K. (1992): "Cooperative and noncooperative R&D in an oligopoly with spillovers", *American Economic Review*, vol.82, nº5, pp.1307-1320.
- SWITZER, L. (1984): "The determinants of industrial R&D: a funds flow simultaneous equation approach", *Review of Economics and Statistics*, vol.66, pp.163-168.
- TANDON, P. (1984): "Innovation, market structure, and welfare", *American Economic Review*, vol.74, nº3, pp.394-403.
- TIROLE, J. (1990): *La teoría de la organización industrial*, Ariel, Barcelona.
- TITMAN, S. y WESSELS, R. (1988): "The determinants of capital structure choice", *Journal of Finance*, vol.34, nº1, pp.1-19.
- TORTOSA, E. (1993): "Las Oficinas de Transferencia de Resultados de Investigación", *Política Científica*, nº37, pp.25-30.
- TRAJTENBERG, M. (1989): "The Welfare analysis of product innovations, with an application to computed tomography scanners", *Journal of Political Economy*, vol.97, nº2, pp.444-479.
- TRIANA, E. (1990): "La política tecnológica del MINER", *Economía Industrial*, nº275, pp.21-28.
- TRIANA, E. (1991): "El sistema de promoción tecnológica", en Dorado, R.; Rojo, J.M.; Triana, E. y Martínez, F. (eds.): *Ciencia, tecnología e industria en España*, Fundesco, Madrid.
- UZAWA, H. (1965): "Optimal technical change in an aggregative model of economic growth", *International Economic Review*, vol.1, pp.18-31.
- VAN DIERDONK, R.V.; DEBACKERE, K. y ENGELEN, B. (1990): "University-industry relationships: How does the Belgian academic community feel about it?", *Research Policy*, vol.19, nº 6, pp.551-566.
- VICKERS, J. (1986): "The evolution of market structure when there is a sequence of innovations", *Journal of Industrial Economics*, vol.35, nº1, pp.1-12.
- WAN, H.Y. (1975): *Teorías modernas del crecimiento económico*, Vicens-Vives, Barcelona.

- WHITE, H. (1980): "A heteroscedasticity-consistent covariance matrix estimator and a direct test for heteroscedasticity", *Econometrica*, vol.48, pp.817-838.
- WHITED, T. (1992): "Debt, liquidity constraints, and corporate investment: evidence from panel data", *Journal of Finance*, vol.67, nº4, pp.1425-1460.
- WINTER, S.G. (1984): "Schumpeterian competition in alternative technological regimes", *Journal of Economic Behavior and Organization*, vol.5, pp.287-320.
- YAGÜE, M.J. (1992): "La actividad innovadora de la PME industrial española", *Economía Industrial*, nº284, pp.137-149.
- YOUNG, A. (1993a): "Invention and bounded learning by doing", *Journal of Political Economy*, vol.101, nº3, pp.443-472.
- YOUNG, A. (1993b): "Substitution and complementarity in endogenous innovation", *Quarterly Journal of Economics*, vol.108, nº3, pp.775-807.
- ZHANG, W.B. (1993): "Government's research policy and economic growth: capital, knowledge and economic structure", *Research Policy*, vol.22, pp.327-336.
- ZISS, S. (1994): "Strategic R&D with spillovers, collusion and welfare", *Journal of Industrial Economics*, vol.42, nº4, pp.375-393.