

UNIVERSIDAD REY JUAN CARLOS



FACULTAD DE CIENCIAS JURÍDICAS Y SOCIALES

Departamento de Economía Financiera y Contabilidad II

TESIS DOCTORAL

**La eficiencia de los centros públicos de investigación en el proceso de
transferencia de conocimiento y tecnología**

Dirigida por:

Dra. D^a. María A. de Vicente y Oliva y

Dr. D. Jaime Manera Bassa

Doctoranda:

D^a María del Rocío Guede Cid

Madrid, noviembre de 2011

Madrid, 22 de noviembre de 2011

Informe de los directores de la tesis doctoral

Dra. D^a M^a Auxiliadora de Vicente y Oliva.

Departamento de Economía Financiera y Contabilidad II y

Dr. D. Jaime Manera Bassa.

Departamento de Economía de la Empresa

Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales

Universidad Rey Juan Carlos

La Tesis Doctoral de D^a María del Rocío Guede Cid se encuentra dentro del estudio de la Transferencia del Conocimiento y la Tecnología, presentando un nuevo modelo de análisis de la eficiencia de los Centros Públicos de Investigación en el proceso de transferencia.

Este trabajo ha sido realizado para conseguir dos objetivos: la evaluación de la eficiencia de los centros públicos de investigación en el proceso de transferencia y la mejora de la capacidad discriminatoria del Análisis Envolvente de Datos. Ambas cuestiones no habían sido abordadas con anterioridad utilizando la metodología propuesta, proporcionando la Tesis un enfoque nuevo sobre la materia, por lo que se valora positivamente este trabajo y se propone como Tesis Doctoral ante el tribunal correspondiente.

Y para que así conste firmamos la presente,

M^a Auxiliadora de Vicente y Oliva

Jaime Manera Bassa

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer, en primer lugar, a mis directores de Tesis, Maux y Jaime, que me introdujeron en el mundo de la investigación universitaria. Gracias por la parte académica, por guiarme en este camino, por resolver mis dudas, por estar siempre disponibles y por todo el tiempo que me habéis dedicado. Y gracias sobre todo por la parte personal. Por la motivación que habéis sabido transmitirme y por la energía que habéis puesto en este trabajo.

Gracias a los compañeros del Grupo de Indicadores de RedOTRI por todo lo que he aprendido de vosotros, y gracias a Constantino Martínez por haberme facilitado el acceso a datos que permitieran desarrollar los objetivos de esta investigación.

Quiero mostrar mi enorme agradecimiento a Santiago por haber confiado en mí y haberme dado la oportunidad de dedicarme a la docencia. Gracias por el ánimo que siempre me has transmitido.

Gracias a todos mis compañeros profesores del Departamento de Economía Financiera y Contabilidad II, por haberme prestado ayuda siempre que lo he necesitado y por haberme apoyado hasta el final en la realización de este trabajo.

Quiero agradecer a todas y cada una de las personas que me han ayudado y acompañado en este proyecto, animándome, mostrándome el camino, no dejando que decayera en los momentos duros y compartiendo las alegrías y los logros de cada etapa. Por ello, gracias a mi familia y a mis amigos. A los que habéis estado conmigo cuando iniciaba este trabajo y a los que me habéis dado el ánimo que necesitaba al final.

Se supone que las personas a las que van dirigidos los agradecimientos siempre se reconocen en ellos, porque saben cuánto y de qué manera han sido de ayuda. Sin embargo, no quiero dejar de expresar por escrito mi agradecimiento a las personas que me han ayudado de manera especial en los momentos clave de esta tesis. No quiero que el tiempo desdibuje lo que siento hoy.

Javi, gracias por abrirme las puertas de tu casa de Colonia para que pudiera centrarme y empezar a escribir y por el cariño y ánimo que siempre me has dado. Cris, muchas gracias por el aporte práctico y por las correcciones. Gracias por todos estos años, por ayudarme siempre y por estar disponible a cualquier hora. Desi, gracias por implicarte en este trabajo, por estar siempre dispuesta a ayudarme, por las revisiones finales, por estar a mi lado. Leti, gracias por el apoyo en los momentos difíciles. Pablo, gracias por el ánimo que me has dado. Javi, gracias por la motivación y por la constancia que me has ayudado a tener en este tiempo, por tu apoyo incondicional y por hacer que todo parezca fácil. Gracias sobre todo por las pequeñas cosas de cada día.

Muchas gracias Ana, por tantas cosas. Por el esfuerzo que has invertido en revisar este trabajo y en infundirme los ánimos necesarios, y también por devolverme a la tierra cuando hacía falta. Pero sobre todo, gracias por ser una hermana para mí. Gracias también a Miguel, mi ahijado pequeño, por alegrarme la vida con sus ojos y su sonrisa.

Por último, quiero dedicar este trabajo a mis padres. Gracias por todo lo que me habéis enseñado, el valor del trabajo y la responsabilidad, por el cariño, el ánimo y la fuerza que me habéis dado y por apoyarme siempre y de manera incondicional en todos los caminos que decida recorrer.

Índice

Índice

Introducción	1
I. La transferencia de conocimiento: aspectos generales.....	13
I. 1. Sistema Español de Ciencia y Tecnología y la I+D+i en España.....	15
I.1.1. El Sistema de Ciencia y Tecnología en España	15
I.1.1.a. La Legislación en el Sistema Español de Ciencia y Tecnología	15
I.1.1.b. El Sistema Español de Ciencia y Tecnología	18
I.1.1.c. Políticas de I+D+i.....	20
I.1.2. Instrumentos de planificación del Sistema Español de Ciencia y Tecnología.....	21
I.1.2.a. La Estrategia Nacional de Ciencia y Tecnología.....	22
I.1.2.b. INGENIO 2010	25
I.1.2.c. Plan Nacional de I+D+i.....	29
I.1.2.c.1. Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica 2008-2011	30
I.1.2.c.2. Estructura del Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica 2008-2011	31
I.1.2.c.3. Seguimiento de los indicadores del Plan Nacional de I+D+i 2008-2011 ..	35
I.1.2.d. Programa de trabajo anual.....	35
I.1.2.e. Sistema Integral de Seguimiento y Evaluación	36
I.1.3. La I+D+i en España en la actualidad	38
I.1.3.a. Situación de la I+D+i en España	38
I.1.3.b. Estudio detallado de algunos datos de I+D en España. Comparación internacional.....	42
I.1.3.b.1. Recursos destinados a la I+D	42
I.1.3.b.2. Resultados de investigación	53
I.1.3.b.3. Otros datos de interés	55
I. 2. La Transferencia de Conocimiento y Tecnología.....	58
I.2.1. La transferencia de conocimiento y tecnología	58
I.2.1.a. Introducción a la transferencia de conocimiento.....	58
I.2.1.b. Transferencia de conocimiento y transferencia de tecnología	59
I.2.1.b.1. La tecnología.....	59
I.2.1.b.2. Transferencia de tecnología	60
I.2.1.b.3. Transferencia de conocimiento	61
I.2.1.c. Modelos de transferencia de conocimiento y tecnología.....	62
I.2.1.d. La tercera misión de la universidad.....	69
I.2.1.d.1. Definiciones de la tercera misión y su adopción por parte de la Comisión Europea.....	69
I.2.1.d.2. Espacio Europeo de Investigación	71
I.2.1.e. La transferencia de conocimiento de la universidad a la empresa: una visión histórica	73
I.2.2. Estructura de la transferencia de conocimiento y tecnología en España	74
I.2.2.a. La función transferencia	74
I.2.2.a.1. La utilización del conocimiento y la transferencia tecnológica: quinta Línea Instrumental de Actuación del Plan Nacional	75
I.2.2.a.2. La transferencia de conocimiento como elemento central de la Estrategia Estatal de Innovación (e2i).....	75
I.2.2.b. Modelo dinámico de la transferencia de conocimiento: concepto de la triple hélice	76
I.2.2.c. Estructuras de intermediación de la transferencia de conocimiento.....	78
I.2.2.c.1. Oficinas de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI)	79
I.2.2.c.2. Parques Científicos y Tecnológicos	79
I.2.2.c.3. Centros Tecnológicos y Centros de Apoyo a la Innovación Tecnológica.....	82
I.2.2.c.4. Plataformas Tecnológicas.....	83
I.2.2.c.5. Fundaciones Universidad Empresa	84
I.2.2.c.6. Centros Europeos de Empresas e Innovación.....	85
I.2.2.c.7. Otras estructuras de intermediación	86

I.2.2.d. Instrumentos para la transferencia de conocimiento y la explotación de los resultados.....	88
I.2.2.d.1. La interacción con terceros en actividades de I+D y apoyo técnico	90
I.2.2.d.2. La protección del conocimiento	91
I.2.2.d.3. Licencias	94
I.2.2.d.4. Creación de empresas de base tecnológica.....	95
I.2.2.d.5. Transferencia del conocimiento tácito	96
I.2.3. Situación de la transferencia del conocimiento universitario en España	97
I.2.3.a. Actividad de transferencia en España.....	97
I. 3. Oficinas de Transferencia.....	111
I.3.1. Oficinas de Transferencia de Tecnología	111
I.3.1.a. Introducción	111
I.3.1.b. ¿Por qué surgen las Oficinas de Transferencia?.....	112
I.3.1.b.1. Algunos estudios sobre el establecimiento de Oficinas de Transferencia	112
I.3.1.c. Funciones, servicios y misión de las Oficinas de Transferencia	113
I.3.1.c.1. Funciones y servicios de las Oficinas de Transferencia	113
I.3.1.c.2. Misión de las Oficinas de Transferencia	114
I.3.1.d. El papel de las Oficinas de Transferencia en la comercialización del conocimiento	116
I.3.1.e. Análisis de los diferentes modelos de Oficinas de Transferencia de Conocimiento y Tecnología	117
I.3.1.e.1. Las Oficinas de Transferencia de Tecnología en Europa	118
I.3.1.e.2. Los modelos de Oficinas de Transferencia en Estados Unidos y en Europa	119
I.3.2. Las Oficinas de Transferencia en España: Las Oficinas de Transferencia de Resultados de Investigación	119
I.3.2.a. Introducción	119
I.3.2.b. Origen de las OTRI	120
I.3.2.c. Evolución histórica de las OTRI	121
I.3.2.d. Misión y funciones de las OTRI	123
I.3.2.e. Instrumentos de las OTRI.....	124
I.3.2.f. Situación de las OTRI universitarias en 2009.....	125
I.3.2.f.1. La universidad.....	125
I.3.2.f.2. El personal de transferencia en universidades y el personal de la OTRI	128
I.3.2.f.3. Funciones desempeñadas por las OTRI	130
I.3.2.f.4. Financiación de las OTRI	132
II. Técnicas utilizadas.....	135
II. 1. Eficiencia	137
II.1.1. Estudios sobre la eficiencia	137
II.1.2. Eficiencia técnica, eficiencia asignativa y eficiencia global.....	138
II.1.3. Determinación de la frontera eficiente: métodos paramétricos y no paramétricos.....	142
II. 2. Análisis Envolvente de Datos	144
II.2.1. Historia y Referencias	145
II.2.2. Aplicación de la técnica DEA	146
II.2.2.a. El conjunto de posibilidades de producción.....	146
II.2.2.b. Orientación del modelo.....	147
II.2.2.c. Rendimientos a escala.....	150
II.2.3. Formulación del problema. Modelos.....	150
II.2.3.a. El modelo CCR	150
II.2.3.b. El modelo BCC	158
II.2.3.c. Otros modelos. Evolución de la metodología.	161
II.2.4. Eficiencia cruzada y matriz de eficiencias cruzadas.....	162
II. 3. Limitaciones del Análisis Envolvente de Datos.....	166
II.3.1. Relacionados con la homogeneidad de las unidades a analizar.....	166
II.3.2. Relacionados con la selección de inputs y outputs.....	168

II.3.3. Relacionados con la medida de los factores	170
II.3.4. Relacionados con la flexibilidad en los pesos	172
II.3.5. Relacionados con las restricciones a los pesos	173
II. 4. Soluciones propuestas a las limitaciones encontradas en la aplicación del Análisis Envolvente de Datos	177
II.4.1. Solución al problema de la dimensionalidad	177
II.4.1.a. Análisis de Componentes Principales	178
II.4.1.b. Tratamiento de los valores negativos en el Análisis Envolvente de Datos	180
II.4.2. Solución al problema de la clasificación de las unidades eficientes	182
II.4.2.a. Los métodos Electre	182
II.4.2.b. Aplicación del Electre TRI al problema	186
III. Análisis empírico	187
III. 1. Evidencias anteriores	189
III.1.1. Revisión de la literatura	189
III.1.1.a. ¿Cómo medir la productividad de los centros públicos de investigación en el proceso de transferencia?	189
III.1.1.b. Aplicación del Análisis Envolvente de Datos en la evaluación de la eficiencia de la transferencia de conocimiento	198
III.1.1.c. Trabajos sobre el comportamiento de las universidades españolas en transferencia de conocimiento	203
III.1.2. Datos disponibles sobre la actividad de transferencia de conocimiento	205
III.1.2.a. Las encuestas de transferencia de conocimiento en el ámbito internacional	206
III.1.2.b. Datos sobre la actividad de transferencia de conocimiento en España. La encuesta RedOTRI	211
III. 2. Análisis empírico	213
III.2.1. Datos utilizados en el análisis empírico	213
III.2.1.a. Procedencia de los datos	213
III.2.1.b. Selección de variables	214
III.2.2. Primer Análisis DEA	218
III.2.2.a. Variables utilizadas	218
III.2.2.b. Selección del modelo	218
III.2.2.c. Resultados del primer DEA	220
III.2.3. Aplicación del Análisis de Componentes Principales	222
III.2.3.a. Aplicación del Análisis de Componentes Principales al conjunto de inputs	223
III.2.3.b. Aplicación del Análisis de Componentes Principales al conjunto de outputs	224
III.2.4. Segundo Análisis DEA	225
III.2.4.a. Tratamiento de los valores negativos y modelo utilizado	225
III.2.4.b. Resultados del segundo DEA	228
III.2.5. Análisis de robustez de las unidades eficientes	236
III.2.5.a. Aplicación del Electre TRI	237
III.2.5.b. Resultados de la aplicación del Electre TRI	238
III.2.6. Resultados de la investigación	239
III.2.6.a. Influencia de las características de las universidades y de las OTRI en la eficiencia	239
III.2.6.b. Análisis regional de los resultados	241
Conclusiones	251
Bibliografía	261

Índice de tablas

Tabla 1. Indicadores de I+D	25
Tabla 2. Programas y actuaciones	27
Tabla 3. Previsión de los indicadores del Plan Nacional de I+D+i 2008-2011 establecidos en la ENCYT	31
Tabla 4. Líneas de actuación y programas nacionales.....	34
Tabla 5. Indicadores del Plan Nacional de I+D+i 2008-2011 en 2008 y 2009, y previsión para 2011.....	35
Tabla 6. Presupuestos para el ejercicio 2009	37
Tabla 7. Líneas instrumentales de actuación.....	37
Tabla 8. Principales indicadores del sistema español de innovación según el INE en 2000, 2005, 2007 y 2008	39
Tabla 9. Gasto y esfuerzo en I+D de los países de la OCDE en 2008	41
Tabla 10. Comparación internacional de la situación de España según datos de la OCDE, 2007	41
Tabla 11. Evolución del gasto interno en I+D por sectores. Periodo 2001-2009.....	43
Tabla 12. Gastos internos totales en actividades de I+D en relación con el PIB por sectores	45
Tabla 13. Diferencia entre el esfuerzo en gasto en I+D sobre el PIB en 2008.....	46
Tabla 14. Gastos internos totales/PIB (%)	47
Tabla 15. Evolución del personal dedicado a actividades de I+D por sectores.....	49
Tabla 16. Evolución del número de investigadores en EDP por sectores	51
Tabla 17. Evolución del porcentaje de investigadores sobre el personal total empleado en actividades de I+D por sector	52
Tabla 18. Producción científica real española, de los países de Europa Occidental y del mundo en “Scopus” entre 2000 y 2008.....	54
Tabla 19. Evolución de las solicitudes de patentes con efectos en España (2000-2009)	54
Tabla 20. Evolución de las concesiones de patentes con efectos en España.....	55
Tabla 21. Presupuestos Generales del Estado para I+D (Política de gasto 46) para el periodo 1996-2010...	56
Tabla 22. Empresas que realizan actividades de I+D.....	57
Tabla 23. Elementos del modelo de transferencia de Bozeman	65
Tabla 24. Número de estructuras de intermediación de transferencia de conocimiento y tecnología en España, año 2010	86
Tabla 25. Actividades y financiación obtenida por la interacción con terceros	90
Tabla 26. Datos relativos a spin-off universitarias.....	108
Tabla 27. Evolución de las concesiones y del importe movilizado en las convocatorias del Programa Torres Quevedo.....	110
Tabla 28. Principales indicadores de output de la transferencia universitaria española.....	110
Tabla 29. Funciones asignadas a las OTRI	131
Tabla 30. Clasificación de los modelos frontera	143
Tabla 31. Ejemplo de combinación de unidades	169
Tabla 32. Limitaciones del DEA y posibles soluciones	176
Tabla 33. Selección de estudios sobre productividad o eficiencia de centros públicos de investigación	193
Tabla 34. Selección de estudios sobre creación de empresas de base tecnológica universitarias	196
Tabla 35. Encuestas periódicas sobre la actividad de transferencia de conocimiento en los centros públicos de investigación	209
Tabla 36. Indicadores principales sobre transferencia de conocimiento	211
Tabla 37. Tasa de respuesta de la Encuesta RedOTRI 2009	214

Tabla 38. Variables utilizadas en el primer DEA.....	218
Tabla 39. Puntuaciones de eficiencia obtenidas en el primer DEA.....	221
Tabla 40. Varianza explicada para cada factor y su relación con los inputs originales.....	223
Tabla 41. Relación de los factores con los inputs originales.....	223
Tabla 42. Varianza explicada para cada factor y su relación con los outputs originales.....	224
Tabla 43. Relación de los factores con los outputs originales.....	224
Tabla 44. Variables utilizadas en el segundo DEA.....	227
Tabla 45. Puntuaciones de eficiencia obtenidas en el segundo DEA.....	228
Tabla 46. Pesos considerados en la aplicación del segundo DEA.....	231
Tabla 47. Conjuntos de referencia de las unidades no eficientes.....	234
Tabla 48. Valores objetivo de las unidades ineficientes.....	235
Tabla 49. Clasificaciones de robustez basadas en la matriz de eficiencias cruzadas.....	239
Tabla 50. Matriz de estructura del análisis discriminante.....	241
Tabla 51. Distribución del gasto interno en I+D por comunidades autónomas. Año 2009.....	246
Tabla 52. Distribución del gasto interno en I+D en el sector de enseñanza superior por comunidades autónomas. Año 2009.....	247
Tabla 53. Distribución del gasto de las empresas en actividades innovadoras. Año 2009.....	248

Índice de gráficos

Gráfico 1. Evolución del gasto interno en I+D y de su variación anual.....	43
Gráfico 2. Evolución de la variación anual del gasto interno en I+D por sectores	44
Gráfico 3. Evolución de la estructura del gasto interno en I+D por sectores	44
Gráfico 4. Gasto interno en I+D en relación al PIB y su variación anual	45
Gráfico 5. Estructura del gasto en I+D en relación con el PIB por sectores	46
Gráfico 6. Gasto interno en I+D en relación al PIB (%) en 2008	48
Gráfico 7. Evolución del personal dedicado a actividades de I+D y de su variación anual.....	49
Gráfico 8. Evolución de la variación anual del personal de I+D por sectores	50
Gráfico 9. Estructura porcentual del personal dedicado a actividades de I+D por sectores.....	51
Gráfico 10. Distribución porcentual del número de investigadores en EDP por sectores.....	52
Gráfico 11. Estructura del gasto por investigador EDP por sector.....	53
Gráfico 12. Evolución de los Presupuestos Generales del Estado para I+D y variación anual.....	56
Gráfico 13. Evolución del volumen de I+D contratada.....	98
Gráfico 14. Evolución de la interacción con terceros en I+D y apoyo técnico	99
Gráfico 15. Distribución de la I+D contratada por tipo de actividad	99
Gráfico 16. Distribución de los importes contratados en actividades de I+D y apoyo técnico según importe contratado en millones de euros.....	100
Gráfico 17. Evolución de la distribución del número de comunicaciones de invención por universidades	101
Gráfico 18. Evolución de las solicitudes de patente.....	102
Gráfico 19. Evolución del número de concesiones de patente	102
Gráfico 20. Evolución del número de contratos de licencia.....	103
Gráfico 21. Evolución de los ingresos procedentes de licencias.....	104
Gráfico 22. Evolución de las licencias por tipo de contrato.....	104
Gráfico 23. Evolución de las licencias por tipo de contrato (en porcentaje).....	105
Gráfico 24. Distribución de las licencias por tipo de contrato en 2009.....	105
Gráfico 25. Naturaleza de las empresas licenciatarias de resultados de investigación universitaria en 2009	106
Gráfico 26. Evolución del número de spin-off en el periodo 2004 - 2009.....	107
Gráfico 27. Número de universidades según el total de spin-off creadas	107
Gráfico 28. Evolución de spin-off universitarias creadas en el periodo 2004-2009	108
Gráfico 29. Evolución del porcentaje de investigadores por sector	109
Gráfico 30. Número de OTT en algunos países de la UE	118
Gráfico 31. Evolución del número de OTRI	123
Gráfico 32. Evolución del tipo de OTRI en España.....	123
Gráfico 33. Peso del gasto en I+D en relación al gasto total.....	126
Gráfico 34. Origen de fondos de la I+D universitaria	127
Gráfico 35. Distribución del personal académico e investigador en EDP por universidades	127
Gráfico 36. Proporción del PDI que participó en actividades de transferencia.....	128
Gráfico 37. Estructura del personal de transferencia en universidades y OTRI.....	128
Gráfico 38. Evolución de la estructura del personal de las OTRI	129
Gráfico 39. Distribución del personal técnico de OTRI en EDP de personal técnico.....	130
Gráfico 40. Funciones desempeñadas por las OTRI	131

Gráfico 41. Estructuras de apoyo a la transferencia	132
Gráfico 42. Financiación de las OTRI en 2009	133
Gráfico 43. Evolución de la distribución de la financiación de las OTRI.....	133
Gráfico 44. Distribución de las puntuaciones de eficiencia en el primer DEA	222
Gráfico 45. Distribución de las puntuaciones de eficiencia en el segundo DEA	229
Gráfico 46. Comparativa de los resultados del primer y segundo DEA.....	229
Gráfico 47. Frecuencia del conjunto de referencia.....	233
Gráfico 48. Mejora potencial del conjunto de unidades ineficientes	236
Gráfico 49. Número de universidades eficientes en el proceso de transferencia de conocimiento y tecnología por comunidades autónomas. Año 2009.....	242
Gráfico 50. Distribución de las unidades eficientes por comunidades autónomas.....	243
Gráfico 51. Distribución regional de las universidades eficientes	243
Gráfico 52. Número de universidades robustamente eficientes por comunidades autónomas.....	244
Gráfico 53. Número de universidades no robustamente eficientes por comunidades autónomas.....	245
Gráfico 54. Peso del gasto en I+D e innovación en regiones con universidades eficientes	249
Gráfico 55. Peso del gasto en I+D e innovación en regiones con universidades robustamente eficientes 249	

Índice de figuras

Figura 1. Contingent Effectiveness Technology Transfer Model	63
Figura 2. Modelo de Capart (2003) adoptado por Proton Europe.....	68
Figura 3. Triángulo del conocimiento	72
Figura 4. Configuración de la Estrategia Estatal de Innovación	76
Figura 5. Esquema de transferencia adoptado por el Ministerio de Ciencia e Innovación.....	77
Figura 6. Eficiencia técnica.....	138
Figura 7. Eficiencia Asignativa o Eficiencia Precio.....	140
Figura 8. Hipótesis de la frontera eficiente	141
Figura 9. Orientaciones en DEA	149
Figura 10. Fronteras eficientes en CRS y VRS	159
Figura 11. Fronteras eficientes y economías de escala.....	167
Figura 12. Variables consideradas en el primer DEA	220
Figura 13. Variables consideradas en el segundo DEA	227

Introducción

En los últimos años la transferencia de conocimiento y tecnología se ha convertido en una actividad clave para centros de investigación, empresas y gobiernos. Para lograr el objetivo de alcanzar una economía basada en el conocimiento, es necesario que el conocimiento generado en los centros de investigación se transfiera al tejido empresarial y a la sociedad.

La transferencia de conocimiento es, pues, parte fundamental del objetivo de construir una economía basada en el conocimiento, de forma que este sea la herramienta fundamental generadora de valor y riqueza. La generación de conocimiento en sí misma no impacta directamente en el desarrollo económico, sino que es necesario que ese conocimiento sea transferido a las empresas y que mediante él se generen innovaciones que mejoren los procesos productivos, tanto de productos como de servicios.

El concepto de transferencia de conocimiento hace referencia a la investigación y al conocimiento generado en cualquier área, comprendiendo tanto el generado en áreas tecnológicas como en el resto de áreas, ya sean humanidades, ciencias sociales u otras áreas científicas no tecnológicas.

Por tanto, el concepto de transferencia de conocimiento es más amplio y completo que el de transferencia de tecnología. Este último se incluye dentro de la transferencia de conocimiento y es relativo a la parte del conocimiento transferido que genera tecnología. Sin embargo se suele hacer referencia a la transferencia de conocimiento como “transferencia de conocimiento y tecnología”.

La comercialización y el impacto económico de la transferencia se complementan con beneficios sociales, culturales y personales. Es importante considerar que no solo se transfieren productos, lo que debe transferirse es el conocimiento de sus usos y aplicaciones.

De esta forma, en el proceso de transferencia de conocimiento y tecnología se transfieren tanto recursos como capacidades. La transferencia de capacidades comprende por una parte la transferencia del conocimiento experto generado o adquirido por los investigadores y técnicos, así como de los recursos tangibles e intangibles utilizados en los proyectos que dan como resultado innovaciones. Por su parte, la transferencia de resultados hace referencia a la transferencia de los productos de conocimiento protegidos vía patente u otra forma de protección.

Para entender el proceso de transferencia de conocimiento y tecnología, es necesario conocer los actores que participan en él. Todos los actores del proceso de transferencia pertenecen a los sistemas de innovación. Así, los centros de investigación públicos o privados generan el conocimiento que debe ser transferido a las empresas para que lo incorporen a sus procesos y lo hagan llegar al mercado. La Administración incentiva la transferencia mediante la creación de herramientas de financiación y de espacios físicos que acercan los centros de investigación a las empresas. Por su parte, las estructuras de interfaz actúan como catalizadoras de las relaciones entre los centros de investigación y las empresas.

La **transferencia de conocimiento y tecnología universitaria** ha cobrado protagonismo con el surgimiento y la consolidación de la tercera misión de la

universidad. A las funciones tradicionales de enseñanza e investigación se ha sumado una tercera, en la que se incluye la transferencia del conocimiento generado.

La importancia estratégica de la transferencia de conocimiento y tecnología universitaria se fundamenta en tres aspectos: constituye una fuente de innovación para las empresas, una fuente de recursos para la universidad y una herramienta clave para los gobiernos, ya que potencia el crecimiento de la economía nacional y regional.

Por una parte, el conocimiento transferido incrementa la competitividad de las empresas, ya que mediante este se introducen mejoras en el modelo de negocio, favoreciendo el desarrollo y la expansión del tejido empresarial. Esto, como es lógico, supone un avance hacia el objetivo de construir una economía basada en el conocimiento.

En segundo lugar, la actividad de transferencia supone un incremento de recursos para la universidad, lo que le permite, además de contribuir a su financiación, contar con medios para desarrollar nuevas investigaciones. Asimismo, en algunos casos el proceso de transferencia puede requerir la contratación de personal, con la consecuente creación de empleo en la institución.

En tercer lugar, la transferencia de conocimiento y tecnología contribuye a la activación de la economía, mejorándola tanto a nivel nacional como regional. En términos nacionales, la mejora de los procesos productivos y el incremento de la intensidad innovadora de las empresas contribuyen a la activación de la economía, proporcionando mejores resultados económicos.

A nivel regional, el proceso de transferencia cobra si cabe una mayor importancia, ya que los instrumentos de transferencia, como proyectos de investigación colaborativa o creación de empresas de base tecnológica, originan por una parte la inyección de capital en la universidad y por otra la generación de empleo y de nuevas empresas en la zona.

Dada la importancia estratégica de la transferencia de conocimiento y tecnología, resulta clave evaluar la eficiencia de los centros de investigación en este proceso, con el fin de obtener una visión clara sobre el comportamiento de las universidades en la actividad de transferencia.

La revisión de la literatura relacionada con la evaluación de la eficiencia de las universidades en el proceso de transferencia muestra que en muchos casos el análisis de eficiencia se complementa con el estudio de la actividad de las oficinas de transferencia.

El término oficina de transferencia hace referencia a organizaciones que actúan como intermediarios en actividades de transferencia de conocimiento y tecnología, desde las universidades y centros de investigación públicos o privados al tejido empresarial. En Estados Unidos se llaman Oficinas de Transferencia de Tecnología, término que se ha extendido a nivel internacional.

Las Oficinas de Transferencia de Tecnología actúan como catalizadores en las relaciones entre centros de investigación y las empresas, colaborando en la transferencia de conocimiento mediante instrumentos como gestión de licencias y patentes, proyectos de I+D o creación de empresas de base tecnológica. Son instrumentos que mejoran las relaciones entre universidad e industria y que potencian la innovación.

En España las Oficinas de Transferencia de Tecnología se denominan Oficinas de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI). Las OTRI fueron concebidas dentro del I Plan Nacional de I+D 1988-1991 para actuar como elemento catalizador y dinamizador de las relaciones entre el entorno científico y productivo.

Las OTRI son estructuras que fomentan y facilitan la cooperación en actividades de I+D entre investigadores y empresas, tanto en el marco nacional como europeo. Para ello identifican las necesidades tecnológicas de los sectores socioeconómicos y favorecen la transferencia de tecnología entre el sector público y el privado.

Las OTRI surgieron en 1988 y en 1996 se les otorgó carácter oficial con la creación de un Registro Oficial de OTRI en la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología. En la actualidad, las OTRI están presentes en la totalidad de universidades públicas y en algunas universidades privadas, así como en los Organismos Públicos de Investigación (OPI), en algunas Fundaciones Universidad Empresa y en algunos Centros Tecnológicos.

En lo referente a evidencias de estudios anteriores sobre eficiencia de los centros públicos de investigación en el proceso de transferencia de conocimiento y tecnología, es en Estados Unidos donde se han venido desarrollando trabajos sobre este tema en los últimos veinte años, mientras que en Europa se han comenzado a desarrollar más recientemente.

Sin embargo, la eficiencia de los centros de investigación en España no ha sido objeto de estudio hasta el año 2007, en el que se realizó el primer trabajo¹ sobre la eficiencia de las Oficinas de Transferencia de Resultados de Investigación.

Este primer trabajo surgió como resultado de un proyecto de investigación subvencionado por el Ministerio de Educación y Ciencia², cuyo objetivo era la evaluación de la eficiencia del Programa de Ayudas concedidas a las Oficinas de Transferencia de Resultados de Investigación³.

En este proyecto se consideró el conjunto de oficinas pertenecientes al Registro Oficial de OTRI. Este conjunto estaba formado por cuatro tipos de estructuras: OTRI universitarias, Organismos Públicos de Investigación, Centros Tecnológicos y Fundaciones. Se apreciaron importantes diferencias en cuanto al comportamiento de estos cuatro tipos de estructuras de intermediación, concluyendo que era necesario evaluar la eficiencia de las distintas unidades de forma separada.

Con la exposición institucional de los resultados del proyecto se entró en contacto con la Red de Oficinas de Transferencia de Resultados de Investigación de las Universidades Españolas (RedOTRI). Esta red tiene como finalidad potenciar y difundir

¹ "Using MCDA to improve DEA analysis results for Technology Transfer Offices in Spain." (De Vicente et al., 2007)

² El proyecto comenzó en el año 2005, subvencionado por el entonces llamado Ministerio de Educación y Ciencia.

³ Este proyecto fue desarrollado de forma conjunta con la OTRI de la Universidad Rey Juan Carlos.

el papel de las universidades como elementos esenciales dentro del sistema de ciencia, tecnología y empresa, y potenciar el desarrollo y la profesionalización de las OTRI.

Tras la presentación de los resultados, se nos ofreció la posibilidad de contar con los datos de la Encuesta RedOTRI de universidades con el fin de focalizar la investigación en el análisis de la eficiencia de las universidades en la actividad de transferencia.

Este hecho, unido a la importancia estratégica de la transferencia universitaria, ha servido de motivación para el desarrollo esta investigación.

Objetivos de la investigación

Se persiguen dos objetivos con la realización de esta tesis. El primero de ellos consiste en evaluar la eficiencia de los centros públicos de investigación españoles en el proceso de transferencia de conocimiento y tecnología.

Para ello se han analizado todos los métodos que permiten valorar la eficiencia, concluyendo que el más adecuado consiste en la aplicación del Análisis Envolvente de Datos (DEA). Este, al ser un modelo no paramétrico, permite la libre determinación de la frontera eficiente y permite que las unidades evaluadas sean eficientes a su manera si gestionan bien los recursos con los que cuentan. Sin embargo, a pesar de ser el método más adecuado, presenta una serie de limitaciones, y es en este punto donde surge el segundo objetivo de esta tesis.

Así, en segundo lugar, se pretende solventar las limitaciones que surjan de la aplicación del Análisis Envolvente de Datos mediante la complementación con técnicas multidimensionales y de decisión multicriterio.

El segundo de los objetivos de esta tesis es demostrar que es posible incrementar el poder discriminatorio del Análisis Envolvente de Datos mediante la aplicación del Electre TRI sobre el conjunto de unidades eficientes.

La metodología original que se propone en esta tesis fue probada por los autores en trabajos sobre la eficiencia de las OTRI universitarias (De Vicente et al., 2008) y sobre la eficiencia innovadora de los sectores de la economía española (De Vicente et al., 2010 y Guede et al., 2011).

Las hipótesis de la tesis quedan definidas de la siguiente forma:

- Hipótesis 1: es posible evaluar la eficiencia de los centros públicos de investigación españoles en la actividad de transferencia de conocimiento y tecnología*
- Hipótesis 2: es posible incrementar el poder discriminatorio del Análisis Envolvente de Datos mediante la aplicación del Electre TRI sobre el conjunto de unidades eficientes*

Con el desarrollo de este trabajo y si se comprueban las hipótesis expuestas, se obtendrán resultados sobre la eficiencia de las universidades públicas en la función de transferencia, lo que contribuirá a la comprensión del panorama de la transferencia de conocimiento y tecnología en España.

Asimismo, se demostrará que la utilización conjunta del Análisis Envolvente de Datos con métodos de decisión multicriterio proporciona resultados de eficiencia más robustos.

Una vez expuestos la importancia del tema de estudio y los objetivos y las hipótesis de la investigación, se hará una breve descripción del análisis que se propone y de las aportaciones metodológicas de este trabajo.

Antes de abordar el marco metodológico de la tesis, es conveniente definir la eficiencia. El concepto de eficiencia está relacionado con la utilización óptima de los recursos productivos en el proceso de producción de una unidad o empresa que opera según la tecnología existente. La eficiencia se determina mediante el análisis del nivel de inputs que una unidad o empresa emplea en su proceso de producción de bienes o servicios y del nivel de outputs que produce.

Existen diversos métodos que permiten la evaluación de la eficiencia mediante el cálculo de la distancia de la unidad analizada a la frontera eficiente. Estos métodos se clasifican en función de la forma de especificación o estimación de la frontera. Se diferencia así entre métodos paramétricos, que requieren la especificación previa de la forma funcional de la frontera, y no paramétricos.

En los métodos paramétricos se estiman los parámetros de la función de producción mediante modelos econométricos o de programación matemática. En los métodos no paramétricos se define el conjunto de posibilidades de producción a partir de supuestos sobre la tecnología. Una vez determinada la frontera eficiente, el índice de eficiencia se calcula mediante la distancia de la unidad evaluada a dicha frontera.

Es importante destacar que la eficiencia obtenida es una medida relativa, es decir, se puede medir la eficiencia de una unidad comparándola con la eficiencia de las unidades del grupo de comparación. Del análisis de las ventajas e inconvenientes de los distintos métodos se deduce que el Análisis Envolvente de Datos constituye la técnica más adecuada en este caso.

De esta forma, se utilizará el Análisis Envolvente de Datos para evaluar la eficiencia de las universidades en el proceso de transferencia. Con la utilización de esta técnica es posible evaluar la eficiencia de un conjunto de unidades mediante la obtención de una frontera eficiente y el cálculo de la distancia de cada una de las medidas de eficiencia individuales a dicha frontera, obteniendo así la eficiencia relativa de cada una de las unidades.

En la aplicación del DEA no se impondrán restricciones a los pesos, lo que permitirá que cada universidad que gestione sus recursos de forma que le permita obtener el máximo nivel de productos sea clasificada como eficiente, independientemente de sus características.

En este trabajo se evalúa la eficiencia de 44 universidades públicas mediante el análisis de datos procedentes de la encuesta RedOTRI 2009. En lo referente a la selección de variables, se persigue recoger la máxima información disponible respecto a los recursos utilizados y a los productos obtenidos en el proceso de transferencia universitaria. Se pretende de esta forma obtener una evaluación fiel y completa de la actividad de transferencia de conocimiento y tecnología en los centros públicos de investigación.

Así, se consideran por una parte todos los recursos con los que cuenta el centro de investigación para favorecer el proceso de transferencia, que son variables relativas a la universidad y a la OTRI.

Por otra parte se consideran datos referentes a todos los productos del proceso de transferencia, que corresponden a variables relativas a los instrumentos o mecanismos de transferencia utilizados por las universidades.

Hasta ahora, la mayoría de estudios se centraban bien en el análisis de actividades de protección de la propiedad industrial y de acuerdos de licencia, o bien en el estudio de la creación de empresas de base tecnológica, o a lo sumo en la combinación de estos mecanismos.

Por ello, una de las grandes aportaciones de esta investigación consiste en la consideración como outputs de todas las actividades de transferencia de las universidades sobre las que se disponía de información.

Sin embargo, una de las principales limitaciones que presenta el Análisis Envolvente de Datos consiste en que su capacidad discriminatoria disminuye cuando se trabaja con un elevado número de variables.

Por ello, tras la aplicación de un primer DEA sobre el conjunto de variables originales, se propone reducir el número de variables mediante la aplicación del Análisis de Componentes Principales (ACP) sobre el conjunto de inputs y de outputs de forma separada. De esta forma, considerando los factores obtenidos del ACP como variables, podrá aplicarse un segundo DEA mediante el cual se obtendrán valores de eficiencia más realistas.

Será necesario considerar que las componentes principales toman en algunos casos valores negativos, lo que supondrá otra limitación del DEA que deberemos solventar. Se analizarán distintas formas de tratar los valores negativos en el Análisis Envolvente de Datos, realizando varias pruebas con distintas metodologías, para encontrar la forma más adecuada de tratarlos en este caso.

De la aplicación de un segundo Análisis Envolvente de Datos sobre el nuevo conjunto de variables obtenido a partir del ACP se obtendrá como resultado la evaluación de la eficiencia de las universidades, distinguiendo entre las que son eficientes y las que no lo son.

El Análisis Envolvente de Datos ofrece ratios de eficiencia para las unidades ineficientes, de forma que permite elaborar un ranking de eficiencia y ordenar dichas unidades. Sin embargo, con respecto a las unidades que resultan ser eficientes, únicamente indica que lo son, pero no permite establecer distinciones entre ellas.

Cuando se aplica el Análisis Envolvente de Datos sin establecer restricciones a los pesos, puede ocurrir que alguna unidad con un comportamiento poco realista resulte ser eficiente. Para evitar que esto ocurra, sería interesante realizar distinciones dentro del grupo de unidades eficientes.

Se propone en esta tesis la aplicación de una nueva metodología que permita distinguir dentro del conjunto de unidades eficientes cuáles son robustamente eficientes y cuáles

son no robustamente eficientes. Si una universidad eficiente lo es no solo con los pesos que el DEA le ha aplicado, que son los más favorables en su caso, sino también es eficiente con los pesos que el DEA ha asignado al resto de unidades eficientes, esa universidad será robustamente eficiente. En caso contrario, presentará una eficiencia no robusta.

Para conseguir esta clasificación se aplicará un método de decisión multicriterio, el Electre TRI, sobre la matriz de eficiencias cruzadas de las universidades eficientes. De esta forma se obtendrán dos grupos en función de si la eficiencia que obtuvieron con el DEA es robusta o no. Así, las universidades robustamente eficientes presentarán un comportamiento más realista que las que no lo son.

La tesis se estructura en tres capítulos. Con el primero de ellos se pretende dar una visión general y completa sobre la actividad de transferencia de conocimiento en España. El segundo capítulo recoge información referente a las técnicas de análisis utilizadas en este trabajo. Por último, en el tercer capítulo se realiza una revisión exhaustiva de los estudios previos de evaluación de la productividad y eficiencia de las universidades y de las Oficinas de Transferencia de Tecnología, y se desarrolla el análisis empírico, presentando los resultados obtenidos.

Esta estructura nos permitirá extraer las conclusiones referidas a las hipótesis que se han planteado, y que se recogen una vez expuesta la investigación, junto con las futuras líneas de investigación surgidas a raíz de este trabajo.

A continuación se detallará brevemente el contenido de cada capítulo.

El **primer capítulo**, cuyo objetivo es perfilar la situación de la actividad de transferencia de conocimiento y tecnología en España, se estructura en tres partes.

La primera de ellas trata sobre el Sistema Español de Ciencia y Tecnología, y en ella se desarrollan aspectos relacionados con la legislación actual, con los instrumentos de planificación del sistema – la Estrategia Nacional de Ciencia y Tecnología, INGENIO 2010 y el Plan Nacional de I+D+i, entre otros – y se da una visión general de la situación de la I+D+i en España.

En la segunda parte del primer capítulo se desarrollan aspectos relacionados con el proceso y la actividad de transferencia. Para ello, en primer lugar se establece la terminología relacionada con la transferencia de conocimiento y tecnología mediante la revisión de la literatura publicada sobre el tema, y se analizan dos modelos de transferencia de conocimiento. Asimismo, se relaciona el concepto de transferencia con el establecimiento de la tercera misión de la universidad y con el Espacio Europeo de Investigación.

A continuación se analiza la estructura de la transferencia de conocimiento en España. Para ello se describe la función transferencia, destacando la importancia que ha cobrado en nuestro país en los últimos años a nivel institucional, ya que constituye la quinta línea de actuación del Plan Nacional de I+D+i 2008-2011 y es el elemento central de la Estrategia Nacional de Innovación. Se describe también en este apartado el modelo de transferencia de la triple hélice, adoptado por el Ministerio de Ciencia e Innovación. Posteriormente se analizan en profundidad los distintos tipos de estructuras de

intermediación existentes en España, así como los instrumentos que hacen posible el proceso de transferencia.

Por último dentro de esta segunda parte del primer capítulo, se analiza la situación de la transferencia de conocimiento y tecnología de las universidades españolas. Para ello se estudian los principales outputs relacionados con la actividad de transferencia, como son la interacción con terceros en actividades de I+D, la protección del conocimiento o la creación de empresas de base tecnológica, entre otros.

En la tercera parte del primer capítulo se pretende dar una visión general sobre las oficinas de transferencia universitarias. Para ello, en primer lugar, se realiza una revisión de la literatura existente sobre el tema, analizando el origen, las funciones y los distintos modelos de Oficinas de Transferencia de Tecnología. A continuación se analizan las Oficinas de Transferencia de Resultados de Investigación en España, mediante el estudio de su origen, evolución histórica, funciones e instrumentos con los que trabajan. Se concluye esta tercera parte con el estudio de la situación de las oficinas de transferencia en España en el año 2009.

En el **segundo capítulo** se desarrolla el marco analítico de la aplicación empírica que se propone en esta tesis. Para ello, en primer lugar se desarrollan los distintos conceptos relacionados con la eficiencia y con los métodos que permiten evaluarla. Del estudio de los distintos modelos se deduce que el Análisis Envolvente de Datos constituye la técnica más adecuada para analizar la eficiencia de las universidades en el proceso de transferencia.

El funcionamiento, la aplicación y la formulación de esta técnica se explican detalladamente en la segunda parte de este capítulo. Se desarrolla también en este apartado el concepto de eficiencia cruzada, que será útil en la propuesta de soluciones a los problemas que surjan con la aplicación del DEA.

A este respecto, y a pesar de que el Análisis Envolvente de Datos se perfila como la herramienta más adecuada para la evaluación de la eficiencia en este caso, presenta una serie de limitaciones en su aplicación. Estas limitaciones son analizadas en profundidad en la tercera parte de este capítulo, en la que se detallan también los posibles protocolos de actuación para solventarlas.

El uso de la metodología se extiende a la propuesta de soluciones a los problemas encontrados en la aplicación del Análisis Envolvente de Datos. Así, en la última parte del segundo capítulo, se describen las limitaciones surgidas de la aplicación de la técnica y se ofrecen soluciones a las mismas mediante la aplicación de métodos de decisión multicriterio. Se propone, por una parte, la aplicación del Análisis de Componentes Principales para reducir el problema de la dimensionalidad y por otra la aplicación del Electre TRI para incrementar el poder discriminante del DEA en cuanto a clasificación de las unidades eficientes, como se ha detallado anteriormente.

El **tercer capítulo** se estructura en dos partes. En primer lugar se realiza una revisión de la literatura sobre estudios de productividad de los centros públicos de investigación mediante el análisis de la actividad de las oficinas de transferencia. Se estudian con especial profundidad aquellos trabajos en los que se aplica el Análisis Envolvente de Datos para la evaluación de la eficiencia de las universidades y las oficinas de transferencia, así como los trabajos sobre el comportamiento de las universidades y las

OTRI en España. Por último, dentro de esta primera parte, se analiza la información y los datos disponibles sobre la actividad de transferencia a escala internacional y nacional.

La segunda parte corresponde al análisis empírico llevado a cabo en esta tesis. El análisis se inicia con la aplicación del Análisis Envoltente de Datos, de la que surgen limitaciones, por lo que la investigación se extiende a la aplicación de las metodologías propuestas en el Capítulo II para solventarlas. Se aplica en primer lugar un Análisis de Componentes Principales para incrementar la capacidad discriminadora del DEA gracias a la reducción del número de variables. Posteriormente se aplica un Electre TRI sobre la matriz de eficiencias cruzadas de las universidades eficientes, lo que permite clasificar estas unidades en dos grupos, universidades robustamente eficientes y no robustamente eficientes.

Para concluir este tercer capítulo, se incluyen los resultados obtenidos con la aplicación de la metodología.

Las **conclusiones** extraídas de los capítulos anteriores y los resultados y contribuciones de este trabajo de investigación se desarrollan en la última parte de esta tesis. Asimismo, también se hace referencia a las futuras líneas de investigación que se quieren desarrollar, surgidas a partir de este trabajo.

I. La transferencia de conocimiento: aspectos generales

I. 1. SISTEMA ESPAÑOL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA Y LA I+D+I EN ESPAÑA

En este primer capítulo se pretende ofrecer una visión completa sobre la transferencia de conocimiento y tecnología, tanto de aspectos conceptuales como de la forma en que se estructura este proceso. El capítulo consta de tres partes, en esta primera, referida al Sistema Español de Ciencia y Tecnología, se tratarán aspectos legislativos e instrumentales del Sistema. Asimismo, se analizará la situación de la I+D en España en el año 2009.

1.1.1. El Sistema de Ciencia y Tecnología en España

1.1.1.a. La Legislación en el Sistema Español de Ciencia y Tecnología

En 1986 se creó la Ley de Fomento y Coordinación General de la Investigación Científica y Técnica para regular el marco normativo de la actividad investigadora. Esta ley estuvo vigente durante 25 años, hasta que el 12 de mayo de 2011 se aprobó la Ley 14/2011 de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación. A continuación se detallan brevemente los aspectos más significativos de ambas leyes.

Ley de Fomento y Coordinación General de la Investigación Científica y Técnica

La “Ley de la Ciencia” o Ley 13/1986 de 14 de abril de 1986, de Fomento y Coordinación General de la Investigación Científica y Técnica, tenía como fin obtener el necesario incremento de recursos para la investigación para alcanzar así la rentabilidad científico-cultural, social y económica que más se adaptara a las exigencias y necesidades de España.

Esta Ley estableció la organización básica del Estado en materia de ciencia y tecnología, definiendo un instrumento principal de planificación estratégica: el Plan Nacional de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico. Por otra parte y de forma más reciente, las Comunidades Autónomas han desarrollado sus propios instrumentos de organización y planificación de la ciencia y la tecnología y de apoyo a la innovación. Esto unido al incremento de los recursos públicos asignados a estas políticas, hacía necesario un nuevo marco legal que favoreciera el desarrollo científico eficiente mediante agentes e instrumentos adecuados.

Con esta Ley se daba cumplimiento al mandato constitucional que atribuye a la Administración del Estado la competencia sobre el fomento y la coordinación general de la investigación científica y técnica (artículo 149, 1.15, de la Constitución) y en conformidad con el interés general que obliga a todos los poderes públicos (artículo 44.2 de la Constitución).

La Ley encomendaba a una Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología la programación de las actividades de investigación de los organismos dependientes de la Administración del Estado mediante el Plan Nacional de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico.

Los distintos Estatutos de Autonomía fueron estableciendo las competencias que en materia de investigación científica posee cada Comunidad Autónoma. Surgió así la necesidad de coordinación de las actuaciones de las distintas Comunidades Autónomas entre sí y de éstas con la Administración General del Estado en el campo de la investigación. Para ello la Ley de la Ciencia creó un Consejo General de la Ciencia y la Tecnología en el que participaban representantes de la Administración del Estado y de las Comunidades Autónomas.

Por otra parte, la Ley creó un Consejo Asesor para la Ciencia y la Tecnología, con el fin de que constituyera un vínculo entre la comunidad científica, los agentes sociales y los responsables de la planificación de la actividad científica e investigadora, para garantizar así la adecuación de los objetivos de la programación a los intereses y necesidades de la sociedad.

Ley de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación

Tras 25 años de vigencia de la llamada Ley de la Ciencia, esta ha sido derogada por la Ley 14/2011 de 1 de junio, de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación. Para la elaboración del texto se han tenido en consideración las aportaciones de organismos como universidades, Comunidades Autónomas, expertos, investigadores y ciudadanos, a través de las distintas vías habilitadas para ello.

En el preámbulo de la Ley 14/2011 de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación, se recogen las cinco situaciones que distinguen el actual contexto del Sistema Español de Ciencia, Tecnología e Innovación del que existía en el año 1986, cuando se aprobó la Ley de la Ciencia.

En primer lugar, el desarrollo de las competencias en materia de investigación científica y técnica e innovación de las Comunidades Autónomas que ha derivado en la existencia de sistemas autonómicos de I + D + i con entidad propia. Estos sistemas coexisten con el promovido desde la Administración General del Estado, por lo que se demandan nuevos mecanismos de gobernanza basados en la cooperación entre agentes.

En segundo lugar, España se encuentra plenamente integrada en la Unión Europea. Es necesario un nuevo marco legal que establezca mecanismos eficientes de coordinación y colaboración entre las Administraciones Públicas, haciendo partícipe a España en la construcción del Espacio Europeo de Investigación y del Espacio Europeo de Conocimiento.

En tercer lugar, el salto cuantitativo y cualitativo de los recursos públicos disponibles. Tanto la cuantía de dichos recursos como la naturaleza de los instrumentos de financiación hacen necesario otro modelo de gestión. Se propone así la creación de la Agencia Estatal de Investigación, que garantice un marco estable de financiación, y que permita la incorporación de las mejores prácticas internacionales en materia de fomento y evaluación de la investigación científica y técnica.

En cuarto lugar, se hace necesario dotar a la comunidad científica y técnica española de la posibilidad de optar a una carrera científica basada en méritos, así como incorporar al Sistema Español de Ciencia, Tecnología e Innovación los criterios de máxima movilidad y apertura que rigen en el ámbito científico internacional.

Por último, el modelo productivo español basado fundamentalmente en la construcción y el turismo se ha agotado, con lo que es necesario impulsar un cambio a través de la apuesta por la investigación y la innovación como medios para conseguir una economía basada en el conocimiento que permita garantizar un crecimiento más equilibrado, diversificado y sostenible.

El texto de la Ley está formado por cuatro Títulos y un Título Preliminar. En este último figuran el objeto y los objetivos de la Ley y se define el Sistema Español de Ciencia, Tecnología e Innovación, que está formado por el Sistema de la Administración General del Estado y por los Sistemas de cada una de las Comunidades Autónomas, e incluye agentes de coordinación, de financiación y de ejecución.

El Título I hace referencia a la competencia de coordinación general de la Administración General del Estado que la Constitución Española le atribuye, así como al papel de las Comunidades Autónomas en la ejecución de la política de investigación.

La coordinación se asienta sobre los siguientes órganos:

- Una Estrategia Española de Ciencia y Tecnología y una Estrategia Española de Innovación, de nueva creación;
- El Consejo de Política Científica, Tecnológica y de Innovación, formado por representantes de máximo nivel de la Administración General del Estado y de las Comunidades Autónomas;
- El Consejo Asesor de Ciencia, Tecnología e innovación, que asesora al anterior y en el que están representados los agentes económicos y sociales;
- El Comité Español de Ética de la Investigación, órgano consultivo que intentará garantizar la ética profesional en la investigación científica y técnica y regular los conflictos de intereses entre actividades públicas y privadas.

El Título II trata sobre los recursos humanos dedicados a la investigación. Entre los objetivos principales de la nueva ley está el establecimiento de una nueva carrera científica. La ley recoge tres contratos, predoctorales, de acceso y de investigador distinguido. En lo que se refiere a los predoctorales, como importante novedad, desaparece la figura de becario, tendrán una duración de cuatro años y los doctorandos tendrán seguridad social mientras estén realizando la tesis doctoral.

En el siguiente paso están los contratos de acceso, para doctores, con una duración de cinco años y varias evaluaciones. Estos doctores podrán optar a plazas de investigador funcionario. En lo referente al personal científico, la nueva ley fomentará la movilidad de investigadores mediante estancias formativas y las excedencias en los sectores público y privado.

Por otra parte regula la movilidad entre entidades públicas y privadas y la evaluación de la carrera profesional en los Organismos Públicos de Investigación de la Administración General del Estado.

El Título III trata sobre el impulso de la investigación científica y técnica, la innovación, la valorización y transferencia del conocimiento y la cultura científica y

tecnológica. Por una parte regula los instrumentos y medidas para el fomento de la investigación, estableciendo medidas a adoptar por los agentes de financiación y la posibilidad de realizar convenios de investigación. Por otra parte, en relación a la valorización y la transferencia del conocimiento, se establecen medidas aplicables a los negocios jurídicos mediante los que se realiza la transferencia, acordando que se registrarán por el derecho privado. Por último, regula la internacionalización del sistema y la cooperación al desarrollo.

El Título IV regula lo referente al fomento y coordinación de la investigación en la Administración General del Estado. Se prevé un órgano de coordinación, la Comisión Delegada del Gobierno para Política Científica, Tecnológica e Innovación y se crean dos instrumentos de planificación plurianual, el Plan Estatal de Investigación Científica y Técnica y el Plan Estatal de Innovación. Por otra parte se prevé también la creación de dos agencias de financiación de la Administración General del Estado, la Agencia Estatal de Investigación y el Centro para el Desarrollo tecnológico Industrial, orientado al fomento de la innovación.

La primera de estas agencias se encargará del reparto de fondos de I+D junto al CDTI, actuando ambos de forma independiente. Se trata de un instrumento independiente del Gobierno que permitirá la existencia de un sistema de financiación más estable en I+D. La Agencia surge entre otras cosas para evitar los trastornos y retrasos que se producen con los cambios de Gobierno en las actividades de financiación de la investigación.

Este cuarto Título hace referencia a las principales funciones de los Organismos Públicos de Investigación de la Administración General del Estado.

Esta Ley tiene como objetivo establecer un escenario general para el incentivo y la coordinación de la investigación científica y técnica, contribuyendo así al desarrollo de una economía basada en el conocimiento. Para ello se plantea, entre otros, objetivos como diseñar una carrera profesional atractiva para el gremio investigador, así como el establecimiento de un sistema de I+D+i estable, flexible y eficiente.

1.1.1.b. El Sistema Español de Ciencia y Tecnología

Hasta la aprobación de la Ley 14/2011, la gobernanza del Sistema Español de Ciencia y Tecnología se configuraba a partir de la denominada Ley de la Ciencia, Ley 13/1986, de 14 de abril de 1986, de Fomento y Coordinación General de la Investigación Científica y Técnica, mediante la cual se establecía el Plan Nacional de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico como instrumento para el fomento y la coordinación general de los programas de ayudas públicas que configuran la política nacional de ciencia y tecnología.

El órgano de planificación, coordinación y seguimiento del Sistema Español de Ciencia y Tecnología (SECYT) fue en principio la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (CICYT), integrada por una Comisión Plenaria, una Comisión Permanente y un comité de apoyo y seguimiento (CAS).

Otros órganos de asesoramiento y coordinación trabajaban en distintas tareas como la coordinación con las Comunidades Autónomas (Consejo General de Ciencia y Tecnología) o la promoción de la participación de los actores en la elaboración,

seguimiento y evaluación del Plan Nacional (Consejo Asesor para la Ciencia y Tecnología), entre otros.

La experiencia de los primeros Planes Nacionales de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico llevó a una reconsideración tanto de la gestión de los instrumentos contemplados en los mismos, como de los aspectos competenciales y presupuestarios. Mediante este cambio se simplificaron las convocatorias de ayudas que contempla el Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica 2008-2011 y se creó así la Comisión Delegada del Gobierno para Política Científica y Tecnológica por Real Decreto 680/2008, de 30 de abril, por el que se determina la composición de las Comisiones Delegadas del Gobierno, y la creación del Ministerio de Ciencia e Innovación como competente para la propuesta y ejecución de la política de Investigación, desarrollo e Innovación (I+D+i), incluyendo la elaboración y gestión del Plan Nacional.

Esta orientación de la elaboración y gestión de la política de I+D+i exigió un replanteamiento de la CICYT, que fue suprimida debido a que sus principales competencias fueron asumidas por la Comisión Delegada del Gobierno para Política Científica y Tecnológica y por el Ministerio de Ciencia e Innovación. El primero de estos órganos asegura la participación de los ministerios directamente interesados en la política de I+D+i, ya que sus participantes tienen el rango suficiente para asumir las funciones que tenía asignadas la CICYT.

El Sistema Español de Ciencia y Tecnología está evolucionando hacia el Sistema Español de Ciencia, Tecnología e Innovación, y en este proceso se sustituirá la actual Estrategia Nacional de Ciencia y Tecnología por la Estrategia Española de Ciencia y Tecnología y del Plan Estatal de Innovación.

En la etapa de transición en la que nos encontramos, las disposiciones transitorias de la Ley 14/2011 de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación regulan la subsistencia temporal del Consejo Asesor para la Ciencia y la Tecnología, del Consejo General de la Ciencia y la Tecnología y de la Comisión Delegada del Gobierno para Política Científica y Tecnológica.

Asimismo, se declararon también subsistentes el Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica 2008-2011 hasta su finalización y la Estrategia Nacional de Ciencia y Tecnología aprobada en la III Conferencia de Presidentes hasta su sustitución por la Estrategia Española de Ciencia y Tecnología y del Plan Estatal de Innovación.

En este capítulo se desarrollarán aspectos relacionados con el Sistema Español de Ciencia y Tecnología y con los instrumentos de planificación con los que cuenta, vigentes hasta final de 2011. En el anexo 1 se pueden encontrar referencias a los nuevos instrumentos de planificación del Sistema Español de Ciencia, Tecnología e Innovación.

En el Sistema Español de Ciencia y Tecnología existen cuatro estructuras de actuación: sistema público de I+D+i, organizaciones de soporte a I+D+i, empresas y sociedad.

1.1.1.c. Políticas de I+D+i

Las políticas de fomento de la investigación, el desarrollo y la innovación (I+D+i) son, según información del Ministerio de Ciencia e Innovación, “todas aquellas acciones intencionales desarrolladas por los gobiernos, tanto nacionales, regionales como supranacionales, con el objetivo de apoyar, promover o influenciar el desarrollo de los sistemas de ciencia y tecnología”.

Para estudiar las políticas de I+D+i del SECYT, es necesario tener en cuenta tres aspectos fundamentales:

- Actores del sistema: agentes a los que van dirigidas las acciones y que son los encargados de ejecutar las labores de investigación, desarrollo e innovación.
- Marco normativo y legal, que establece los límites en los que se elaboran las políticas y dentro del que interactúan los actores, están comprendidas en este apartado la Ley la Ciencia, la Tecnología y la Innovación y la Estrategia Nacional de Ciencia y Tecnología (ENCYT).
- Programas específicos a través de los cuales los gobiernos ejecutan sus acciones. Comprenden en el caso de España el Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación tecnológica y la Iniciativa INGENIO 2010.

La política de Ciencia, Tecnología e Innovación tiene entre sus finalidades el contribuir a alcanzar los objetivos establecidos en el marco de la política de la Unión Europea de I+D, comenzando por los fijados por la Estrategia de Lisboa y ratificados en la Cumbre de Barcelona, de intensificar el esfuerzo en I+D e innovación.

Con el objetivo fijado de alcanzar una economía competitiva basada en el conocimiento en toda la Unión Europea, el Consejo Europeo de Primavera de marzo de 2005 se basó en el informe Kok (de evaluación y seguimiento de los objetivos de Lisboa) para conseguir la aprobación de un Programa Nacional de Reformas por parte de cada Estado miembro.

La política de I+D+i española se inscribe en este marco europeo, y de forma destacada en el Programa Nacional de Reformas 2006 (PNR 2006), que tenía como objetivo alcanzar en 2010 la convergencia en renta per cápita con la Unión Europea y una tasa de empleo del 66%.

El PNR 2006 se estructura en torno a siete ejes temáticos:

- Eje 1. Estabilidad macroeconómica y presupuestaria.
- Eje 2. Infraestructuras.
- Eje 3. Capital humano.
- Eje 4. I+D+i (INGENIO 2010).
- Eje 5. Eficiencia y competitividad en las administraciones públicas.
- Eje 6. Mercado de trabajo y diálogo social.

- Eje 7. Plan de Fomento Empresarial.

El cuarto eje está formado por la I+D+i y la iniciativa INGENIO 2010, destinada a fomentar la I+D+i civil y a reducir la burocracia en el ámbito de la investigación. Los instrumentos de planificación del Sistema Español de Ciencia y Tecnología se analizarán en este capítulo de forma detallada.

1.1.2. Instrumentos de planificación del Sistema Español de Ciencia y Tecnología

El Sistema Español de Ciencia y Tecnología (SECYT) cuenta con tres instrumentos de planificación orientados a largo, medio y corto plazo: la Estrategia Nacional de Ciencia y Tecnología, el Plan Nacional de I+D+i y el Plan de Trabajo Anual. Cuenta además con la iniciativa INGENIO 2010, que constituye el instrumento para la convergencia con la Unión Europea en materia de I+D+i.

Cabe señalar asimismo el Sistema Integral de Seguimiento y Evaluación (SISE), integrado en el Plan Nacional de I+D+i 2008-2011 como mecanismo de seguimiento y evaluación de las políticas de investigación e innovación.

Durante el año 2006 la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) analizó el sistema español de ciencia y tecnología evaluándolo y realizando el informe “Políticas e instrumentos para la investigación en España: aspectos clave y recomendaciones”. Este documento fue elaborado por expertos de la OCDE y miembros del Comité de Política Científica y Tecnológica de la División de Ciencia, Tecnología e Industria de la OCDE, que mediante el análisis de información y la realización de entrevistas a los principales actores del SECYT fueron capaces de identificar los principales problemas del sistema y ofrecieron recomendaciones para resolverlos.

Entre los problemas detectados en el sistema destacan los siguientes:

- Bajo gasto en I+D de las empresas,
- Bajo nivel de innovación en pymes,
- Sistema de financiación de la investigación pública fragmentado, no orientado a resultados ni excelencia,
- Poco desarrollo del mercado de capital-riesgo,
- La oferta de programas públicos estaba muy repartida en distintos ministerios,
- Descenso en la participación de empresas e investigadores españoles en el Programa Marco de I+D de la Unión Europea,
- Riesgo de duplicidad debido al incremento de financiación de la I+D+i en las Comunidades Autónomas.

Ante estas dificultades detectadas el informe planteaba una serie de recomendaciones para mejorar la calidad del SECYT:

- Reducir la fragmentación de la financiación,
- Orientar la investigación a la consecución de objetivos y resultados de investigación,
- Fomentar la realización de planes estratégicos en universidades y Organismos Públicos de Investigación y dotar a estos centros de medios de forma que puedan contar con los mejores investigadores,
- Eliminar barreras e incentivar la movilidad,
- Reforzar la formación y el apoyo al personal técnico,
- Mejorar la formación y el desarrollo profesional en las universidades y en los centros públicos de investigación.

La importancia de este documento radica en que fue elaborado por personal externo y objetivo, por lo que los resultados y recomendaciones del informe sirvieron de base para el diseño de los instrumentos de planificación del SECYT.

1.1.2.a. La Estrategia Nacional de Ciencia y Tecnología

La Estrategia Nacional de Ciencia y Tecnología (ENCYT) constituye el primer documento a largo plazo, regulable y revisable, que integra los principios que deben regir las políticas y programas en investigación e innovación en España. Fue elaborada durante el año 2006 y se acordó por unanimidad en la III Conferencia de Presidentes Autonómicos de 11 de enero de 2007. El horizonte temporal que abarca son dos cuatrienios de programación del Plan Nacional, de 2008 a 2011 y de 2012 a 2015, englobando así a dos planes nacionales y a los planes de trabajo anuales.

Para su elaboración se formó un grupo de reflexión interministerial, interregional e interdisciplinar formado por unas 25 personalidades y presidido por el Secretario de Estado de Universidades e Investigación, estando presentes todos los actores del SECYT, la Administración General del Estado, las Comunidades Autónomas, científicos y tecnólogos como ejecutores de la I+D y agentes sociales, entre otros. Este grupo trabajó en la identificación de las capacidades, oportunidades, estrategias, debilidades, retos y vías de mejora del sistema, creando así la Estrategia.

En la ENCYT se recogen aspectos como la misión y la visión del conjunto de los agentes del sistema público de investigación e innovación, que no se incluían en los planes nacionales. La ENCYT (Fernández, 2008) dicta las líneas claves de actuación que España debe seguir para avanzar hacia la visión de progreso y desarrollo y hacia el establecimiento de la economía del conocimiento. Según Fernández, el hecho de haber contado con el mayor consenso político y social garantiza la perdurabilidad de la Estrategia, avalada así por una estabilidad presupuestaria y normativa necesaria para la planificación de actuaciones.

La Estrategia Nacional de Ciencia y Tecnología surgió de la revisión de los cinco Planes Nacionales anteriores, definiendo tres objetivos básicos, seis objetivos estratégicos con sus correspondientes líneas de actuación que permitan el alcance de los

mismos, así como un conjunto de indicadores que servirán como referencia a los gestores a la hora de evaluar las acciones de I+D realizadas.

Los tres principios básicos articulados en la ENCYT, que deben guiar las actuaciones en materia de I+D+i, son los siguientes:

1. Poner la I+D+i al servicio de la ciudadanía, del bienestar social y de un desarrollo sostenible, con plena e igual incorporación de la mujer.
2. Hacer de la I+D+i un factor de mejora de la competitividad empresarial.
3. Reconocer y promover la I+D como un elemento esencial para la generación de nuevos conocimientos.

La ENCYT plantea seis objetivos estratégicos que condicionan el proceso de elaboración de las líneas prioritarias de actuación:

1. Situar a España en la vanguardia del conocimiento.

Mediante una producción de ciencia de calidad España debe mejorar su rendimiento en lo relativo a los principales indicadores internacionales utilizados para evaluar los sistemas de ciencia y tecnología. Para ello resultan fundamentales seis líneas de actuación como son fomentar el aumento, la estabilización, la movilidad y el reconocimiento de los recursos humanos de investigación; financiar programas de investigación multidisciplinarios y en los que cooperen distintos agentes; potenciar la creación y el mantenimiento de grupos de investigación; dotar al sistema de organizaciones autónomas y de excelencia y fomentar la cooperación entre agentes del sistema; crear infraestructuras de apoyo y contar con una Universidad innovadora que dinamice los procesos de creación y transferencia de conocimiento.

2. Promover un tejido empresarial altamente competitivo.

Las empresas deben participar de forma activa en la demanda de nuevos conocimientos y tecnología que le permita escalar posiciones en el mercado, sin limitarse a realizar actividades de I+D como respuesta a posibles subvenciones. Son cuatro las líneas de actuación de este objetivo. La primera de estas líneas se basa en fomentar la capacidad tecnológica de la empresa, mediante tres acciones: fomentar la existencia de departamentos de I+D, incorporar la tecnología a la estrategia de la empresa y estimular la cooperación público-privada. La segunda línea hace referencia a la transferencia de resultados de investigación, ya que generar conocimiento que repercuta en el incremento del bienestar de la sociedad debe ser el fin último de la ciencia y la tecnología. La tercera y cuarta línea son relativas a las organizaciones de soporte a la innovación, como centros de innovación y tecnología y parques científicos y tecnológicos y a la creación de empresas de base tecnológica.

3. Integrar los ámbitos regionales en el Sistema de Ciencia y Tecnología.

El Sistema Español de Ciencia y Tecnología es el resultado de sumar todos los sistemas regionales de investigación e innovación y el sistema gestionado por la Administración General del Estado, por lo que debe favorecerse la cooperación y la coordinación entre las partes. Para ello, las líneas de acción se apoyan en potenciar

sinergias entre los distintos sistemas y fomentar la cohesión científica y tecnológica interterritorial, mediante acciones que impliquen a más de una comunidad autónoma.

4. Potenciar la dimensión internacional del Sistema de Ciencia y Tecnología.

Las políticas nacionales de investigación, desarrollo e innovación deben integrar la dimensión europea de manera estructural, a la vez que involucran de forma eficiente a las estrategias regionales de apoyo a la I+D.

Con la pertenencia de España a Europa y la globalización de la economía basada en el conocimiento resulta imprescindible la colaboración internacional en materia de ciencia y tecnología, sobre todo a través del Programa Marco Comunitario.

Las líneas de actuación en las que se basa este objetivo incluyen la coordinación de las políticas entre agentes regionales, nacionales y europeos; incentivos por participación en el Programa Marco; y otras referentes al personal de I+D como son la profesionalización de la coordinación de proyectos, la movilidad de los investigadores y la participación en grupos de trabajo.

5. Disponer de un entorno favorable a la inversión en I+D+i.

Se pretende conseguir la adecuación del marco normativo en lo referente a la gestión de I+D tanto pública como privada, con el fin de fomentar la investigación y de garantizar la confianza del sistema. Para ello como líneas de acción aparecen los instrumentos de organización y coordinación, con presencia importante de la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología; la programación y planificación a corto y medio plazo; el aumento de la transparencia en los procesos de evaluación; una legislación más favorable para la ciencia y la tecnología; la estimulación del mecenazgo en I+D y la creación de nuevas fórmulas organizativas, como las agencias.

6. Disponer de las condiciones adecuadas para la difusión de la ciencia y la tecnología.

Es necesario integrar las demandas sociales en las políticas de I+D, de forma que el conocimiento generado además de producir progreso y riqueza produzca también bienestar y cultura. Para ello las políticas científica y tecnológica deben estar directamente relacionadas con la educativa y universitaria y complementadas con una política de divulgación y comunicación adecuadas.

Las líneas de acción para este objetivo pasan por la creación de unidades y servicios de información; la realización de actividades en estructuras promotoras de formación intelectual, como museos o parques científicos, y la organización de certámenes, foros y premios así como de actividades que estimulen a los emprendedores.

Para permitir a los gestores evaluar el grado de seguimiento de los objetivos, la ENCYT establece el siguiente conjunto de indicadores, relacionados con la coordinación dentro del sistema y con la mejora de la competitividad empresarial.

Tabla 1. Indicadores de I+D

Indicadores	2005	2015	Fuente
1. Gasto interno total en actividades de I+D como porcentaje del PIB	1,13	2,50	INE
2. Gasto en I+D ejecutado por el sector empresarial (en % sobre el total)	53,80	65,00	INE
3. Gasto en I+D financiado por el sector empresarial (en % sobre el total)	46,30	60,00	INE
4. Gasto en innovación como porcentaje del PIB	1,49	4,00	INE
5. Programa de Gasto I+D+I de los PGE Capítulo I-VII/sobre total PGE (%)	0,98	2,20	MEH
6. Investigadores por mil de población activa	5,78	8,00	INE
7. Investigadores en el sector empresarial (en % sobre el total)	31,93	50,00	INE
8. Número de doctores anuales	8.176	12.000	INE
9. Cuota de producción científica respecto al total mundial (en %)	3,03	4,00	FECYT
10. Producción científica en colaboración internacional (en %)	37,00(1)	50,00	FECYT
11. Retorno económico participación española en PM de I+D de UE (en %)	5,80	8,00	CDTI
12. Patentes solicitadas en la EPO por millón de habitantes	14,36(2)	150	EPO
13. Empresas innovadoras respecto al total de empresas (en %)	27,00	45,00	INE
14. EIN que han cooperado con Universidades, OPI o CT sobre total EIN que han cooperado (en %)*	51,22	70,00	INE
15. Capital riesgo	0,013	0,05	EUROSTAT
16. Contenidos científicos en los medios de comunicación	-	-	FECYT

(1) Datos de 2004, (2) Datos de 2003.

* EIN: Empresas innovadoras o con innovaciones en curso o no exitosas.

1.1.2.b. INGENIO 2010

El Programa INGENIO 2010 fue elaborado en junio de 2005 como consecuencia de la reactivación en ese año del compromiso de la Unión Europea con la Estrategia de Lisboa, con el fin de definir una serie de medidas que acercaran a España a los países más desarrollados de la UE en materia de I+D+i.

En el Consejo Europeo de Primavera de 2005 se relanzó la mencionada Estrategia de Lisboa que establecía la plena convergencia con la Unión Europea en el año 2010, tanto en renta per cápita como en empleo y en aspectos relacionados con la sociedad del conocimiento.

INGENIO 2010 implica al Estado, al sector empresarial, a la Universidad y a los Organismos Públicos de Investigación, y necesita de la coordinación regional y territorial para evitar la dispersión de recursos.

La estrategia persigue incrementar el porcentaje del PIB destinado a la financiación de la I+D+i, así como la participación del sector privado en dicha financiación. Por otra parte también se pretendía mejorar los indicadores de la Sociedad de la Información. Para ello se fijaron tres objetivos:

1. Aumentar la ratio de inversión en I+D sobre el PIB, pasando del 1,05% en 2003 al 1,6% en 2008 y al 2% en 2010.
2. Incrementar la contribución del sector privado en la inversión en I+D, pasando del 48% en 2003 al 52,5% en 2008 y al 55% en 2010.
3. Alcanzar la media de la UE-15 en el porcentaje del PIB destinado a las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), pasando del 4,8% en 2004 al 6,4% en 2008 y al 7% en 2010.

Son necesarios para la consecución de estos objetivos, además del incremento de los recursos destinados a I+D+i; el diseño de actuaciones estratégicas y de reformas normativas que favorezcan las actividades de I+D+i, así como la creación de un nuevo sistema de evaluación y seguimiento de las políticas de ciencia y tecnología. A este respecto se ha creado el Sistema Integral de Seguimiento y Evaluación (SISE), herramienta diseñada para el control de la gestión de los programas públicos de ayudas a las actividades de I+D+i.

Los compromisos de INGENIO 2010 eran los siguientes:

1. **Incrementar la inversión pública y privada en I+D.** Alcanzar el 2% del PIB en 2010 y situar a España entre los 10 primeros países de la Unión Europea en este tipo de inversión.
2. **Aumentar la participación empresarial** de forma que el sector privado sea el responsable del 55% del total de la inversión en I+D+I. A ello contribuye la focalización de recursos en líneas estratégicas que favorecerán la colaboración público-privada.
3. **Avanzar en el espacio europeo de investigación.** Incrementar la participación de las empresas e investigadores españoles en el Programa Marco Europeo.
4. **Eliminar trabas burocráticas.** Una nueva Ley de Agencias, un nuevo Reglamento de la Ley de Subvenciones y modificaciones de la Ley de Contratos Públicos y la Ley Orgánica de Universidades han permitido avanzar en este sentido.
5. **Financiar grandes líneas de investigación industrial** mediante la colaboración público-privada. Un instrumento para ello han sido los proyectos CENIT, cofinanciados al 50% por el sector privado.
6. **Arriesgar en empresas tecnológicas.**
7. **Integrar a los mejores investigadores.** A través del programa Torres Quevedo se ha incrementado la inserción de doctores universitarios en el sector privado,

habiendo alcanzando un total de 1.655 doctores en 2010, superando el objetivo que estaba fijado en 1.300 doctores para este año.

8. **Consolidar grupos líderes de investigación.** El Programa CONSOLIDER ha aumentado la cooperación entre investigadores en torno a proyectos de consorcios líderes e instalaciones singulares y ha movilizadado 2.000 millones de euros en los últimos cuatro años.
9. **Recuperar y promocionar investigadores.** El Plan I3 ha fomentado la contratación de investigadores de acreditada trayectoria.
10. **Extender la Sociedad de la Información.** Alcanzar la media europea en los indicadores de la Sociedad de la Información a través del Programa AVANZ@.

Programas y actuaciones

Se han diseñado cuatro programas, cada uno de ellos con varias actuaciones, con el fin de alcanzar los objetivos marcados por INGENIO 2010. En la siguiente tabla se recogen de forma esquemática los programas, las actuaciones de cada uno de ellos y su órgano gestor.

Tabla 2. Programas y actuaciones

Programas	1. Program a CENIT	2. Programa CONSOLIDER	3. Plan AVANZ@	4. Programa EUROINGENIO
Actuaciones	Proyectos CENIT Programa Torres Quevedo Neotec Capital Riesgo	Proyectos Consolider Proyectos CIBER y RETICS Programa I3 Instalaciones científico tecnológicas singulares	Empresas Administración Educación Hogares	Eurociencia Euros salud Innoeuropa Tecnoeuropa
Gestión	Ministerio de Ciencia e Innovación	Ministerio de Ciencia e Innovación	Ministerio de Industria, Turismo y Comercio	Ministerio de Ciencia e Innovación

Fuente: elaboración propia a partir de información del Ministerio de Ciencia e Innovación.

Descripción de los programas y actuaciones

1. El Programa CENIT⁴ tiene como finalidad fomentar la colaboración en I+D+i entre empresas, universidades, centros públicos de investigación, Parques Científicos y

⁴ Consorcios Nacionales de Investigación Tecnológica.

Tecnológicos y Centros Tecnológicos. Las actuaciones de este programa son las siguientes:

- **Proyectos CENIT:** para la financiación de grandes proyectos de investigación industrial de carácter estratégico, gran dimensión, largo alcance científico-técnico y con proyección internacional. Hasta 2010 se habían concedido 1.072 millones de euros de subvención para la financiación de 91 proyectos en los que participaron un total de 1.253 empresas y 1.589 grupos de investigación. Los resultados obtenidos han sido 211 patentes, más de 1.500 empleos, 52 proyectos europeos y 565 publicaciones científicas.
- **Programa Torres Quevedo:** para la financiación de la contratación de doctores y tecnólogos en empresas. Hasta 2010 se habían contratado 1.655 doctores, superando el objetivo inicial de 1.300 doctores.
- **Neotec Capital Riesgo:** iniciativa creada por el CDTI y el Fondo Europeo de Inversiones (FEI) con los objetivos de consolidar empresas tecnológicas de reciente creación, estimular la inversión de capital riesgo en el sector tecnológico en España y aumentar el número de empresas innovadoras en nuestro país.

2. El Programa CONSOLIDER es un instrumento estratégico cuya finalidad es conseguir la excelencia investigadora mediante el aumento de la cooperación entre investigadores y la creación de grandes grupos de investigación.

- **Proyectos Consolider:** para la financiación de proyectos de grupos y redes de investigación excelentes durante un amplio horizonte temporal de más de cinco años. En 2010 se habían solicitado 439 proyectos de los cuales 77 habían sido financiados con un presupuesto total de 350 millones de euros. Un total de 820 grupos de investigación con 6.000 investigadores participaron en el programa.
- **Proyectos CIBER y RETICS:** para fomentar la creación de estructuras estables de investigación cooperativa en biomedicina y ciencias de la salud. Hasta 2010 habían participado en los proyectos más de 1.600 grupos de investigación y cerca de 9.000 investigadores.
- **Plan de incentivación de la incorporación e intensificación de la actividad investigadora (Programa I3):** pretende, con la colaboración de las Comunidades Autónomas, estimular la estabilización laboral de profesores e investigadores e intensificar su actividad investigadora. Según datos del Ministerio de Ciencia e Innovación en el año 2010 se habían estabilizado cerca de 1.400 plazas.
- **Fondo estratégico de las infraestructuras científicas y tecnológicas (ICT).** Las ICT son instalaciones, servicios o recursos que la comunidad científica necesita para desarrollar, transmitir, preservar e intercambiar conocimiento. Este fondo tiene como finalidad asegurar la disponibilidad y renovación de las ICT así como promocionar parques científicos y tecnológicos vinculados a centros públicos de investigación.

3. El Plan AVANZ@ es un proyecto que persigue el desarrollo de la Sociedad del Conocimiento y la convergencia de los indicadores españoles con los europeos en lo referente a este tema. El Plan se estructura en tres líneas: ciudadanos, empresas y

Administraciones Públicas. Como dato reseñable, destacar que la inversión privada en innovación TIC casi se ha duplicado entre 2004 y 2009.

4. EUROINGENIO 2010 es un conjunto de iniciativas cuyo objetivo es promover la participación de distintas estructuras organizativas en el VII Programa Marco (7PM) de la Unión Europea. Engloba cuatro programas:

- EUROCIENCIA, que financia la creación dentro de los centros públicos de investigación de estructuras internas de gestión que elaboren planes estratégicos de participación en el 7PM, a la vez que colaboran con los investigadores en la presentación de proyectos en dicha convocatoria.
- EUROSALUD, concede financiación a hospitales para que cubran las tareas habituales de investigadores participantes en el 7PM, pudiendo estos dedicarse a sus proyectos de investigación.
- TECNOEUROPA, ofrece financiación para la creación de unidades de innovación internacional.
- INNOEUROPA, para fomentar la participación de empresas españolas, fundamentalmente PYMES, en consorcios del 7PM.

La iniciativa INGENIO 2010, junto a la Estrategia Nacional de Ciencia y Tecnología, han establecido las bases de la elaboración del VI Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica 2008-2011 (I+D+i), participando en la transformación del modelo tradicional de Plan Nacional.

1.1.2.c. Plan Nacional de I+D+i

El instrumento mediante el cual la Administración General del Estado fomenta, coordina y planifica a medio plazo la investigación científica y técnica en España es el Plan Nacional de Ciencia y Tecnología. Es el instrumento de programación con que cuenta el Sistema Español de Ciencia y Tecnología y en el que se establecen los objetivos y prioridades de la política de investigación, desarrollo e innovación a medio plazo, definido así en la Ley 13/1986 de abril, de Fomento y Coordinación General de la Investigación Científica y Técnica (Ley de la Ciencia) y en el I Plan Nacional, que fue aprobado en 1988 para el cuatrienio 1988-1991.

Mediante el Plan Nacional (Fernández, 2008) se consigue la identificación de las necesidades del SECYT, la definición de objetivos y el diseño de los instrumentos y actuaciones previstas para conseguirlos. El Plan se financia anualmente a través del Programa de Gasto 46 de los Presupuestos Generales del Estado, denominado *de Investigación, Desarrollo e Innovación*.

El Plan Nacional es un instrumento flexible que permite la revisión anual del mismo con el fin de asegurar la perfecta adecuación a las necesidades del entorno científico y tecnológico.

Desde 1988 se han puesto en marcha seis Planes Nacionales, constituyendo a lo largo de este tiempo el principal instrumento de fomento y planificación de la investigación a medio plazo. Para la elaboración de los distintos Planes, expertos de los distintos

sectores implicados en el SECYT han formado comisiones de trabajo que han ido dando mayor importancia a la evaluación de los resultados de ejecución de los planes anteriores.

Según Sebastián, J. (2008) la ventaja que proporciona un instrumento como el Plan Nacional al Sistema Español de Ciencia y Tecnología es el hecho de constituirse en una fuente estable de financiación para las actividades de investigación, participando en el fortalecimiento del sistema público de I+D. Por otra parte han introducido entre los investigadores buenas prácticas en cuanto a realización y evaluación de proyectos, contribuyendo positivamente a mejorar su posición a la hora de participar en el Programa Marco de la Unión Europea, y también al incremento de las publicaciones científicas.

I.1.2.c.1. Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica 2008-2011

En la actualidad España cuenta con el VI Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica 2008-2011, que presenta cambios importantes en su diseño, estructura y forma de gestión respecto a los Planes anteriores. Por una parte el plan está encuadrado dentro de la Estrategia Nacional de Ciencia y Tecnología con horizonte temporal 2015, instrumento de planificación a largo plazo que tiene en cuenta el resultado de una evaluación externa realizada por la OCDE.

Por otra parte, numerosos diagnósticos realizados sobre el SECYT ponían de manifiesto la necesidad de cambiar de un modelo de Plan Nacional basado en áreas temáticas a uno elaborado a partir de la definición de los instrumentos como respuesta de las Administraciones Públicas a los objetivos estratégicos y operacionales establecidos por la ENCYT. Es importante señalar también que el Plan introduce como novedad el hecho de establecer objetivos cuantitativos en forma de un conjunto de indicadores.

Así, el nuevo modelo persigue los siguientes fines:

1. Mejorar la relación que existe entre los objetivos de la política de ciencia, tecnología e innovación con las actuaciones derivadas de dichas políticas, a fin de evaluar los resultados de dichas actuaciones y su eficacia y eficiencia.
2. Difundir a todos los actores del SECYT los objetivos nacionales que se persiguen, por lo que las administraciones públicas deberán incorporar las nuevas Líneas Instrumentales al conjunto de sus programas y actuaciones.
3. Simplificar la gestión y los tipos de actuaciones y conseguir la homogenización y estandarización de los conceptos y términos utilizados, para conseguir que los actores del Plan Nacional de I+D+i comprendan los objetivos y la necesidad de involucrarse en la consecución de los mismos.
4. Esta simplificación permitirá mejorar la eficacia de la gestión de los recursos públicos y la disminución de los tiempos empleados en acciones burocráticas por parte de los beneficiarios de las ayudas.
5. Asimismo, se propone la total participación de las comunidades autónomas en el diseño del Plan, así como en las actuaciones definidas y en su financiación.

6. El fomento de la cultura científica y tecnológica de la sociedad, utilizando los nuevos formatos de comunicación, desarrollando estructuras estables generadoras y promotoras de la cultura científica e instalando nodos en red de comunicación científica y tecnológica.

Los objetivos del Plan Nacional de I+D+i 2008-2011 están formulados con el fin de mejorar los indicadores del Sistema Español de Ciencia y Tecnología y alcanzar así las previsiones recogidas por la Estrategia Nacional de Ciencia y Tecnología para 2015. De esta forma, se pretende con el Plan Nacional alcanzar al final de su periodo de vigencia los valores de indicadores que figuran en la tabla 3.

Tabla 3. Previsión de los indicadores del Plan Nacional de I+D+i 2008-2011 establecidos en la ENCYT

Indicadores	2011
Gasto interno total en actividades de I+D (en % del PIB)	2,2
Gasto en I+D ejecutado por el sector empresarial (en % sobre el total)	60,4
Gasto en I+D financiado por el sector empresarial (en % sobre el total)	55,0
Gasto en innovación (en % del PIB)	3,0
Programa de Gasto I+D+I de los PGE Capítulo I-VII/sobre total PGE (en %)	1,7
Investigadores (por mil de población activa)	7,1
Investigadores en el sector empresarial (en % sobre el total)	42,8
Número de doctores anuales (en número)	10.470
Cuota de producción científica respecto al total mundial (en %)	3,6
Producción científica en colaboración internacional (en %)	45,0
Retorno económico participación española en PM(1) de I+D de UE (en %)	8,0
Patentes solicitadas en la EPO(2) (por millón de habitantes)	96,0
Empresas innovadoras respecto al total de empresas (en %)	37,8
EIN(3) que han cooperado con Universidades, Organismos Públicos de	62,5
Investigación o Centros Tecnológicos sobre total EIN que han cooperado	0,035

(1) PM: Programa Marco.

(2) EPO: Oficina Europea de Patentes.

(3) EIN: Empresas innovadoras o con innovaciones en curso o no exitosas. Fuente: ENCYT.

I.1.2.c.2. Estructura del Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica 2008-2011

Los planes nacionales de I+D+i han pasado de estar estructurados sobre el eje temático, es decir, sobre las áreas científico-técnicas y sobre programas nacionales, a un modelo estructurado sobre instrumentos, agrupados en líneas o ejes, persiguiendo que los agentes y actores del SECYT hagan suyos los objetivos colectivos y trabajen en pos de su consecución.

Por otra parte, de los antiguos planes nacionales de I+D+i se deriva la existencia actual de un excesivo número de instrumentos, programas y actuaciones (convocatorias) gestionadas desde diferentes unidades administrativas de la Administración General del Estado, con reducida dotación financiera, lo que dificulta la comunicación con los

actores y agentes del sistema. El actual Plan Nacional simplifica y estandariza instrumentos, programas y actuaciones, haciendo que disminuya el número de convocatorias.

Con la proliferación de un elevado número de convocatorias específicas para diferentes áreas, lo que se ha conseguido es la separación de los actores, que buscaban convocatorias dedicadas exclusivamente a ellos mismos, dificultando así la cooperación entre agentes. El nuevo Plan permite la participación en estas convocatorias de todo tipo de actores beneficiarios del sistema, siempre que quede demostrada la adecuación de los instrumentos a los objetivos de cada actor y la posible contribución a los resultados perseguidos en la convocatoria.

Por otra parte, las actuaciones de los planes nacionales tradicionales estaban dirigidas en su gran mayoría al sector público, y dentro de este al investigador o al grupo de investigación, no a las organizaciones. Con el nuevo Plan se pretende que sean las organizaciones e instituciones las que tomen protagonismo, otorgándoles una mayor responsabilidad a la hora de evaluar objetivos.

Así, el nuevo Plan se estructura en cuatro Áreas diferenciadas, relacionadas directamente con los objetivos generales y con programas instrumentales que tienen objetivos concretos y específicos:

1. Generación de Conocimientos y de Capacidades Científicas y Tecnológicas.
2. Fomento de la Cooperación en I+D.
3. Desarrollo e Innovación Tecnológica Sectorial.
4. Acciones Estratégicas.

Descripción de las Áreas definidas en el VI Plan Nacional

Área 1: Generación de Conocimientos y de Capacidades Científicas y Tecnológicas

Está orientada a generar conocimientos y capacidades mediante programas relacionados con la generación de nuevo conocimiento (principalmente a través de la investigación fundamental tanto pública como privada), con la capacitación de recursos humanos y con la disponibilidad de equipamientos e infraestructuras adecuadas que satisfagan las necesidades de los centros de investigación y de las empresas, siempre con intención de mejorar la posición de España en I+D+i a nivel internacional.

Esta área persigue pues, la generación de conocimientos y capacidades en los sectores público y privado, incluyendo programas de formación e incorporación de tecnólogos, técnicos y gestores para el tejido productivo. El establecimiento de prioridades a la hora de solicitar la financiación de proyectos no será temático, pudiendo los beneficiarios de las ayudas proponer libremente las líneas científico-tecnológicas para su financiación, atendiendo a los ámbitos contemplados en los programas del Plan Nacional de I+D+i 2004-2007.

Otro fin de esta área es incrementar la investigación (aplicada) dentro de las empresas españolas, con el fin de que sean capaces de generar su propio

conocimiento y se involucren activamente en la generación de conocimiento propio.

Área 2: Fomento de la Cooperación en I+D

Esta área pretende solucionar uno de los problemas fundamentales del SECYT: el bajo nivel de cooperación existente entre agentes de diferente naturaleza, especialmente entre empresas con universidades y centros públicos de investigación, y también entre agentes de distintas regiones o países.

Se han creado nuevos programas nacionales de Redes y de Cooperación Público-Privada, incluyendo la creación de una línea especial más acorde con las necesidades de las pequeñas y medianas empresas, que junto con los de Internacionalización y de Infraestructuras Científicas y Tecnológicas ya existentes fomentarán la cooperación entre agentes.

Por otra parte, el Plan Nacional presenta una nueva fórmula de cooperación entre la Administración General del Estado (AGE) y las Comunidades Autónomas, ofreciendo la oportunidad de que estas últimas participen en los programas y convocatorias convocados, en aspectos como información, decisión, financiación, entre otros. Así, la AGE cofinanciará las actuaciones que convoquen ambas administraciones de forma conjunta, formalizando acuerdos específicos. También se pondrán en marcha acciones que persiguen la mejora de la cohesión interterritorial mediante el Fondo FEDER.

Área 3: Desarrollo e Innovación Tecnológica Sectorial

Su objetivo es poner a disposición de los sectores industriales los instrumentos y programas necesarios para realizar actividades de desarrollo e innovación tecnológica, desde el diseño a la modificación de productos, procesos y nuevos servicios. Así se persigue la mejora de la competitividad de las empresas que desarrollen su actividad en sectores de interés para el desarrollo socioeconómico de España, mediante la identificación de problemas y su posterior resolución, estimulando la innovación en cada sector.

Los proyectos o actividades que sean financiados dentro de este área se basarán en la aplicación de tecnologías que fomenten la innovación, centrándose en instrumentos relacionados con actividades de I+D aplicada. Así, la formulación de programas de transferencia tecnológica, innovación, proyectos de desarrollo experimental y promoción de empresas de base tecnológica encuentran cabida en este punto.

Los Programas relacionados con el Área 3 se aplicarán en diez sectores clave: Alimentación, Agricultura y Pesca; Medio Ambiente y Ecoinnovación; Energía; Seguridad y Defensa; Construcción, Ordenación del Territorio y Patrimonio Cultural; Turismo; Aeroespacial; Transporte e Infraestructuras; Sectores Industriales y Sector Farmacéutico.

Área 4: Acciones Estratégicas

En esta área se identifican cinco acciones estratégicas correspondientes a sectores o tecnologías con carácter horizontal, para lo cual se involucrarán todos los instrumentos disponibles en las otras áreas. Así, para cada acción, se definen objetivos específicos y se priorizan líneas de trabajo e instrumentos. Por otra parte, se establece un compromiso presupuestario específico para toda la vigencia del Plan en cada una de las cinco acciones identificadas: Salud; Biotecnología; Energía y Cambio Climático; Telecomunicaciones y Sociedad de la Información; y Nanociencia y Nanotecnología, Nuevos Materiales y Nuevos Procesos Industriales.

Otros cambios propuestos dentro de esta área pasan por la creación de una “ventanilla única” a través de un único portal web que permita el acceso a la totalidad de ayudas públicas de la Administración General del Estado relacionadas con la investigación y la innovación tecnológica, persiguiendo así la disminución de la burocracia que rodea a los procesos de solicitud de ayudas y generando un sistema de gestión más eficiente.

Líneas instrumentales de actuación y Programas Nacionales

Con el fin de alcanzar los objetivos establecidos, el Plan Nacional contempla seis líneas instrumentales de actuación (LIA) en función de las cuatro áreas identificadas. Las Líneas se desarrollan a través de trece Programas Nacionales, que según el documento del Plan Nacional constituyen las grandes actuaciones instrumentales del mismo. Los Programas Nacionales están directamente relacionados con las Líneas Instrumentales de Actuación y persiguen los objetivos dictados en cada una de las áreas del Plan Nacional.

La siguiente tabla relaciona cada línea instrumental de actuación con los programas nacionales a través de los que se desarrolla:

Tabla 4. Líneas de actuación y programas nacionales

Líneas Instrumentales de Actuación (LIA)	Programas Nacionales
1. Recursos humanos (RRHH)	1.1. Formación de RRHH 1.2. Movilidad de RRHH 1.3. Contratación e incorporación de RRHH
2. Proyectos de I+D+i	2.1. Proyectos de investigación fundamental no orientada 2.2. Proyectos de investigación aplicada 2.3. Proyectos de desarrollo experimental 2.4. Proyectos de innovación
3. Fortalecimiento institucional	3.1. Fortalecimiento institucional
4. Infraestructuras	4.1. Infraestructuras científico-tecnológicas
5. Utilización del conocimiento	5.1. Transferencia de tecnología, valorización y promoción de empresas de base tecnológica
6. Articulación e internacionalización del sistema	6.1. Redes 6.2. Cooperación público-privada 6.3. Internacionalización de la I+D

Fuente: elaboración propia a partir del Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica 2008-2011.

I.1.2.c.3. Seguimiento de los indicadores del Plan Nacional de I+D+i 2008-2011

Como se ha mencionado anteriormente, el Plan Nacional de I+D+i 2008-2011 identifica una serie de indicadores de gasto y esfuerzo en I+D, personal y resultados y fija el valor que cada uno de ellos debería alcanzar en 2011, en el momento de finalización del Plan. Estos indicadores están asociados a los objetivos estratégicos del Plan, por lo que permiten realizar el seguimiento de dichos objetivos.

En la tabla 5 se refleja el valor de los indicadores del Plan Nacional de I+D+i 2008-2011 en los dos primeros años de vigencia del Plan, así como el valor que deberían alcanzar en 2011.

Tabla 5. Indicadores del Plan Nacional de I+D+i 2008-2011 en 2008 y 2009, y previsión para 2011

Indicadores 2011	2008	2009	2011 Previsión
Gasto interno total en actividades de I+D (en % del PIB)	1,35	1,38	2,2
Gasto en I+D ejecutado por el sector empresarial (en % sobre el total)	54,9	51,9	60,4
Gasto en I+D financiado por el sector empresarial (en % sobre el total)	45,0	43,4	55,0
Programa de Gasto I+D+I de los PGE Capítulo I-VII/sobre total PGE (en %)	1,46	1,37	1,7
Investigadores (por mil de población activa)	6,5	7,1	7,1
Investigadores en el sector empresarial (en % sobre el total)	35,4	34,5	42,8
Número de doctores anuales (en número)	7.302	7.915	10.470
Cuota de producción científica respecto al total mundial (en %)	2,73	2,89	3,6
Producción científica en colaboración internacional (en %)	41,3	40,1	45,0
Retorno económico participación española en PM(1) de I+D de UE (en %)	6,9	8,2	8,0
Patentes solicitadas en la EPO(2) (por millón de habitantes)	34,1	27,5	96,0
Empresas innovadoras respecto al total de empresas (en %)	20,8	20,5	37,8
EIN(3) que han cooperado con Universidades, Organismos Públicos de Investigación o Centros Tecnológicos sobre total EIN que han cooperado (en %)	34,5	34,2	62,5
Inversión en capital riesgo en etapas iniciales sobre el PIB (en %)	0,007	0,004	0,035

(1) PM: Programa Marco.

(2) EPO: Oficina Europea de Patentes.

(3) EIN: Empresas innovadoras o con innovaciones en curso o no exitosas.

Fuente: Plan Nacional de I+D+i 2008-2011.

El Sistema Español de Ciencia y Tecnología ha experimentado en los últimos años una importante transformación debido al incremento de las inversiones en investigación e innovación y al diseño del Sistema de I+D+i. Todo ello se refleja en la situación de la I+D en España, que se analiza en profundidad en el epígrafe 3 de este capítulo.

I.1.2.d. Programa de trabajo anual

Es la herramienta de planificación y programación a corto plazo de la política de ciencia y tecnología, que actúa además como elemento coordinador de las actuaciones de la Administración General del Estado y presenta las actuaciones integradas de esta con las Administraciones Autonómicas en Ciencia, Tecnología e Innovación.

El Programa de Trabajo contiene información sobre convocatorias públicas, indicando plazos de presentación y resolución de los distintos procedimientos así como el tipo de beneficiario y sectores a los que van dirigidas. También incluye la distribución del presupuesto anual por áreas y programas y cuáles son los organismos de gestión relacionados con las distintas actuaciones.

Este instrumento se elabora anualmente y pretende ser una guía que facilite a los agentes del Sistema Español de Ciencia, Tecnología y Empresa la participación en las actividades de I+D+i que se convoquen en el año siguiente, promoviendo asimismo la interrelación entre agentes. Los cambios y ajustes que pueden producirse sobre el Programa de Trabajo Anual se recogen en los Informes de Seguimiento Semestrales.

En concreto el Programa de Trabajo 2011 se estructura en cuatro capítulos, información general sobre convocatorias y financiación, descripción de las ayudas objeto de convocatoria, calendario de convocatorias y cronograma e inversión pública que pretende destinarse a dichas acciones.

1.1.2.e. Sistema Integral de Seguimiento y Evaluación

El Sistema Integral de Seguimiento y Evaluación (SISE) se integra en el Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica 2008-2011 como mecanismo de seguimiento y evaluación de las políticas de investigación e innovación. Fue diseñado por el gobierno para realizar el seguimiento y evaluación de los instrumentos y actuaciones del Plan Nacional de I+D+i.

La finalidad de los informes SISE es analizar la ejecución del Plan Nacional a través del estudio de los resultados de las convocatorias públicas, de modo que puedan implementarse los cambios que se consideren necesarios.

Mediante estos informes se obtiene información que posibilita la planificación, revisión y adecuación de los objetivos de las políticas públicas en materia de ciencia y tecnología al convertirse en la plataforma de análisis y seguimiento permanente de las actuaciones financiadas y ejecutadas en el Sistema Español de Ciencia, Tecnología y Empresa (SECTE).

El análisis detallado de todas estas ayudas se realiza con la participación de más de cincuenta expertos en las diferentes Líneas Instrumentales de Actuación y Acciones Estratégicas del Plan, que proponen recomendaciones de mejora sobre los aspectos que rigen el sistema de gobernanza y de gestión de las ayudas públicas.

El último informe disponible del SISE corresponde a datos del año 2009, segundo año de vigencia del Plan Nacional de I+D+i 2008-2011. La partida de los Presupuestos Generales del Estado (PGE) correspondiente al programa 46 de investigación, desarrollo e innovación durante el ejercicio de 2009 fue de 9.673 millones de euros, lo que supuso el 2,52% del total de los PGE y un incremento en esta partida del 2,5% respecto a 2008.

Por otra parte, se creó el Plan Español para el Estímulo de la Economía y el Empleo (Plan E) como medida extraordinaria ante la coyuntura económica, en el que se destinaban 490 millones de euros para investigación en innovación, repartidos entre la LIA destinada a Proyectos de I+D+i (46 millones de euros) y la LIA de Articulación e

Internacionalización del Sistema (274,6 millones de euros). Estos datos aparecen reflejados en la tabla 6.

Tabla 6. Presupuestos para el ejercicio 2009

Presupuestos Generales del Estado	384.520,1
Programa 46 de investigación, desarrollo e innovación	9.673,0
Plan E	490,0
Presupuesto total para I+D+i	10.163,0

Fuente: Elaborada a partir del Informe SISE 2009. Datos en millones de euros.

En el año 2009 se aprobaron un total de 18.071 actuaciones con un presupuesto comprometido para su financiación de 3.567,9 millones de euros. En mayo de 2011 los datos actualizados contabilizaban 22.273 actuaciones con 3.561,6 millones de euros.

Respecto a los instrumentos de actuación con los que cuenta el Plan Nacional de I+D+i, destaca la LIA de Proyectos de I+D+i con 1.512,3 millones de euros de financiación. En la tabla 7 pueden observarse datos referentes a algunas de las LIA del Plan Nacional de I+D+i. Cabe señalar a este respecto que en el año 2009 no hubo convocatorias de la LIA de Fortalecimiento Institucional.

Tabla 7. Líneas instrumentales de actuación

Líneas Instrumentales de Actuación	Financiación	Actuaciones
LIA de Proyectos de I+D+i	1.512,3	7.112,0
LIA de Acción Estratégica de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información	590,7	990,0
LIA de Articulación e Internacionalización del Sistema	411,5	791,0
LIA de Infraestructuras Científicas y Tecnológicas	437,3	536,0
LIA de Recursos Humanos	363,7	11.195,0

Fuente: Informe SISE 2009. Financiación en millones de euros.

Un total de 13 comisiones de evaluación han analizado las cifras referentes a las actividades públicas de I+D+i en 2009 y han centrado sus recomendaciones en los siguientes puntos:

- Necesidad de la definición de nuevos marcos de colaboración con las comunidades autónomas, para fomentar la coordinación y evitar duplicidades. También se propone el impulso de la creación de grupos pluridisciplinares de diferentes regiones para conseguir la integración de las menos participativas.
- Respecto a las actuaciones de respuesta al escenario socio-económico resultaría fundamental incrementar los tramos no reembolsables de las ayudas y la movilización del capital privado como fuente de financiación para la I+D+i.
- En lo referente a la gestión de convocatorias, señalan la importancia del establecimiento y el cumplimiento de un calendario de los distintos programas nacionales. Se propone también contar con una “ventanilla única” para simplificar los trámites, así como establecer equipos de seguimiento y asesoramiento.

- Impulso de las actuaciones en áreas científico-tecnológicas estratégicas, mediante el incremento del presupuesto asignado a ellas o a través de otro tipo de incentivos.
- Sería necesario enfatizar la proyección internacional.

Se propone también el establecimiento de mecanismos que permitan realizar un seguimiento de los proyectos con el fin de realizar análisis coste-beneficio que permitan corregir posibles errores y considerarlos a la hora de elaborar nuevas convocatorias.

1.1.3. La I+D+i en España en la actualidad

1.1.3.a. Situación de la I+D+i en España

En este apartado se pretende dar una visión general sobre la situación del sistema español de ciencia y tecnología, y también sobre su posición con respecto a la Unión Europea y a los países de la OCDE. Se han utilizado para ello datos estadísticos de fuentes oficiales como el Instituto Nacional de Estadística, la OCDE y European Statistics (EUROSTAT), así como el Informe Cotec 2011, de la Fundación Cotec para la Innovación Tecnológica.

Los últimos datos oficiales disponibles sobre aspectos relacionados con la I+D+i corresponden a 2009 en el caso de los más recientes, fecha en la que ya se manifestaba la actual crisis económica, por lo que en el análisis que se presenta a continuación podrá observarse como algunos indicadores, aunque siguen arrojando cifras de crecimiento, lo hacen de una forma más ralentizada.

Como dato significativo, la actividad de I+D empresarial se redujo en 2009 por primera vez en su historia. Esta reducción ha afectado por ejemplo al número de solicitudes de patente de origen español.

En lo referente al sistema de innovación español, en la tabla 8 se recogen una serie de indicadores básicos de las actividades de I+D en España, que permiten perfilar la situación del sistema:

Tabla 8. Principales indicadores del sistema español de innovación según el INE en 2000, 2005, 2007 y 2008

Recursos Generales					Tasa acumulativa anual		Variación anual
	2000	2005	2008	2009	2000-05	2005-09	2008-09
Gasto en I+D							
Millones de euros corrientes	5.719	10.197	14.701	14.582	12,26	9,35	-0,81
Esfuerzo en I+D							
Gasto interno total ejecutado en I+D/PIBpm (%)	0,91	1,12	1,35	1,38			
Gasto interno ejecutado en I+D por el sector empresarial/PIBpm (%)	0,50	0,61	0,74	0,72			
Gasto interno ejecutado en I+D por el sector público/PIBpm (%)	0,41	0,52	0,61	0,67			
Personal en I+D	120.618	174.773	215.676	220.777	7,70	6,02	2,37
Sobre la población ocupada (‰)	6,8	9,2	10,6	11,7			
Investigadores (en EDP)	76.670	109.720	130.987	133.803	7,43	5,09	2,15
Sobre la población ocupada (‰)	4,3	5,8	6,5	7,1			
Sobre el personal en I+D (en EDP)	63,6	62,8	60,7	60,6			
Resultados							
Comercio de productos de alta tecnología (millones de euros)							
Exportaciones de productos de alta tecnología	6.735	9.110	7.929	7.790	6,23	-3,84	-1,75
Ratio de cobertura de productos de alta tecnología	0,38	0,37	0,28	0,39			
Número de artículos científicos de difusión internacional	24.977	35.795	44.999	48.809	7,46	8,06	8,47
Producción científica respecto al total mundial (%)	2,5	2,9	3,3	3,3			

Fuente: INE (2011) e Informe Cotec 2011.

De estos datos se extrae que los recursos invertidos en el sistema de innovación se han reducido en 2009 tras haber experimentado un crecimiento continuado en los últimos años. El gasto español en I+D se cifró en 14.582 millones de euros, lo que supuso una reducción del 0,81% respecto a 2008. Esta reducción del gasto se debe a la contracción

del gasto en el sector privado, ya que en el sector público se incrementó este dato en 2009.

El peso del gasto en I+D en relación al PIB registró en 2009 una leve subida respecto al año anterior, pasando de 1,35% a 1,38%. Esto a pesar de la reducción del gasto en I+D, y debido en parte a la contracción del PIB en España.

El personal de I+D, en equivalencia a dedicación plena, prácticamente se ha doblado en el periodo que va desde 2000 a 2009. Al ser este un crecimiento superior al de la población ocupada, significa que personal de I+D representa cada vez un porcentaje mayor de esta.

Del personal de I+D el 60,6% son investigadores, y el resto personal técnico y de apoyo. La proporción de investigadores ha ido disminuyendo lentamente en los últimos años, y aunque este dato supone un avance para el sistema, aún está muy descompensada la proporción de investigadores frente a otros profesionales de perfiles diversos, cuya participación también es necesaria para la mejora del sistema.

En lo referente a los resultados, las exportaciones de productos de alta tecnología, muestran un comportamiento cambiante en los últimos años. La tasa de cobertura del comercio exterior, tanto del total como del de productos de alta tecnología mejoró en 2009 principalmente por la reducción de las importaciones, ya que las exportaciones continuaron su tendencia decreciente en 2009, lo que da cuenta de la baja competitividad española en el mercado global.

La producción científica ha experimentado un crecimiento continuado durante el periodo 2000-2008 y se ha mantenido en 2009, incrementándose el número de artículos científicos de difusión internacional, así como la cuota de producción científica respecto al total mundial.

En la tabla 9 se recogen el gasto y el esfuerzo en I+D llevado a cabo por España y por los países de la OCDE, que permiten realizar una comparación entre la situación española y la del resto de países. Los datos utilizados corresponden al año 2008, los últimos disponibles en el momento actual.

Tabla 9. Gasto y esfuerzo en I+D de los países de la OCDE en 2008

Países	Gasto en I+D (miles de millones de \$)	Esfuerzo en I+D	Gasto en I+D/habitante (SPPC)
Alemania	81,8	2,7	996,7
España	20,4	1,4	448,2
Francia	46,3	2,1	721,5
Italia	24,5	1,2	409,6
Polonia	4,2	0,6	109,1
Reino Unido	40,1	1,8	653,1
UE-27	294,2	1,8	590,2
Australia	18,8	2,2	866,6
Canadá	23,9	1,8	716,8
Corea	43,9	3,4	903,3
EE.UU.	398,2	2,8	1.306,3
Japón	148,7	3,4	1.166,3

Fuente: "Main Science and Technology Indicators. Volume 2010/2". OCDE (2011) e Informe Cotec 2011.

Tabla 10. Comparación internacional de la situación de España según datos de la OCDE, 2007

Recursos Generales	España	UE-27	OCDE
Gastos en I+D			
Totales en US\$ corrientes (millones en PPC)	20.434,8	294.221,5	964.414,1
España en porcentaje de la UE y la OCDE	---	6,95	2,12
Gastos empresariales en I+D (millones de US\$ PPC)	11.222,1	183.865,2	671.149,2
Gastos empresariales en I+D en porcentaje del gasto total en I+D	54,9	62,5	69,6
Gastos en I+D por habitante (millones de US\$ PPC)	448,2	590,2	803,2
Gasto interno total ejecutado en I+D/PIBpm (%)	1,35	1,84	2,34
Gasto interno ejecutado en I+D por el sector empresarial(a)/PIBpm (%)	0,74	1,15	1,63
Gasto interno total ejecutado en I+D por el sector público/PIBpm (%)	0,61	0,67	0,66
Personal en I+D (en EDP)	215.676	2.472.391	---
Sobre la población ocupada (‰)	10,5	10,8	---
Investigadores en empresas sobre el total de investigadores (%)	35,4	45,9	---
Resultados			
Familias de patentes triádicas registradas	223	14.525	46.691
España en porcentaje de la UE y la OCDE		1,54	0,48

(a) Calculado para los países de la UE-27 con excepción de Bulgaria, Chipre, Letonia, Lituania y Malta.

Fuente: Informe Cotec 2011.

Los indicadores de la tabla 10 nos permiten situar a España en el contexto de la Unión Europea y de los países de la OCDE, comparando los principales datos de los sistemas de innovación.

Aunque España ha acortado distancias con los países de la UE-27 y de la OCDE, avanzando hacia la deseada convergencia, aún queda camino por recorrer para igualarnos con nuestros homólogos.

Para alcanzar la convergencia con el resto de países el comportamiento registrado hasta el año 2008 (último del que hay datos disponibles de la OCDE) debería mantenerse de forma continuada durante un largo tiempo.

En 2008 se incrementó el esfuerzo en I+D (gasto interno total en I+D en porcentaje del PIB) pasando de 1,27% en 2007 a 1,35% en 2008. A pesar de este aumento, la diferencia con este dato en la UE-27 no se ha reducido, pues esta cifra pasó del 1,77% en 2007 al 1,84% en 2008.

Atendiendo a la distribución del gasto en I+D entre los distintos sectores, el gasto ejecutado por el sector privado en España continúa siendo muy inferior al de la UE-27 y al de los países de la OCDE. Se apreció en 2008 un descenso de la actividad de I+D empresarial.

En las economías más desarrolladas el gasto ejecutado por las empresas está próximo o es mayor que los dos tercios del gasto en I+D. Se observa como en España este dato representaba solo un 54,9% en 2008, situándose 7,6 puntos por debajo de la media de la UE-27 y 15 por debajo de la media de la OCDE.

En lo referente a Recursos Humanos, España presenta un porcentaje algo menor que la UE-27 en cuanto al personal en I+D. El porcentaje de investigadores trabajando en empresas está 10,5 puntos por debajo de la media de la UE-27, a pesar de haber experimentado un continuado aumento en los últimos años.

En lo referente a los resultados de investigación, es en el apartado de patentes donde mayor distancia se refleja respecto a la UE-27 y a los países de la OCDE: las patentes triádicas, es decir, las concedidas con efectos conjuntos en las oficinas de patentes europea, estadounidense y japonesa, representan un 1,54% del total de las solicitudes de los países de la UE-27 y un 0,48% de las solicitudes de los países de la OCDE.

Los datos de 2008 demuestran que existe un proceso de convergencia continuado de España respecto a la Unión Europea y a los países de la OCDE, pero aún mantiene distancias con los datos de esos países.

1.1.3.b. Estudio detallado de algunos datos de I+D en España. Comparación internacional.

I.1.3.b.1. Recursos destinados a la I+D

En este apartado se analizan los recursos destinados a la I+D a partir de la evolución del gasto interno total en actividades de I+D, de su relación con el PIB, así como de la evolución del personal empleado en actividades de I+D.

Gasto interno en I+D

El gasto interno total en I+D experimentó una disminución anual del 0,8% en 2009, situándose en 14.581.676 miles de euros. Durante la última década el gasto interno en actividades de I+D había experimentado un crecimiento positivo, como se refleja en el gráfico 1. En la tabla 11 se recogen los valores del gasto interno en actividades de I+D por sectores.

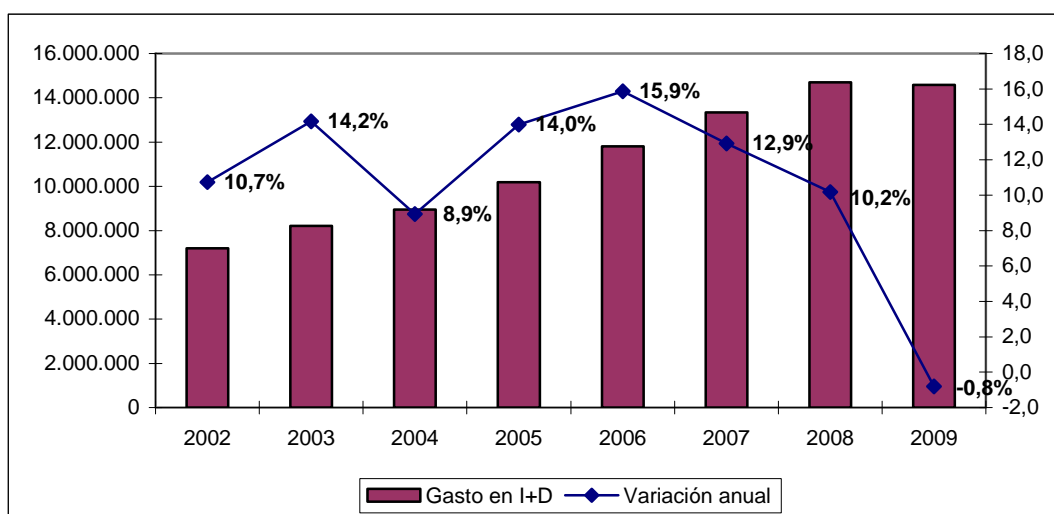
Tabla 11. Evolución del gasto interno en I+D por sectores. Periodo 2001-2009

Año	Administración Pública	Enseñanza Superior	Empresas y IPSFL	Total
2001	989.349	1.925.357	3.581.305	6.496.011
2002	1.107.815	2.141.949	3.943.773	7.193.538
2003	1.261.763	2.491.959	4.459.314	8.213.036
2004	1.427.504	2.641.653	4.876.604	8.945.761
2005	1.738.053	2.959.928	5.498.890	10.196.871
2006	1.970.824	3.265.739	6.578.656	11.815.218
2007	2.348.843	3.518.595	7.474.933	13.342.371
2008	2.672.288	3.932.413	8.096.692	14.701.393
2009	2.926.733	4.058.359	7.596.583	14.581.676

Nota: valores en miles de euros.

Fuente: Encuesta sobre Actividades de I+D 2009. INE.

Gráfico 1. Evolución del gasto interno en I+D y de su variación anual



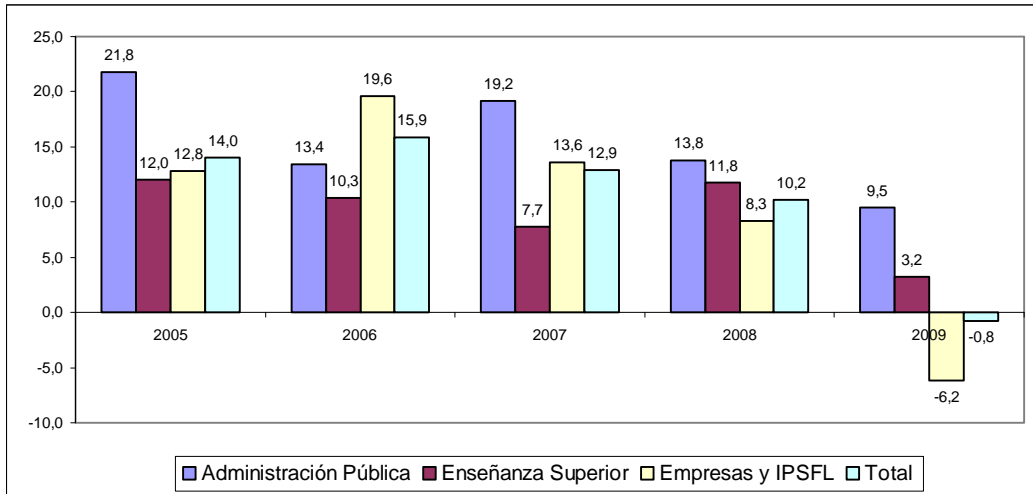
Fuente: INE. Elaboración propia con datos de la encuesta sobre actividades de I+D 2009.

La reducción de la cifra de gasto interno en I+D en 2009 respecto a 2008 se debió principalmente a la caída producida en el sector empresarial y de las instituciones privadas sin fines de lucro (IPSFL), que registraron una reducción anual superior al 6%, situándose el gasto interno en I+D en este sector en niveles cercanos a los de 2007 (ver gráfico 2).

En el sector de la enseñanza pública se registró un crecimiento del 3,2% anual en 2009, menor al experimentado el año anterior pero que permite situar la cifra de gasto interno en I+D por encima de los cuatro mil millones de euros.

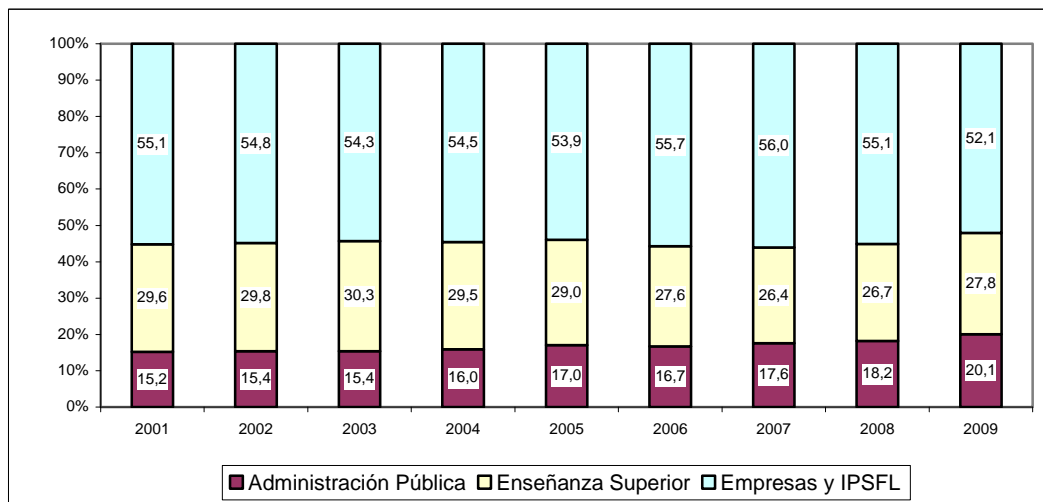
En lo referente a la estructura del gasto interno en I+D por sectores, en el gráfico 3 puede observarse como el peso del sector empresarial y IPSFL se redujo en 2009 alcanzando un porcentaje inferior al del año 2001. Debido a esto, el peso de los otros dos sectores se incrementó, en 1,9 puntos porcentuales el de Administración Pública y en 1,1 puntos porcentuales el de enseñanza superior.

Gráfico 2. Evolución de la variación anual del gasto interno en I+D por sectores



Fuente: INE. Encuesta sobre actividades de I+D 2009.

Gráfico 3. Evolución de la estructura del gasto interno en I+D por sectores



Fuente: INE. Encuesta sobre actividades de I+D 2009.

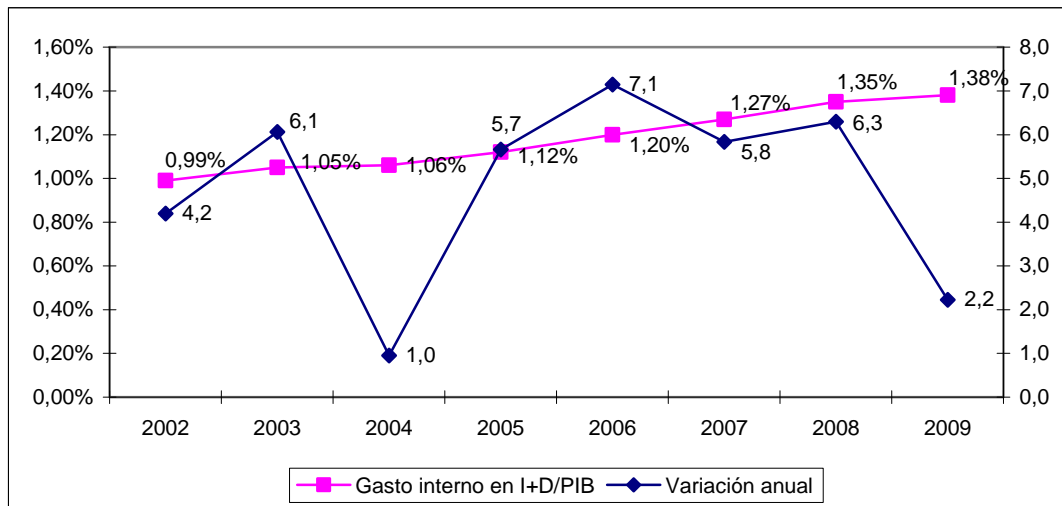
Gasto interno en I+D en relación al PIB

El gasto interno total en actividades de I+D respecto al PIB experimentó un ligero incremento en el año 2009, situándose en el 1,38%, tres puntos porcentuales por encima del valor del año 2008, como puede apreciarse en el gráfico 4. El gasto interno total en I+D sobre el PIB mantuvo así la tendencia creciente registrada en la última década, si

bien la ralentización del crecimiento del PIB en 2009 también tiene influencia en este dato.

A pesar del crecimiento experimentado en los últimos años, el ratio de gasto interno en I+D sobre PIB en 2009 dista aún bastante del objetivo del 2% establecido por el Gobierno para 2010 con el fin de contribuir al cumplimiento de la Estrategia de Lisboa.

Gráfico 4. Gasto interno en I+D en relación al PIB y su variación anual



Fuente: Elaboración propia con datos de la encuesta sobre actividades de I+D 2009 del INE.

Si se estudia por sectores, el de la Administración pública y el de la enseñanza superior evolucionaron de forma positiva en 2009, alcanzando cifras de gasto en I+D del 0,28% y 0,39% del PIB respectivamente. El sector empresarial y de IPSFL, sin embargo, redujo su cifra de gasto en I+D sobre el PIB del 0,74% en 2008 al 0,72% en 2009. (Ver tabla 12 o gráfico 5).

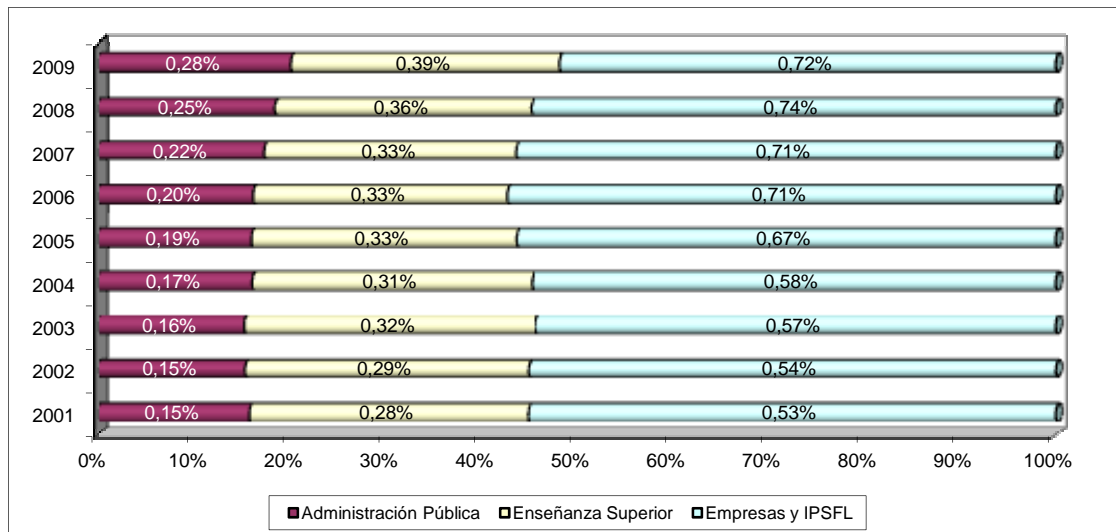
Tabla 12. Gastos internos totales en actividades de I+D en relación con el PIB por sectores

Año	Administración Pública	Enseñanza Superior	Empresas y IPSFL	Total
2001	0,15%	0,28%	0,53%	0,95%
2002	0,15%	0,29%	0,54%	0,99%
2003	0,16%	0,32%	0,57%	1,05%
2004	0,17%	0,31%	0,58%	1,06%
2005	0,19%	0,33%	0,67%	1,12%
2006	0,20%	0,33%	0,71%	1,20%
2007	0,22%	0,33%	0,71%	1,27%
2008	0,25%	0,36%	0,74%	1,35%
2009	0,28%	0,39%	0,72%	1,38%

Nota: valores en miles de euros.

Fuente: Encuesta sobre Actividades de I+D 2009. INE.

Gráfico 5. Estructura del gasto en I+D en relación con el PIB por sectores



Fuente: Encuesta sobre Actividades de I+D 2009. INE.

Comparación internacional

A pesar de que España mantuvo en la última década la tendencia creciente en esfuerzo en I+D respecto al PIB, sigue situándose en 2009⁵ por debajo de los países referentes en materia de I+D y de algunos países europeos.

El gasto en I+D en relación al PIB se situó en el 1,38% en 2009, una cifra 0,53 puntos porcentuales inferior a la media de la UE-27; 0,69 puntos porcentuales inferior a la media de la UE-15 y casi un punto porcentual por debajo de la media de los países de la OCDE en el año 2008, último disponible. (Ver tabla 13).

Tabla 13. Diferencia entre el esfuerzo en gasto en I+D sobre el PIB en 2008

	España	UE-15	UE-27	OCDE
Gasto I+D en relación al PIB	1,38	2,07	1,91	2,33 (a)
Diferencia con el dato español		-0,69	-0,53	-0,95

Fuente: Elaboración propia con datos de la encuesta sobre Actividades de I+D 2009. INE.

(a) Año 2008.

En la tabla 14 se recogen los datos relativos al esfuerzo en I+D en relación al PIB de varios países, así como la media de la UE-25, UE-27 y de la OCDE para el periodo 2006-2009.

⁵ Últimos datos disponibles.

Tabla 14. Gastos internos totales/PIB (%)

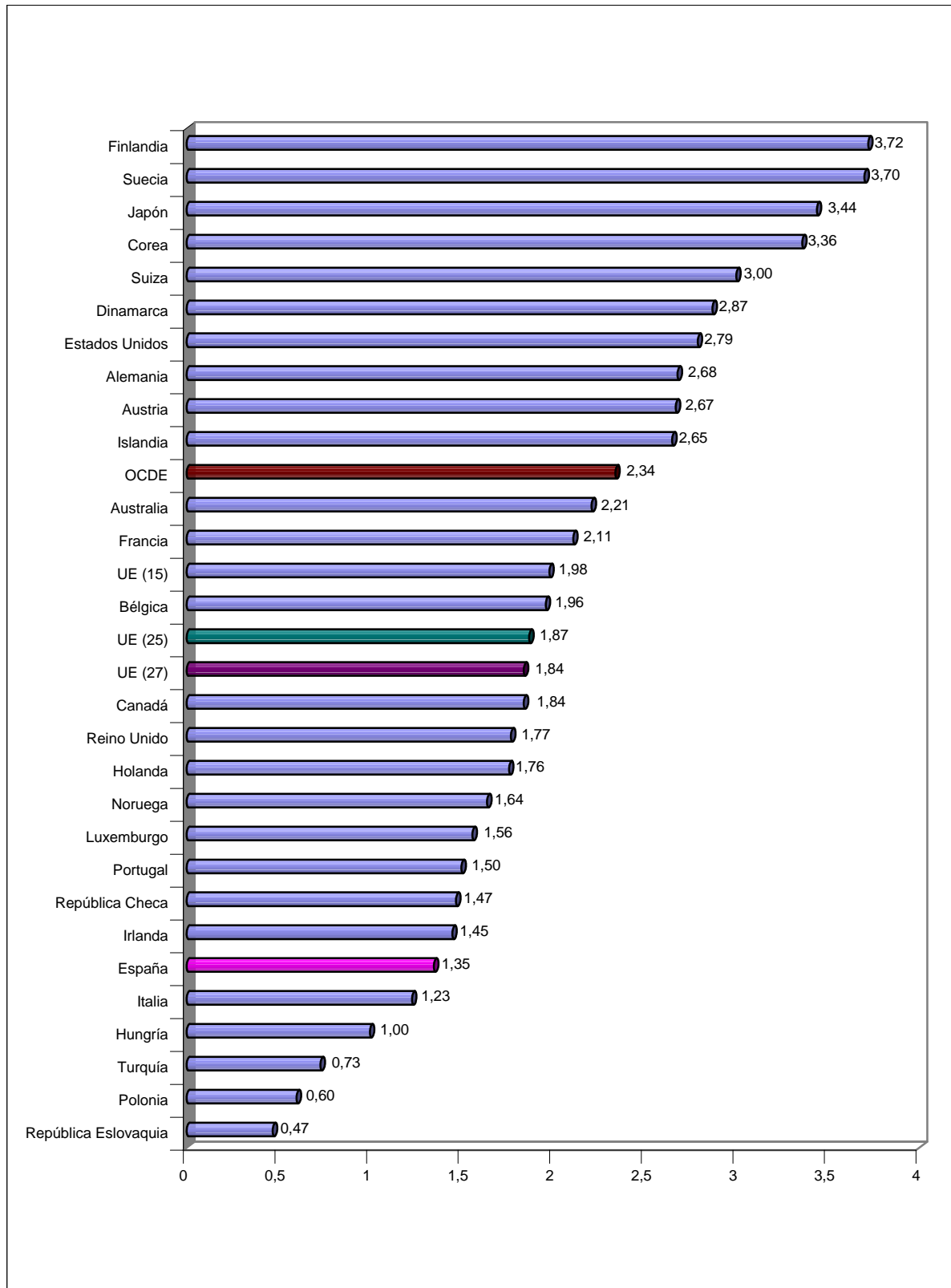
Países	2006	2007	2008	2009
Australia	2	nd	2,21	nd
Austria	2,46	2,52	2,67	2,75
Bélgica	1,86	1,9	1,96	1,96
Canadá	1,97	1,91	1,84	1,95
República Checa	1,55	1,54	1,47	1,53
Dinamarca	2,48	2,58	2,87	3,02
Finlandia	3,48	3,47	3,72	3,96
Francia	2,1	2,07	2,11	nd
Alemania	2,53	2,53	2,68	2,82
Grecia	0,58	0,58	nd	nd
Hungría	1	0,97	1	1,15
Islandia	2,99	2,68	2,65	nd
Irlanda	1,25	1,29	1,45	1,77
Italia	1,13	1,18	1,23	1,27
Japón	3,4	3,44	3,44	nd
Corea	3,01	3,21	3,36	nd
Luxemburgo	1,66	1,58	1,56	1,68
Méjico	0,39	0,37	nd	nd
Holanda	1,88	1,81	1,76	1,84
Nueva Zelanda	n	1,18	nd	nd
Noruega	1,52	1,65	1,64	nd
Polonia	0,56	0,57	0,6	0,59
Portugal	0,99	1,17	1,5	1,66
República Eslovaquia	0,49	0,46	0,47	0,48
España	1,2	1,27	1,35	1,38
Suecia	3,68	3,4	3,7	3,62
Suiza	n	nd	3	nd
Turquía	0,58	0,72	0,73	0,85
Reino Unido	1,75	1,78	1,77	1,87
Estados Unidos	2,61	2,67	2,79	nd
UE (15)	1,89	1,9	1,98	2,07
UE (25)	1,8	1,8	1,87	1,95
UE (27)	1,77	1,77	1,84	1,91
OCDE	2,24	2,28	2,34	nd

nd: no disponible.

Fuente: INE y OCDE (Base de datos MSTU 2010-2).

En el gráfico 6 se representa el peso del gasto en I+D con relación al PIB para distintos países, la UE-25, la UE-27 y la OCDE en el año 2008, último para el cual estaban disponibles la mayoría de estos datos. En él puede observarse que España arroja una cifra inferior a la mayoría de países, así como a la media de la UE-25, UE-27 y de la OCDE. Se sitúa en esfuerzo en I+D sobre el PIB por encima de Italia, Hungría, Turquía, Polonia y la República de Eslovaquia.

Gráfico 6. Gasto interno en I+D en relación al PIB (%) en 2008

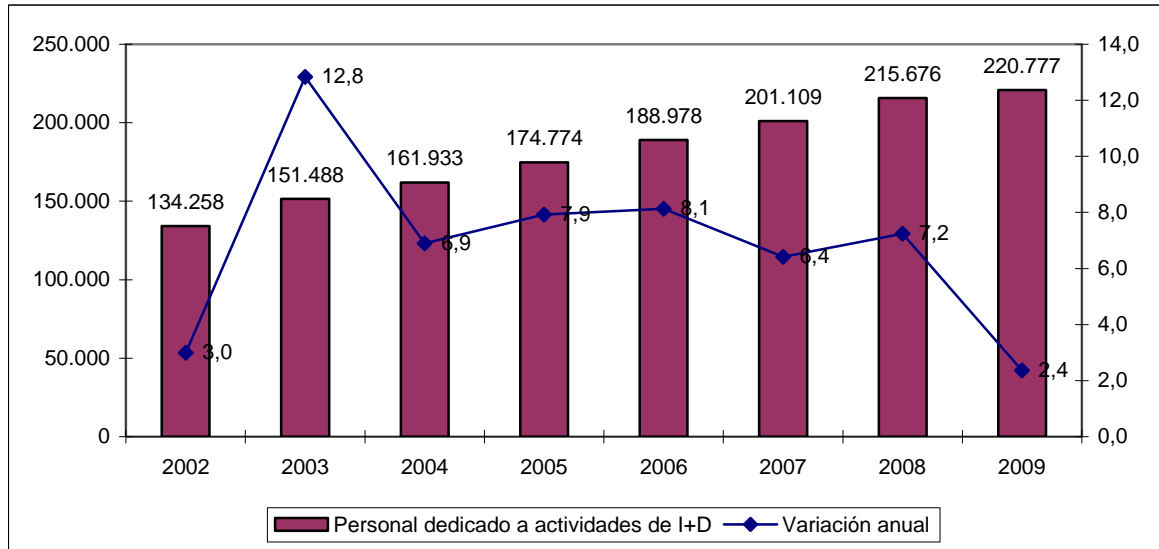


Fuente: INE y OCDE (Base de Datos MSTU 2010-2).

Recursos Humanos en I+D

El número de personas que trabajan en actividades de I+D ha mantenido en 2009 la tendencia creciente registrada en los últimos años, aunque a un ritmo menor, alcanzando la cifra de 220.777 empleados, lo que supone una variación anual del 2,4%. En el gráfico 7 se muestra la evolución del personal dedicado a actividades de I+D en el periodo 2002-2009 y su variación anual.

Gráfico 7. Evolución del personal dedicado a actividades de I+D y de su variación anual



Fuente: Elaboración propia con datos de la encuesta sobre Actividades de I+D 2009 del INE.

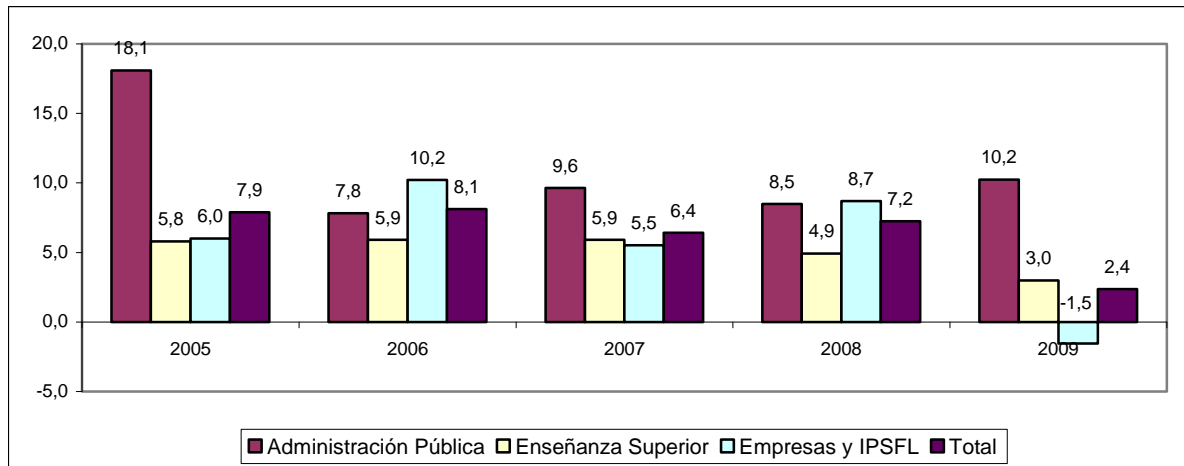
Tabla 15. Evolución del personal dedicado a actividades de I+D por sectores

Año	Administración Pública	Enseñanza Superior	Empresas y IPSFL	Total
2001	23.483	54.623	52.248	130.354
2002	23.211	54.233	56.814	134.258
2003	25.760	60.307	65.421	151.488
2004	27.166	63.331	71.436	161.933
2005	32.077	66.996	75.701	174.774
2006	34.588	70.950	83.440	188.978
2007	37.919	75.148	88.042	201.109
2008	41.139	78.846	95.691	215.676
2009	45.353	81.203	94.221	220.777

Fuente: Encuesta sobre Actividades de I+D 2009. INE.

Si se estudia la evolución del personal de I+D por sectores, el sector en el que más empleo en I+D se creó en el año 2009 fue el de la Administración Pública, con un total de 45.153 empleos. El sector de la enseñanza superior registró también un crecimiento positivo, del 3,0%, en el último año (ver gráfico 8).

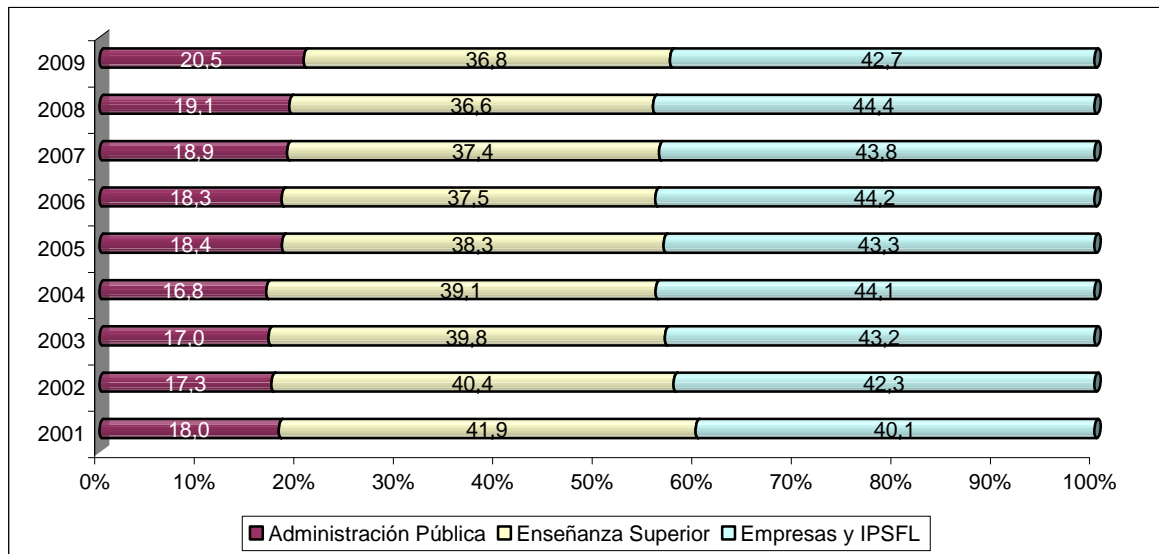
Gráfico 8. Evolución de la variación anual del personal de I+D por sectores



Fuente: Encuesta sobre Actividades de I+D 2009. INE.

En el sector empresarial y de IPSFL, sin embargo, se registró una reducción del 1,5% en cuanto al personal dedicado a actividades de I+D en 2009. Esto supuso la destrucción de 1.470 empleos, y una reducción en la participación del sector privado sobre el total de 1,7 puntos porcentuales, alcanzando, como muestra el gráfico 9, un peso similar al de 2002. Aún así el sector empresarial y de IPSFL continuó siendo el de mayor participación sobre el total, agrupando al 42,7% del personal de I+D en 2009.

Gráfico 9. Estructura porcentual del personal dedicado a actividades de I+D por sectores



Fuente: Encuesta sobre Actividades de I+D 2009. INE.

En lo referente al número de investigadores, se mantuvo la tendencia creciente de los últimos años, alcanzando la cifra de 133.803 investigadores en 2009. Sin embargo el ritmo de crecimiento se redujo respecto a años anteriores, situándose la tasa de variación anual 4 puntos porcentuales por debajo de la de 2008 y 3 puntos porcentuales por debajo de la de 2007. Asimismo, el porcentaje de investigadores sobre el total de personal de I+D viene disminuyendo en los últimos años, pasando del 62,8% en 2005 al 60,6% en 2009 (ver tabla 16)

Tabla 16. Evolución del número de investigadores en EDP por sectores

Año	Administración Pública	Enseñanza Superior	Empresas y IPSFL	Total
2001	13.355	46.964	21.350	81.669
2002	12.625	45.727	24.966	83.318
2003	15.489	49.196	27.839	92.524
2004	17.151	51.616	32.227	100.994
2005	20.446	54.028	35.247	109.721
2006	20.063	55.443	40.293	115.799
2007	21.412	58.813	42.400	122.625
2008	22.578	61.736	46.673	130.987
2009	24.165	63.175	46.464	133.804

Fuente: Encuesta sobre Actividades de I+D 2009. INE.

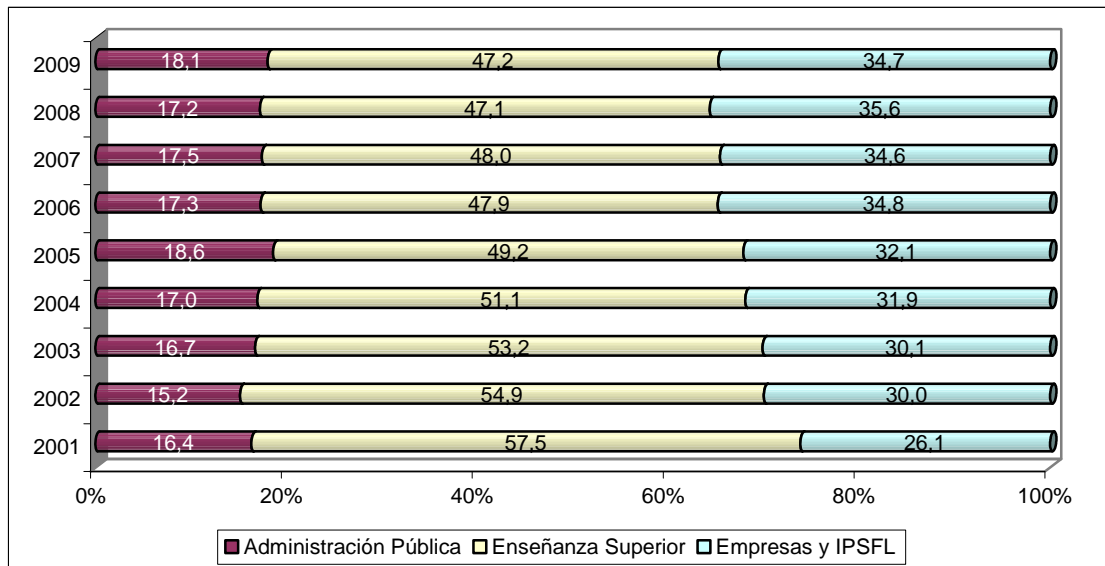
Tabla 17. Evolución del porcentaje de investigadores sobre el personal total empleado en actividades de I+D por sector

Año	Administración Pública	Enseñanza Superior	Empresas y IPSFL	Total
2001	56,9%	86,0%	40,9%	62,7%
2002	54,4%	84,3%	43,9%	62,1%
2003	60,1%	81,6%	42,6%	61,1%
2004	63,1%	81,5%	45,1%	62,4%
2005	63,7%	80,6%	46,6%	62,8%
2006	58,0%	78,1%	48,3%	61,3%
2007	56,5%	78,3%	48,2%	61,0%
2008	54,9%	78,3%	48,8%	60,7%
2009	53,3%	77,8%	49,3%	60,6%

Fuente: Encuesta sobre Actividades de I+D 2009. INE.

En el gráfico 10 puede observarse que el sector de la enseñanza superior es el que tiene una mayor participación en cuanto al número de investigadores. En la tabla 17 se puede comprobar que este sector es el que tiene un porcentaje mayor de investigadores respecto al personal de I+D, con un 77,8% en 2009.

Gráfico 10. Distribución porcentual del número de investigadores en EDP por sectores

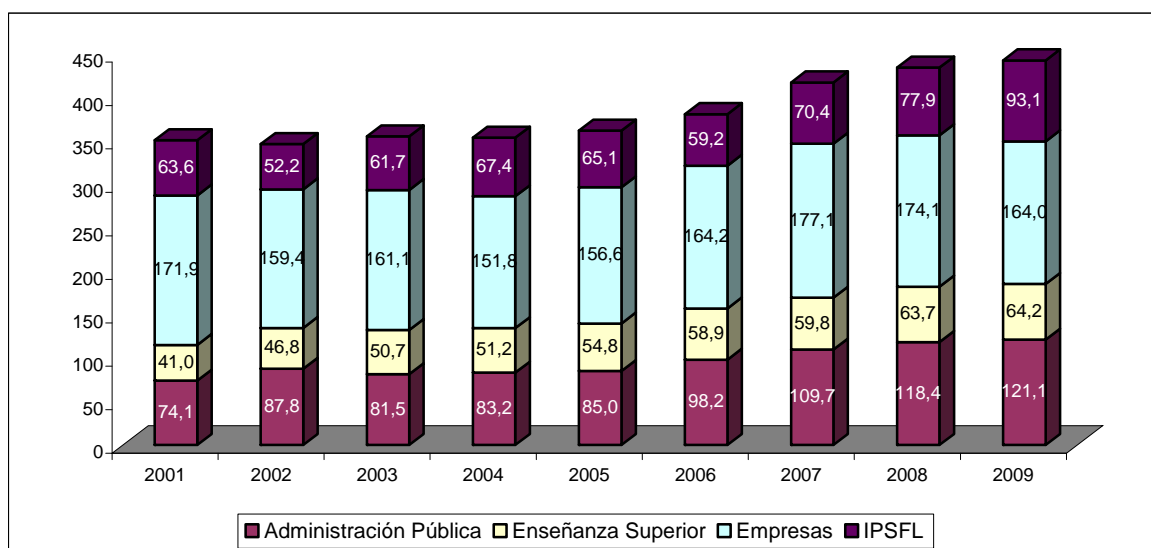


Fuente: Encuesta sobre Actividades de I+D 2009. INE.

En lo referente al gasto por investigador, se situó en 2009 en 109.000 euros, lo que supuso una reducción del 2,9% respecto a 2008. Esta reducción se debe principalmente a la disminución experimentada en el gasto por investigador en el sector empresarial,

que se redujo en un 5,8%, pasando de 174.090 en 2008 a 163.970 en 2009 (ver gráfico 11). En los demás sectores se incrementó el gasto por investigador en el año 2009.

Gráfico 11. Estructura del gasto por investigador EDP por sector



Valores en miles de euros.

Fuente: Elaboración propia con datos de la encuesta sobre Actividades de I+D 2009. INE.

A pesar de la reducción experimentada en el gasto por investigador en el sector empresarial, este continúa siendo el que ofrece el mayor gasto por investigador en Equivalentes de Dedicación Plena (EDP), cifrado en 2009 en 164 mil euros, seguido por la Administración pública, con un gasto superior a 121 mil euros por investigador. En el sector enseñanza privada el gasto medio por investigador EDP fue algo superior a 64 mil euros (ver gráfico 11).

I.1.3.b.2. Resultados de investigación

Los resultados de investigación se analizan mediante dos indicadores: el número de publicaciones científicas en el ámbito nacional e internacional y el número de patentes.

Producción científica

En 2009 se ha interrumpido la tendencia creciente mostrada por la capacidad científica del sistema español de innovación en los últimos 10 años, registrándose por primera vez una reducción en el número de publicaciones del 3,3% en 2009 respecto a 2008, con un total de 47.765 documentos. No obstante, esta reducción no afecta a la participación de la producción científica española a nivel mundial, que se mantiene constante en un 3,25% desde 2007.

A nivel internacional, España ocupó la octava posición mundial en el ranking de volumen de producción científica en el periodo 2000-2009, con un total de 307.873 artículos publicados, según el Science Watch 2010, que analiza la producción científica de 148 países en el periodo 2000-2009 con datos de la Web of Science (WoS). Estados Unidos fue el mayor productor de publicaciones, seguido por Reino Unido y Japón.

En lo referente al número de citas, España ocupó la décima posición con un total 3.132.619 citas en el periodo 2000-2009. Si se analiza el número de citas por artículo, España ocupó el vigésimo lugar con 10,2 citas por artículo publicado en dicho periodo.

Según datos procedentes de la base de datos “Scopus”, el número de documentos la producción científica española en todos los ámbitos científicos y tecnológicos ha experimentado un importante crecimiento en el periodo 2000-2009. La cuota mundial de producción española ha pasado del 2,27% en 2000 al 2,89% en 2009. Asimismo, el peso de España en la producción de artículos científicos era del 2,73% en 2009.

Tabla 18. Producción científica real española, de los países de Europa Occidental y del mundo en “Scopus” entre 2000 y 2008

	España	Europa Occidental	Mundo
2000	27.505	373.767	1.218.950
2001	28.062	372.600	1.315.795
2002	30.132	381.200	1.357.920
2003	34.811	419.142	1.409.394
2004	37.485	439.175	1.560.738
2005	41.854	479.615	1.726.140
2006	46.710	506.700	1.804.926
2007	49.318	520.157	1.880.365
2008	51.780	529.463	1.885.278

Fuente: SCImago Journal & Country Rank a partir de datos “Scopus”. Elaboración Grupo SCImago, Instituto de Políticas y Bienes Públicos (IPP-CCHS) del CSIC.

Patentes

El número de solicitudes de patentes con efecto en España en 2009 disminuyó un 6,9% respecto a 2008, interrumpiendo así la tendencia creciente que se registraba desde el año 2000. Dentro de estas, en las solicitudes de patentes tramitadas por la vía nacional se produjo en 2009 una caída del 1,9% respecto a 2008 (Véase tabla 19).

Tabla 19. Evolución de las solicitudes de patentes con efectos en España (2000-2009)

	2000	2005	2006	2007	2008	2009	Variación 2008-09
Vía Nacional (directas)	3.111	3.252	3.352	3.439	3.783	3.712	-1,88%
Vía Europea (directas)	53.356	58.291	59.329	62.109	63.000	55.896	-11,28%
Vía PCT	87.771	136.821	149.622	157.613	163.901	155.270	-5,27%
Total	144.238	198.364	212.303	223.161	230.684	214.878	-6,88%

Fuente: “Estadísticas de la Propiedad Industrial (1999-2009)”, OEPM (2010) y elaboración propia.

En lo referente al número de patentes con efecto en España concedidas por todas las vías, la pauta decreciente iniciada en 2006 continuó en 2009, año en que se registró una caída del 9,8% del total de las concesiones. (Véase tabla 20). Como en el caso de las

solicitudes de patente, la mayoría de las concesiones en 2009 procedieron de validaciones europeas.

Tabla 20. Evolución de las concesiones de patentes con efectos en España

	2000	2005	2006	2007	2008	2009	Variación 2008-09
Nacionales	2.190	2.661	2.107	2.603	2.202	2.507	13,90%
Validaciones europeas	11.126	18.336	21.175	19.156	18.630	16.255	-12,70%
PCT que entran en fase nacional	18	108	58	64	75	95	26,70%
Total	13.334	21.105	23.340	21.823	20.907	18.857	-9,80%

Fuente: "Estadísticas de la Propiedad Industrial (1999-2009)", OEPM (2010) y elaboración propia.

I.1.3.b.3. Otros datos de interés

El sistema educativo español

Respecto al sistema educativo español, el incremento continuado de la tasa de abandono escolar resulta preocupante, más teniendo en cuenta que la tendencia de la tasa es creciente, contrariamente a lo que ocurre en el resto de países de Europa.

El año 2008 fue el primero de vigencia del Plan Nacional de I+D 2008-2011, año en el que se gestionaron 56.000 solicitudes de apoyo, de las cuales se aprobaron 24.248, representando esta cifra un 15% más que las aprobadas en 2007.

La participación española en el VII Programa Marco de la UE se ha incrementado en 2009. Las propuestas lideradas por las entidades españolas representan el 11,1% del total y su tasa de éxito ha aumentado hasta el 22%.

Los recursos aplicados en 2008 fueron muy similares a los del año anterior, un total de 3.629 millones de euros, de los cuales el 55,6% correspondió a subvenciones y el 44,4% restante a créditos. No obstante, en 2008 los proyectos de I+D+i recibieron 1.805 millones de euros, frente a los 1.901 de 2007, lo que supuso una reducción del 5% anual, y además el peso de la subvención en el total de la ayuda cayó al 42% desde el 66%.

Presupuesto público para la innovación

La financiación pública presupuestaria de la innovación había experimentado un crecimiento continuado desde el año 1996 hasta 2009, primero en que se invierte la tendencia, dado que para el año 2010 el presupuesto total se redujo en un 4,2% respecto al del año anterior.

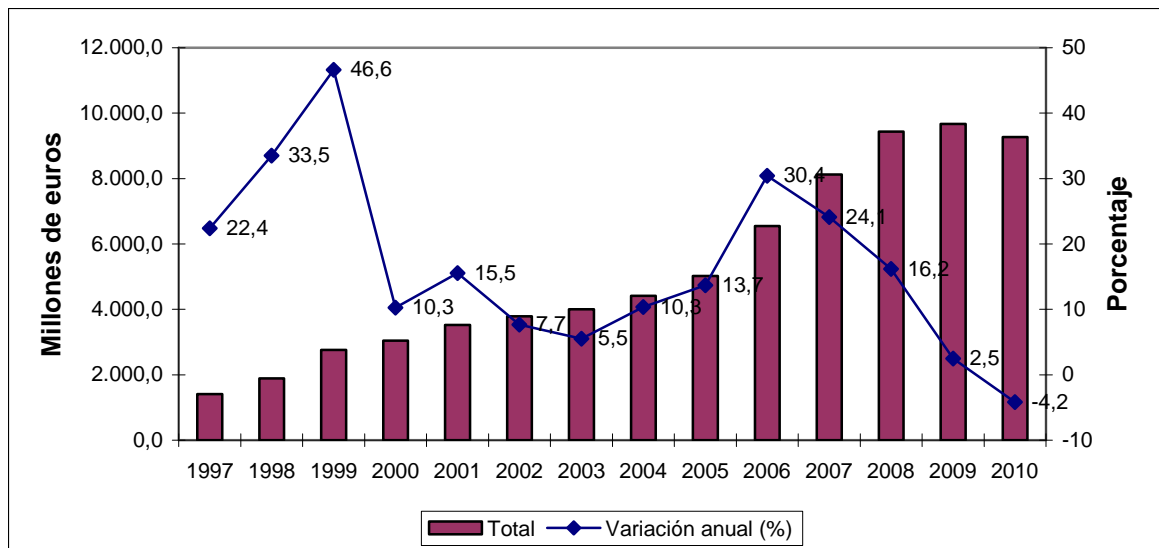
Tabla 21. Presupuestos Generales del Estado para I+D (Política de gasto 46) para el periodo 1996-2010

Años	Total	Excluido el Capítulo VIII
1996	1.153,9	1.087,8
1997	1.412,4	1.135,9
1998	1.885,3	1.213,0
1999	2.764,7	1.361,3
2000	3.048,2	1.449,1
2001	3.521,6	1.707,0
2002	3.792,0	1.802,4
2003	4.000,4	1.951,3
2004	4.414,3	2.144,6
2005	5.018,1	2.313,3
2006	6.546,0	2.911,0
2007	8.122,8	3.783,1
2008	9.437,8	4.248,1
2009	9.673,0	4.186,8
2010	9.271,0	3.572,0

Valores en millones de euros.

Fuente: Presupuestos Generales del Estado, varios años (Ministerio de Hacienda) y elaboración propia.

Gráfico 12. Evolución de los Presupuestos Generales del Estado para I+D y variación anual



Valores en millones de euros.

Fuente: elaboración propia sobre datos de los Presupuestos Generales del Estado y del Ministerio de Hacienda.

Empresas que realizan actividades de I+D

El número de empresas que realizan actividades de I+D en España ha disminuido en 2009 un 9,6% debido a la crisis económica. Resulta interesante a este respecto analizar las actividades de I+D en las empresas en función de su tamaño ya que presentan comportamientos distintos.

Tabla 22. Empresas que realizan actividades de I+D

Empresas que realizan actividades de I+D	Número de empresas que realizan actividades de I+D	Variación del número de empresas que realizan I+D 2008-09	Variación del número de investigadores 2008-09	Intensidad innovadora
Más de 250 empleados	1.150	-9,11%	3,8%	0,8%
Entre 50 y 249 empleados	3.000	-8,0%	constante	2,5%
Entre 10 y 49 empleados	6.500	-17,0%	-8,6%	5,7%
Menos de 10 empleados	3.000	9,64%	9,3%	17,7%

Fuente: elaboración propia a partir de datos del Informe Cotec 2011.

Las empresas de más de 250 empleados redujeron su actividad en I+D, cifrándose en 2009 en 1.150 empresas. Este grupo tiene una actividad innovadora muy baja, del 0,8%.

El número de empresas de entre 50 y 249 empleados que hacen I+D se redujo en 2009 un 8% respecto al año anterior, aunque el número de investigadores se mantuvo prácticamente constante.

Es en el grupo de las empresas de entre 10 y 49 empleados en el que se presentó una reducción más acentuada de las que realizan actividades de I+D, con un 17% menos de empresas que en 2008. La intensidad innovadora en este grupo se mantiene en un 5,7%, que es un dato aceptable.

El conjunto de empresas de menos de 10 empleados presenta, a diferencia del resto de grupos, una evolución positiva en actividades de I+D, ya que se incrementó tanto el número de empresas como el de investigadores en las mismas, alcanzando una intensidad innovadora del 17,7% en 2009. Esto es debido a que la mayoría de estas empresas pertenecen a sectores de alta tecnología.

Según el informe Cotec 2011, la conclusión que se deduce del análisis de estos datos es que aunque las empresas que hacen I+D disminuyen, intentan retener a sus investigadores. En este informe se destaca la preocupación que debe suscitar el hecho de que las empresas que comenzaban una etapa de consolidación, las de entre 10 y 49 empleados, sean las más vulnerables y presenten mayores reducciones.

I. 2. LA TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTO Y TECNOLOGÍA

Este epígrafe que configura la segunda parte del Capítulo I, la transferencia de conocimiento y tecnología, se estructura en tres partes. Se tratarán en primer lugar aspectos conceptuales sobre la transferencia, se analizarán algunos de los modelos existentes y se encuadrará la transferencia de conocimiento como parte de la tercera misión de la universidad. A continuación, en segundo lugar, se hará referencia a la estructura de la transferencia de conocimiento en España, detallando la presencia de este proceso en algunos de los instrumentos del Sistema Español de Ciencia y Tecnología desarrollados en la primera parte. Se expondrá, asimismo, el modelo de transferencia de conocimiento adoptado por el Ministerio de Ciencia e Innovación y se estudiarán tanto las estructuras de intermediación como los instrumentos presentes en el proceso de transferencia de conocimiento en España. Por último, se analizarán datos y resultados sobre la situación de la transferencia de conocimiento en España.

1.2.1. La transferencia de conocimiento y tecnología

1.2.1.a. Introducción a la transferencia de conocimiento

La transferencia de conocimiento es parte fundamental del objetivo de construir una economía basada en el conocimiento, en la que el conocimiento es la herramienta fundamental generadora de valor y riqueza. Este conocimiento por sí mismo no se traduce en desarrollo económico, ya que es necesario que sea transferido y que sea capaz de generar innovaciones que mejoren los procesos productivos, tanto de productos como de servicios.

La importancia de la transferencia de conocimiento es indudable hoy en día. Desde finales del siglo pasado hasta hoy, centros de investigación públicos y privados han llevado a cabo esfuerzos cada vez más intensos en investigación, uniendo a esto la necesidad de que los resultados obtenidos fuesen transferidos a la sociedad.

En este sentido, las universidades han identificado la transferencia de conocimiento como uno de los pilares básicos de la llamada tercera misión, que complementa las actividades de investigación y docencia desarrolladas por estas instituciones.

El concepto de transferencia de conocimiento hace referencia a la investigación y el conocimiento generado en cualquier área. Es decir, comprende la transferencia de conocimiento generado tanto en áreas tecnológicas, como en humanidades y ciencias sociales, así como el generado en áreas científicas que no supone tecnología, y que después puede ser transformado en tecnología por las empresas. Por tanto, el concepto de transferencia de conocimiento es más amplio y completo que el de transferencia de tecnología.

Para establecer el concepto de transferencia de conocimiento es importante saber qué actores participan en dicha transferencia. Los sistemas de innovación contienen a todos los participantes de este proceso: los centros de investigación generan el conocimiento que debe ser transferido a las empresas para que lo incorporen a sus procesos y lo hagan llegar al mercado. La Administración incentiva estos procesos mediante la creación de

herramientas de financiación y de espacios físicos que acercan los centros de investigación a las empresas. Por su parte, las estructuras de interfaz actúan como catalizadores de las relaciones entre los centros de investigación y las empresas.

1.2.1.b. Transferencia de conocimiento y transferencia de tecnología

Resulta importante definir los conceptos de transferencia de conocimiento y transferencia de tecnología. Este último se incluye dentro de la transferencia de conocimiento y es relativo a la parte del conocimiento transferido que genera tecnología. La transferencia de conocimiento es un concepto más amplio, como se ha mencionado anteriormente, e incluye la investigación y el conocimiento generado en áreas tecnológicas y no tecnológicas.

1.2.1.b.1. La tecnología

Es importante destacar, por otra parte, que la tecnología se relaciona con innovación siempre que se confirme su éxito en el mercado o en la sociedad, por lo que solo se puede hablar de transferencia de tecnología en caso de que la investigación genere un beneficio económico o social.

Siguiendo a Bozeman (2000), establecer una definición de tecnología respecto al proceso de transferencia no es fácil ya que las definiciones de transferencia de tecnología generalmente consideran la tecnología como una entidad, no como un estudio o como una ciencia aplicada. Lo más frecuente es considerar la tecnología dentro del proceso de transferencia como una herramienta, y las discusiones suelen centrarse en considerar qué tipo de herramienta se considera tecnología.

La tecnología, se define como la aplicación sistemática de conocimiento científico, o de conocimiento organizado y estructurado que no sea científico, a tareas prácticas. (Galbraith, 1967). En el diccionario de la Real Academia de la Lengua Española se define como el “conjunto de teorías y de técnicas que permiten el aprovechamiento práctico del conocimiento científico”, o como “el conjunto de los instrumentos y procedimientos industriales de un determinado sector o producto”.

A este respecto, es necesario destacar que la tecnología no solamente se refiere a resultados o bienes tangibles, engloba también elementos intangibles, como procedimientos y conocimientos.

El informe Cotec 2010 hace referencia a las innovaciones tecnológicas y no tecnológicas, y a la frontera difusa que las separa. El concepto de tecnología incluye también aquella tecnología que se genera a partir de conocimiento de Humanidades y Ciencias Socioeconómicas, que son la base de innovaciones organizativas y comerciales.

En el trabajo de Bozeman (2000) se señala que Sahal es uno de los teóricos que ha escrito sobre conceptos alternativos de tecnología y sobre la confusión existente debido a la amplitud de las definiciones. Sahal (1981 y 1982) se refiere a la tecnología como configuraciones, teniendo en cuenta que el objeto de la transferencia, “la tecnología”, depende de un conjunto de procesos y productos definido de forma subjetiva pero concreta.

I.2.1.b.2. Transferencia de tecnología

Existen múltiples definiciones del término “transferencia tecnológica”. Roessner (2000) la define como la circulación del know-how, del conocimiento tecnológico o de la tecnología de un marco organizacional a otro. Esta definición la completa indicando que el término se utiliza para definir un conjunto asombrosamente amplio de interacciones organizacionales e institucionales relacionadas con alguna forma de tecnología. Esta definición puede completarse con lo expuesto por Tassej (1992), que indicaba que “es necesaria la adopción de la nueva tecnología por parte de la empresa para que exista transferencia”.

El concepto de transferencia tecnológica se utilizó para describir los procesos mediante los cuales las ideas, los ensayos y los prototipos se desarrollan desde las fases de investigación a las fases de producción de un producto.

En un estudio de la OCDE (2003, p. 37) se relaciona directamente el concepto de transferencia de tecnología con la gestión de la propiedad intelectual, indicando que consiste en “identificar, proteger, explotar y defender la propiedad intelectual”.

La transferencia de tecnología se produce entre distintos tipos de actores, en distintos campos, con distintas modalidades y distintas motivaciones. Además, constituye un área de investigación de creciente interés en los últimos años. Como es frecuente en el caso de un área emergente, la literatura científica que trata sobre este tema presenta un elevado grado de dispersión.

En 2005 Reisman presentó un artículo que contenía una revisión de los distintos conceptos de la transferencia de tecnología en algunos de los campos más representativos. En él, el autor clasificó la literatura existente en cuatro grupos:

1. Relacionada con los actores -el transferente y el receptor-.
2. Relacionada con el tipo de transacción.
3. Relacionada con la motivación de la transferencia.
4. Relacionada con la disciplina.

Según Zhao y Reisman (1992), la definición de transferencia tecnológica difiere sustancialmente de una disciplina a otra. Los economistas (Arrow, 1969; Johnson, 1970; Dosi, 1988) tienden a definir la tecnología basándose en el conocimiento genérico, centrándose en variables relacionadas con el diseño y la producción.

Por otra parte, los sociólogos (Rogers, 1962; Rogers y Shoemaker, 1971) tienden a unir la transferencia tecnológica a la innovación, incluyendo la tecnología social. Rogers define la difusión de innovación como el proceso por el cual se comunica una innovación a los miembros de un sistema social mediante ciertos canales a lo largo del tiempo. Asimismo, los antropólogos (Foster, 1962; Service, 1971; Merrill, 1972) tienden a considerar la transferencia de tecnología dentro de un contexto de cambio cultural y la forma en que la tecnología afecta a este cambio.

La transferencia de tecnología se define también como una interacción orientada hacia objetivos entre dos o más entidades sociales, en la que o bien el conocimiento permanece estable o se incrementa a través de la transferencia de uno o más componentes de la tecnología. (Autio and Laamanen, 1995).

La transferencia de tecnología es considerada como un proceso activo, en el cual la tecnología traspasa los límites entre dos entidades. Estas entidades pueden ser países, empresas e incluso individuos. Así, la transferencia de tecnología engloba no solo la conversión de conocimiento tácito a explícito asociado a la tecnología, sino también un proceso de retroalimentación entre las partes. (Kremick, 2003).

Merino et al. (2008) asimilan el proceso de transferencia de tecnología a un proceso general de transferencia, con sus elementos: el emisor, el receptor, el canal, el mensaje y el contexto. Los autores hacen referencia a la transferencia en el ámbito de la innovación, destacando que en la transferencia tecnológica el conocimiento tecnocientífico es el know-how que se transmite y que se convierte en un activo con valor para terceros.

En el estudio publicado por Cotec (2004) titulado “Transferencia a las empresas de la investigación universitaria”, la transferencia de tecnología se considera una etapa en el proceso global de comercialización. Se presenta así como “la transferencia de capital intelectual y de know-how entre organizaciones con el fin de que sea utilizado en la generación y el desarrollo de productos y servicios que sean viables comercialmente”.

Por otra parte, es importante distinguir entre transferencia de tecnología y difusión tecnológica. La transferencia lleva inherente la existencia de un convenio y una transacción económica, que no se contempla en el proceso de difusión, consistente en la divulgación de un conocimiento tecnológico potencialmente innovador.

En el mencionado estudio de Cotec se señala que la transferencia de tecnología puede darse entre organizaciones o instituciones generadoras de conocimiento -por ejemplo universidades o centros públicos de investigación- y empresas (transferencia vertical), y también entre distintas empresas (transferencia horizontal). En este último caso la transferencia de tecnología hace referencia a ventas o concesiones de conocimiento o tecnología con el fin de que pueda ser aplicado por el comprador en la misma forma en que lo aplica el vendedor.

I.2.1.b.3. Transferencia de conocimiento

El término transferencia de conocimiento se ha establecido como un concepto más amplio y completo que el de transferencia de tecnología, ya que la tecnología no es el único campo para el cual la transferencia se considera importante. La comercialización y el impacto económico de la transferencia se complementan con beneficios sociales, culturales y personales. Asimismo, existen otras formas útiles de transferencia que aquellas que requieren protección de la propiedad intelectual. (Comisión Europea, 2009, p. 4)

De esta forma, centrarse solo en un producto no es suficiente para estudiar la transferencia y difusión de la tecnología, no se trata simplemente del producto que es transferido sino también de transferir el conocimiento de sus usos y aplicaciones.

Este enfoque resuelve un asunto importante, la diferencia entre transferencia de conocimiento y la transferencia de tecnología. Para Sahal (en Bozeman, 2000), estos dos conceptos son inseparables, pues cuando un producto tecnológico se transfiere o se difunde, el conocimiento sobre el que se basa dicho producto también es difundido. Sin

este conocimiento el producto en sí no puede utilizarse, por ello la transferencia de conocimiento es inherente a la transferencia de tecnología.

Arvanitis et al. (2008), siguiendo a Dosi (1982), entienden la transferencia de conocimiento y tecnología como todas las actividades relacionadas con la transferencia de conocimiento y tecnología que pueden ayudar a una empresa o a un centro de investigación –dependiendo del sentido de la transferencia- a promover de manera más intensa sus actividades.

Según el cuaderno técnico de Indicadores en Transferencia de Conocimiento de RedOTRI, el proceso de transferencia de conocimiento implica por una parte el desarrollo y la adaptación de un conocimiento nuevo para ser transferido, y por otra el establecimiento de las condiciones legales y económicas que hagan posible la utilización de dicho conocimiento.

La transmisión de conocimiento, por su parte, no implica que este conocimiento se incorpore a una cadena de valor, como en el caso de la transferencia. La transmisión de conocimiento da lugar a publicaciones científicas, actividades de divulgación o docencia, entre otros. Mediante la transferencia de conocimiento se persigue la puesta en valor del conocimiento generado.

En el proceso de transferencia de conocimiento pueden transferirse tanto capacidades como resultados. La transferencia de capacidades se traducen en actividades de I+D o de apoyo técnico, y abarca la transferencia del conocimiento experto generado o adquirido de los investigadores y técnicos, así como de los recursos tangibles e intangibles utilizados en los proyectos que dan como resultado innovaciones. Por otra parte, la transferencia de resultados se refiere a la transferencia de los productos de conocimiento protegidos vía patente, software, know-how explícito o mediante otras formas de protección, pudiendo ser cedida su propiedad mediante licencia o cesión.

1.2.1.c. Modelos de transferencia de conocimiento y tecnología

Para estructurar la transferencia de conocimiento resulta de ayuda analizar algunos de los modelos propuestos sobre este proceso. Los modelos de transferencia resultan útiles para clarificar los procesos de transferencia, ayudando a la identificación de actores y productos que intervienen en dichos procesos.

En este apartado se analizará el propuesto por Bozeman (2000) y modelo propuesto por Capart (2003) y adoptado por Proton Europe en la Conferencia de Valencia de 2003.

Contingent effectiveness technology transfer model

Para entender el modelo de transferencia resulta necesario identificar en qué formas puede transferirse el conocimiento, quién lo transfiere y quién es el receptor y cuáles son los canales mediante los que se realiza el proceso. En el modelo propuesto por Bozeman se consideran además las influencias del entorno.

El autor hizo una revisión exhaustiva de la literatura existente sobre transferencia de conocimiento y elaboró un esquema que sintetizaba las relaciones entre los objetos y los agentes que forman parte de un sistema de transferencia de conocimiento y tecnología.

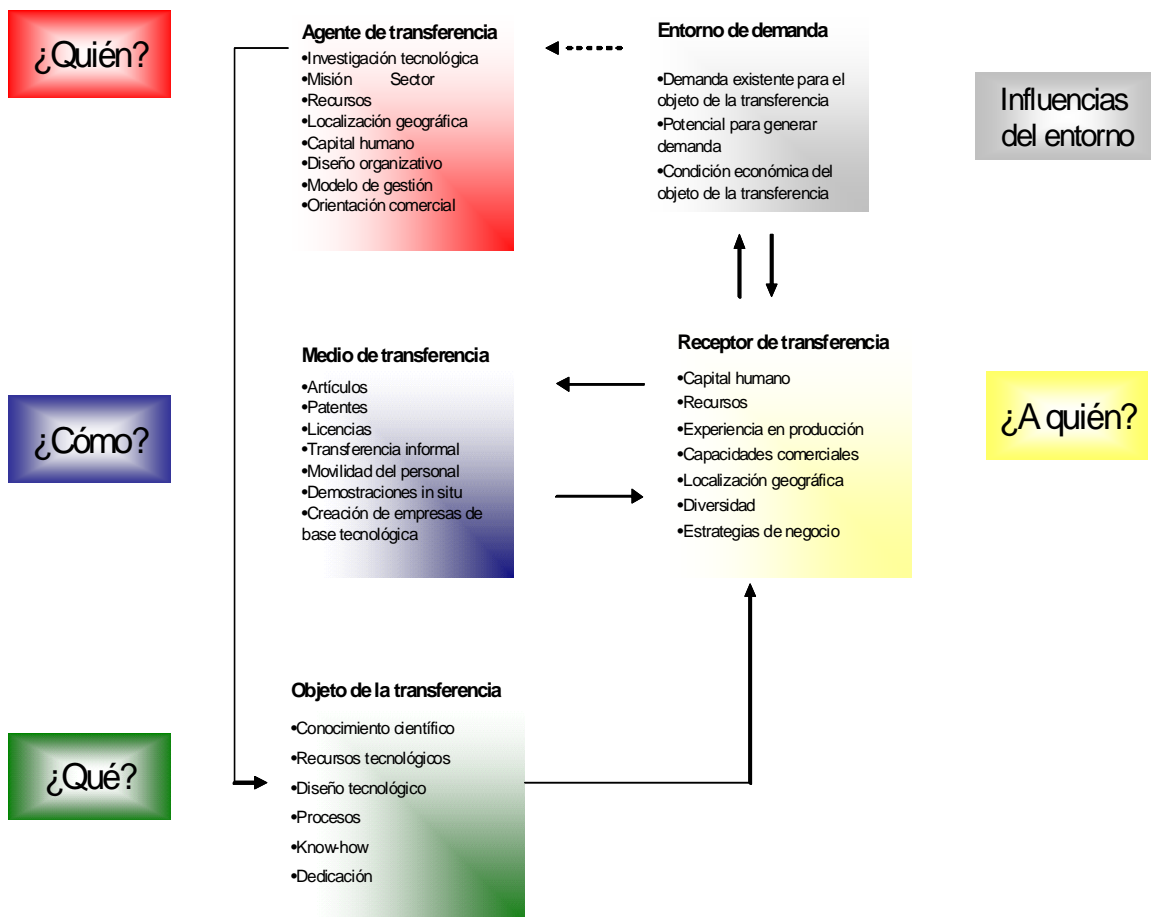
Este modelo titulado “Contingent Effectiveness Technology Transfer Model” tenía como finalidad analizar la efectividad del proceso de transferencia, e incluía una visión detallada de cada uno de los elementos que lo forman.

El impacto de la transferencia de conocimiento puede entenderse mediante las siguientes cuestiones:

- ¿Quién realiza la transferencia?
- ¿Cómo se transfiere?
- ¿Qué se transfiere?
- ¿A quién?
- ¿Qué influye en la transferencia?

En el modelo se consideran cinco elementos que determinan el proceso de transferencia, y cada uno de ellos engloba la gran mayoría de las variables analizadas en los estudios sobre transferencia de conocimiento. Las flechas continuas que unen los distintos elementos representan la existencia de una fuerte vinculación entre ellos, y las flechas discontinuas denotan la existencia de una relación débil.

Figura 1. Contingent Effectiveness Technology Transfer Model



Fuente: Elaboración propia, adaptado de Bozeman (2000).

A continuación se describen brevemente estos cinco elementos, aportando además ejemplos y características determinantes de su capacidad en el proceso de transferencia.

1. El agente de transferencia

Es la organización o institución que tiene como objetivo transferir conocimiento y tecnología.

Son agentes de transferencia las universidades, los centros públicos de investigación, los Centros Tecnológicos, los laboratorios e institutos privados de I+D, algunos proveedores y otras empresas, entre otros.

Es necesario tener en cuenta una serie de elementos que determinan la capacidad del agente en cuanto a transferencia, como son su naturaleza, historia y cultura, y la relación de sus empleados con investigadores e industria. Asimismo, factores como un mayor tamaño de la organización, mayor intercambio de personal entre agente y receptor, mayor orientación comercial del agente y predominio de la investigación tecnológica influyen positivamente en la actividad de transferencia desarrollada por el agente.

2. El medio de transferencia

Es el vehículo formal o informal mediante el cual se transfiere el conocimiento o la tecnología. Comprende todos los instrumentos y herramientas con los que cuentan los agentes para transferir el conocimiento y la tecnología generados.

Según un estudio publicado por Cotec en 2010 acerca de la transferencia de tecnología a las empresas españolas, se pueden distinguir tres tipos de medios:

- De transferencia explícita: intercambios considerados formales, contractuales o no, como contratos de investigación, publicaciones científicas, patentes, licencias, creación de spin-off y contratos de apoyo técnico, entre otros.
- De transferencia tácita: intercambios informales de información, talleres, workshops y ferias, entre otros.
- De transferencia incorporada: medios que se utilizan para transferir el conocimiento y la tecnología incluidos en la compra de equipamiento u otros bienes o servicios. Un ejemplo de este tipo son las demostraciones in situ.

3. El objeto de transferencia

Es el contenido y forma de lo que se transfiere, su entidad. Se refiere al conocimiento científico, los dispositivos tecnológicos, los procesos, el know-how o los productos comercializables.

La distinción más frecuente que aparece en la literatura relacionada con este elemento es la de transferencia de tecnología y transferencia de conocimiento. Por otra parte, la transferencia de conocimiento tácito va cobrando cada vez más importancia, y sobre ello se tratará más ampliamente en el apartado de instrumentos de transferencia.

4. El receptor de transferencia

Es la institución u organización que recibe el objeto de transferencia. Engloba a empresas, agentes de la oferta, consumidores, organizaciones estatales y organizaciones sin ánimo de lucro.

Los recursos de la organización, como capital humano y la dimensión; así como el nivel tecnológico y la estrategia de innovación son características determinantes de la capacidad receptora de este elemento.

5. El entorno de demanda

Este elemento hace referencia a los factores, tanto de mercado como de otro tipo, relativos a la necesidad de recibir el objeto transferido.

Son factores de entorno el precio de la tecnología, su sustituibilidad, la posibilidad de financiación, si existe relación con la tecnología usada anteriormente y el nivel de protección del mercado, entre otros.

La transferencia de conocimiento puede estar dominada por la oferta o por la demanda, es decir, los agentes pueden tomar un papel activo o pasivo. Las políticas públicas son determinantes a este respecto, incidiendo en el comportamiento y la motivación del transferente y el receptor.

En relación a la literatura sobre el entorno, mencionar que inicialmente se analizaban empresas grandes y de sectores manufactureros, habiéndose ampliado este espectro a pequeñas y medianas empresas de todos los sectores.

Tabla 23. Elementos del modelo de transferencia de Bozeman

<i>Elemento</i>	<i>Definición</i>	<i>Ejemplos</i>
Agente de transferencia	Organización o institución que tiene como objetivo transferir conocimiento y tecnología.	Universidades, centros públicos de investigación, Centros Tecnológicos, laboratorios e institutos privados de I+D, proveedores y empresas.
Medio de transferencia	Vehículo formal o informal mediante el cual se transfiere el conocimiento o la tecnología.	Contratos de investigación, publicaciones científicas, patentes, licencias, creación de spin-off, contratos de apoyo técnico. Intercambios informales de información, workshops. Demostraciones.
Objeto de transferencia	Contenido y forma de lo que se transfiere, su entidad.	Conocimiento científico, dispositivos tecnológicos, procesos, know-how o productos comercializables
Receptor de transferencia	Institución u organización que recibe el objeto de transferencia.	Empresas, agentes de la oferta, consumidores, organizaciones estatales, organizaciones sin ánimo de lucro
Entorno de demanda	Factores relativos a la necesidad de recibir el objeto transferido.	Precio de la tecnología, sustituibilidad, posibilidad de financiación, relación con la tecnología usada anteriormente, nivel de protección del mercado

Fuente: Bozeman (2000).

Modelo de Capart (2003) adoptado por Proton Europe

Este modelo se extrae la presentación “Universities and Patents. From Open Science to Open Innovation” de Capart (2003), adoptado por la Asociación Europea de Oficinas de Transferencia de Conocimiento (ProTon Europe) en la Conferencia de Valencia en noviembre de 2003. Esta presentación está basada en parte de las conclusiones de un grupo de expertos reunidos por la Dirección General de Investigación de la Comisión Europea, encargado de dar las directrices para hacer de la transferencia de conocimiento de las universidades y los centros públicos de investigación en Europa un proceso eficaz. Este modelo también se recoge en el cuaderno técnico de indicadores de RedOTRI (2010).

En el Modelo de Innovación, creado en base a las conclusiones de la Comisión Europea, la propiedad intelectual se utiliza como la base para la colaboración con las empresas y para la creación de spin-off. Este modelo es consistente con las directrices de Open Innovation expuestas por Chesbrough (2003).

En el modelo propuesto por Capart (2003) y adoptado por Proton Europe coexisten dos formas de abordar la transferencia de conocimiento, complementarias entre sí. La primera de ellas se da en el marco de la ciencia abierta (open science) y la segunda en el de la innovación abierta (open innovation). La primera de estas formas da lugar a una ruta de transferencia de conocimiento, y la segunda a otras tres rutas de transferencia. Del primero además se extrae una forma de transmisión de conocimiento no considerada transferencia porque no tiene una repercusión económica o social directa, que es la producción científica de las universidades.

De esta forma, el modelo cuenta con dos marcos en los que se inscriben cuatro rutas de transferencia de conocimiento. A continuación se describen los agentes y las interacciones que se producen entre ellos (Indicadores de Transferencia de Conocimiento, RedOTRI, 2010).

Open science

En el primero de los marcos, el de ciencia abierta u open science, se genera la primera de las rutas de transferencia consideradas, la I+D+i contratada. Esta ruta engloba las actividades de investigación, apoyo técnico o consultoría que empresas u otras entidades demandan al centro público de investigación.

Dentro de la ciencia abierta también se considera la actividad de investigación pública, que es un modo de transmisión de conocimiento pero no se considera una ruta de transferencia. La investigación pública engloba actividades financiadas con fondos públicos mediante las cuales se genera conocimiento que es difundido de forma abierta a través de publicaciones, jornadas y congresos, entre otros.

Los resultados de investigación son difundidos a la comunidad científica para poder ser utilizados o aplicados cuando sea posible, lo único que se exige respecto al uso del conocimiento transmitido es citar las fuentes utilizadas como base de nuevos resultados o descubrimientos.

Mediante el modo Open Science el Centro Público de Investigación no obtiene derechos de propiedad intelectual, ya que si se sigue la ruta de la I+D contratada los resultados de

la investigación generalmente pasan a ser propiedad de los socios contratantes, y si se transmite mediante producción científica pasa a ser de dominio público. En lo referente a beneficios regionales, solo en los casos en que el socio contratante es local puede tener repercusión directa en la economía regional. Por estas razones Capart (2003) considera que el modo de Open Science no es eficiente desde el punto de vista del desarrollo económico, aunque sí lo es en lo referente a la investigación colaborativa.

Open innovation

El segundo marco al que se hace referencia en el modelo es la de innovación abierta. Según Chesbrough (2006) la innovación abierta es “el uso de los flujos de entrada y salida del conocimiento para acelerar la innovación interna y para ampliar los mercados para el uso externo de la innovación, respectivamente”. La apertura del proceso de innovación es pues la base de la innovación abierta.

En este marco se asume un papel proactivo en cuanto a la valorización de los resultados de investigación hasta lograr que se conviertan en innovaciones. A este respecto, cabe señalar que los resultados de investigación deben ser analizados estudiando su transferibilidad, es decir, su uso, aplicación y explotación económica, para convertirlos en invenciones.

Las invenciones pueden ser transferidas mediante tres rutas dentro del marco de la innovación abierta: la I+D colaborativa, las licencias de tecnología y la creación de spin-off. Generalmente es necesario realizar como paso intermedio una prueba de concepto que consiste en demostrar que la invención tiene realmente interés social o comercial.

En la I+D colaborativa, el centro de investigación establece un acuerdo con socios colaboradores, que pueden ser empresas u otras entidades de I+D, mediante el cual comparten el diseño del proyecto, el riesgo de desarrollarlo y los resultados de la investigación. Los socios suelen adquirir parte de los derechos de explotación de la invención. En esta ruta se incluirían por ejemplo los proyectos del Programa Marco de la Unión Europea.

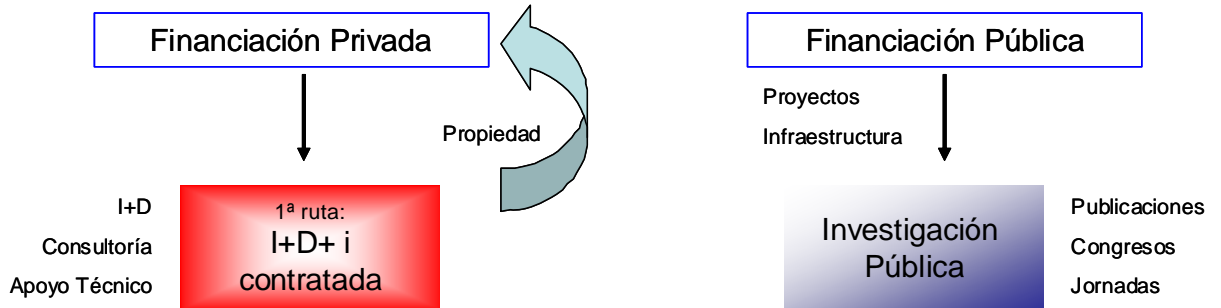
La segunda de las rutas de transferencia mencionadas es la actividad de licencia de tecnología. En este caso es la empresa o entidad colaboradora la que realiza la prueba de concepto sobre la invención, ya que los derechos de explotación pasan a pertenecer a dicha entidad.

La tercera de las rutas hace referencia al establecimiento de spin-off, es decir, a la creación de empresas cuya actividad se basa en conocimiento generado en el centro de investigación. En este caso los investigadores se implican plenamente en la transferencia de resultados de investigación, ya que participan en todo el proceso.

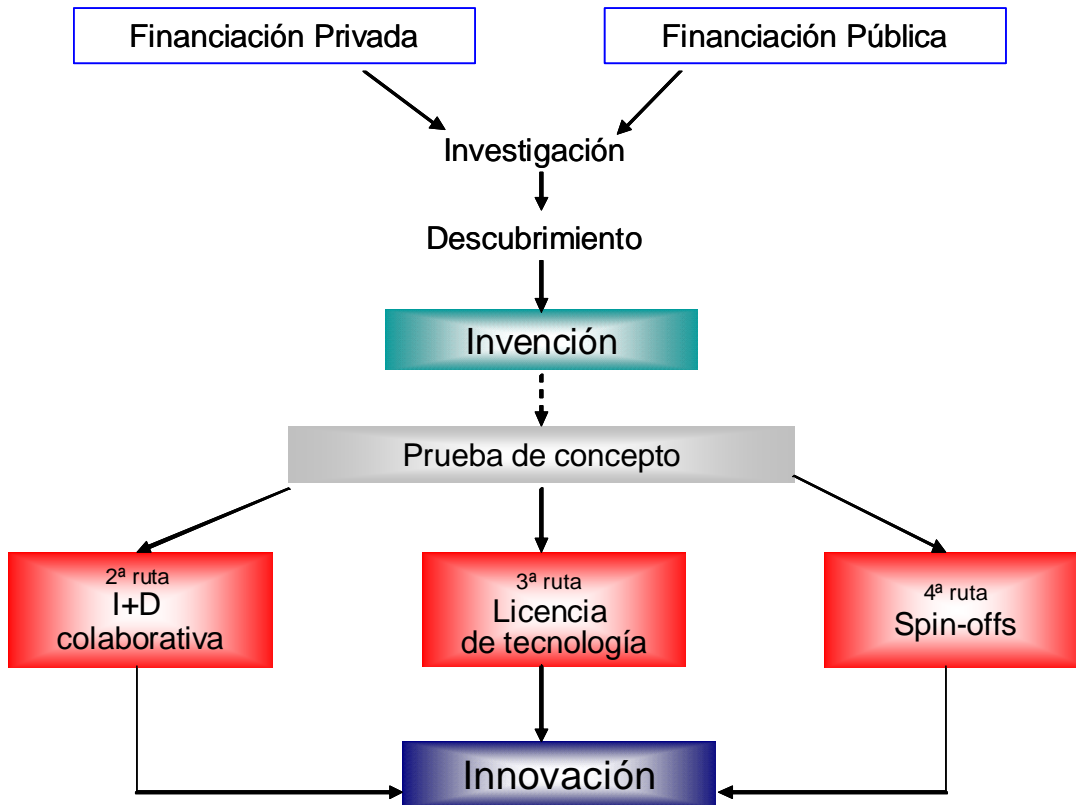
Las rutas de transferencia enumeradas en este modelo se desarrollarán de forma más detallada en el epígrafe relativo a los instrumentos para la transferencia de conocimiento y la explotación de resultados.

Figura 2. Modelo de Capart (2003) adoptado por Proton Europe

Primer marco: Open Science



Segundo marco: Open Innovation



Fuente: Elaboración propia, adaptado de Capart (2003) y del Cuaderno Técnico de Indicadores de RedOTRI (2010).

1.2.1.d. La tercera misión de la universidad

La universidad ha tenido desde sus orígenes las funciones de docencia e investigación, pero a finales del siglo XX se ha incorporado una tercera, que engloba todas las acciones desarrolladas por la universidad que permitan un acercamiento a la sociedad, procurando el bienestar de esta. La transferencia de conocimiento, es decir, transmitir conocimiento y enseñar a aplicarlo, forma parte de esta tercera misión de la universidad.

Sheen (1992), Gibbons et al. (1994), Slaughter y Leslie (1997) y Clark (1998) presentaron los primeros trabajos acerca de la tercera misión de la Universidad, y la Comisión Europea (1995 y 2000) integró este planteamiento en la definición y el desarrollo de la estrategia de construcción de La Europa del Conocimiento 2020 (Comisión Europea, 2003 y 2004).

Desde el establecimiento de la Declaración de Lisboa en el año 2000, la Comisión Europea ha publicado un importante número de documentos dedicados a las universidades y a los centros de investigación, en los que se perseguía el objetivo de incorporación de la universidad como agente principal en la creación de conocimiento nuevo a través de los procesos de I+D.

Sin embargo, hasta hace poco tiempo no se percibía la existencia de una política pública clara sobre la importancia de la aplicabilidad de los resultados de la I+D en las universidades de la Unión Europea y especialmente en España. Este hecho explica como en los años transcurridos desde la Declaración de Lisboa y la ratificación de Barcelona (2002), aunque se han observado mejoras en el esfuerzo en I+D y en transferencia, no se hayan alcanzado la totalidad de los objetivos previstos para 2010.

Además de la actual ralentización económica, que influye en el retraso producido en la consecución de objetivos, existen otros aspectos que favorecen este retraso. Rubiralta (2007) indica que esta situación se debe al concepto clásico de Universidad que se ha mantenido en las universidades europeas durante los últimos 150 años, basado en las funciones de docencia e investigación del modelo de W. Von Humboldt en la creación de la Universidad de Berlín (1810), en el que hasta hace muy poco no se han incorporado nuevas funciones que son las que dan lugar a la tercera misión de la universidad, apareciendo así un nuevo modelo definido como universidad posthumboldtiana (Schimank, U & Winnes, M., 2000; Felt, U. & Glanz, M., 2005).

De esta forma las universidades europeas por sí mismas y a través de organizaciones como la European University Association (EUA) han incorporado nuevas funciones, como son el apoyo al desarrollo económico regional mediante la transferencia de conocimiento, el formar parte en la creación y desarrollo de nuevo tejido empresarial mediante la creación de empresas de base tecnológica y la participación en el Espacio Europeo de Educación Superior (EEES).

1.2.1.d.1. Definiciones de la tercera misión y su adopción por parte de la Comisión Europea

El modelo de universidad establecido por Von Humboldt con la creación de la Universidad de Berlín ha derivado en el desarrollo de varios modelos de universidad

desarrollados a finales del siglo XX: de Educación Superior y mercado, de Universidad Emprendedora, Universidad de Excelencia y Universidad como Agente en la Triple Hélice. Desde finales de 1970 se ha producido el surgimiento y la consolidación de la tercera misión universitaria, que se suma a las misiones tradicionales de educación y formación científica. En la literatura encontramos tres enfoques básicos sobre la tercera misión de la universidad (Bueno, 2007) que se desarrollarán brevemente a continuación.

1. El primero de ellos define la tercera misión como el conjunto de actividades orientadas al bienestar social y a la cooperación que las universidades desarrollan con los diferentes actores sociales con que se relacionan. Este planteamiento se puede encontrar en Martin & Etzkowitz (2000) y Sheen (1992).

2. Un segundo enfoque define la tercera misión de la universidad como la perspectiva social de su extensión y compromiso comunitario, es decir, una universidad que es capaz de detectar las necesidades de su entorno, ya sea de forma local o regional, y que intenta satisfacer estas necesidades (Molas-Gallart, 2005). De esta forma la universidad se vincula más a su entorno, además de poder obtener ingresos adicionales.

3. En el tercer enfoque (Clark, 1998) el concepto de tercera misión se basa en la comercialización tecnológica de los recursos universitarios, basándose en el análisis de los ingresos que se derivan de las tres actividades diferentes de la universidad: financiación pública para actividades docentes, financiación (normalmente pública) para actividades investigadoras y una tercera vía de financiación relacionada con el papel proactivo de la universidad, que procede de tareas como desarrollo tecnológico, asistencia técnica y contratos de investigación entre otros. Muchos factores complementarios han contribuido al fortalecimiento del papel empresarial de la universidad y de los investigadores. En principio, fomentar la transferencia y la comercialización de los resultados de la investigación forma parte de los intereses de los investigadores y de la sociedad, ya que el objetivo último de la investigación científica es mejorar la condición humana (Litan et al, 2008).

El tercer enfoque defiende la concepción de tercera misión en relación con la actividad emprendedora de la universidad, es decir, la universidad aparece como una institución básica para la transferencia de conocimiento. La universidad Emprendedora (Etzkowitz, 1998) tiene como objetivos la comercialización de las actividades académicas y el desarrollo de una cultura emprendedora. Esta intensificación en cuanto a la comercialización de los resultados de la investigación y a una mayor integración entre investigadores y empresarios ha derivado en el término “entrepreneurial university” (Branscomb et al, 1999).

Esta idea configura un nuevo concepto de “capitalismo académico”, de la universidad abriendo sus fronteras sin centrarse únicamente en la docencia y la investigación pura (Etzkowitz et al, 2000; Schulte, 2004).

La universidad emprendedora se materializa en nuevas políticas para la adecuada gestión de los instrumentos de la transferencia, como patentes, licencias, o creación de empresas de base tecnológica; políticas que son generadas en una nueva relación universidad-sociedad.

La Comisión Europea (2000) destacó el papel de la universidad como agente de transferencia y difusión del conocimiento y la tecnología a la sociedad para contribuir a

la mejora y el fortalecimiento del sistema de innovación en Europa, lo que permitiría contar con una posición más competitiva frente a otras regiones. A este respecto cabe destacar la Comunicación 58 de 5 de febrero de 2003 sobre la propuesta de la “Europa del Conocimiento 2020”.

Asimismo, en su comunicación de 6 de abril de 2005, presentó su compromiso de elevar al 3% el esfuerzo en I+D sobre el PIB para el año 2010, frente al 2% establecido previamente en la Cumbre de Lisboa.

Resulta necesario pues que el concepto de universidad integre la función de transferencia, aunque no suponga una transformación en sus procesos. La universidad debe reconocerse a sí misma como agente de desarrollo económico y social, sobre todo con su entorno más cercano.

En España la tercera misión ha sido incorporada plenamente a la legislación vigente, aún así la existencia de un marco legal apropiado es requisito necesario pero no suficiente para la integración de las nuevas funciones en el concepto de universidad.

Incorporar las funciones propias de la tercera misión, complementando la actividad docente e investigadora con la persecución del bienestar social mediante acciones como la transferencia del conocimiento generado a las empresas o la participación en el desarrollo del tejido empresarial regional, constituye el reto actual del sistema universitario español.

I.2.1.d.2. Espacio Europeo de Investigación

La Comisión Europea relanzó en 2005 la Estrategia de Lisboa mediante un nuevo acuerdo de colaboración para el crecimiento y el empleo. Este acuerdo se apoyaba en el denominado triángulo de conocimiento, que contaba en sus vértices con las tres componentes de la sociedad del conocimiento: educación, investigación e innovación.

De esta forma, en la comunicación de 6 de abril de 2005, con el lema “Construir la Europa del Conocimiento para el Crecimiento”, se presentó el “triángulo de la sociedad del conocimiento en Europa”, representado en la figura 3 (Comisión Europea, 2005b). Este triángulo pretende convertirse en realidad mediante la consolidación del Espacio Europeo de Investigación (EEI) o European Research Area (ERA).

Figura 3. Triángulo del conocimiento



Fuente: Adaptado de Bueno (2007).

El Espacio Europeo de Investigación constituye una de las estructuras organizativas fundamentales para la construcción de la Europa del conocimiento y forma uno de los ejes del triángulo educación/formación-investigación-innovación. Los puntos básicos se establecieron en el Consejo de Europa en Lisboa en 2000, y los objetivos obtenidos fueron analizados posteriormente en 2004 en el Informe del grupo de alto nivel y evaluados nuevamente en 2007 por la Comisión Europea (Comisión Europea, 2007). El objetivo del Espacio Europeo de Investigación es el de crear las condiciones favorables para aumentar el impacto de las actividades de I+D en Europa.

Para un correcto desarrollo del EEI deberían considerarse, según Rubiralta (2007) las siguientes acciones:

1. Libre circulación del conocimiento dentro del mercado europeo.
2. Libre circulación de investigadores con igualdad de derechos y deberes fiscales y sociales.
3. Efectiva coordinación de las políticas nacionales de ciencia y tecnología.
4. Infraestructuras de investigación de categoría mundial.
5. Modernas y excelentes instituciones de investigación.
6. Cooperación entre el sector público y privado, con políticas efectivas de transferencia y tecnología.
7. Difusión efectiva del conocimiento a la sociedad.
8. Incorporación del EEI en el entorno global como respuesta a la globalización de la investigación y la tecnología.

Por otra parte, el VII Programa Marco de Investigación (2007-2013) fue puesto en marcha por la Comisión Europea con el fin de colaborar en la construcción y consolidación del EEI bajo la apuesta de dos nuevos instrumentos estructurales, el Consejo Europeo de Investigación y el Instituto Europeo de Tecnología.

1.2.1.e. La transferencia de conocimiento de la universidad a la empresa: una visión histórica

La investigación académica es la base de la innovación en algunos sectores de la economía, por ello la literatura ha analizado en profundidad como las universidades contribuyen a la actividad innovadora de las empresas y las modalidades en que estas relaciones se dan⁶. Las universidades y los centros públicos de investigación se han ido esforzando en cuanto a transferencia de conocimiento, integrando así la tercera misión y actuando como base de la creación y el desarrollo de la economía del conocimiento.

La transferencia de conocimiento de la investigación pública a las empresas se ha convertido en un elemento estratégico y fundamental por varios aspectos. La transferencia representa una fuente de financiación para la actividad investigadora, una fuente de innovaciones para las empresas y una fuente de desarrollo económico para los políticos (Muscio, 2010). La política industrial se basa cada vez más en la transferencia de conocimiento como una herramienta para el desarrollo del conocimiento, la intensificación de la economía y el incremento de la competitividad (Bozeman, 2000).

En Estados Unidos cuentan con una política de transferencia moderna y activa, en la que la actuación de las universidades ha resultado fundamental. Los procesos de transferencia en este país comenzaron a realizarse en el área de defensa y continuaron con la transferencia de resultados de la investigación en el área sanitaria. En 1980 la ley de Bayh-Dole tuvo un papel crucial en el desarrollo de la actividad de transferencia (Shane, S., 2004) al introducir cambios normativos en cuanto a la titularidad de la propiedad intelectual de la investigación financiada con fondos públicos, en la ley de patentes y en el papel de las nuevas estructuras de gestión de transferencia, las Oficinas de Transferencia de Tecnología (OTT).

Mediante esta ley, los beneficiarios de la financiación pública para actividades de I+D tienen derecho a patentar invenciones y a conceder licencias a empresas. De esta forma se fomentaba la explotación de los resultados de las investigaciones financiadas con fondos públicos mediante la transferencia de la titularidad de dichos resultados por parte del Gobierno a las universidades y otros organismos con el fin de que estos a su vez puedan conceder licencias de propiedad industrial a empresas. El estudio publicado por Sampat en 2006 analiza la evolución de la transferencia antes y después de la ley Bayh-Dole, haciendo especial énfasis en el caso de las patentes.

En lo referente a Europa, en Reino Unido no fue hasta 1980 cuando se empezó a promover la transferencia de conocimiento en la Universidad de Cambridge, aunque anteriormente comenzó a funcionar una oficina de gestión de la propiedad industrial

⁶ D'Este y Patel en su trabajo de 2007 analizan la colaboración en investigación entre universidades y empresas en Reino Unido.

dentro del Departamento de Ingeniería, que en la década de los setenta se transformó en una unidad de gestión encargada de tramitar los derechos de la propiedad industrial de toda la universidad.

En 1997 el Gobierno del Reino Unido introduce el concepto de Tercera Misión en las universidades, con el fin de mejorar la transferencia y comercialización de los resultados de investigación y obtener así avances para la economía y la sociedad.

En el caso francés, la Ley de julio de 1982 (artículos 24-29) detallaba las tres responsabilidades de las universidades: la académica, la social y cultural y la económica, haciendo alusión así a la valorización de la transferencia. En 1999 se aprobó la Ley de la Innovación elaborada por Aubert.

Por otra parte, el análisis llevado a cabo por la Comisión Europea en el Libro Verde de la Innovación (1995), destaca que el desarrollo del nuevo concepto economía del conocimiento (Bassannini, 2000) se basa en la existencia de una universidad generadora de nuevos conocimientos y requiere de la creación de estructuras que dinamicen la transferencia de esos conocimientos generados al tejido empresarial.

La comunicación de la Comisión Europea en enero de 2000 “Hacia un Espacio Europeo de Investigación”, subrayó la necesidad de una libre circulación del conocimiento en toda Europa y fuera de ella. En 2007, el Libro Verde sobre el Espacio Europeo de Investigación y la consulta pública confirmaron la importancia de la libre circulación de conocimiento en toda Europa, en cuanto a la colaboración en la producción de ciencia y tecnología y en el acceso abierto a los productos científicos, a la transferencia de conocimiento eficiente entre la investigación pública y la industria así como con el público en general, y por último, aprovechando el conocimiento producido fuera de Europa (Comisión Europea, 2008, p. 126).

La Comisión Europea proponía una nueva dirección para la investigación por encargo, haciendo hincapié en la simplificación en el VII Programa Marco (2007-2013). Se fijaba así el objetivo de estimular la colaboración entre universidad e industria (Connelly, 2006, p.223).

1.2.2. Estructura de la transferencia de conocimiento y tecnología en España

1.2.2.a. La función transferencia

La transferencia de conocimiento de los Organismos Públicos de Investigación al tejido empresarial constituye sin duda un elemento clave para el desarrollo económico de un país y para lograr el tan ansiado objetivo de contar con una economía y una sociedad basada en el conocimiento, como indica la Estrategia de Lisboa (2000). En España las acciones relacionadas con la función transferencia son dirigidas en su mayor parte por el Ministerio de Ciencia e Innovación.

Tanto el Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica, como las Recomendaciones de la Comisión Europea, identifican la transferencia de conocimiento como una de las herramientas principales para el relanzamiento de la nombrada Estrategia.

Por una parte, el Plan Nacional contempla una Línea Instrumental de Actuación dedicada exclusivamente a la transferencia y la utilización del conocimiento. Por otra parte, la Recomendación de la Comisión Europea de 10 de abril de 2008, entiende la transferencia como generadora de beneficios sociales y económicos, indicando que debe ser considerada como misión estratégica y prioritaria de los Estados. Con el fin de que los países miembros adopten estas ideas, han solicitado a estos la elaboración de un informe bianual sobre las medidas adoptadas y su impacto, debiendo haber entregado el primer informe en julio de 2010.

Existe una larga y profunda lista de recomendaciones que la Comisión Europea ha emitido al respecto, señalando que una política que fomente solamente la competitividad industrial o la investigación sin considerar los procesos de transferencia no será capaz de superar la desconexión existente entre el nivel de conocimiento alcanzado en Europa y la aplicación real de este conocimiento para conseguir la mejora de la competitividad (FECYT, 2006b).

I.2.2.a.1. La utilización del conocimiento y la transferencia tecnológica: quinta Línea Instrumental de Actuación del Plan Nacional

Esta Línea de Actuación merece una mención especial en este trabajo, ya que comprende los instrumentos cuyos objetivos estratégicos son la transferencia de tecnología desde los centros de investigación a las empresas, la transferencia entre las mismas empresas, la valorización del conocimiento generado en organismos de investigación y el incentivo a la creación de empresas basadas en el conocimiento.

El Programa Nacional de Transferencia Tecnológica, Valorización y Promoción de Empresas de Base Tecnológica integrará las actuaciones descritas anteriormente mediante una serie de actuaciones, como aumentar las relaciones existentes entre pymes y Organismos Públicos de Investigación, potenciar el papel de los intermediarios de innovación, promocionar y proteger en el extranjero las tecnologías novedosas desarrolladas por empresas españolas y fomentar la implantación de sistemas de gestión de la I+D+i, entre otros.

I.2.2.a.2. La transferencia de conocimiento como elemento central de la Estrategia Estatal de Innovación (e2i)

La Estrategia Estatal de Innovación se basa en el diagnóstico de la situación de la innovación en España y mediante ella se determinan y cuantifican los objetivos a medio y largo plazo para conseguir la mejora de la capacidad innovadora de la economía española. Constituye por tanto el marco de actuación en materia de innovación para conseguir el cambio de modelo productivo.

La e2i consta de cinco ejes que se representan en forma de pentágono y en cuyo centro se sitúa la transferencia de conocimiento. Los ejes describen oportunidades de mercado presentes y futuros en cuanto a la creación de nuevos productos y servicios.

Figura 4. Configuración de la Estrategia Estatal de Innovación



Fuente: Ministerio de Ciencia e Innovación (www.micinn.es).

Esta economía de la innovación se basa en el conocimiento y su transferencia. Por tanto, el establecimiento de sistemas o estructuras que promuevan y faciliten la transferencia del conocimiento desde la organización en que se genera al tejido productivo constituye el núcleo de la e2i.

Los objetivos en cuanto al elemento central son promover y facilitar la transferencia de conocimiento y su protección y puesta en valor. Como herramienta para conseguirlos se apoyará la creación y desarrollo de estructuras de transferencia, los programas de excelencia, se fomentará la colaboración público-privada y los temas relativos a los derechos de la propiedad industrial.

Por su parte, la nueva Ley de la ciencia, la tecnología y la innovación permite actualizar los mecanismos de transferencia y elimina barreras en la colaboración público-privada.

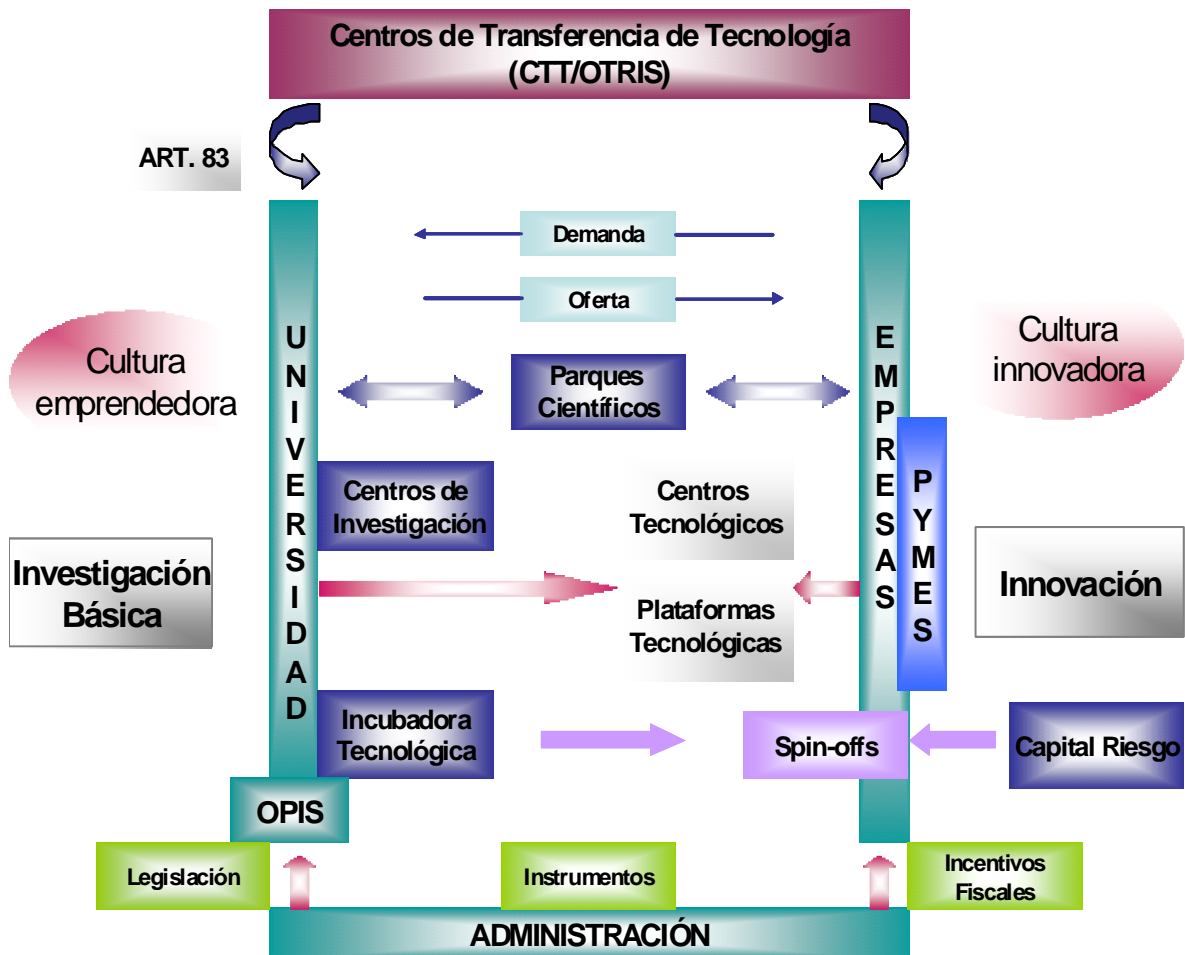
1.2.2.b. Modelo dinámico de la transferencia de conocimiento: concepto de la triple hélice

Cuando se realiza una revisión sobre los estudios acerca del concepto de innovación, uno de los aspectos más destacados es la superación del llamado modelo lineal de innovación, que se inicia con la investigación básica, prosigue con la investigación aplicada, continúa con el desarrollo tecnológico y finaliza con la comercialización y el lanzamiento del nuevo producto o innovación de producto al mercado.

El modelo lineal no se adaptaba a la complejidad que caracteriza al Sistema de Innovación, por lo que fue necesaria la incorporación de un nuevo modelo que explicase las interacciones entre los distintos agentes de la transferencia. Se escogió para ello, por su sencillez, el denominado modelo de la triple hélice, que toma de la biología el concepto de la doble hélice de DNA de Watson-Crick en el que las dos cadenas

helicoidales están enrolladas a lo largo de un eje común y están enlazadas mediante interacciones. Este modelo dinámico de transferencia de conocimiento ha sido adoptado por el Sistema Español de Innovación, cuyo esquema aparece en la siguiente figura.

Figura 5. Esquema de transferencia adoptado por el Ministerio de Ciencia e Innovación



Fuente: Adaptación del modelo adaptado por el Ministerio de Ciencia e Innovación.

En este modelo de transferencia convergen y se interrelacionan los tres agentes principales del sistema: universidades y centros públicos de investigación, empresas y Administración. La convergencia y efectividad del sistema dependerá de la fortaleza y del equilibrio de las interacciones, que se efectúan con el apoyo de las estructuras de intermediación y de los instrumentos dinamizadores de la transferencia.

Se entiende así que el proceso de transferencia de conocimiento es un proceso dinámico en el que la universidad y los Organismos Públicos de Investigación actúan como agentes generadores de conocimiento y la empresa como agente receptor que recibe la innovación para mejorar su competitividad. Para que este proceso se dé es necesario que la universidad introduzca el concepto de universidad emprendedora, y que el tejido empresarial, y sobre todo las pymes, introduzcan el concepto de cultura innovadora.

Entre las universidades y las empresas existe un entorno de transferencia en el que se sitúan las estructuras que facilitan las relaciones entre los productores de investigación básica y los receptores de innovación. Las Oficinas de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) fueron las primeras en llevar a cabo este papel de intermediación. En una primera etapa se encargaron de hacer llegar a la empresa la oferta en tecnología y nuevo conocimiento generada en las universidades y los centros públicos de investigación, para pasar posteriormente a considerar la demanda empresarial como punto clave para la realización de transferencia. De esta forma entre los años 1988 y 1998 el instrumento básico de transferencia fue la realización de servicios y de I+D por encargo (Rubiralta, 2004).

En el entorno de transferencia más cercano a las universidades y Organismos Públicos de Investigación se han creado otras estructuras de apoyo a la transferencia, como los Centros de Investigación, los Institutos Universitarios y las Incubadoras Tecnológicas. En la parte más cercana al tejido empresarial aparecen como estructuras de intermediación los Centros Tecnológicos y las Plataformas Tecnológicas.

Por su parte, los Parques Tecnológicos al inicio de su creación no ejercían la función de interfaz entre universidad y empresa pues no estaban coordinados con los agentes productores de conocimiento. Fue hacia mediados de los noventa cuando empezaron a actuar como estructura de intermediación. La incorporación de los Parques Científicos al entorno de transferencia y la unión de ambas estructuras en una asociación estatal han podido influir favorablemente en la labor de intermediación de los Parques Tecnológicos.

Siguiendo a Leydesdorff y Etzkowitz (1996), la utilización de este modelo por parte de la Administración implica que universidades, empresas y gobierno, mediante el desarrollo de interacciones generativa, fomenten el desarrollo económico y productivo utilizando como base la transferencia de conocimiento.

1.2.2.c. Estructuras de intermediación de la transferencia de conocimiento

Para que el conocimiento generado en la Universidad y en los Organismos Públicos de Investigación sea transferido e incorporado a los procesos productivos de las empresas de forma eficiente es necesario contar con estructuras de intermediación que ofrezcan a las empresas el conocimiento generado y que también sean capaces de identificar y transmitir a las universidades las necesidades de las empresas en materia de innovación.

Siguiendo a Fernández et al. (1996), una estructura de interfaz es una unidad que se establece en la proximidad de los elementos que forman un sistema de innovación, como centros de investigación, entidades de tecnología, empresas productivas y financiadores, con el objeto de dinamizar, en materia de innovación tecnológica, a los elementos del mencionado sistema, y para fomentar y catalizar las relaciones entre ellos.

Estas estructuras de intermediación facilitan que las empresas absorban más fácilmente los resultados de la I+D, actúan como catalizadores en las relaciones de ambos agentes, relacionando así crecimiento económico con innovación tecnológica académica (Muscio, 2010 y Michavila, 2006)

Entre las estructuras más consolidadas en España se encuentran las Oficinas de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI), los Centros de Innovación, los Centros Tecnológicos, las Fundaciones Universidad Empresa, los Parques Tecnológicos y los laboratorios de homologación y ensayo.

Entre las menos consolidadas o de más reciente creación se encuentran los Servicios de Apoyo a la Investigación e Innovación y las Plataformas Tecnológicas, los Centros de Valorización de la Propiedad Intelectual, las Incubadoras de Empresas y los Parques Científicos.

I.2.2.c.1. Oficinas de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI)

Las Oficinas de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) nacieron a finales de 1988, impulsadas por la Administración del Estado, como estructuras para fomentar y facilitar la cooperación en actividades de I+D entre investigadores y empresas, tanto en el marco nacional como europeo. Posteriormente, en 1996, se les otorgó carácter oficial con la creación de un Registro Oficial de OTRI en la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología.

Las OTRI son estructuras de intermediación entre universidades y empresas dentro del sistema ciencia-tecnología-empresa, y tienen como misión fundamental el actuar como catalizadores en las relaciones entre los agentes del sistema. Para ello identifican las necesidades tecnológicas de los sectores socioeconómicos y favorecen la transferencia de tecnología entre el sector público y el privado.

Las Oficinas de Transferencia están presentes en la gran mayoría de las universidades españolas, ya que todas las universidades públicas cuentan con una y algunas universidades privadas también. Asimismo, existen OTRI en los centros públicos de investigación, en algunas Fundaciones Universidad Empresa y en algunos Centros Tecnológicos.

La RedOTRI de las Universidades Españolas se constituyó en 1997 en el seno de la Conferencia de Rectores de las Universidades Españolas (CRUE), dependiendo de la Comisión sectorial de I+D de ésta. Esta red tiene como finalidad potenciar y difundir el papel de las Universidades como elementos esenciales dentro del sistema de ciencia, tecnología y empresa, y potenciar el desarrollo y la profesionalización de las OTRI.

Sobre la misión, funciones y presencia de estas estructuras en el sistema español de ciencia, tecnología e innovación se tratará ampliamente en el epígrafe I.3.2.

I.2.2.c.2. Parques Científicos y Tecnológicos

Los Parques científicos⁷ son espacios dedicados fundamentalmente a impulsar y consolidar la creación de empresas nacidas en la universidad, producto de la unión de categorías de investigadores, y de empresas que se instalan en estos parques atraídos por la capacidad de generación de tecnología de una universidad próxima.

⁷ www.micinn.es

Según la Asociación de Parques Científicos y Tecnológicos de España (APTE), un parque científico y tecnológico se trata de un proyecto, generalmente asociado a un espacio físico, que cumple las siguientes características:

- Mantiene relaciones formales y operativas con las universidades, centros de investigación y otras instituciones de educación superior.
- Está diseñado para alentar la formación y el crecimiento de empresas basadas en el conocimiento y de otras organizaciones de alto valor añadido pertenecientes al sector terciario, normalmente residentes en el propio Parque.
- Posee un organismo estable de gestión que impulsa la transferencia de tecnología y fomenta la innovación entre las empresas y organizaciones usuarias del Parque.

De acuerdo con la Asociación Internacional de Parques Científicos y Tecnológicos (IASP), “un Parque Científico y Tecnológico es una organización gestionada por profesionales especializados, cuyo objetivo fundamental es incrementar la riqueza de su comunidad promoviendo la cultura de la innovación y la competitividad de las empresas e instituciones generadoras de saber instaladas en el parque o asociadas a él”.

Para ello, un Parque Científico y Tecnológico estimula y gestiona el flujo de conocimiento y tecnología entre universidades, instituciones de investigación, empresas y mercados; impulsa la creación y el crecimiento de empresas innovadoras mediante mecanismos de incubación y de generación centrífuga (spin-off), y proporciona otros servicios de valor añadido como espacio e instalaciones.

En el sistema español de ciencia y tecnología conviven estructuras de este tipo que son puramente universitarias, puramente empresariales y también mixtas.

Funciones y Resultados de los Parques Científicos y Tecnológicos

Una de las estructuras más consolidadas en los sistemas de ciencia e innovación son los parques científicos y tecnológicos, instrumentos que fomentan la innovación y la competitividad de empresas, y en los cuales, mediante la generación de un ambiente apoyado en el conocimiento y la cooperación con el entorno profesional, académico y productivo, se inician y mantienen procesos de innovación duraderos (Castells y Hall, 1994).

Los parques tecnológicos en España constituyen una estructura identificada de transferencia tecnológica hacia las empresas y de innovación entre diferentes agentes (Fernández et al., 1996).

Un Parque es el equivalente a un polígono industrial en el que las entidades que se instalan, públicas y privadas, se dedican a la investigación, constituyendo una importante herramienta en materia de transferencia. Son un instrumento clave para fomentar la interacción de las universidades, de los Organismos Públicos de Investigación y de los Centros Tecnológicos con el sector económico e industrial, lo que sirve para propiciar un mayor y mejor uso por parte de las empresas del conocimiento científico existente, aumentando su competitividad, así como para encauzar la capacidad emprendedora en las instituciones académicas y de investigación del sector público y su acercamiento al sector productivo.

La Asociación de Parques Científicos y Tecnológicos de España (APTE) contaba en 2009 con 44 socios y 36 afiliados, situados en 17 comunidades autónomas. Los Parques impulsan el desarrollo económico de la zona o región donde se sitúan, favoreciendo la creación de empresas, la creación de puestos de trabajo y además dan salida profesional a personal dedicado a la investigación.

A este respecto, a final de 2009 había 5.115 empresas instaladas en Parques⁸, lo que representaba un incremento del 11,4% respecto a 2008. Cabe destacar que el 13% del total de empresas en 2009 fueron resultado de un proceso de incubación.

En lo que se refiere al personal, a finales de 2009 se contabilizaban 136.218 trabajadores en las empresas de los Parques, cifra que se incrementó en un 6,8% respecto a 2008. Del total de trabajadores, el 17% se dedicaban a tareas de I+D en 2009, lo que supuso un incremento de 1,2 puntos porcentuales en este ratio respecto a 2008.

La facturación alcanzada en esa fecha por el conjunto de parques de la APTE fue de 21.526 millones de euros, con un crecimiento del 17,4% respecto al ejercicio anterior.

Aunque la Administración General del Estado cuenta con una política de apoyo a los Parques Científicos y Tecnológicos desde el año 2000, el gran avance se produce entre los años 2004 y 2007, en los cuales la financiación pública de los Parques se incrementó desde 5,4 millones de euros a 404,7 millones de euros. El Ministerio de Ciencia e Innovación financia tanto los costes de infraestructuras y equipos como la realización de proyectos de investigación en Parques. En el año 2010 se identificaban 82 Parques Científicos y Tecnológicos en España, de los cuales muchos estaban todavía en fase de construcción y 30 eran plenamente operativos.

Historia de los Parques Científicos y Tecnológicos

Los Parques Tecnológicos nacieron en Estados Unidos en los años cincuenta como respuesta a la necesidad de universidades, industriales y de la Administración de crear grandes complejos industriales donde albergar a empresas de alta tecnología, impulsado por el gran desarrollo experimentado durante esos años por las tecnologías de la información.

El origen de estas estructuras está ligado a la experiencia de Silicon Valley. Siguiendo a Ondategui (2002) fue mediante la colaboración entre empresas, universidades, entidades de capital riesgo, departamentos del gobierno y organizaciones militares se fue creando un tejido empresarial, social e investigador que dio como resultado el rápido avance científico. La Universidad de Stanford favoreció junto a sus graduados, la implantación de empresas en el campus, que generaron nuevas empresas facilitando la innovación y el desarrollo empresarial. En Europa surgieron en los años sesenta, con los prototipos de Cambridge en el Reino Unido, y del Sofía Antópolis en Francia.

En España, los Parques Tecnológicos surgieron a partir de 1980 con el fin de conseguir aumentar el empleo y la producción, promoviendo así el crecimiento industrial de la zona o región, mediante el establecimiento de empresas de alta tecnología en ellas. Son

⁸ Fuente: APTE

infraestructuras que estimulan la creación de pequeñas y medianas empresas tecnológicamente innovadoras.

Se pueden diferenciar tres etapas en la historia de los Parques en España, que se explican brevemente a continuación:

1. Durante la primera etapa o fase inicial, comprendida entre 1985 y 1993, la Universidad mostraba una baja participación en este tipo de estructuras y fueron las Comunidades Autónomas quienes promovieron su creación, con el objetivo de dotar a las regiones de nuevos emplazamientos empresariales situados estratégicamente. Los parques en esta etapa surgieron como instrumentos de desarrollo regional y no como estructuras específicas de transferencia tecnológica ni para incentivar la innovación.
2. En la segunda etapa o fase de desarrollo, entre 1993 y 1998, se produce un cambio general en la política de los Parques Científicos y Tecnológicos que favorece la coordinación de los Parques con la Universidad, y aparecen nuevas iniciativas que van más allá del modelo autonómico. A partir de 1995 las Universidades empezaron a mostrar un mayor interés por estas estructuras, surgiendo parques de ámbito más científico.
3. En la tercera etapa o fase de expansión, los parques han evolucionado hacia una estructura más flexible, resultando más parecidos a los parques europeos, y se caracterizan por mostrar una mayor implicación con el entorno universitario en el marco de la economía basada en el conocimiento.

I.2.2.c.3. Centros Tecnológicos y Centros de Apoyo a la Innovación Tecnológica

Los Centros Tecnológicos son entidades sin ánimo de lucro que declaran en sus estatutos tener el objeto de contribuir al beneficios general de la sociedad y a la mejora de la competitividad de las empresas mediante la generación de conocimiento tecnológico, realizando actividades de I+D+i y desarrollando su aplicación.

La aplicación a la que se alude en dichos estatutos se desarrolla a través de la actuación de estas entidades como intermediarios entre universidades y centros públicos de investigación y empresas, mediante la realización de proyectos de I+D+i con empresas, la prestación de servicios de apoyo a la innovación y la realización de actividades de transferencia de tecnología divulgativas.

La mayoría de los Centros Tecnológicos están asociados a la Federación Española de Entidades de Innovación y Tecnología (FEDYT). La actividad de estos centros ha demostrado ser fundamental para el desarrollo tecnológico e industrial de las pymes españolas, y son agentes fundamentales en la Estrategia Estatal de Innovación (e2i).

Por otra parte, los Centros de Apoyo a la Innovación Tecnológica son entidades sin ánimo de lucro que declaran en sus estatutos tener como objeto el facilitar la aplicación del conocimiento generado en los organismos de investigación, incluidos los Centros Tecnológicos, mediante su intermediación entre estos y las empresas, proporcionando así servicios de apoyo a la innovación.

Ambas estructuras son organizaciones legalmente constituidas y residentes en España que poseen personalidad jurídica propia, reguladas por el Real Decreto 2093/2008, de 19 de diciembre, mediante el cual se crea también el registro de dichas organizaciones.

I.2.2.c.4. Plataformas Tecnológicas

Con el relanzamiento en 2005 de la Estrategia de Lisboa y con el fin de crear condiciones favorables para el desarrollo de actividades de investigación y desarrollo en Europa, se detectó la necesidad de, por una parte, abordar y resolver problemas estratégicos en los casos en que la consecución de los citados objetivos dependiese de avances tecnológicos decisivos, y por otra, de conseguir que el sistema Ciencia-Tecnología-Empresa tuviese una estructura definida y completa.

En este contexto se crean las Plataformas Tecnológicas Europeas (European Technology Platforms –ETP-), actuaciones de análisis y reflexión promovidas por las empresas para definir las estrategias de investigación y desarrollo que permitan mejorar su competitividad.

En estas plataformas se reúnen todas las partes interesadas, dirigidas por la industria, para definir los objetivos de investigación y de desarrollo tecnológico a medio y largo plazo.

Las Plataformas Tecnológicas Españolas son un instrumento de refuerzo y complemento a las Europeas, a la vez que constituyen un mecanismo de estructuración y cooperación estratégica de un sector a escala nacional, colaborando en la creación de un marco para la innovación más planificado y estructurado.

Se definen como agrupaciones de entidades públicas y privadas lideradas por la industria, que se reúnen con el fin de definir las actividades estratégicas de I+D+i del sector, con los siguientes objetivos:

- Identificar los retos de innovación del sector,
- Desarrollar las agendas estratégicas del sector. Este objetivo cobra gran importancia debido a que es el demandante de conocimiento y tecnología, es decir, la empresa, quien plantea sus necesidades,
- Definir prioridades de I+D,
- Estimular el crecimiento de inversión privada en el sector,
- Identificar barreras a la incorporación de innovaciones y tecnología en el sector.

Estas estructuras debaten y reorientan de forma anual los objetivos concretos a través de grupos de trabajo.

El incremento de la competitividad de la industria española pasa por la especialización en las áreas de alta tecnología, para ello resulta necesario aumentar la inversión en investigación y que la producción industrial tenga un carácter más tecnológico, así como mejorar la coordinación entre agentes del sistema. Las Plataformas Tecnológicas Españolas persiguen esto mediante la visión compartida de las partes interesadas, la reducción de la fragmentación en actividades de I+D y la movilización de las fuentes de financiación públicas y privadas, entre otros.

La participación conjunta y en colaboración con universidades, Organismos Públicos de Investigación, Centros Tecnológicos, empresas de base tecnológica, empresas de otros sectores y usuarias finales de las tecnologías, permite facilitar la generación de proyectos de investigación en colaboración, así como identificar las necesidades de instalaciones científicas y tecnológicas, marcar estrategias para mejorar la participación nacional en los programas marco de la UE y, en general, orientar mejor el tejido empresarial español para mejorar la capacidad tecnológica de éste (Informe CYD 2009 y 2010).

Existen tres fases en la creación de las plataformas tecnológicas:

1. Entidades con intereses comunes sobre el desarrollo tecnológico de un determinado sector se agrupan para un periodo de entre 10 y 20 años,
2. Se define la agenda estratégica de investigación en la que se establecen las necesidades de investigación, desarrollo e innovación para una tecnología determinada,
3. Se implementa la agenda de financiación. A este respecto, la mayoría de las plataformas tecnológicas se financian mediante ayudas de Programas Marco de la Unión Europea. También el Ministerio de Ciencia e Innovación, dentro del Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica, destina una parte de las ayudas a fomentar la investigación técnica para el apoyo a la creación e impulso de redes tecnológicas, dentro de las que se incluyen las plataformas tecnológicas.

Según datos del Ministerio de Ciencia e Innovación, en 2010 se encontraban activas 57 Plataformas Tecnológicas en España, de las cuales 26 contaban con la participación de al menos una universidad española.

Este tipo de estructuras están presentes en las siguientes áreas estratégicas: Alimentación, Agricultura y Pesca; Medioambiente y Ecoinnovación; Energía; Seguridad y Defensa; Construcción, Ordenación del Territorio y Patrimonio Cultural; Turismo; Transporte e Infraestructuras; Sectores Industriales; Salud, Biotecnología y Farmacéutico; Telecomunicaciones y Sociedad de la Información; y por último Nanociencia y Nanotecnología, Nuevos Materiales y Nuevos Procesos Industriales.

I.2.2.c.5. Fundaciones Universidad Empresa

Las Fundaciones Universidad-Empresa (FUE) son organizaciones de carácter privado y sin ánimo de lucro, creadas de forma conjunta por las universidades y las cámaras de comercio con el fin de dar respuesta a los retos y oportunidades que se planteasen en la relación entre ambas instituciones y los colectivos a los que aglutinan cada una de ellas.

En 1973 se creó la primera Fundación Universidad Empresa en España, promovida por la Cámara Oficial de Comercio e Industria de Madrid. Posteriormente este tipo de organizaciones fueron surgiendo por todo el país hasta formar en 2010 un conjunto de 33 entidades, con presencia en 17 Comunidades Autónomas.

Las Fundaciones Universidad Empresa concentran su misión en cinco líneas de actuación, que se describen brevemente a continuación.

1. La primera de ellas es la formación continua, de postgrado y ocupacional, que se imparte a través de masters, cursos de postgrado y de especialización orientados

- al mercado de trabajo, así como cursos de formación continua donde se ponen en contacto a los alumnos de las universidades con empresas de sector profesional.
2. La segunda de las líneas es la de transferencia de tecnología, que llevan a cabo mediante la firma de contratos, el impulso y la gestión de proyectos de investigación y desarrollo tecnológico, la promoción de proyectos de cooperación, la comercialización de patentes y la organización de jornadas de sensibilización y de difusión.
 3. En la tercera línea se sitúa la promoción de la innovación, por la que dan servicio a las pymes y a los Departamentos universitarios buscando socios para la presentación de proyectos a convocatorias públicas, promoviendo y desarrollando diagnósticos tecnológicos y contribuyendo también a la vigilancia tecnológica.
 4. La cuarta línea es la de inserción y desarrollo profesional de los titulados superiores mediante la oferta de prácticas profesionales en empresas así como del servicio de orientación profesional y empleo.
 5. Por último, las FUE participan en la creación de empresas con el fin de fomentar el espíritu emprendedor y la cultura empresarial en la Universidad, para lo que organizan concursos de proyectos de nuevas empresas innovadoras, dan servicio de asesoramiento y evaluación de nuevas iniciativas empresariales y participan en la puesta en marcha de las empresas facilitando el acceso a la financiación de las mismas.

Las Fundaciones Universidad Empresa españolas se asocian en la REDFUE, vinculada a través de sus miembros con 45 universidades españolas y más de 1.000 organizaciones como cámaras de comercio, empresas, asociaciones empresariales y entidades de la Administración local y regional.

Según datos de la REDFUE, en el año 2010 las universidades españolas contrataron en el ámbito de la transferencia de tecnología, un volumen de fondos superior a 90 millones de euros a través de las Fundaciones Universidad Empresa, lo que supuso un 30% más que en 2007.

El número de nuevos contratos en el ámbito de la transferencia de tecnología se ha mantenido prácticamente constante desde 2005, siendo algo superior a 4.000 en el año 2010. Sin embargo, el valor medio de estos contratos de transferencia firmados entre universidades y Fundaciones Universidad Empresa sí ha experimentado aumento en los últimos años, situándose en 22.500 euros en 2010, un 29,6% más que en 2007.

I.2.2.c.6. Centros Europeos de Empresas e Innovación

Los Centros Europeos de Empresas e Innovación (CEEI) surgen en 1984 en la Dirección General de Política Regional (DGXVI) de la comisión de las Comunidades Europeas con el programa CEEI (Centros Europeos de Empresas e Innovación), con el objetivo de dinamizar los recursos locales para estimular y propiciar la creación y desarrollo de empresas innovadoras de nueva creación o para la diversificación de las ya existentes. En el año 2010 se contabilizan 21 centros de este tipo en España, reunidos en la Asociación Nacional de CEEI Españoles (ANCES).

Estas estructuras son entidades facilitadoras de los procesos de innovación, ya que ofrecen a promotores y empresarios cobertura y asesoría integral, compuesta por una completa gama de apoyos, ayudas y servicios, necesarios para la preparación de la nueva actividad.

Los servicios ofrecidos por estas entidades comprenden la detección, captación, análisis, evaluación y promoción de proyectos; la formación, la asistencia en materia de innovación, la ayuda a la gestión, la planificación de las empresas y proyectos, la facilitación del acceso a la financiación y a las diferentes ayudas, la oferta de locales y servicios comunes, así como la promoción y difusión de la actividad de las empresas acogidas.

Su tipología jurídica es privada, con o sin ánimo de lucro, con titularidad mayoritariamente pública. También cuentan con participaciones de asociaciones empresariales, grandes empresas, cámaras de comercio y Centros Tecnológicos, entre otros.

Tabla 24. Número de estructuras de intermediación de transferencia de conocimiento y tecnología en España, año 2010

Tipo de estructuras de intermediación	Año 2010
OTRI ⁹	246
Parques Científicos	82
Centros Tecnológicos y Centros de Apoyo a la Innovación Tecnológica ¹⁰	95
Plataformas Tecnológicas	57
Fundaciones Universidad Empresa	33
Centros Europeos de Empresas e Innovación	21

Fuente: elaboración propia a partir de datos del Ministerio de Ciencia e Innovación y de RedOTRI.

I.2.2.c.7. Otras estructuras de intermediación

Unidades de Gestión de la Investigación

Todas las universidades públicas cuentan con una Unidad de Gestión de la Investigación (UGI), que constituye un servicio técnico-administrativo cuya función principal es gestionar los fondos generados por la investigación. Estas unidades en la mayoría de los casos dependen del Vicerrectorado de Investigación de la Universidad, y coordinan los servicios ofrecidos con los de la oficina de transferencia de resultados de investigación de la universidad.

Las funciones concretas que desempeña cada UGI dependen de la estructura de cada universidad, aunque por lo general asumen las siguientes:

⁹ OTRI registradas en el Ministerio de Ciencia e Innovación a 8 de febrero de 2011.

¹⁰ Dirección General de Transferencia de Tecnología y Desarrollo Empresarial a 3 de octubre de 2011.

- Informar sobre convocatorias de subvenciones, ayudas, y sobre convenios que se establezcan.
- Asesorar a los investigadores en la gestión y justificación de los proyectos y convenios de investigación, así como de las becas y de otras ayudas públicas y privadas.
- Establecer sistemas de información que permitan una gestión transparente y rigurosa de los proyectos de investigación.
- Asesorar a los investigadores en la gestión económica de los presupuestos de los proyectos.
- Sirven como punto de encuentro entre los grupos de investigación y las entidades que subvencionan los trabajos.

Por tanto, el seguimiento y control de los proyectos subvencionados y el fomento de la comunicación efectiva constituyen los ejes de la gestión desarrollada por estas unidades (Dorta y de León, 2003).

La Red de Unidades de Gestión de la Investigación (Red UGI) se constituyó en 2006 en el seno de la CRUE, y al igual que RedOTRI, depende de la Comisión sectorial de I+D. RedUGI agrupa prácticamente a todas las Universidades españolas, y se creó con la finalidad de contribuir a mejorar la gestión de la I+D en las universidades españolas.

Los objetivos de RedUGI son los siguientes:

- Potenciar la profesionalización de las unidades de gestión de la investigación,
- Promover la implantación de sistemas de calidad,
- Proporcionar una oferta permanente de formación,
- Posibilitar el intercambio de buenas prácticas de gestión y la colaboración con los distintos órganos financiadores.

Incubadora de empresas innovadoras

Son infraestructuras en la que se ubican de forma temporal proyectos empresariales intensivos en conocimiento, y en la que se proporcionan servicios de apoyo empresarial a los mismos¹¹.

Clusters

En Europa se ha producido una evolución desde los clusters clásicos al modelo regional de innovación que constituye áreas regionales de innovación. Estas estructuras virtuales de transferencia de tecnología a nivel regional (Rubiralta, 2003 p.33) son zonas geográficas con alta concentración de actividades innovadoras, con tejido industrial o empresarial, centros de excelencia científica tecnológica o asistencial y también campus universitarios.

Estas zonas proyectan una imagen de desarrollo económico además de incentivos fiscales y subvenciones que actúan como atractivo tanto para inversores como para el establecimiento de empresas de base tecnológica de dimensión internacional. Se obtiene de esta forma una mayor competitividad empresarial, y mayor riqueza y bienestar social

¹¹ Cuaderno de indicadores de RedOTRI

para la región. Entre las características de estas regiones destaca la buena coordinación existente entre los tres agentes principales del Sistema de Innovación, gobierno-universidad-empresa.

1.2.2.d. Instrumentos para la transferencia de conocimiento y la explotación de los resultados

La transferencia de conocimiento y tecnología es un proceso que no solo depende de la capacidad de los centros de investigación en cuanto a producción de bienes y servicios tecnológicos, sino también de los instrumentos y herramientas de los que estos dispongan para poder transferir el conocimiento generado (Siegel et al., 2008; Link et al., 2007; Thursby y Thursby, 2007 y Landry et al., 2007).

Los mencionados instrumentos (Industry-Science Links) son definidos por Debackere y Veugelers (2005) como “los diferentes tipos de relaciones existentes entre la industria y el sector científico que tienen como objeto el intercambio de conocimiento y de tecnología”. Estos autores señalan que dependiendo del tipo de entidad generadora de conocimiento de que se trate, bien sea una universidad o un centro público de investigación, variará la visión y las políticas que tengan de estos instrumentos.

Así, las universidades promoverán las relaciones con la industria para aumentar su financiación, expandir sus capacidades investigadoras y establecer contactos para facilitar la incorporación al mercado de trabajo de sus titulados, así como para consolidar su posición en redes de investigación y mantener una posición estratégica en el mercado del conocimiento. A este respecto, Van Looy et al. (2004) ha señalado los efectos positivos de los mecanismos que relacionan los organismos generadores de conocimiento con el tejido industrial en el comportamiento investigador de los grupos académicos de investigación.

Revisión de literatura sobre los mecanismos de transferencia de conocimiento

Debackere y Veugelers (2005) señalan en su trabajo sobre el papel de las organizaciones de transferencia de tecnología universitarias en la mejora de las relaciones entre el sector científico y la industria que típicamente se han considerado los siguientes mecanismos:

- Creación de Empresas de Base Tecnológica por parte de investigadores mediante el conocimiento generado en el organismo de investigación;
- Investigación colaborativa, proyectos definidos y desarrollados mediante la unión de empresas e instituciones científicas;
- Investigación por contrato y consultoría basada en know how;
- Desarrollo de los derechos de propiedad intelectual, tanto para indicar las competencias del centro de investigación como sirviendo de base para licenciar tecnología y así poder venderla a las empresas. Estos derechos de la propiedad intelectual incluirían desde carteras de patentes hasta protección de prototipos, de bases de datos, etc.;
- Otros, como cooperación en formación de graduados, servicios de formación a empresas y movilidad del personal investigador.

D'Este y Patel en su trabajo de 2007 sobre las relaciones universidad-industria en Reino Unido identifican como mecanismos de transferencia entre estos dos agentes los siguientes: la contratación de graduados universitarios, la movilidad del personal, la investigación colaborativa, los contratos de investigación, consultoría, patentes y publicaciones, licencias, creación de spin-off, trabajos de laboratorio y ensayos, y también los contactos informales, como reuniones y conferencias.

Klofsten y Jones-Evans (2000), en su trabajo sobre la universidad emprendedora en Europa, indican cuáles deben ser las actividades básicas que debe llevar a cabo una universidad emprendedora que desarrolla la tercera misión: grandes proyectos científicos, contratos de I+D bajo demanda, servicios de consultoría, patentes y licencias, creación de empresas de base tecnológica, venta de formación y productos de la investigación y provisión de servicios tecnológicos avanzados.

Estas actividades sirven de base para agrupar los instrumentos o mecanismos con los que cuentan las estructuras de interfaz para transferir el conocimiento generado en universidades y centros de investigación al tejido productivo.

A este respecto, Meneses (presentación en jornada de protección de la propiedad industrial, 2010) enumera como instrumentos para la transferencia de tecnología y explotación de resultados los siguientes:

- Los contratos de I+D+i;
- La explotación de la propiedad intelectual a través de contratos de licencia y la comercialización de tecnologías generadas en el centro de investigación;
- La creación de empresas de base tecnológica a partir de los resultados de la investigación;
- La transferencia de conocimiento tácito.

Por otra parte, en los informes de la encuesta RedOTRI se consideran como instrumentos básicos para la dinamización de transferencia los siguientes:

- Actividades científicas, técnicas o artísticas contratadas o convenidas con terceras partes, al amparo del artículo 83 de la LOU y que permiten transferir conocimiento a partir de las capacidades de I+D.
- Protección del conocimiento resultante de la investigación, mediante patentes u otros instrumentos de protección.
- Licencias de tecnología y del conocimiento protegido.
- Creación de Empresas basadas en conocimiento generado en la universidad, habitualmente denominadas Spin-off y que conllevan transferencia no solo de resultados (normalmente mediante licencias) sino también capacidades asociadas a los investigadores que se incorporan en la empresa.

Cabe señalar que el proceso de transferencia de conocimiento se materializa generalmente en forma de contratos o convenios de I+D+i¹², o mediante cualquier instrumento legal para la realización de actividades de I+D+i en el que se especifican los objetivos, los resultados esperados y la propiedad de los mismos, y la aportación de cada una de las partes.

Mecanismos de transferencia de conocimiento

Tras la revisión de la literatura sobre mecanismos de transferencia de conocimiento, se propone analizar dichos mecanismos mediante su clasificación en cinco grupos fundamentales: la interacción con terceros en actividades de I+D y apoyo técnico, la protección del conocimiento, las licencias, la creación de empresas de base tecnológica, que son los cuatro mecanismos a los que hace referencia el informe de la encuesta RedOTRI, y se añade uno más, el del conocimiento tácito. A continuación se realizará una breve descripción de los distintos tipos de instrumentos dinamizadores.

I.2.2.d.1. La interacción con terceros en actividades de I+D y apoyo técnico

Es el mecanismo de transferencia de conocimiento que cuenta con más presencia en el panorama científico español. Dentro de este instrumento pueden diferenciarse cuatro actividades básicas que permiten el acceso por parte de las empresas a las capacidades instaladas en la universidad, obteniendo así de ella conocimiento nuevo o información especializada relevante para los procesos de innovación social y económica. En la siguiente tabla aparecen las actividades y la financiación obtenida por la prestación de estos servicios.

Tabla 25. Actividades y financiación obtenida por la interacción con terceros

Tipo de actividad	Financiación
Trabajos de I+D por encargo	Contraprestaciones económicas a favor de la Universidad o del Centro de Investigación
Apoyo Técnico (asesoría, consultoría, diseño, etc)	
Servicios Técnicos Menores (uso de equipos, ensayos, etc)	
I+D colaborativa	Subvencionada por las AAPP, la empresa explota el resultado de la investigación generada en el Centro de Investigación

Fuente: Elaboración propia.

I+D contratada

Actividad de investigación y/o desarrollo experimental regulada mediante un contrato entre las partes. El contratista es normalmente quien define los objetivos del trabajo, financia el coste total del mismo y tiene todos los derechos sobre los resultados. Se denomina también investigación bajo demanda.

¹² Cuaderno Técnico de Indicadores, RedOTRI

Apoyo Técnico

Son trabajos de carácter técnico y profesional, en los que están incluidos la asesoría, la consultoría, el diseño y la formación específica, por los que se recibe un pago y que no necesariamente generan conocimiento científico o tecnológico nuevo.

- Servicios de consultoría: servicios de asesoramiento que no generan conocimiento científico o tecnológico nuevo aunque sí pueden promover innovaciones organizativas, por los que se recibe un pago.

Servicios técnicos menores

Son trabajos de pequeña dimensión, como análisis o ensayos, realizados normalmente gracias a los equipamientos y la preparación especializada disponible en los centros de investigación. No conllevan actividad de generación de nuevo conocimiento científico o tecnológico.

I+D colaborativa¹³

Aquella I+D en la que dos o más socios participan en el diseño del proyecto, contribuyen a su implementación y comparten el riesgo y los resultados de la misma. Se entiende que los socios son del ámbito empresarial y del ámbito público de I+D. Existen programas públicos que financian esta I+D.

Adams et al. En su trabajo de 2005 estudiaron los beneficios de la investigación colaborativa.

I.2.2.d.2. La protección del conocimiento

La protección del conocimiento y los resultados generados con el fin de permitir su comercialización es una actividad básica en el ámbito de la transferencia. La transacción se realizaría mediante la venta o cesión de la patente o el know how correspondiente.

El mecanismo de protección más conocido es la patente, aunque hay resultados no patentables que pueden tener otra vía de protección, como el software, que según la legislación de la propiedad intelectual en España se protege vía derecho de copia.

Una patente¹⁴ es “un título de propiedad industrial que reconoce el derecho de explotar en exclusiva la invención patentada, impidiendo a otros que puedan fabricarla, venderla o utilizarla sin consentimiento del titular”. Como contrapartida, la patente se pone a disposición del público para su conocimiento general, y tiene una duración de veinte años.

Se consideran en este apartado todos los mecanismos que forman parte del proceso de obtención de una patente:

¹³ Marco Comunitario de Ayudas de estado a la I+D

¹⁴ Ley 11/86, de 20 de marzo, de Patentes.

- Las comunicaciones de invención.
- Las solicitudes de patente.
- Las extensiones internacionales de dichas solicitudes.
- Las concesiones de patente.

Se consideran también otros tipos de protección de resultados de I+D como los acuerdos de confidencialidad, los diseños industriales, los modelos de utilidad y las variedades vegetales.

Proceso de solicitud y concesión de una patente

El proceso de solicitud y concesión de una patente comienza por la comunicación de invención, documento que el personal investigador debe entregar al titular de la invención y en el que aparece la información necesaria para identificar los resultados susceptibles de explotación y para evaluar la protección de un resultado de I+D.

La solicitud de patente prioritaria es la primera solicitud de una invención de la que deriva la fecha de prioridad o fecha de la protección por patente de dicha invención. Es posible realizar nuevos registros en otros países basados en el registro prioritario hasta doce meses después de la fecha de prioridad, que constituirán la familia de patentes.

En lo referente a la extensión de patentes (diferentes a la que se solicitó inicialmente), existen fundamentalmente tres vías para la presentación internacional de las solicitudes de patentes:

1. La vía nacional: debe presentarse una solicitud de patente para cada uno de los estados en que se desea obtener protección. En España es la Oficina española de patentes y marcas (OEPM) la que tramita este tipo de solicitudes.
2. La vía europea: el sistema de la patente europea permite obtener protección mediante una solicitud de patente europea directa, con designación de aquellos estados europeos en que se quiere obtener protección siempre que sean parte del Convenio Europeo de Patentes (34 países el 1 de enero de 2008). La solicitud de patente europea se tramita por la Oficina Europea de Patentes, *European Patent Office* (EPO), y la concesión produce el efecto de una patente nacional en cada uno de los estados para los que se otorga.
3. La vía internacional *Patent Cooperation Treaty* o Tratado de Cooperación en Materia de Patentes (PCT): este sistema permite solicitar protección para una invención en cada uno de los Estados partes del Tratado Internacional (139 países, a 31 de diciembre de 2008), mediante una única solicitud denominada “solicitud internacional”.

Cuando el proceso de tramitación termina de forma exitosa se habla de la concesión de patente. En España las concesiones de patentes son publicadas en el Boletín Oficial de la Propiedad Industrial (BOPI).

Cabe destacar que la oficina americana de patentes y marcas, *United States Patent and Trademark Office* (USPTO), permite desde 1995 solicitar la patente provisional, válida

durante un año, que no basta para obtener los derechos que otorga una patente pero sí posibilita al solicitante el disponer de una fecha de prioridad y del número de patente pendiente, contando el solicitante con 12 meses a partir de la presentación para solicitar los plenos derechos de monopolio.

Otros tipos de protección

- **Acuerdos de confidencialidad¹⁵**: Documento contractual por el cual las partes firmantes, fijan los términos y condiciones bajo las cuales mantendrán el carácter confidencial de la información suministrada entre ellas. Es recomendable firmar este tipo de acuerdos en el ámbito de negociaciones previas a contratos o prestaciones de servicios entre las partes.
- **Diseño industrial¹⁶**: Referido a la protección jurídica de las creaciones de forma. Se regula mediante los diseños industriales la apariencia de la totalidad o de una parte de un producto que se derive de las características de las líneas, contornos, colores, forma, textura o materiales del producto en sí, o de su ornamentación. Los diseños podrán ser bidimensionales o tridimensionales. La duración de la protección conferida por los diseños industriales es de cinco años, contados desde la fecha de presentación de la solicitud de registro, y podrá renovarse por uno o más períodos sucesivos de cinco años hasta un máximo de veinticinco años computados desde dicha fecha.
- **Modelo de utilidad¹⁷**: Título de propiedad industrial de una invención consistente en dar a un objeto una configuración, estructura o constitución, de la que resulte alguna ventaja práctica para su uso o fabricación. Los modelos de utilidad requieren un grado menor de novedad que las patentes, y a diferencia de éstas, para su concesión se exige novedad nacional y no mundial. El Modelo de Utilidad tiene una duración de diez años improrrogables, contados a partir de la fecha de presentación.
- **Obtención vegetal¹⁸**: El registro de una nueva variedad vegetal concede al obtentor, derechos de propiedad industrial sobre dicha variedad vegetal, siendo necesario a partir de entonces la autorización previa del obtentor para su explotación.

¹⁵ Cuaderno Técnico de Indicadores de RedOTRI.

¹⁶ Tomado de la Ley 20/2003 de 7 de julio, de Protección Jurídica del Diseño Industrial y su Reglamento de ejecución.

¹⁷ Art. 143 y 152 de la Ley 11/86, de 20 de marzo, de Patentes.

¹⁸ Derechos de propiedad industrial e intelectual en proyectos tecnológicos de cooperación público-privada”. CDTI

I.2.2.d.3. Licencias

Una licencia¹⁹ es un acuerdo o permiso para usar, explotar, modificar bajo unas determinadas condiciones acordadas en el contrato de licencia, una determinada tecnología o conocimiento desarrollado en un centro de investigación.

Mediante la concesión de licencias se da permiso para que una entidad, generalmente una empresa, pueda usar y explotar conocimientos desarrollados por los centros de investigación, manteniendo éstos la titularidad de los mismos. Los conocimientos o tecnología transferida pueden estar basados en patentes, en bases de datos, o en know how, entre otros.

La Ley española de patentes afirma que la propiedad de los inventos realizados por investigadores de la universidad durante su periodo de contratación, que sean parte de la actividad implícita o explícita especificada en su contrato, pertenecerá a la universidad (artículo 20). El investigador podrá participar en los beneficios que la universidad obtenga por la explotación de los derechos de la propiedad intelectual de las invenciones. La participación del investigador se regula según los estatutos de cada universidad. (Informe CYD 2010)

Las licencias constituyen la forma más convencional de transferir el conocimiento basado en resultados de la investigación cuya titularidad o derechos de explotación corresponde al centro de investigación (Informe de la encuesta RedOTRI 2008 y 2009).

El alcance de una licencia viene determinado por el permiso que se conceda de uso, explotación, distribución o generación de sublicencias u otro tipo de explotación, para un territorio y por un tiempo determinado. Por su carácter pueden ser licencias de pleno derecho, obligatorias, cruzadas, o condicionales.

Asimismo, las licencias pueden ser exclusivas o no. La exclusividad supone el derecho a excluir a otros de la explotación de la propiedad intelectual e industrial. Mediante la concesión de una licencia exclusiva, el titular de la propiedad intelectual no puede conceder licencias a otros, ni explotar por sí mismo la propiedad intelectual.

Forman parte de este grupo las licencias de patentes, los programas informáticos, las bases de datos, el know-how, el material biológico de diverso tipo y las opciones de licencia.

A este respecto, el know how²⁰ se define como el conocimiento no patentado de carácter secreto, plasmado en un documento confidencial cuya aplicación al proceso productivo de una empresa supone una ventaja competitiva para la misma.

Las opciones de licencia son licencias temporales que se conceden con objeto de que el licenciatarío potencial disponga de un tiempo durante el cual puede evaluar la tecnología y negociar los términos de un acuerdo de licencia.

¹⁹ Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI). CDTI.

²⁰ Cuaderno Técnico de Indicadores de RedOTRI.

I.2.2.d.4. Creación de empresas de base tecnológica

Las empresas de base tecnológicas (EBT) son empresas creadas desde las universidades, generadas con el fin de explotar los resultados de la investigación universitaria. Se definen como aquellas empresas cuya actividad requiere la generación o un uso intensivo de tecnologías para la obtención de nuevos productos, procesos o servicios, derivados de la investigación, el desarrollo y la innovación, así como para la canalización de dichas iniciativas y transferencia de sus resultados. Se contemplan en este grupo tanto las spin-off, basadas en el conocimiento generado por la universidad; como las start-up, no basadas en ese tipo de conocimiento²¹.

Las spin-off son empresas nuevas cuyo negocio está basado principalmente en conocimiento generado por un centro público de investigación, universidad u OPI, y en las que por lo general suele estar implicado el personal investigador del centro.

Las start-up son empresas nuevas formadas por emprendedores universitarios, aunque no están basadas en conocimiento generado en el propio centro de investigación.

Mientras los resultados de la investigación básica pueden ser transferidos al tejido industrial mediante investigación colaborativa o por encargo, o mediante licencias, la creación de empresas de base tecnológica constituye la vía empresarial de comercialización de la investigación pública (Debackere y Veugelers, 2005). Se han realizado numerosos estudios sobre el desarrollo y la supervivencia de las empresas creadas, así como de la medición de sus resultados (Shane, 2002; Bartelsman et al., 2003). También se han realizado estudios comparativos de spin-off con start-up y de spin-off universitarias con spin-off no universitarias (Nerkar y Shane, 2003).

La creación de empresas de base tecnológica constituye no solo un mecanismo efectivo de transferencia de conocimiento, sino también una forma importante de contribuir a la renovación del tejido productivo local con actividades de proyección global y de alto valor añadido, sirviendo además para retener talento y capital intelectual.

Por su naturaleza constituyen el mecanismo de transferencia más complejo, ya que además de las funciones de transferencia propias de un mecanismo de este tipo, debe prestarse atención a la parte empresarial del proyecto. Por esta razón en algunas empresas interviene personal dedicado a labores empresariales además del propio personal dedicado a transferencia.

En lo referente al entorno español, la legislación española para esta actividad es aún limitada, tanto en la posibilidad de que personal académico tenga empresas como en las repercusiones de la transferencia de tecnología a las mismas por parte de las universidades. Cabe señalar, por otra parte, que muchas universidades españolas cuentan con unidades específicas que se encargan del apoyo a la creación de empresas de base tecnológica.

²¹ Cuaderno Técnico de Indicadores de RedOTRI.

I.2.2.d.5. Transferencia del conocimiento tácito

Este mecanismo engloba la incorporación de investigadores y de doctores al sector empresarial, es decir, la movilidad del personal de investigación, así como las relaciones no formales entre los organismos generadores de conocimiento y el sector privado.

La mayor parte de la literatura que trata sobre los mecanismos de transferencia se centra en los cuatro grupos de herramientas descritos en la primera parte de este epígrafe, es decir, realización de proyectos de I+D+i, explotación de los derechos de propiedad mediante patentes, licencias y creación de spin-off (Siegel y Phan, 2005; D'Este y Patel, 2007).

Los flujos de conocimiento tácito (Grant y Gregory, 1997) y los contactos informales entre universidades y centros públicos de investigación y empresas son considerados como aspectos relevantes en las interacciones universidad-industria (Bozeman et al., 1995). La transferencia de conocimiento entre universidades e industria depende enormemente de los esfuerzos individuales de los investigadores sobre todo en los primeros pasos, ya que la mayoría del conocimiento transferido es tácito (Shane, 2004).

Las relaciones sociales parecen jugar un papel importante en los procesos de transferencia de tecnología. Las mencionadas relaciones incluyen a personal investigador tanto de los centros de investigación como del tejido empresarial, así como a personal de administración del centro de investigación, directores de oficinas de transferencia y puestos directivos de las empresas (Liebeskind, Oliver, Zucker and Brewer, 1996).

En trabajos recientes se ha analizado la transferencia del conocimiento tácito como instrumento de dinamización de la transferencia entre centros de investigación y empresas, incluyendo acciones como la movilidad del personal investigador, los contactos informales, intercambio formal de información y entrenamiento de recursos humanos (Brimble y Florida, 2007; Mathews y Mei-Chih, 2007).

En Link et al. (2007) se realiza un análisis sobre la propensión de los académicos a utilizar el establecimiento de relaciones informales como vía de transferencia, presentando tres tipos de transferencia de conocimiento informal llevada a cabo por los investigadores: transferencia de conocimiento, publicaciones conjuntas con investigadores que trabajan en empresas y consultoría.

En España, dentro del Plan Nacional de I+D+i se encuentra la línea instrumental de actuación (LIA) destinada a los recursos humanos (RRHH). Esta LIA tiene como objetivo el incremento de la incorporación de trabajadores dedicados a actividades de I+D, así como la mejora en su formación y la promoción de su movilidad. La LIA de recursos humanos se desarrolla a través de tres programas nacionales: formación, movilidad y contratación e incorporación de RRHH.

El Programa Torres Quevedo es un instrumento paradigmático de la transferencia de conocimiento tácito a través de la movilidad de los investigadores. Ofrece subvenciones a empresas, Centros Tecnológicos, parques científicos y tecnológicos y asociaciones empresariales para la contratación de doctores y tecnólogos que trabajen en I+D.

1.2.3. Situación de la transferencia del conocimiento universitario en España

Resulta difícil describir el proceso de transferencia de conocimiento ya que es un proceso que engloba a una gran cantidad de factores muy diversos entre sí. En lo referente a la medición de los impactos dicha transferencia, la dificultad radica en la mencionada variedad de factores y en que no resulta fácil discernir el impacto que un factor causa en transferencia del que causa en otras facetas o aspectos de la organización que se está analizando (Bozeman, 2000).

En España la mayor parte de la actividad de transferencia de conocimiento de la universidad a la empresa se realiza mediante la I+D contratada, en sus distintas formas, a diferencia de otros países como Estados Unidos en el que las patentes son el instrumento más utilizado.

En el periodo 1996-2009 la financiación pública destinada a investigación experimentó un crecimiento continuado, lo que trajo consigo un incremento en los resultados de la actividad investigadora y en la transferencia de los mismos a la sociedad. En el año 2010, sin embargo, esta tendencia creciente se invirtió y se registró un descenso del 4,2% en la partida destinada a financiación de investigación respecto al año 2009.

En este apartado se analizan datos sobre la transferencia universitaria en España hasta el año 2009, último sobre el que se disponía de información durante la elaboración de este trabajo.

1.2.3.a. Actividad de transferencia en España

La financiación empresarial de la I+D universitaria alcanzó la cifra de 317,2 millones de euros en 2007, lo que supone un incremento del 23,1% respecto al año anterior. Este aumento se reflejó en un incremento de la participación de las empresas sobre el total de la I+D universitaria, alcanzando el 9% del total en el 2007, frente al 7,9% registrado en el ejercicio anterior, situándose así por encima de la media de la OCDE (Informe CYD, 2009)

Si se compara la financiación empresarial de la I+D universitaria española con la de otros países pueden apreciarse importantes diferencias. La publicación *Main Science and Technology Indicators 2009/1* sitúa a España en 2006 por encima de la media de la UE-15 y de la OCDE, donde el porcentaje de I+D financiado por el sector privado fue de 6,7% y 6,6%, respectivamente. Cabe señalar por otra parte que Alemania fue el país con el mayor porcentaje de I+D universitario financiado por empresas, alcanzando el 14,2% en el año 2006.

En lo que respecta a la cooperación universidad-empresa en temas de innovación, se apreció un aumento del número de empresas que cooperaron con universidades, así como un incremento en el peso relativo de estas empresas sobre el total de empresas que cooperaron en innovación.

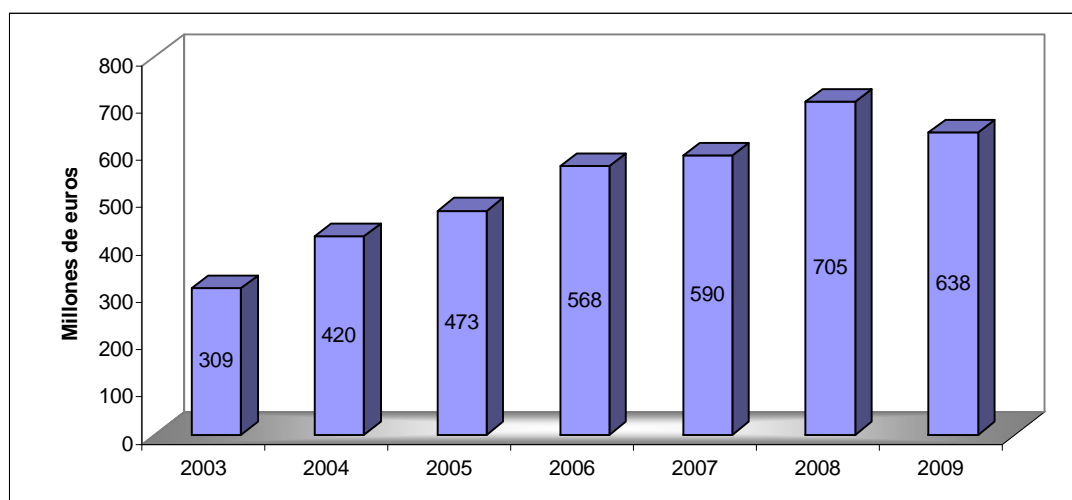
A pesar de este incremento en la cooperación universidad-empresa en temas de innovación, la universidad sigue ocupando el segundo lugar en cuanto a preferencias de cooperación por parte de las empresas. Así, de la Encuesta sobre Innovación Tecnológica de las Empresas 2007 publicada por el INE, puede extraerse que el 50% de

las empresas declararon cooperar con proveedores de equipo, materiales y *software*, mientras que solo el 32,9% de las empresas que cooperaron lo hicieron con las universidades u otros centros de enseñanza superior.

La interacción con terceros en actividades de I+D y apoyo técnico

Este conjunto de actividades constituye, como se ha mencionado anteriormente, el instrumento de transferencia más utilizado en España. Según la encuesta RedOTRI de Universidades, en el año 2009 el volumen total generado a través de la I+D contratada sufrió una reducción del 9,5% respecto al año anterior, interrumpiendo una tendencia creciente registrada desde 1996. De esta forma, se pasó de 705 millones de euros generados por investigación contratada en 2008 a 638 millones de euros en 2009.

Gráfico 13. Evolución del volumen de I+D contratada

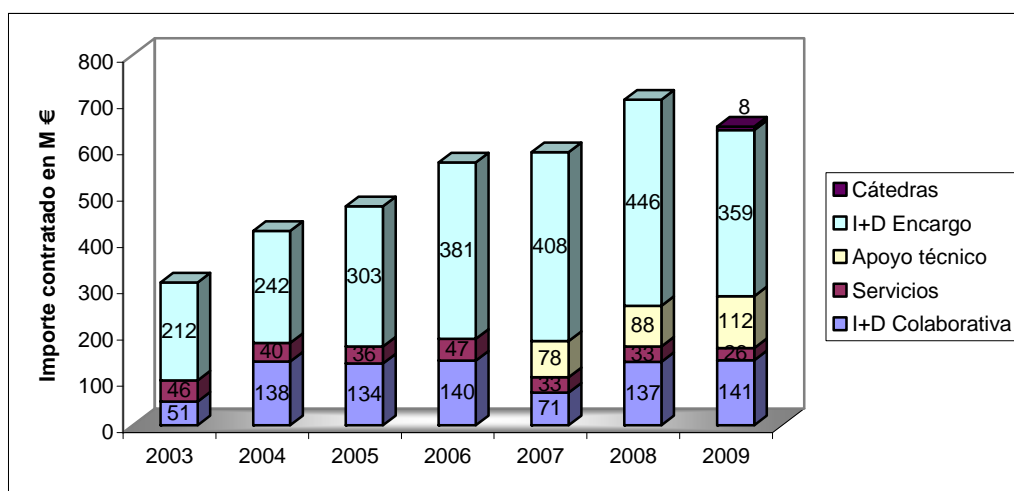


Nota: sin considerar las cátedras en 2009. Fuente: Encuesta RedOTRI años 2003 a 2009.

Cerca del 64% de la financiación de la investigación contratada correspondió en 2009 a entidades privadas, cifra que sufrió un descenso respecto al año 2008, en el que el 68% de la I+D contratada procedía de fondos privados.

En lo referente a la distribución del importe contratado, en la encuesta RedOTRI se recoge información sobre esta actividad en cinco apartados. Los tres primeros hacen referencia a los contratos o las relaciones con terceros por los que la universidad o centro público de investigación recibe financiación, incluyendo trabajos de I+D por encargo, contratos de apoyo técnico y otros servicios. El cuarto apartado recoge datos sobre la cooperación universidad-empresa, financiada por las administraciones públicas, que da acceso a la empresa para obtener determinados derechos de explotación sobre el resultado generado en la universidad. En el año 2009 se añadió un quinto apartado correspondiente a las cátedras universidad-empresa.

Gráfico 14. Evolución de la interacción con terceros en I+D y apoyo técnico

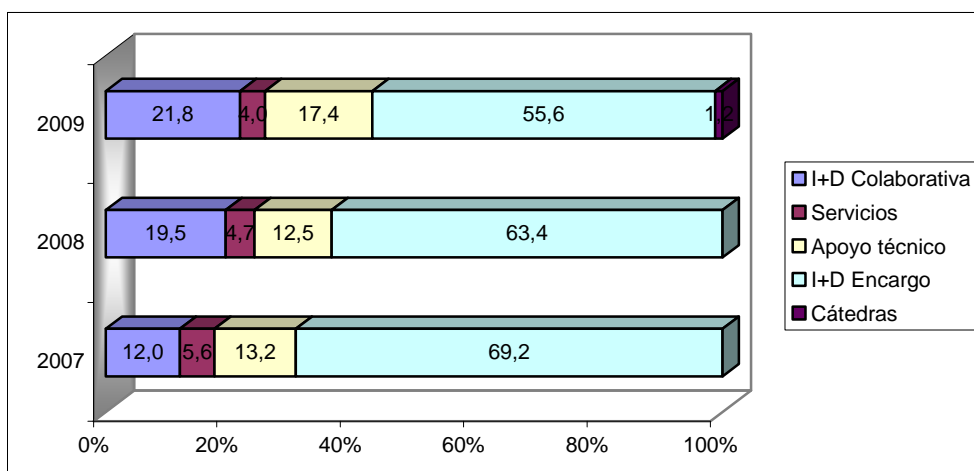


Fuente: Encuesta RedOTRI años 2003 a 2009.

Dentro de las cinco actividades diferenciadas, la I+D por encargo continúa teniendo mayor peso, ya que supone cerca del 56% de los ingresos totales, a pesar de haber sufrido una reducción del 19,6% respecto al año anterior. En el año 2009 se contabilizaron 8.356 contratos de I+D que generaron un total de 359 millones de euros, lo que implica un valor medio contratado de 42.963 €.

Los contratos de apoyo técnico experimentaron en 2009 una evolución positiva, registrando un crecimiento del 27,5% respecto al año 2008. Estos contratos por lo general son de menor importe que los de I+D por encargo. Por su parte, la I+D colaborativa experimentó también un ligero crecimiento en 2009, un 2,8% respecto al año anterior.

Gráfico 15. Distribución de la I+D contratada por tipo de actividad

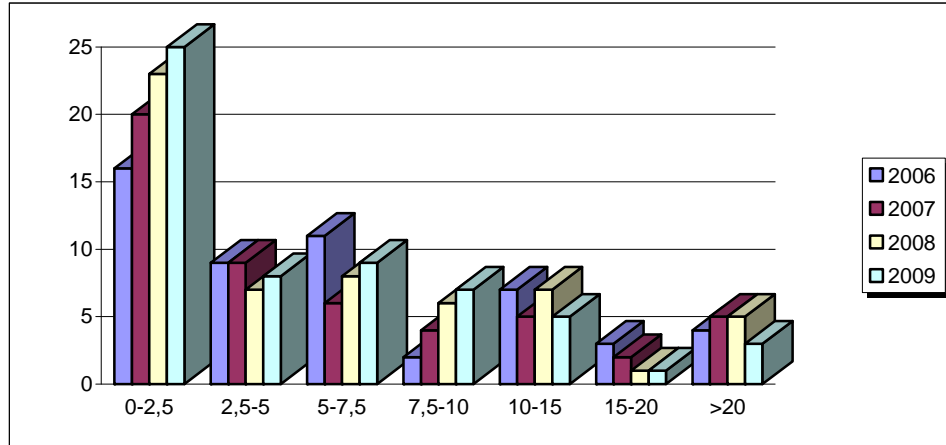


Fuente: Encuesta RedOTRI años 2003 a 2009.

En lo que se refiere a la evolución atendiendo al volumen contratado por universidad, son aquellas que facturan menos de 10 millones de euros las que han experimentado una evolución positiva en el último año. En los tramos de universidades de mayor facturación se aprecia una reducción en el importe contratado, la más acentuada en el

tramo de universidades que facturan más de 20 millones de euros. A este respecto cabe señalar que son ocho centros los que concentran cerca del 50% de la contratación.

Gráfico 16. Distribución de los importes contratados en actividades de I+D y apoyo técnico según importe contratado en millones de euros



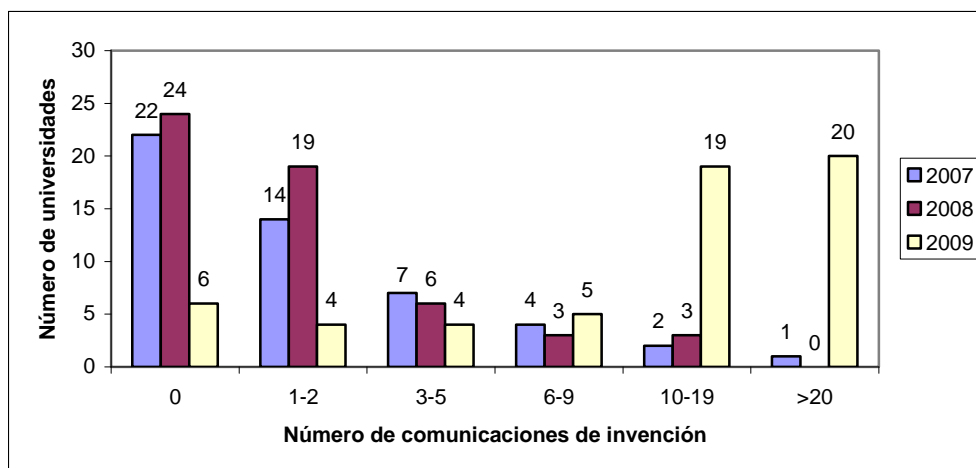
Fuente: Encuesta RedOTRI años 2006 a 2009.

La protección del conocimiento

La protección de los resultados de investigación se realiza normalmente mediante patentes, aunque existen resultados no patentables, como el software en España, que se protege mediante otros mecanismos.

Las comunicaciones de invención son el primer paso para la identificación de resultados patentables. Según datos de la encuesta RedOTRI, en el año 2009 las OTRI recibieron más de 1.100 comunicaciones de invención, lo que supuso un incremento en torno al 15% respecto al año anterior. Este dato confirma la tendencia de crecimiento experimentada en los últimos años. En el gráfico 17 se aprecia la distribución de las comunicaciones de invención por universidades en el periodo 2007-2009.

Gráfico 17. Evolución de la distribución del número de comunicaciones de invención por universidades



Fuente: Encuesta RedOTRI años 2007 a 2009.

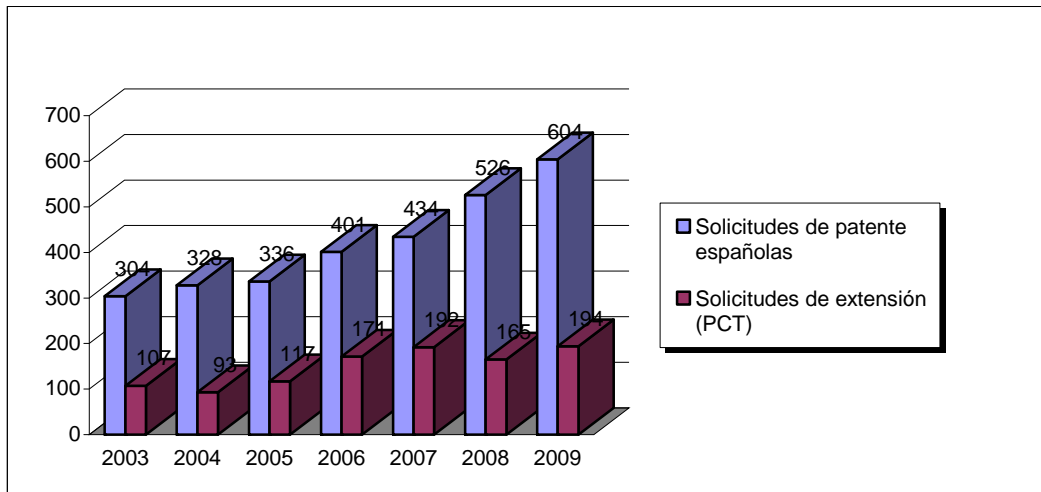
Las solicitudes de patente constituyen un indicador tanto de la actividad investigadora como de la comercialización de los resultados de investigación de una universidad. Se consideran las solicitudes aunque no todas sean concedidas ya que constituyen un indicador válido del esfuerzo en investigación, más aún teniendo en cuenta el largo plazo y la complejidad asociados a los procesos de concesión.

Según datos de la encuesta RedOTRI, en 2009 se contabilizaron 604 solicitudes de patente españolas, casi un 15% más que el año anterior. Las solicitudes de patente han experimentado una evolución positiva desde el año 2000, debido a que la protección del conocimiento es una práctica cada vez más frecuente entre las universidades españolas.

En el año 2009 un total de 8 universidades solicitaron más de 20 patentes, mientras que solo 6 universidades no solicitaron ninguna.

En lo referente al número de solicitudes de extensión de patente a través del Tratado de Cooperación en Materia de Patentes (PCT), este alcanza en 2009 un valor similar al del año 2007, tras haber experimentado un descenso en 2008.

Gráfico 18. Evolución de las solicitudes de patente



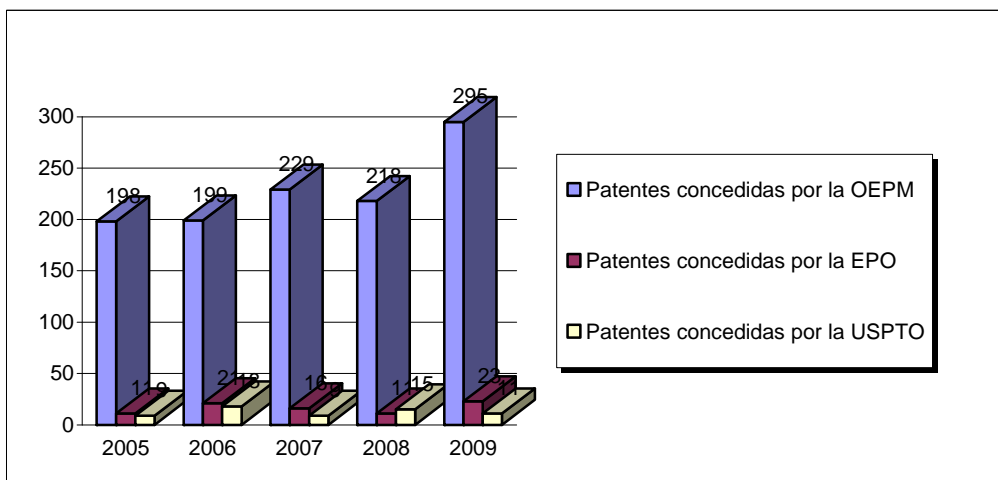
Fuente: Encuesta RedOTRI años 2003 a 2009.

El número de solicitudes de patentes compartidas entre varias entidades sigue en 2009 la evolución positiva de años anteriores, alcanzando un total de 194, lo que supone un incremento del 17,6% respecto a 2008. Este dato da cuenta del incremento de proyectos colaborativos en los últimos años.

El proceso de evaluación tras la solicitud de patentes es largo y en el caso de solicitarlo a oficinas internacionales es además costoso. La concesión de patente internacional suele estar respaldada por financiación de la universidad o por los resultados de explotación que se pueden obtener de la invención.

En las concesiones de patentes por parte de la Oficina Española de Patentes y Marcas (OEPM) se observa en 2009 un crecimiento del 35,3% respecto al año anterior, en el cual se había registrado un descenso cercano al 5% respecto a 2007. Las concesiones de patentes europeas y americanas arrojan cifras muy bajas y fluctuantes en el tiempo.

Gráfico 19. Evolución del número de concesiones de patente



Fuente: Encuesta RedOTRI años 2005 a 2009.

Según datos de la encuesta RedOTRI, en la financiación de los gastos de la cartera de patentes adquiere cada vez más peso la financiación con recursos propios de la

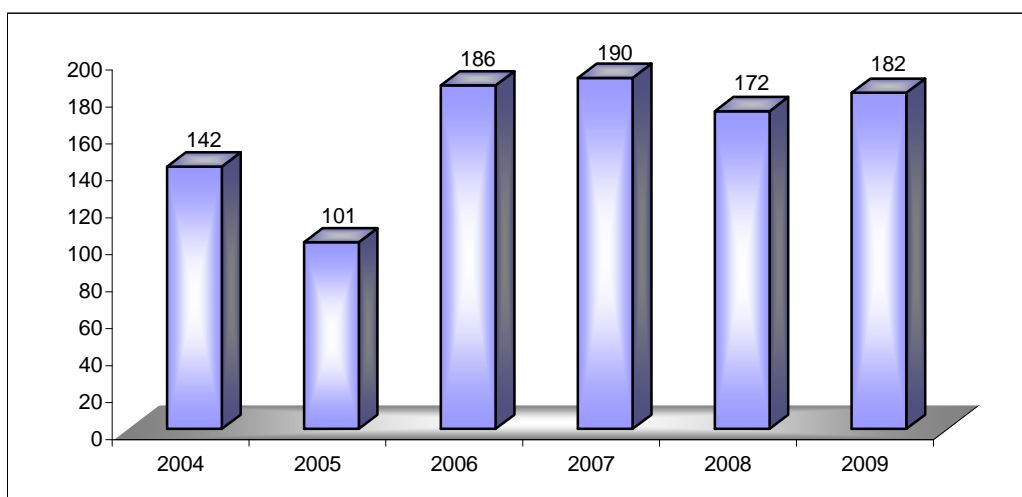
universidad, reduciéndose el de las subvenciones y el de la contribución de los licenciarios.

Los contratos de licencias

Las licencias consisten en la cesión de derechos de la propiedad intelectual a otros organismos, generalmente empresas, bajo unas condiciones acordadas, manteniendo el titular de la patente sus derechos y privilegios. Constituyen la forma más convencional de transferencia del conocimiento generado. La mayor parte de la actividad de transferencia en Estados Unidos se basa en los contratos de licencia, aunque en España el peso de los contratos de licencia dentro de la transferencia es menor.

Según la encuesta RedOTRI, los contratos de licencia en 2009 experimentaron un crecimiento del 5,8% respecto al año anterior, habiendo alcanzado la cifra de 182 licencias firmadas (ver gráfico 20). Aún así, destacar que 19 universidades informaron de que no habían establecido ningún contrato de licencia.

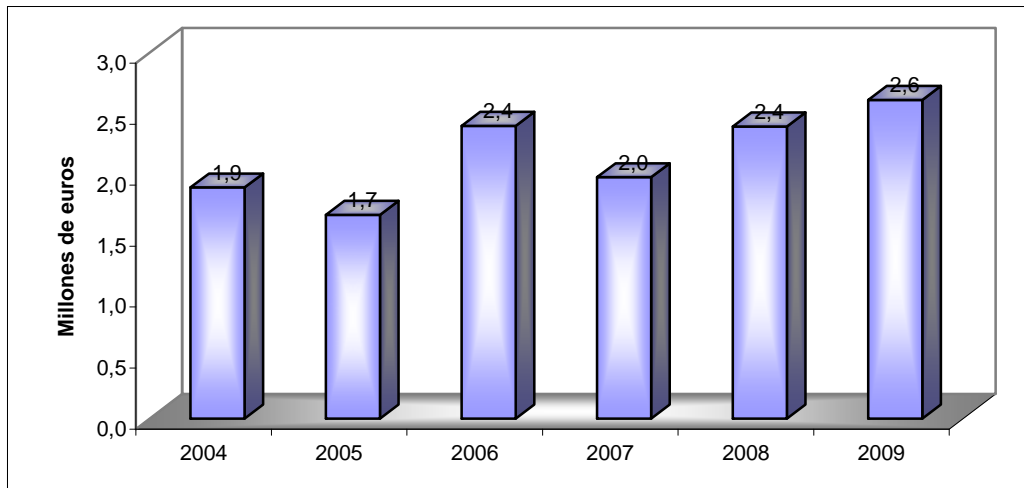
Gráfico 20. Evolución del número de contratos de licencia



Fuente: Encuesta RedOTRI años 2004 a 2009.

Los ingresos por licencias se incrementaron un 9,9% en 2009, superando los 2,6 millones de euros. Continúa así la tendencia creciente registrada en 2008, tras la irregularidad apreciada en el periodo 2004 – 2007 (ver gráfico 21). En el año 2009 la encuesta RedOTRI recogió información diferenciada sobre los ingresos procedentes de licencias basadas en patentes, que supusieron ese año el 37,4% del total. El ingreso medio por licencia en 2009 fue de 14.500 euros, un 3,8% más que el año anterior.

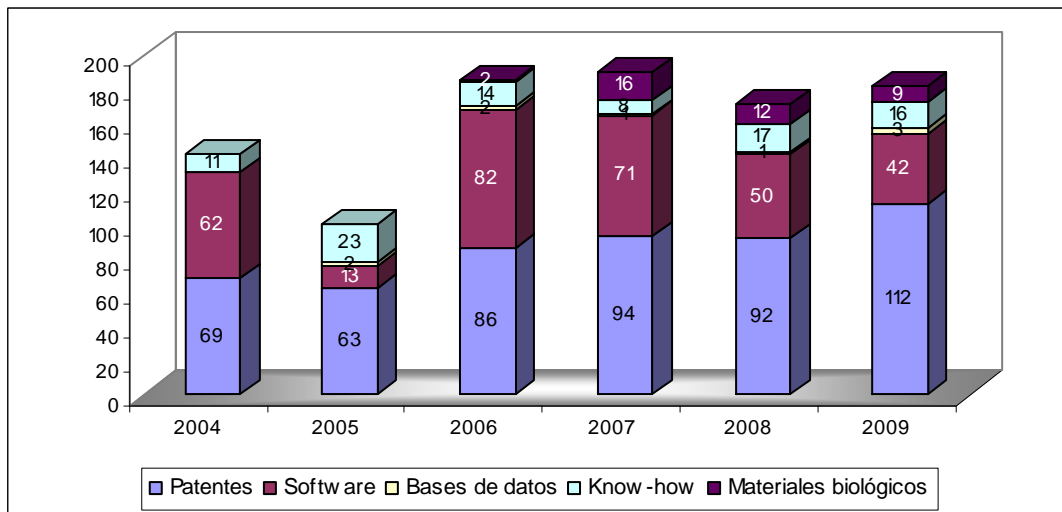
Gráfico 21. Evolución de los ingresos procedentes de licencias



Fuente: Encuesta RedOTRI años 2004 a 2009.

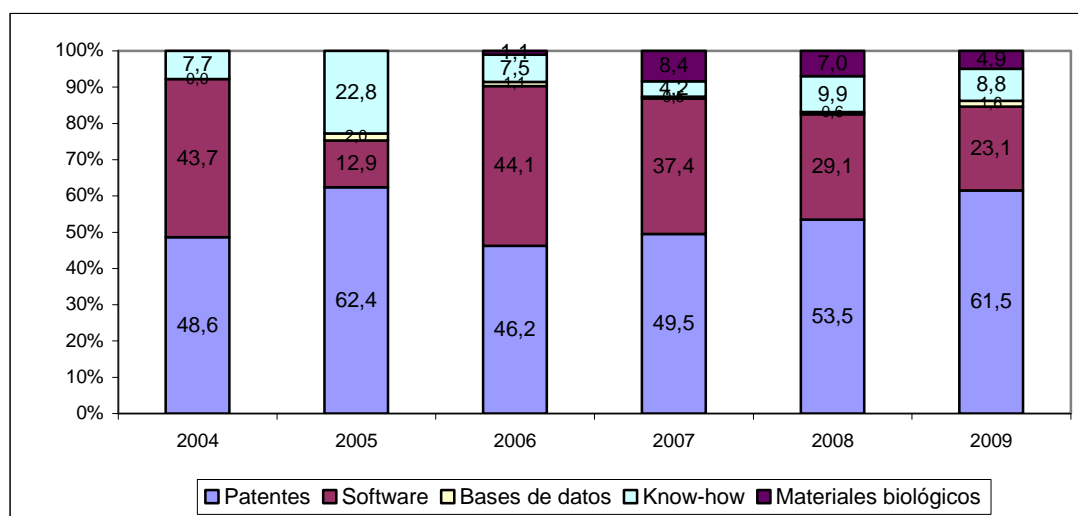
Por tipo de contrato, en 2009 el 61,5% de las licencias se basaron en patentes, experimentando un crecimiento del 21,7% respecto al año anterior. Las licencias basadas en software continuaron con la línea descendente iniciada en 2006, pasando de 50 a 42 en el último año, lo que representa el 23,1% del total de licencias de 2009. Las licencias basadas en know-how prácticamente se mantienen en 2009 respecto a 2008, representando cerca del 9% del total; mientras que las basadas en materiales biológicos disminuyeron.

Gráfico 22. Evolución de las licencias por tipo de contrato



Fuente: Encuesta RedOTRI años 2004 a 2009.

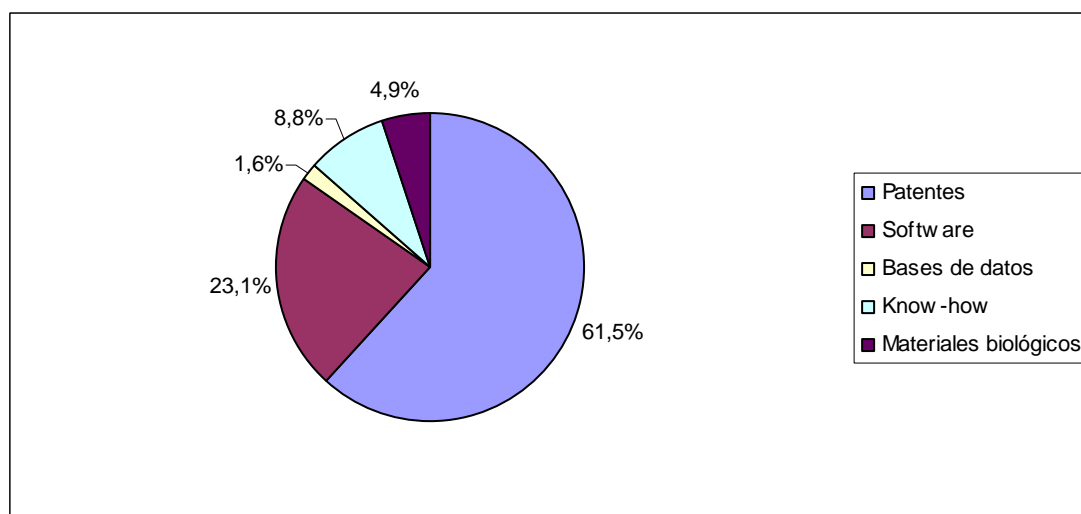
Gráfico 23. Evolución de las licencias por tipo de contrato (en porcentaje)



Fuente: Encuesta RedOTRI años 2004 a 2009.

En los gráficos 22 y 23 se puede apreciar la evolución de la distribución de las licencias por tipo de contrato desde el año 2004, mientras que en el gráfico 24 se refleja la distribución para el año 2009.

Gráfico 24. Distribución de las licencias por tipo de contrato en 2009

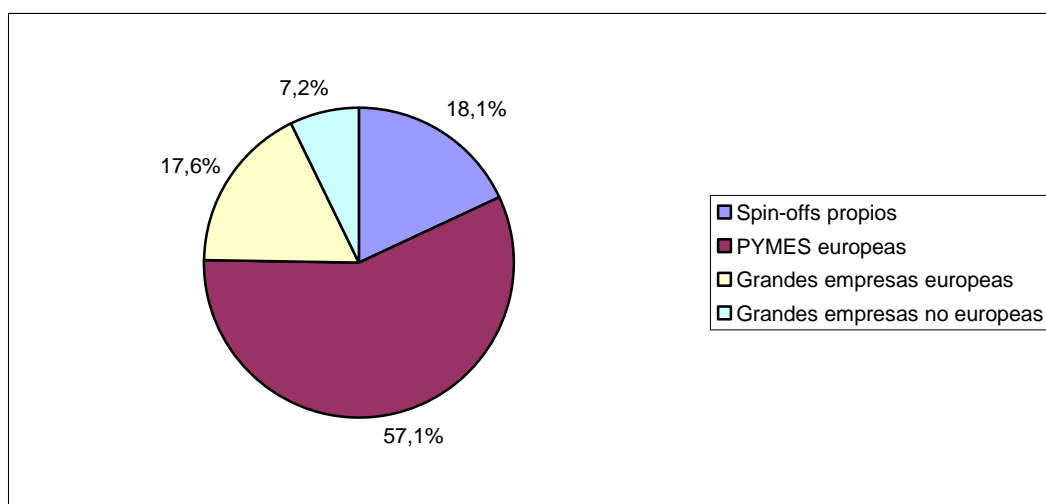


Fuente: Encuesta RedOTRI año 2009.

Respecto a la naturaleza de las empresas que compran licencias a universidades españolas, el 57,1% de los contratos se llevaron a cabo con pequeñas y medianas empresas europeas y el 18,1% con spin-off propias. La actividad restante corresponde a grandes empresas europeas (17,6%) y no europeas (7,2%). Ver gráfico 25.

La estructura porcentual de las empresas licenciatarias de conocimiento universitario se mantiene prácticamente constante, aunque en el año 2009 se detectó un aumento en el número de grandes empresas europeas que compran licencias universitarias españolas y un descenso en el número de grandes empresas no europeas que lo hacen.

Gráfico 25. Naturaleza de las empresas licenciatarias de resultados de investigación universitaria en 2009



Fuente: Encuesta RedOTRI año 2009.

La creación de empresas basadas en el conocimiento

Las spin-off académicas son empresas creadas a partir del conocimiento generado en universidades, en cuya creación participan investigadores, profesores, estudiantes u otro personal de la universidad. Además de constituir un instrumento muy efectivo en transferencia, actúan como dinamizadores del tejido productivo, contribuyen a la creación de empleo de calidad y a la valorización del capital intelectual generado en la universidad.

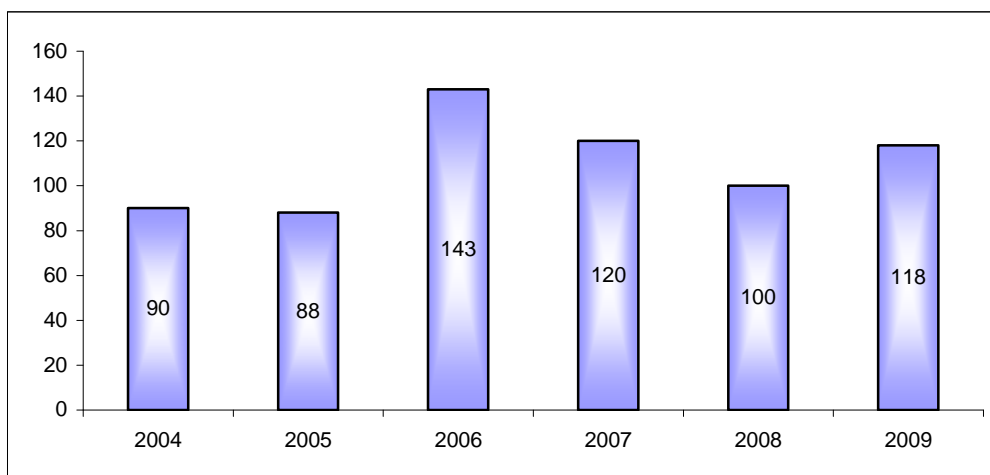
Según el informe RedOTRI 2009, la creación de empresas de base tecnológica constituye también el instrumento de transferencia más difícil de gestionar, ya que además de tareas de transferencia es necesario el desarrollo de la gestión empresarial en un entorno global.

Por otra parte la legislación que regula la creación de spin-off en España está incompleta pese al intento llevado a cabo con la reforma de la Ley Orgánica de Universidades aprobada en la Ley Orgánica 4/2007, del 12 de abril, mediante la cual pretende regularse la participación de personal docente universitario en las spin-off universitarias, permitiendo que participen en los consejos de administración y en más de un 10% de las acciones de la empresa, además de obtener excedencia de hasta cinco años para constituir una empresa de base tecnológica creada como resultado del desarrollo de un proyecto de investigación universitario²².

²² Antes de la modificación de la LOU la vinculación de personal docente universitario a las empresas de base tecnológica estaba regulada a través de la Ley 53./1984, de Incompatibilidad del Personal al Servicio de las Administraciones Públicas. Con la aplicación de esta ley los profesores funcionarios no podían pedir excedencia para la creación de EBT, no podían participar en más de dos consejos de administración de sociedades ni superar el 10% de titularidad de capital de una spin-off. Asimismo, los ingresos procedentes de sus actividades privadas no podían superar el 30% de sus sueldos como funcionarios.

La creación de spin-off ha evolucionado de forma positiva en 2009 respecto al año anterior, como puede observarse en el gráfico 26, con un incremento de 18 empresas en el número de empresas de base tecnológica (EBT) creadas, contabilizándose un total de 118 empresas. En el informe RedOTRI se indica que los datos sobre spin-off han ido ajustándose cada vez más a la realidad gracias a la puntualización realizada sobre la diferencia entre spin-off y start-up. A esto puede ser debida la disminución registrada en el periodo 2006-2008. En lo referente a start-up, se contabilizaron 135 en el año 2009, lo que supone una disminución del 23% respecto al año anterior.

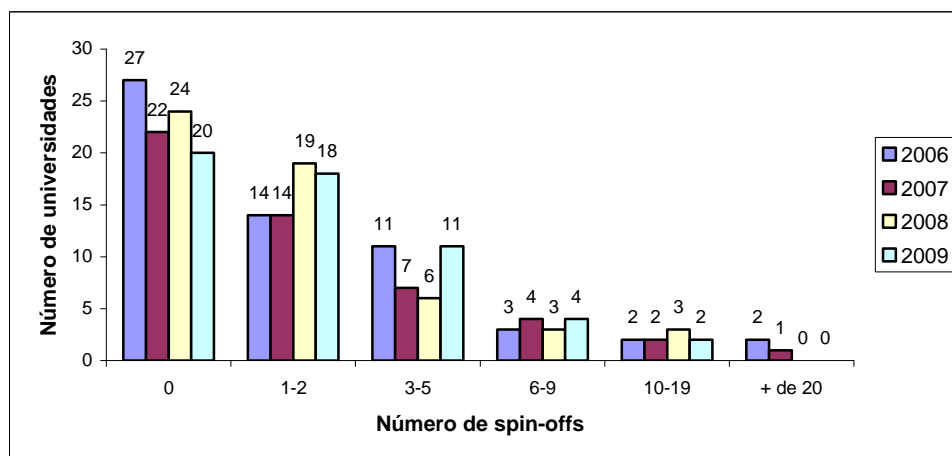
Gráfico 26. Evolución del número de spin-off en el periodo 2004 - 2009



Fuente: Encuesta RedOTRI años 2004 a 2009.

En lo referente a la distribución de la creación de spin-off entre universidades, destacar que disminuyó el número de centros que no generaron ninguna EBT, pasando de 27 en 2006 a 20 en 2009, como se puede observar en el gráfico 27. Se incrementó por tanto el número de universidades que crearon al menos una spin-off, llegando a las 35 en 2009. Las dos universidades más activas reportaron la creación de 14 y 10 spin-off en ese año.

Gráfico 27. Número de universidades según el total de spin-off creadas



Fuente: Encuesta RedOTRI años 2006 a 2009.

En la tabla 26 puede observarse como en 2009 un total de 37 spin-off contaban con la participación de su universidad, lo que supone un incremento del 68,2% respecto a

2008. El personal investigador que ha promovido las spin-off se incrementó en un 89,2% entre 2008 y 2009, alcanzando los 350 investigadores.

El número de spin-off bajo licencia de tecnología, a pesar de haber experimentado una evolución positiva en el último año, continuó arrojando resultados bajos teniendo en cuenta el número de empresas creadas. Por otra parte, cuatro universidades registraron retornos por la participación social en spin-off, algo que no ocurría desde 2006.

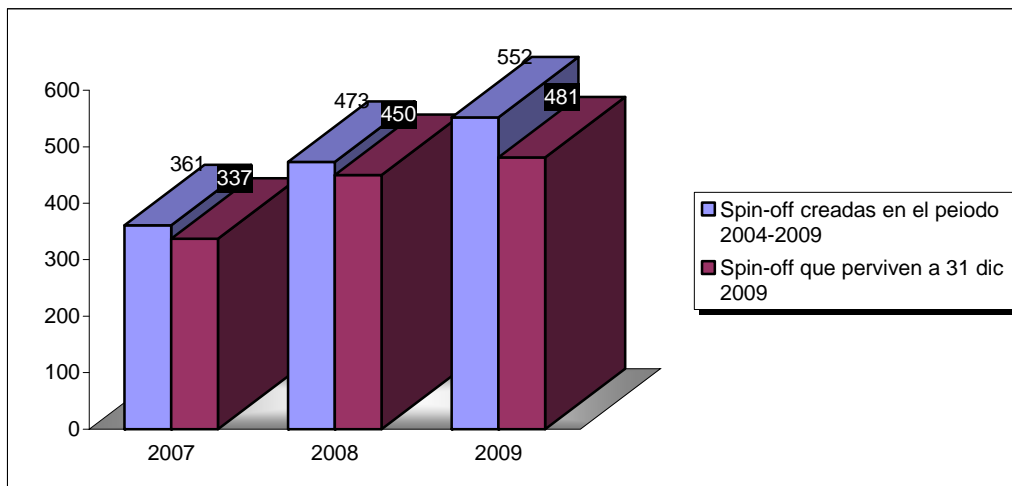
Tabla 26. Datos relativos a spin-off universitarias

Año	Spin-off participadas por la universidad	Retornos por beneficios (miles de euros)	Personal investigador promotor de spin-off	Spin-off bajo licencia de tecnología universitaria	Spin-off participadas que han ampliado capital
2006	44	416	215	37	13
2007	14	0	197	46	21
2008	22	0	185	27	10
2009	37	32	350	52	33

Fuente: Encuesta RedOTRI años 2006 a 2009.

En lo relativo a la supervivencia de estas empresas, destacar que 481 spin-off de las 552 creadas en el periodo 2004-2009 continuaban en funcionamiento a finales de 2009, lo que supone un índice de supervivencia del 87,2%. En los dos años anteriores este índice superaba el 90%.

Gráfico 28. Evolución de spin-off universitarias creadas en el periodo 2004-2009



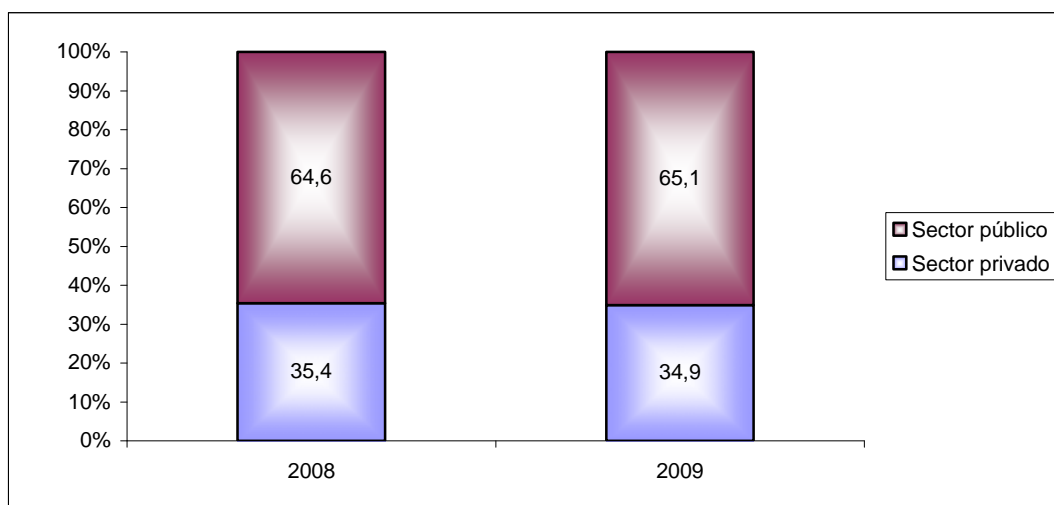
Fuente: Encuesta RedOTRI años 2007 a 2009.

La transferencia del conocimiento tácito

En lo referente a este mecanismo de transferencia, tanto el número de investigadores en el sector privado como la movilidad del personal investigador constituyen los datos más relevantes al respecto.

En el año 2009 el número de investigadores en el sector privado sufrió un leve descenso del 0,5%, cifrándose en 46.153 investigadores en EDP. El peso de los investigadores en el sector privado se redujo, pasando de suponer el 35,4% en 2008 al 34,9% en 2009, como puede observarse en el gráfico 29.

Gráfico 29. Evolución del porcentaje de investigadores por sector



Fuente: Elaboración propia con datos de la encuesta sobre Actividades de I+D 2009. INE.

Según la Encuesta sobre Recursos Humanos en Ciencia y Tecnología del INE, el porcentaje de doctores empleados en el sector privado en 2009 era del 15,1%. Por sectores, el de la enseñanza superior agrupó al 42,7% de los doctores empleados en España, constituyendo el sector más activo en cuanto a contratación de investigadores. La otra gran parte de los doctores trabajaba para la Administración Pública, que agrupaba al 38,4% en 2009.

Como se mencionó en la descripción de la transferencia del conocimiento tácito²³, la primera LIA del Plan Nacional de I+D+i se centra en la mejora de los recursos humanos relacionados con la I+D, tanto en número como en calidad.

El Programa Torres Quevedo constituye el referente español en programas de movilidad, tanto en ayudas concedidas como en el peso dentro del programa nacional de movilidad de RRHH.

Para el periodo 2011-2013 se le asignaron 49,7 millones de euros, repartidos en tres anualidades, la primera de ellas de 23,4 millones de euros y las dos siguientes de 13,1 millones de euros cada una.

²³ Epígrafe I.2.2.d.5. “Transferencia del conocimiento tácito”.

Hasta diciembre de 2010 se habían realizado diez convocatorias del Programa Torres Quevedo, y como puede apreciarse en la tabla 2 del capítulo I, de programas y actuaciones, las ayudas concedidas han experimentado incrementos que se han ido manteniendo a lo largo del tiempo con pequeñas variaciones.

Tabla 27. Evolución de las concesiones y del importe movilizado en las convocatorias del Programa Torres Quevedo

Convocatoria	Concesiones	Importe
1ª	105	2.210.128
2ª	121	2.266.928
3ª	117	2.132.660
4ª	634	11.538.673
5ª	806	14.622.926
6ª	938	13.866.400
7ª	900	18.267.069
8ª	248	16.417.242
9ª	484	24.643.674
10ª	925	23.465.029

Fuente: Ministerio de Ciencia e innovación.

Indicadores de output de la transferencia universitaria española

La tabla 28 recoge información sobre los principales indicadores de output de la transferencia universitaria española durante el periodo 2007 a 2009.

Tabla 28. Principales indicadores de output de la transferencia universitaria española

Output	2007	2008	2009	Variación anual 2008-09
Captación de recursos en I+D+i con empresas y otras entidades (Millones de euros)	617	705	638	-9,4%
Solicitudes de patente prioritaria nacional	434	526	604	15%
Solicitudes de extensión internacional (PCT)	192	165	310	87,9%
Patentes concedidas por la OEPM	229	218	295	35,3%
Licencias de resultados de I+D contratadas	190	172	182	5,8%
Ingresos por licencias (millones de euros)	1,94	2,4	2,6	9,9%
Spin-off creadas	120	100	118	18,0%

Fuente: elaboración propia a partir de los informes de la encuesta RedOTRI 2007, 2008 y 2009.

Como se puede observar, en 2009 se registró un descenso del 9,4% en la investigación por contrato respecto a 2008. Este es el único indicador que presentó un crecimiento negativo, ya que tanto en patentes, como en licencias o creación de spin-off las cifras arrojadas marcaban una evolución positiva en el último año analizado.

I. 3. OFICINAS DE TRANSFERENCIA

Por último, se analizarán en este capítulo las oficinas de transferencia de conocimiento y tecnología como estructuras de intermediación. Se dará en primer lugar una visión general e internacional sobre las oficinas de transferencia, para pasar a continuación desarrollar los aspectos relacionados con las Oficinas de Transferencia de Resultados de Investigación en España.

1.3.1. Oficinas de Transferencia de Tecnología

1.3.1.a. Introducción

El término Oficina de Transferencia engloba a las diferentes organizaciones que actúan como intermediarios en actividades de transferencia de tecnología o de conocimiento desde las universidades y centros de investigación al tejido empresarial.

Existen diferentes tipos de oficinas de transferencia, dependiendo si pertenecen a la universidad o son centros semi-autónomos. En Estados Unidos se denominan generalmente Oficinas de Transferencia de Tecnología (OTT), pero el término oficina de transferencia es más general y abarca la transferencia de otras formas de conocimiento.

Las OTT actúan como catalizadores en las relaciones entre centros de investigación y el tejido empresarial, colaborando en la transferencia de conocimiento mediante instrumentos como gestión de licencias y patentes o creación de empresas de base tecnológica. Por otra parte, las actividades de las OTT tienen importantes repercusiones económicas y políticas, ya que pueden reportar ingresos adicionales a la universidad, además de crear oportunidades de empleo para los investigadores universitarios y estudiantes de postgrado, y fomentar las inversiones en I+D y la creación de empleo en el ámbito local de la OTT.

Una oficina de transferencia de conocimiento es un departamento perteneciente a un centro de investigación, que es el responsable de gestionar el proceso de transferencia de las invenciones, creaciones, descubrimientos, innovaciones y procesos que son resultados de la investigación científica desarrollada en el centro o en varios centros de investigación, desde la institución a un entorno comercial (Comisión Europea, 2007, p. 32).

La definición de Oficinas de Transferencia de Tecnología como intermediarios en el proceso de comercialización de las innovaciones está muy presente en la literatura. Siegel et al. y Jain y George en sus trabajos de 2007 destacan esta función de las OTT, a través de las cuales se comercializa la producción científica universitaria, ya que actúan como intermediadoras entre los proveedores de innovaciones y aquellos que pueden contribuir a la comercialización de dichas innovaciones, como empresas y compañías de capital riesgo, entre otros.

Según el informe realizado por el Grupo de Expertos en transferencia de conocimiento de la Comisión Europea para el año 2009 (2010, p.54), las oficinas de transferencia son

instrumentos que mejoran las relaciones entre universidad e industria y que potencian la innovación.

En lo referente a la estructura de las oficinas de transferencia, la mayoría de los estudios consultados indican que la oficina suele pertenecer a la universidad o al centro público de investigación, aunque se detectan variaciones en su modelo organizativo, sus objetivos y actividades. Así, trabajos como los de Markman et al. (2005) y Siegel et al. (2007) hacen referencia a las diferencias existentes entre las OTT.

En los últimos años se ha registrado un incremento a nivel mundial de las inversiones por parte de universidades tanto públicas como privadas en organismos de intermediación como las oficinas de transferencia, los parques científicos o las incubadoras de empresas (Link y Scott, 2007).

En cuanto a la evolución de las oficinas de transferencia a nivel mundial, tanto en Europa como en Estados Unidos se ha ido incrementando de forma importante el número de OTT desde la década de los 90 hasta hoy, según datos de Association for University Research and Industry Links (AURIL) y Proton Survey para Europa y de la encuesta de la Association of University Technology Managers (AUTM) para Estados Unidos.

1.3.1.b. ¿Por qué surgen las Oficinas de Transferencia?

Facilitar y promover la transferencia de conocimiento de los centros de investigación a las empresas constituye uno de los principales retos institucionales de los gobiernos, como se refleja, entre otros, en el documento de la OCDE de 2003.

Como ya se ha comentado en el epígrafe referido a la tercera misión de la universidad, fue a finales de 1970 cuando la transferencia de conocimiento a la industria comienza a formar parte de la misión de las universidades, junto con las tradicionales de educación e investigación. El último fin de la investigación aplicada debe ser mejorar la condición humana (Litan et al., 2008), por ello deben transferirse los resultados de la investigación a la sociedad. Esta necesidad de comercialización de los resultados deriva en la llamada “entrepreneurial university”.

El desarrollo de esta tercera misión por parte de las universidades constituye también una fuente de financiación, obteniendo mediante la actividad de transferencia más recursos para investigación o para otras actividades de la universidad (Cohen et al., 1998). La transferencia de conocimiento constituye así una actividad fundamental para los centros de investigación, por ello las universidades crean las Oficinas de Transferencia de Tecnología, con el fin de motivar a los investigadores a transferir y comercializar sus innovaciones y de ayudarlos en el proceso de transferencia (O’Gorman et al., 2008).

1.3.1.b.1. Algunos estudios sobre el establecimiento de Oficinas de Transferencia

La justificación del establecimiento de oficinas de transferencia en universidades y centros públicos de investigación ha sido ampliamente estudiada por distintos autores. Siegel et al. en su trabajo de 2007 analizan los factores que influyen en el

establecimiento de oficinas de transferencia, además de realizar una amplia revisión bibliográfica de trabajos sobre OTT en dos de sus actividades principales, la de contratos de licencia y la creación de spin-off. Para Macho-Stadler et al., (2007) el objetivo de establecer una oficina de transferencia es la puesta en común de las invenciones para construir y mejorar el prestigio de la institución.

Hellman (2005) hace referencia a la ventaja que tienen las oficinas de transferencia con respecto a investigadores individuales o a equipos de investigación, en cuanto a la búsqueda y localización de clientes potenciales, debido a los bajos costes en que incurrir gracias a su experiencia y a las economías de escala que se generan.

Jensen et al. (2003) modelan el proceso de divulgación de las invenciones y de concesión de licencias a través de las oficinas de transferencia como un juego en el que los actores principales son la universidad y la facultad y las oficinas de transferencia actúan como agentes que maximizan la utilidad esperada. La calidad se incorpora al modelo como un factor determinante de la probabilidad de éxito de la comercialización. Según los autores, la oficina de transferencia puede influir en el ratio de divulgación de invenciones, debe evaluar las invenciones una vez que estas se dan a conocer y negociar acuerdos de licencia con las empresas.

En Clarysse et al. (2007) se destaca el doble papel de las oficinas de transferencia, que deben demostrar su eficiencia en cuanto a atracción de financiación y para ello pueden llegar a sobrevalorar algunos proyectos.

Hoppe y Ozdenoren (2005), por su parte, presentan un modelo teórico que estudia las condiciones en las que los agentes intermediarios, como las oficinas de transferencia, surgen para reducir la incertidumbre asociada a las innovaciones. Las empresas buscan invertir en nuevo conocimiento, pero no son capaces de estimar el valor de la tecnología o del conocimiento con certeza, asunto en el que las oficinas de transferencia pueden resultar de ayuda.

1.3.1.c. Funciones, servicios y misión de las Oficinas de Transferencia

1.3.1.c.1. Funciones y servicios de las Oficinas de Transferencia

En el informe de 2009 del Grupo de Expertos en Transferencia de Conocimiento de la Comisión Europea (2010, p. 52) se identifican dos funciones que deben realizar las OTT para desarrollar su labor de intermediarias entre los centros públicos de investigación y las empresas. La primera de estas funciones está orientada hacia el interior de la institución, mientras que la segunda tiene una orientación externa.

En primer lugar, la OTT debe apoyar a su universidad identificando la capacidad investigadora y la accesibilidad a los resultados de investigación, estimulando las comunicaciones de invención y colaborando en la protección de la propiedad intelectual, en la solicitud de patentes y en la valoración comercial de las invenciones. Deben también dar soporte en la creación de empresas de base tecnológica y en la gestión de contratos de investigación.

En segundo lugar, y como función orientada al exterior de la institución, la OTT debe participar en la comercialización de los resultados de investigación. Para ello debe

establecer contactos comerciales, identificar las demandas de las empresas en materia de investigación, facilitar la cooperación entre investigadores e industria y dar a conocer la disponibilidad de la capacidad tecnológica e investigadora de la institución.

De una forma más detallada, Capart y Sandelin (2004) enumeró las siguientes funciones básicas de una oficina de transferencia:

- La evaluación de las invenciones y de su posible divulgación,
- La selección de las invenciones que han de patentarse y la identificación de aquellas que pueden suponer una mayor demanda,
- La identificación, con la colaboración activa de los investigadores, de los posibles socios o licenciarios y la preparación del plan de marketing,
- Contactar con los posibles clientes o socios que se han detectado mediante la prospección del mercado y darles atención personalizada,
- La negociación de los términos de la licencia o del acuerdo de colaboración,
- La supervisión de la evolución de la licencia y la modificación de acuerdos en caso de que fuera necesario,

Además de las funciones básicas, una oficina de transferencia debe determinar y dar a conocer los servicios que ofrece, que deben incluir los siguientes:

1. Negociación y manejo de acuerdos con el sector empresarial. Además de licencias estos acuerdos pueden incluir acuerdos de patrocinio de investigación, de colaboración y de préstamo de equipos, entre otros.
2. Colaborar activamente en el proceso de creación de empresas de base tecnológica. Los servicios ofrecidos por la oficina de transferencia pueden englobar, además del trabajo de protección de la tecnología base para el funcionamiento de la empresa, otros como la preparación del plan de negocio o la colaboración en búsqueda de financiación.
3. Proporcionar servicios de consultoría o de asesoramiento sobre cualquier asunto en materia de propiedad intelectual, incluyendo marcas, patentes y derechos de autor.
4. Organización de conferencias y seminarios sobre temas relacionados con la propiedad intelectual, así como participación en proyectos de investigación relacionados con este tema.

I.3.1.c.2. Misión de las Oficinas de Transferencia

Capart (2004) concluye en su estudio que una definición clara y una declaración aceptada de la misión de una oficina de transferencia es necesaria para conseguir una transferencia de los resultados de investigación eficiente y efectiva.

Básicamente, la misión principal de las oficinas de transferencia es aumentar las probabilidades de que los resultados de la investigación que se realiza en las universidades y centros públicos de investigación se transformen en productos y servicios útiles que produzcan beneficio en la sociedad.

Considerando la innovación como el proceso que convierte los descubrimientos procedentes de la investigación en nuevos productos, la misión de las oficinas de transferencia es ayudar a las universidades y centros públicos de investigación a adquirir un papel proactivo en el proceso de innovación.

En este trabajo Capart analiza los siguientes componentes que deben formar parte de la misión de una oficina de transferencia:

1. Facilitar la transferencia de los resultados de investigación generados en las universidades y centros públicos de investigación a la sociedad, colaborando en la transformación de estos resultados en productos y servicios útiles que reporten un beneficio a la sociedad
2. Promover el crecimiento económico regional y la creación de empleo.
3. Recompensar y reclutar graduados y estudiantes universitarios.
4. Crear nuevas relaciones con la industria.
5. Generar ingresos por licencias y protección de la propiedad para la oficina de transferencia, los investigadores y la universidad.
6. Generar nuevas fuentes de ingresos para la universidad y los investigadores mediante la investigación por encargo, los trabajos de consultoría y las donaciones de dinero y equipos.
7. Dar servicio a la universidad y al centro de investigación en todas las áreas relacionadas con la propiedad intelectual.
8. Facilitar la creación y la puesta en marcha de empresas start-up.

En la definición de la misión deben considerarse los intereses y necesidades de las partes involucradas en el proceso de transferencia, como son los investigadores, la universidad o el centro de investigación, la empresa o industria y el gobierno.

Los investigadores desempeñan un papel crucial en el proceso de transferencia, ya que además de obtener resultados de sus investigaciones deben estudiar su posible uso y les interesa divulgar el conocimiento generado. En cuanto a la universidad o el centro de investigación, sus intereses suelen estar en línea con los de la oficina de transferencia, lo que implica que esta debe realizar tareas que ayuden a la consecución de los objetivos del centro.

En lo referente a la empresa o industria, en la mayoría de las ocasiones nos encontramos con objetivos enfrentados, ya que por lo general el centro de investigación aboga por la disponibilidad de los resultados de investigación mientras que en el caso de la empresa o industria la divulgación de los resultados dependerá de la estrategia de innovación de

la entidad. En el caso de apostar por la innovación abierta, la empresa tenderá a compartir los resultados de investigación (Chesbrough, 2003).

En cuanto al Gobierno, tanto el nacional como el regional buscan preservar los intereses de las personas que representan mediante la creación de leyes y regulaciones que mejoren la calidad de vida de los ciudadanos. En Estados Unidos el personal de las universidades ha trabajado de forma activa en la creación e implementación de leyes relacionadas con la propiedad intelectual y las interrelaciones entre universidad, industria y gobierno desde hace décadas. Así, en 1974 se creó la Society of University Patent Administrators (SUPA), que cambió su nombre por la Association of University Technology Managers (AUTM) en 1989. Esta asociación fue creada específicamente para participar en la creación de la legislación sobre la propiedad y concesión de licencias de invenciones realizadas bajo el patrocinio del Gobierno Federal.

En Europa, la situación es más compleja ya que en cada país existe una legislación diferente. Entre las organizaciones internacionales que representan a las oficinas de transferencia europeas destacan la red ProTon-Europe, creada en 2002, red de Oficinas de Transferencia de Tecnología ligadas a universidades y centros públicos de investigación de varios países europeos. Asimismo, también es necesario considerar la Association of European Science & Technology Transfer Professionals (ASTP), creada en 1999.

Por otra parte, la Association for University Research and Industry Links (AURIL) se creó en 1995 en Reino Unido a partir de dos organizaciones que habían sido durante casi 25 años las responsables de gestionar las relaciones universidad – industria en las universidades británicas.

1.3.1.d. El papel de las Oficinas de Transferencia en la comercialización del conocimiento

La transferencia de conocimiento científico y tecnológico al sector empresarial se ha convertido en una prioridad para muchos gobiernos. Dentro de esta transferencia, ocupan un lugar fundamental las relaciones entre los centros productores de investigación y las empresas que pueden aplicar los resultados de la investigación.

Numerosos estudios económicos concluyen que la economía de una nación en materia de innovación no es solamente el resultado de las inversiones públicas y privadas, sino que está fuertemente influenciada por el carácter y la intensidad de las relaciones entre los distintos agentes que forman el sistema de ciencia e innovación de una nación (Debackere, 2005; David y Foray, 1995; Freeman, 1991; Lundvall, 1992; Nelson, 1993; Patel y Pavitt, 1994).

Asimismo, existen estudios teóricos y prácticos que abogan por la utilización del conocimiento científico generado mediante la creación y el mantenimiento de relaciones ciencia-industria que influyan positivamente en el comportamiento de la innovación (Debackere, 2005; Branscomb et al., 1999; Mansfield, 1997; Mansfield y Lee, 1996).

En lo referente al proceso de comercialización, siguiendo a Siegel et al (2003 y 2007), existen tres agentes involucrados en el mismo: los investigadores, las oficinas de transferencia y los empresarios o gestores que comercializan el conocimiento generado

en el centro de investigación. Los autores destacan las diferencias entre los objetivos de los tres agentes para entender el proceso de comercialización.

La comercialización de la tecnología y del conocimiento puede producirse a través de distintos instrumentos o vías, y aunque tradicionalmente se basaba en la protección de la propiedad intelectual en forma de licencias y patentes²⁴, sobre todo en Estados Unidos con la influencia de la Bayh-Dole Act, es necesario destacar otros instrumentos como la negociación de contratos de colaboración, el apoyo en la gestión de incubadoras y en la creación y gestión de empresas de base tecnológica (O'Shea et al., 2005; Lockett et al., 2005; Shane, 2004).

En estudios empíricos desarrollados por Cohen et al. (2002) en Estados Unidos y por Arundel y Geuna (2004) en Europa, se concluyó que las empresas con mayor actividad de I+D prefieren como mecanismo de transferencia los canales de open science, como publicaciones, conferencias o contactos informales, frente a patentes. Sin embargo, los dos mecanismos suelen estar relacionados, ya que si las empresas recurren a publicaciones o contactos informales e identifican resultados de investigación interesantes para ellas, suelen licenciar los resultados.

Como se mencionó anteriormente, Siegel et al. (2007) analizan en su trabajo una serie de estudios relacionados con la actividad de las oficinas de transferencia en cuanto a contratos de licencia y creación de spin-off universitarias. Los autores sugieren que la creación de empresas de base tecnológica podría generar un volumen mayor de ingresos que las actividades relacionadas con licencias.

Asimismo, señalan que las oficinas de transferencia cuentan con ventajas respecto a los investigadores en cuanto a la creación de spin-off, ya que además de tener una mayor red de contactos, cuentan con experiencia en el desarrollo de negocios.

El papel de las oficinas de transferencia incluye también el establecimiento de un vínculo entre la universidad o centro de investigación y la industria con el fin de satisfacer las necesidades que surjan de los intercambios entre ellos (Rothaermel et al., 2007). Por otra parte, la oficina de transferencia realiza también tareas de marketing, que son de gran importancia sobre todo en sectores en los que las relaciones entre investigadores e industria son débiles (Colyvas et al., 2002).

1.3.1.e. Análisis de los diferentes modelos de Oficinas de Transferencia de Conocimiento y Tecnología

Como se ha explicado anteriormente, aunque el término Oficina de Transferencia de Conocimiento o Knowledge Transfer Office (KTO) es más general que el de Oficina de Transferencia de Tecnología (OTT), este último se utiliza de forma más frecuente. La mayoría de Estados Miembros de la Unión Europea se refieren a las oficinas de transferencia como OTT.

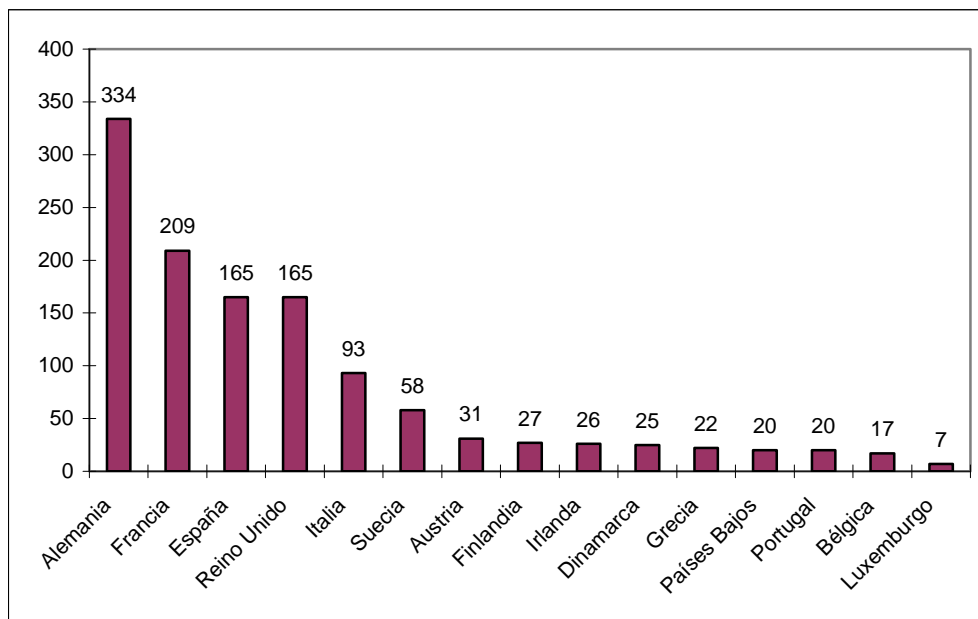
²⁴ En el capítulo 3 se realiza una revisión bibliográfica de los estudios sobre oficinas de transferencia. Por ejemplo, en Thursby y Thursby (2007) se realiza un análisis completo sobre las políticas relativas a las licencias universitarias.

I.3.1.e.1. Las Oficinas de Transferencia de Tecnología en Europa

Según datos de ERAWATCH (2008) existían en la Unión Europea (EU-27) alrededor de 500 universidades que desarrollaban tareas de investigación, de las cuales la gran mayoría eran universidades públicas.

Se identificaban 1.596 instituciones dedicadas a actividades de transferencia de tecnología, de las cuales 1.400 eran OTT. En el gráfico 30 pueden observarse el número de OTT en algunos países de la UE en el año 2003.

Gráfico 30. Número de OTT en algunos países de la UE



Fuente: ITTE-Survey 2003.

En lo referente al tamaño de las OTT, había una media de 10 trabajadores en equivalentes de dedicación plena (EDP) por oficina europea en 2008, mientras que en Estados Unidos esta cifra era de 7 trabajadores en EDP por oficina. Esta diferencia puede deberse a que en Estados Unidos los centros públicos de investigación suelen contar con dos tipos de instituciones, una dedicada a la gestión de la propiedad intelectual y otra a la gestión de la investigación colaborativa.

En términos absolutos en Europa, la mitad de las OTT contaban con 6 o menos empleados en EDP en 2008, mientras que la otra mitad concentraba a la mayoría de empleados, lo que da cuenta de las grandes diferencias de tamaño existentes entre oficinas.

En cuanto a la intensidad o presencia de OTT, se analiza el número de OTT respecto al número de centros de investigación por país. Este ratio es de 0,5-0,6, lo que indica que muchos países europeos no habían establecido aún estructuras específicas para la transferencia de conocimiento. Por países, los ratios de Reino Unido, Francia, España, Irlanda y Dinamarca están entre el 0,7 y 0,8, indicando una mayor cobertura en cuanto a OTT. En el caso contrario aparecen Italia, Portugal, Países Bajos, Finlandia, Alemania y Bélgica, con ratios inferiores.

En los nuevos Estados Miembros de la Unión Europea el número de OTT es por lo general bajo, así como la inversión en I+D y el número de patentes generadas en los centros públicos de investigación.

I.3.1.e.2. Los modelos de Oficinas de Transferencia en Estados Unidos y en Europa

Según el informe de 2009 del Grupo de Expertos en Transferencia de Conocimiento de la Comisión Europea (2010, p.56), existen dos modelos básicos en el proceso de establecimiento de OTT. Estos dos modelos han sido utilizados en EEUU y en Europa con algunas variaciones en su implementación.

El modelo de Estados Unidos: modelo “de abajo a arriba”

Las políticas en EEUU se centran en crear requerimientos e incentivos que intensifiquen los esfuerzos en comercialización. Los centros públicos de investigación cuentan con total libertad para seleccionar la forma, la estrategia y el tipo de oficina de transferencia que consideren más adecuado según las circunstancias. Tradicional e históricamente las universidades americanas han tenido relaciones más estrechas con la industria que las universidades europeas, y una parte importante de sus fondos provienen de recursos privados.

El modelo europeo: modelo “de arriba abajo”

Los Gobiernos tienden a implicarse de forma directa en aspectos de financiación y legislación de determinados tipos de OTT. Los incentivos que se aplican a los centros públicos de investigación tienen influencia no solo en la probabilidad de que realicen transferencia de conocimiento, también en su eficiencia, así como en la orientación de la OTT y en los instrumentos que utilizan para transferir el conocimiento.

I.3.2. Las Oficinas de Transferencia en España: Las Oficinas de Transferencia de Resultados de Investigación

I.3.2.a. Introducción

Las OTRI se definen como “*las unidades de transferencia de conocimiento de las universidades y Organismos Públicos de Investigación españoles, cuya misión es apoyar y promover la producción de conocimiento y su transferencia a las empresas y otros agentes socioeconómicos*”²⁵.

Las Oficinas de Transferencia de Resultados de Investigación surgen en el año 1988 impulsadas por la Administración como estructuras para fomentar y facilitar la cooperación en actividades de I+D entre investigadores y empresas, tanto en el marco

²⁵ Informe RedOtri 2008

nacional como europeo. Cabe señalar que desde 1985 ya se encuentran unidades con funciones similares en algunas universidades y centros públicos de investigación²⁶.

Años después, por Orden de 16 de febrero de 1996, publicada en el B.O.E. de 23 de febrero, se les otorgó carácter oficial con la creación de un Registro Oficial de OTRI en la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología.

Las OTRI son intermediarias en el sistema ciencia-tecnología-empresa, y su misión consiste en dinamizar las relaciones entre productores de investigación y empresas, para lo que identifican las necesidades tecnológicas de los distintos sectores y favorecen la transferencia de tecnología entre el sector público y el privado. De esta forma contribuyen a la aplicación y comercialización de los resultados de la I+D generada en las universidades y centros públicos de investigación²⁷.

1.3.2.b. Origen de las OTRI

El entorno político de los años de la creación de las OTRI está marcado por la entrada de España en la entonces llamada Comunidad Económica Europea en el año 1986, mediante la cual adquiere el compromiso de promover la ciencia y la investigación. Ese mismo año se aprueba la Ley 13/1986 de Fomento y Coordinación General de la Investigación Científica y Técnica o Ley de la Ciencia, cuyo objetivo era promover la economía del conocimiento y situar a España en los primeros lugares a nivel mundial en cuanto a investigación.

Por su parte, el entorno económico está marcado por la necesidad de actualización del sector industrial para su adecuación al nuevo marco competitivo que viene dado por la entrada de España en la Comunidad Económica Europea.

El sistema de innovación español presentaba una gran debilidad estructural, con un esfuerzo en I+D respecto al PIB en torno al 0,85%, unido a la falta de medios y de estímulos para la producción científica y al desconocimiento que caracterizaba las relaciones entre universidades y centros de investigación y el tejido empresarial en cuestiones relacionadas con investigación, desarrollo e innovación.

Las OTRI fueron concebidas dentro del I Plan Nacional de I+D 1988-1991, principal instrumento de la Ley de la Ciencia, para actuar como elemento catalizador y dinamizador de las relaciones entre el entorno científico y productivo.

De esta forma, en 1988, los gestores del Plan Nacional de I+D decidieron, por indicación de la Comisión Mixta Congreso-Senado para la Investigación Científica y el Desarrollo Tecnológico, fomentar la colaboración entre los centros públicos de investigación y la industria. Para ello se estableció un programa para la creación de Oficinas de Transferencia de Resultados de Investigación en todas las universidades y

²⁶ En 1985 se crea la Oficina de Valoración y Transferencia de Tecnología del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), en 1986 el Instituto Científico y Tecnológico de la Universidad de Navarra y en 1987 el Centro de Transferencia de Tecnología de la Universidad Politécnica de Barcelona.

²⁷ Fuente: www.micinn.es

Organismos Públicos de Investigación, que facilitarían la cooperación en I+D entre universidades y empresas (Castro et al., 2005).

La Oficina de Transferencia de Tecnología de la Secretaría General del Plan Nacional de I+D era la encargada de coordinar y apoyar a las OTRI (Conesa, 1997).

Las OTRI en sus inicios tenían los siguientes objetivos:

1. Elaboración de un banco de datos de conocimientos, infraestructura y ofertas de I+D de sus universidades y centros.
2. Identificación de los resultados generados por los grupos de investigación, evaluando su potencial de transferencia y dándoles la adecuada difusión entre las empresas, directamente o en colaboración con otros organismos de intermediación.
3. Facilitar la transferencia de estos resultados a las empresas o, en su caso, la correcta asimilación de tecnologías foráneas.
4. Colaborar y participar en la negociación de contratos de investigación, asistencia técnica, asesoría, licencia de patentes, entre otros. entre sus grupos de investigación y las empresas.
5. Gestionar, con el apoyo de los servicios administrativos de las universidades, los contratos de I+D.
6. Informar sobre los programas europeos de I+D, apoyando técnicamente la elaboración y gestión de este tipo de proyectos.

1.3.2.c. Evolución histórica de las OTRI

En el inicio de su actividad las OTRI contaban con dos medidas de apoyo, la primera de ellas consistía en un sistema de ayudas tipo basal con una dotación económica procedente de Fondos Europeos de Desarrollo Regional (FEDER). La segunda venía dada por la Oficina de Transferencia de Tecnología (OTT), que fue creada a principios de los años 90 con el objetivo de ofrecer asesoramiento a las OTRI en temas de transferencia y de dinamizar las actividades que realizaban.

Desde el comienzo de su actividad las OTRI participaron en la presentación y gestión de los proyectos del Programa de Estímulo a la Transferencia de Resultados de Investigación (PETRI).

En el año 1996 se producen dos cambios importantes en las políticas de apoyo a las OTRI. Por una parte se crea el Registro de OTRI, regulado por la Orden Ministerial de 16 de febrero de 1996 (BOE de 23 de febrero), que establece que las universidades, Organismos Públicos de Investigación y entidades privadas sin fines de lucro que posean “unidades con funciones de transferencia en materia de resultados de investigación y tecnología” podrán solicitar la inscripción de dichas unidades en el registro.

Por otra parte se produce un cambio en la financiación pública de las oficinas de transferencia, que se canaliza de forma competitiva a través de la “Convocatoria de Concesión de Ayudas para el Desarrollo y Funcionamiento de las OTRI”, en la que se establecen dos modalidades de participación.

En primer lugar los Planes de Actuación Base (PAB), de carácter bianual, mediante los cuales se financiarían una serie de actividades que persiguen la dinamización de los sectores productivos en materia de I+D y una mayor interacción con el entorno socioeconómico y empresarial. En segundo lugar se establecen las Líneas de Actuación Complementaria (LAC) para apoyo de actividades no incluidas en los PAB, dando prioridad a proyectos en los que participen varias OTRI con el fin de potenciar el trabajo en red de las distintas oficinas.

Con la creación del mencionado Registro de OTRI se produce un importante aumento en el número de entidades que cuentan con una oficina de transferencia en su estructura, debido a lo poco estricto de los requisitos necesarios para registrarse como OTRI y a que la inscripción en dicho registro era condición necesaria para optar a las ayudas a las OTRI descritas anteriormente. De esta forma en el Registro de OTRI aparecen Centros Tecnológicos, asociaciones empresariales y fundaciones de diversa naturaleza, además de universidades y OPI.

El 17 de marzo de 1997 se creó la Red de Oficinas de Transferencia de Resultados de Investigación de las Universidades Españolas RedOTRI, que se constituye en el seno de la Conferencia de Rectores de las Universidades Españolas (CRUE), como grupo de trabajo permanente de la Comisión Sectorial de I+D²⁸ desde 1999, y cuya misión principal es la potenciación y difusión del papel de las universidades como elementos esenciales dentro del Sistema Nacional de Innovación.

En 2005 se reforma la estructura de la convocatoria de ayudas a las OTRI, pasando a la financiación por proyectos. Las OTRI registradas pueden solicitar financiación para realizar proyectos dentro de una o varias de las modalidades siguientes: apoyo a la creación de empresas de base tecnológica, protección de la propiedad intelectual, herramientas de gestión, acciones estratégicas sectoriales, actuaciones de apoyo a pymes, incorporación de personal comercial de apoyo a grupos y acciones de formación. A pesar de que el programa cuenta con más presupuesto que en años anteriores (a excepción de 2003) la intensidad de la ayuda registra un decrecimiento debido al mayor número de acciones aprobadas y a la mayor duración de estas acciones en comparación con los PAB, lo que hace disminuir la financiación media de los proyectos.

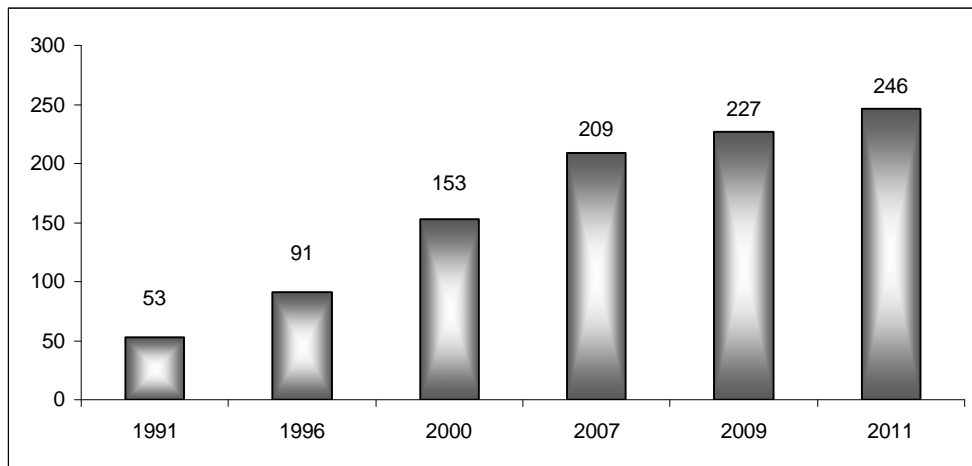
En la actualidad casi todas las universidades y centros públicos de investigación, así como fundaciones universidad-empresa y Centros Tecnológicos cuentan con una OTRI. Como se indica en el informe RedOTRI 2008, la universidad española tiene asumido su papel en la llamada economía del conocimiento, mediante la tercera misión²⁹ de la cual la transferencia de conocimiento forma parte. Así, las OTRI evolucionan hacia modelos

²⁸ El objetivo de la Comisión Sectorial de I+D es establecer un foro de diálogo entre los responsables de la I+D de las universidades españolas así como coordinar las políticas científicas de las universidades, promoviendo el intercambio en experiencias de gestión, promoción y evaluación de la investigación universitaria (Castro et al., 2005).

²⁹ Véase epígrafe I.2.1.d. “La tercera misión de la Universidad”.

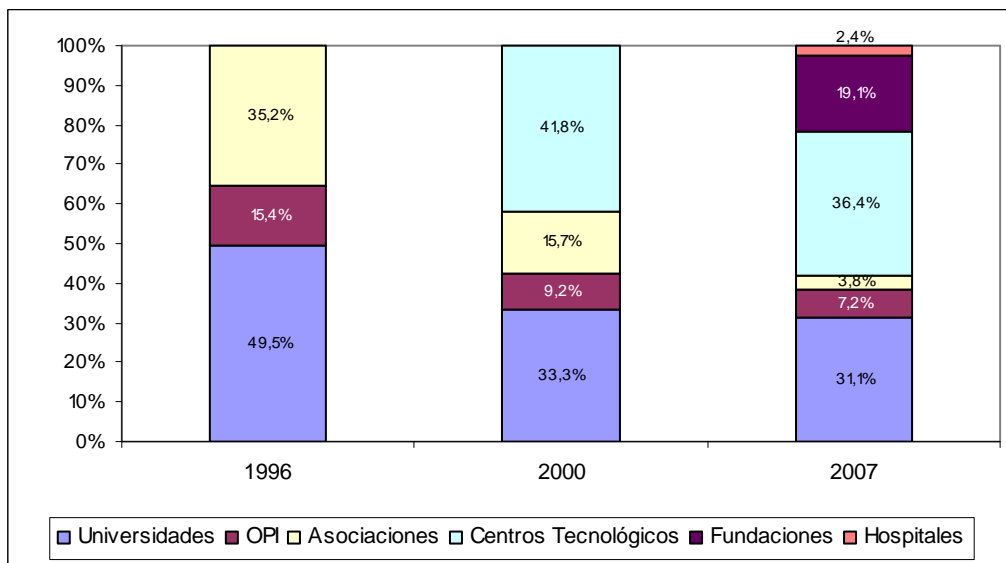
más proactivos de transferencia que permitan la adecuada puesta en valor del potencial innovador de la universidad en España.

Gráfico 31. Evolución del número de OTRI



Fuente: Informe RedOTRI 2007 y Registro de Centros del Ministerio de Ciencia e Innovación.

Gráfico 32. Evolución del tipo de OTRI en España



Fuente: Informe RedOTRI 2007.

1.3.2.d. Misión y funciones de las OTRI

La misión de las OTRI dentro de las universidades se concreta en los siguientes objetivos específicos:

- Fomentar la participación de la comunidad universitaria en proyectos de I+D.
- Elaborar el banco de datos de conocimientos, infraestructura y oferta de I+D de sus respectivas universidades.

- Identificar los resultados generados por las categorías de investigación, evaluar su potencial de transferencia y difundirlos entre las empresas, directamente o en colaboración con otros organismos de interfaz.
- Facilitar la transferencia de dichos resultados a las empresas.
- Informar sobre los diferentes programas de I+D, facilitar técnicamente la elaboración de los proyectos y gestionar la tramitación de los mismos.

Por otra parte, dentro de las funciones más comunes de las OTRI pueden distinguirse cuatro tipos:

1. Acciones dirigidas a las universidades:

- Asesorar para la búsqueda de los conocimientos más adecuados a la demanda empresarial.

2. Acciones dirigidas a las empresas:

- Informar sobre programas autonómicos, nacionales y europeos de I+D.
- Facilitar técnicamente la elaboración y tramitación de los proyectos.
- Programas de creación de empresas (spin-off)
- Programas de movilidad horizontal de investigadores hacia la empresa

3. Acciones dirigidas a ambas:

- Apoyo administrativo al establecimiento de contratos
- Búsqueda de fuentes de financiación
- Gestión de patentes

4. Acciones generales:

- Elaborar el banco de datos de conocimientos, infraestructura y oferta de I+D
- Informes y memorias de resultados

1.3.2.e. Instrumentos de las OTRI

Cada universidad española ha implantado y consolidado a través de la OTRI los ámbitos de actividad relacionados con la explotación social y comercial del conocimiento, en función de la naturaleza, las características y las necesidades de la institución.

Los instrumentos que han utilizado las OTRI para desarrollar su labor de transferencia son los siguientes:

- 1) Los contratos de I+D y de apoyo técnico para la explotación de las capacidades científicas y técnicas de los investigadores universitarios.
- 2) Los proyectos de I+D realizados en colaboración con empresas y otras entidades y las fuentes de financiación pública asociadas a la obtención de resultados comercializables.
- 3) Las alianzas estratégicas con otras organizaciones orientadas a la explotación de las capacidades científicas y los resultados de investigación universitarios.
- 4) La protección de los resultados de la investigación mediante patentes y otras formas de protección de los derechos de propiedad industrial e intelectual.
- 5) La explotación de los resultados de investigación universitarios a través de contratos de licencia de patentes.
- 6) La creación y desarrollo de nuevas empresas basadas en el conocimiento originado en las universidades.
- 7) Las acciones de promoción y relación con empresas y otras instituciones.

1.3.2.f. Situación de las OTRI universitarias en 2009

En este epígrafe se analiza la situación de las oficinas de transferencia universitarias en el año 2009. Es precisamente para este año del que se disponen los datos más actualizados para el análisis empírico de esta tesis.

Del informe de la encuesta RedOTRI 2009 pueden extraerse una serie de datos que componen una visión clara de la situación de las OTRI en España.

1.3.2.f.1. La universidad

Del total de universidades españolas, únicamente 9 de ellas no habían establecido una oficina de transferencia de resultados de investigación en el año 2009. Este grupo está compuesto mayoritariamente por universidades privadas y con baja actividad investigadora.

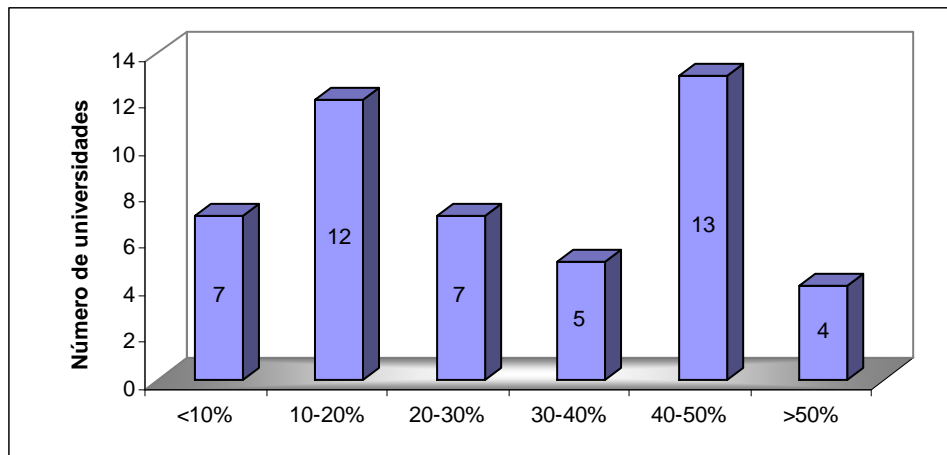
Resulta interesante realizar una descripción sobre la actividad investigadora de la universidad española en base a los datos de la encuesta RedOTRI 2009, ya que aunque en el epígrafe dedicado a la actividad de I+D en España se han dado datos sobre gasto en I+D y recursos humanos en investigación, estos proceden de la encuesta anual del INE sobre actividades de I+D.

La información que se extrae de la encuesta RedOTRI corresponde a la actividad de las universidades que completaron la encuesta en 2009. Aunque los datos que se solicitan a las OTRI en cuanto a gasto en I+D y recursos humanos son en algunos casos los mismos que en la encuesta del INE, no puede comprobarse que el valor facilitado sea idéntico. Las magnitudes de la encuesta RedOTRI son algo menores que las publicadas por el INE, entre otras cosas porque el número de respuestas en esta última encuesta es mayor.

En lo referente al gasto en I+D, se alcanzó un valor total de 2.749 millones de euros en 2009. Según el informe RedOTRI 2009, de las 50 universidades que respondieron a esta pregunta, la gran mayoría –un 80%- realizaban un gasto inferior a 80 millones de euros, mientras que el resto presentaban gastos en I+D superiores a 100 millones de euros.

Si se considera el porcentaje de gasto en I+D en relación al total de gasto de la universidad, se encuentra que solo en 4 universidades el peso de la I+D supone más de la mitad del gasto total de la institución. En el gráfico 33 puede observarse la distribución de universidades en función del peso del gasto en I+D. Según el informe de la encuesta RedOTRI 2009 el porcentaje global del gasto en I+D sobre el total fue del 30%.

Gráfico 33. Peso del gasto en I+D en relación al gasto total

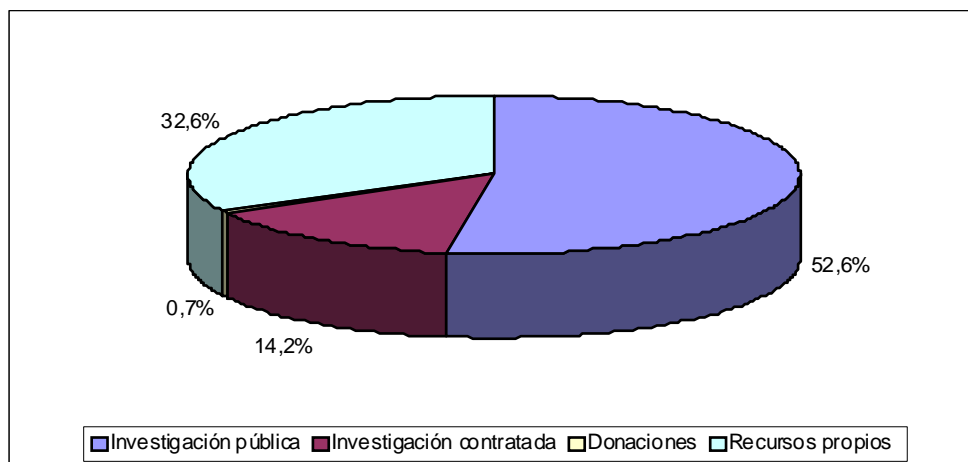


Fuente: Informe de la encuesta RedOTRI 2009.

En cuanto a la financiación de la actividad investigadora universitaria, la mayoría de los fondos provenían de financiación pública específica para actividades de I+D, que suponían el 52,6% del total de fondos. Los recursos propios³⁰ financiaron el 32,6% de la investigación, mientras que la investigación contratada (en su mayoría por el sector privado) supuso el 14,2% de la financiación. A este respecto es importante señalar que se redujo esta cifra respecto al año 2008, en que el 17% de los fondos procedían de actividades contratadas. Las donaciones, por su parte, suponían menos de un 1% de la financiación. (Ver gráfico 34)

³⁰ Los recursos propios suelen ser de origen público en la mayoría de universidades pero no específicos para I+D (Informe encuesta RedOTRI 2009)

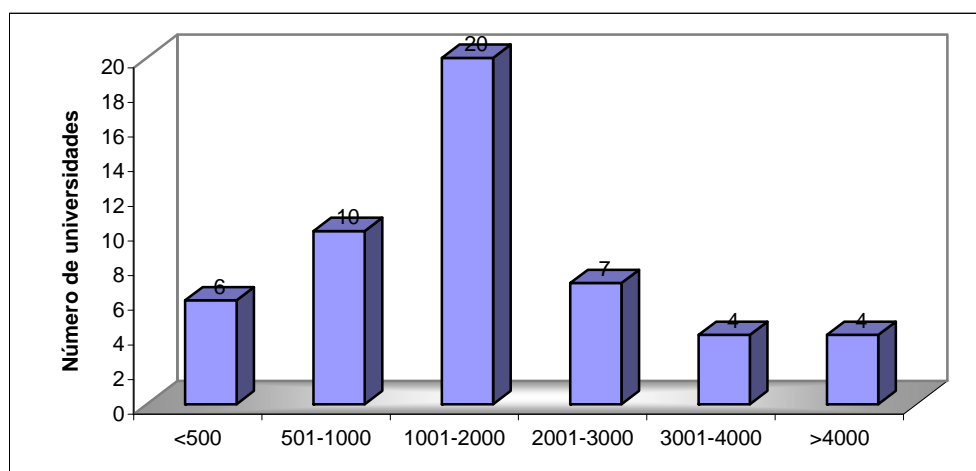
Gráfico 34. Origen de fondos de la I+D universitaria



Fuente: Informe de la encuesta RedOTRI 2009.

El personal de investigación medido en EDP se cifró en 89.371 para las 51 universidades que facilitaron este dato. En el gráfico 35 puede observarse como la mayoría de universidades tienen entre 1.000 y 2.000 empleados como personal docente e investigador.

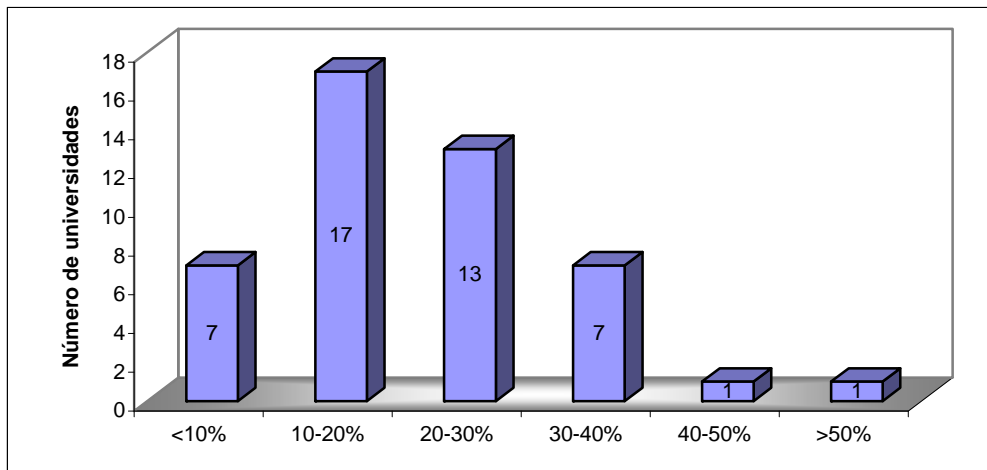
Gráfico 35. Distribución del personal académico e investigador en EDP por universidades



Fuente: Informe de la encuesta RedOTRI 2009.

Si se analiza la participación del personal docente investigador en actividades de transferencia se concluye que alrededor de la mitad de universidades que dieron este dato, menos del 20% del total del PDI participó en actividades de transferencia en 2009. Observando el gráfico 36, solo en 2 universidades un porcentaje superior al 40% del PDI fue cliente interno de la OTRI en 2009.

Gráfico 36. Proporción del PDI que participó en actividades de transferencia



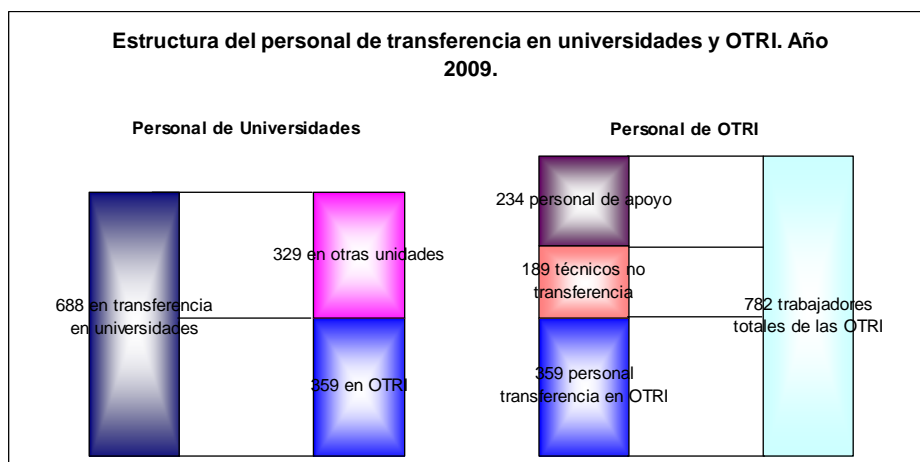
Fuente: Informe de la encuesta RedOTRI 2009.

I.3.2.f.2. El personal de transferencia en universidades y el personal de la OTRI

Según el informe de la encuesta RedOTRI 2009, de 56 respuestas válidas sobre personal de transferencia, un total de 688 EDP realizaban funciones de transferencia en universidades, de ellos, el 52,2% desarrollaban su labor en una OTRI, mientras que el porcentaje restante trabajaba en otras unidades de transferencia.

Por otra parte, las OTRI contaron en 2009 con un total de 782 trabajadores EDP. El personal técnico estaba constituido por 548 EDP, y dentro de este, el 65,5% realizaban tareas específicas de transferencia. El personal de apoyo estaba constituido por los 234 EDP restantes, dato que se situó, según el informe, en niveles de 2004, debido posiblemente al traslado de funciones de la OTRI a otras unidades en materia de gestión de investigación. (Ver gráfico 37).

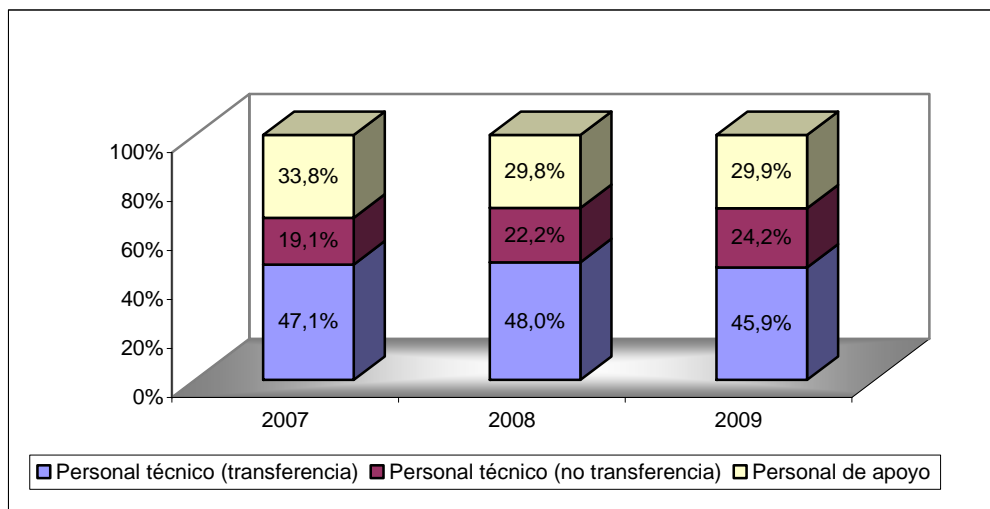
Gráfico 37. Estructura del personal de transferencia en universidades y OTRI



Personal en EDP. 56 respuestas válidas. Fuente: Elaboración propia a partir de la encuesta RedOTRI 2009.

La estructura de personal de la OTRI en 2009 no presenta grandes diferencias respecto a las de los dos años anteriores, como puede observarse en el gráfico 38, aunque se apreció un incremento en el personal técnico que no se dedicaba a actividades de transferencia en ese periodo, así como una ligera disminución en el personal técnico de transferencia en el año 2009.

Gráfico 38. Evolución de la estructura del personal de las OTRI



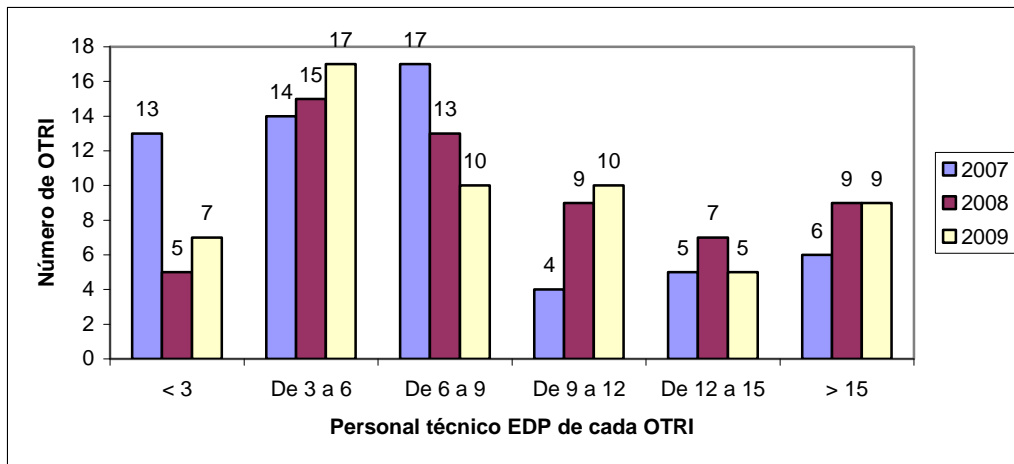
Fuente: Encuesta RedOTRI 2007 a 2009.

El número medio de técnicos por OTRI en 2009 fue de 9,8 EDP. Este dato en universidades europeas se situó en 10,7 según la ASTP y en universidades americanas en 9,9 según la AUTM. Cabe señalar a este respecto que las oficinas de transferencia americanas y la gran mayoría de las europeas no se dedican a labores de contratación y colaboración en I+D, que suponen en España más de la mitad de la actividad de las OTRI³¹.

Resulta interesante analizar el tamaño de las OTRI según el dato medio aproximado de técnicos EDP por OTRI. Así, en 2009 el 59% de las oficinas contaban con menos de 9 técnicos EDP, mientras que el 41% restante tenía más de 9 técnicos EDP empleados. En el gráfico 6.7 aparece reflejada la distribución de personal técnico en EDP de las distintas OTRI. Se observa una tendencia decreciente en el tamaño de las oficinas con menos de 9 técnicos EDP en el periodo 2007–2009.

³¹ Informe Encuesta RedOTRI 2009

Gráfico 39. Distribución del personal técnico de OTRI en EDP de personal técnico



Fuente: Informe de la encuesta RedOTRI 2007 a 2009.

I.3.2.f.3. Funciones desempeñadas por las OTRI

Continuó en 2009 el descenso en el número de OTRI encargadas de la gestión de la investigación pública que comenzó en 2007, debido en parte a la creación de unidades de gestión de la investigación (UGI), que se encargan de estas tareas. En un principio esta actividad era realizada por las OTRI, ya que constituían la estructura de la universidad más adecuada para la realización de esta actividad a pesar de que no constituye función de transferencia de conocimiento propiamente dicha.

El núcleo de actividad de transferencia de las OTRI continúa siendo la protección de la propiedad intelectual e industrial, la gestión de licencias, los contratos de I+D y la investigación colaborativa, como muestran los datos de la tabla 29 extraída del informe de la encuesta RedOTRI 2009. De las 58 universidades que facilitaron información sobre sus funciones, más del 90% ha realizado alguna o varias de las actividades enumeradas más arriba.

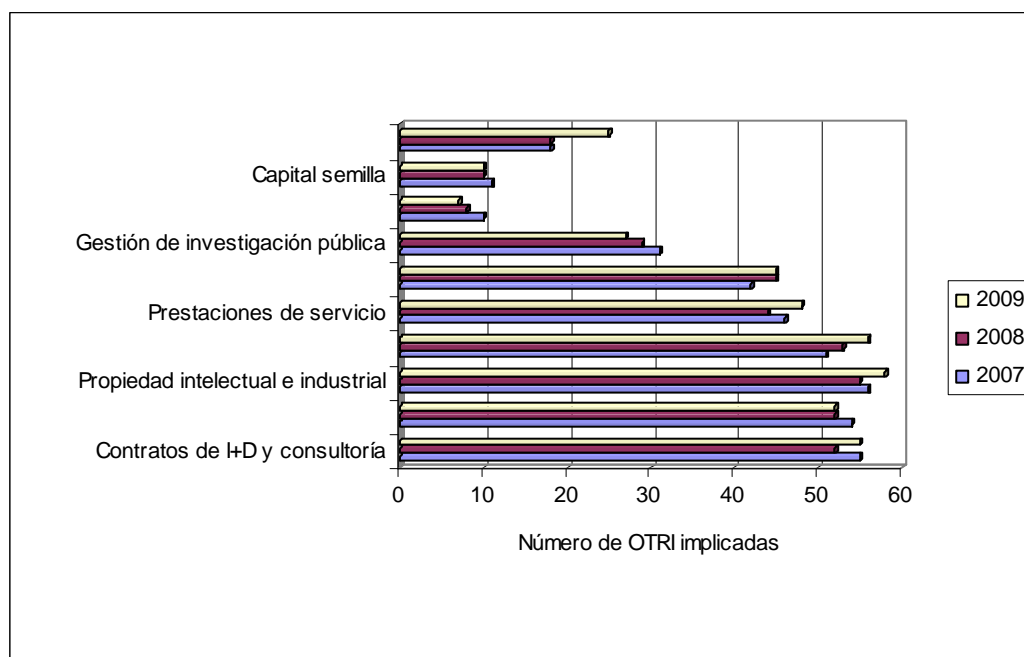
Tabla 29. Funciones asignadas a las OTRI

Función asignada	Número de OTRI implicadas				Universidades con otras unidades implicadas			
	2006	2007	2008	2009	2006	2007	2008	2009
Contratos de I+D y consultoría	57	55	52	55	19	22	13	14
Gestión de programas colaborativos	56	54	52	52	15	20	18	18
Propiedad intelectual e industrial	57	56	55	58	8	7	8	4
Licencias	54	51	53	56	5	7	5	5
Prestaciones de servicio	48	46	44	48	17	24	24	24
Creación de spin-off	47	42	45	45	19	26	28	28
Gestión de investigación pública	38	31	29	27	12	37	36	35
Gestión de Parque Científico	10	10	8	7	4	21	19	21
Capital semilla	10	11	10	10	3	12	10	12
Formación continua	20	18	18	25	15	43	41	29
Cátedras				22				31

Fuente: Informe encuesta RedOTRI 2009.

En el gráfico 40 puede verse la evolución del número de OTRI implicadas en las distintas funciones de transferencia. Se aprecia como disminuyó en 2009 el número de OTRI que desarrollaban tareas de gestión de investigación y de gestión de Parque Científico. En lo relativo al resto de funciones, el número de OTRI implicadas permaneció constante o se incrementó respecto a 2008.

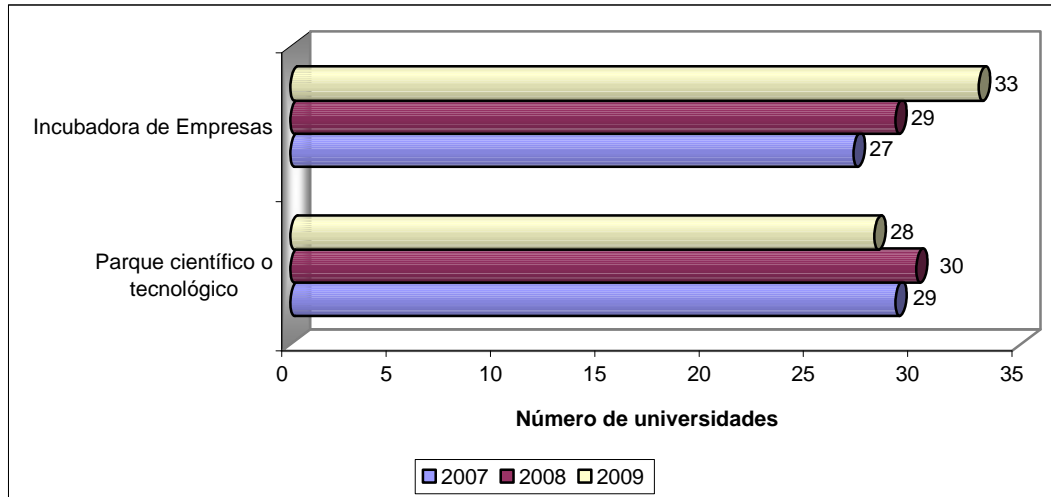
Gráfico 40. Funciones desempeñadas por las OTRI



Fuente: Informe de la encuesta RedOTRI 2009.

Resulta interesante analizar la existencia de otras unidades de apoyo a ciertas funciones de transferencia, como las incubadoras para creación de empresas de base tecnológica o los parques científicos. En el gráfico 41 puede observarse como en 2009 el número de universidades que cuentan con incubadoras siguió aumentando, mientras que respecto al número de parques científicos se apreció una ligera reducción.

Gráfico 41. Estructuras de apoyo a la transferencia



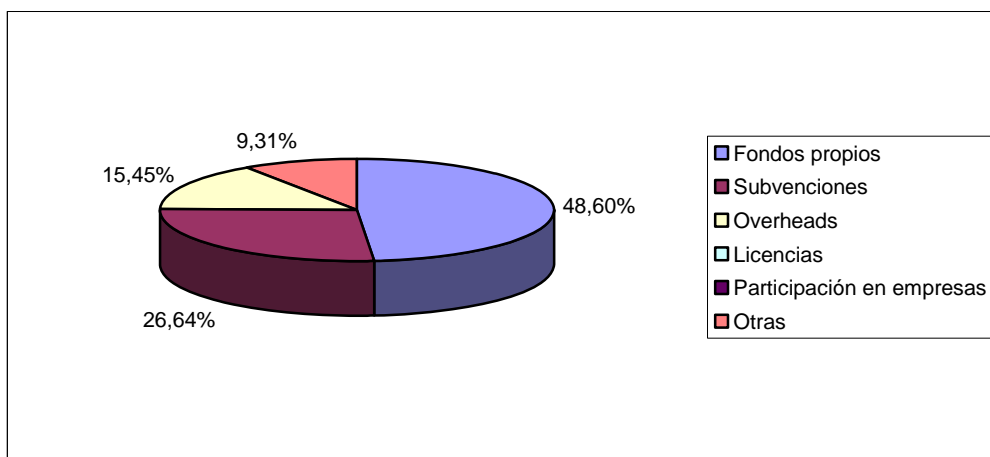
Fuente: Informe de la encuesta RedOTRI 2009.

I.3.2.f.4. Financiación de las OTRI

Según el informe de la encuesta RedOTRI 2009, el presupuesto de funcionamiento de las oficinas universitarias de transferencia se cifró en 24,96 millones de euros en el año 2009, lo que representa un 3,9% del total de 638 millones de euros que se captaron en el año debido a actividades de contratación con empresas y otras entidades.

En lo referente a las fuentes de financiación de las OTRI en 2009, la mayoría de los recursos procedían de fondos generales de la universidad (48,6%) y de las subvenciones (26,6%). La financiación por overheads cobró significativa importancia en 2009, representando un 15,45% del total. (Ver gráfico 42).

Gráfico 42. Financiación de las OTRI en 2009

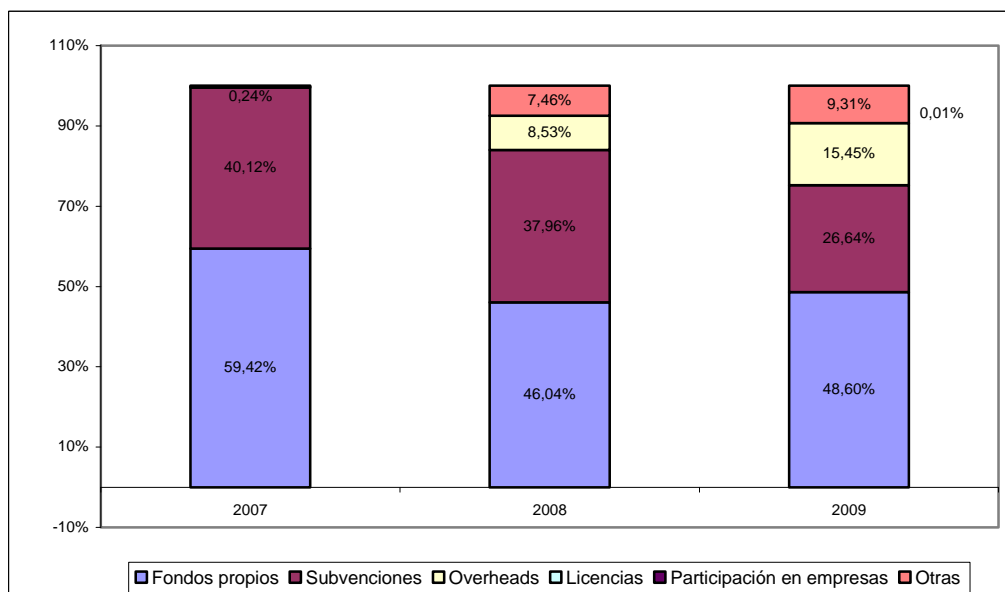


Fuente: Informe de la encuesta RedOTRI 2009.

Si se estudia la evolución de la distribución de la financiación de las OTRI en el periodo 2007-2009, representada en el gráfico 43, se observa como los recursos propios de las universidades financian la mayoría de la actividad de las OTRI en el trienio analizados. Se aprecia una importante reducción en cuanto a subvenciones para la financiación de las oficinas de transferencia, con una variación anual negativa superior al 10% en 2009.

Por su parte, el peso de la financiación por overheads experimentó un crecimiento importante en este periodo, pasando de representar un 0,24% del total en 2007 al 15,45% en 2009. Es importante destacar que existen muchas diferencias en cuanto a la financiación de las OTRI en España, ya que muchas se financian mayoritariamente de recursos de la universidad, y otras de subvenciones. Según el informe de la encuesta RedOTRI 2009, únicamente 11 universidades reciben financiación por overheads, y 3 de estas se financiaban en más del 50% gracias a estos ingresos.

Gráfico 43. Evolución de la distribución de la financiación de las OTRI



Fuente: Informe de la encuesta RedOTRI 2007 a 2009.

II. Técnicas utilizadas

II. 1. EFICIENCIA

El concepto de eficiencia está relacionado con la utilización óptima de los recursos productivos en el proceso de producción de una empresa que opera según la tecnología existente. La eficiencia se determina mediante el análisis del nivel de inputs que una empresa emplea en su proceso de producción de bienes o servicios y del nivel de outputs que produce.

II.1.1. Estudios sobre la eficiencia

El estudio y la medición de la eficiencia fueron abordados formalmente por primera vez con los trabajos de Koopmans (1951) y de Debreu (1951) y Farrell (1957) en el siglo pasado.

Los primeros trabajos sobre eficiencia partían del intento de definición de la función de producción, que es la expresión matemática que relaciona la cantidad de outputs que pueden obtenerse a partir de un nivel determinado de inputs.

Koopmans (1951) define la eficiencia técnica como un vector de inputs y outputs en el cual es tecnológicamente imposible incrementar la cantidad producida de algún output sin reducir la cantidad producida de otro output o bien es tecnológicamente imposible reducir la cantidad empleada de algún input sin incrementar la cantidad utilizada de otro input. Se definen así las unidades técnicamente eficientes como aquellas capaces de producir los mismos outputs a partir de menos inputs o de incrementar la producción de outputs utilizando la misma cantidad de inputs. Es importante destacar que el trabajo de Koopmans permite diferenciar unidades eficientes e ineficientes, pero no da una forma de medir la eficiencia (Färe et al., 1994).

Debreu (1951) ofrece la primera definición de la medida de la eficiencia técnica mediante la cuantificación de la distancia entre la situación real de la unidad analizada y su situación óptima. Se considera una economía óptima aquella en la que no es posible seguir produciendo los mismos outputs si se reduce algún input. Una unidad técnicamente eficiente tendría un valor de eficiencia igual a la unidad, mientras que las unidades técnicamente ineficientes tendrían un valor de eficiencia resultado de restar a la unidad la máxima reducción proporcional en todos los inputs que permitiese seguir produciendo los mismos outputs.

Por su parte Farrell (1957) proporciona una forma de calcular la eficiencia, y distingue entre dos conceptos de eficiencia, la eficiencia técnica y la eficiencia asignativa.

- Eficiencia técnica
 - Orientada a inputs: cantidad mínima de inputs necesarios para la obtención de un determinado nivel de outputs.
 - Orientada a outputs: máximo nivel de outputs que puede alcanzar una unidad productiva utilizando un nivel de inputs determinado.

- Eficiencia asignativa o eficiencia precio: una unidad es eficiente asignativamente si combina los inputs de forma que minimiza los costes para alcanzar un determinado nivel de output a un precio establecido.

De esta forma, si hablamos de eficiencia técnica se utilizan datos de cantidad de inputs y outputs, mientras en la eficiencia asignativa se trabaja con precios de los recursos productivos.

Por otra parte, la eficiencia global se entiende como el producto de la eficiencia técnica y la eficiencia asignativa, y es denominada también eficiencia económica. El proceso de medición de la eficiencia según Farrell se desarrolla en el siguiente epígrafe.

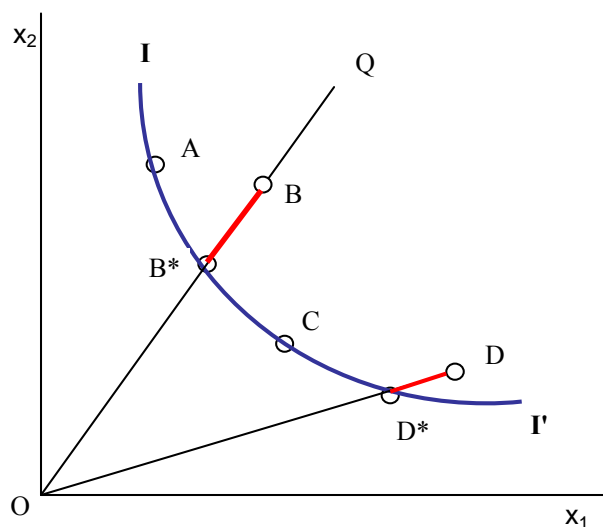
Como se verá con más detalle en la formulación de la metodología del Análisis Envoltente de Datos, la eficiencia Koopmans es más restrictiva que la eficiencia Debreu-Farrell. Una unidad puede ser eficiente según Debreu-Farrell y no serlo según Koopmans debido a la existencia de holguras o *slacks* en algún input o algún output. Diferentes autores han propuesto soluciones para acercar estas dos definiciones, siendo las dos más aceptadas la de ignorar las posibles holguras, por una parte, o la de obtener una medida resultante de la combinación de las dos (Lovell, 1993).

II.1.2. Eficiencia técnica, eficiencia asignativa y eficiencia global

Eficiencia técnica

Farrell determinó en su trabajo de 1957 la forma de medir la eficiencia técnica, asignativa y económica o global de forma relativa. Para ello partió del supuesto de una empresa que opera a rendimientos constantes a escala y en cuyo proceso productivo se utilizan dos inputs, x_1 y x_2 , para obtener un único output y_1 . La función de producción de la empresa se supone conocida.

Figura 6. Eficiencia técnica



Fuente: adaptado de Farrell (1957) y Coll y Blasco (2003)

La isocuanta³² $I - I'$ representa las combinaciones mínimas de inputs necesarias para producir una unidad de output y es considerada por Farrell como la frontera eficiente. Es decir, las unidades que se encuentran sobre la isocuanta serán eficientes mientras las que estén por encima de ella no lo serán (Figura 6).

Así, las unidades A y C son eficientes técnicamente pues operan sobre la isocuanta eficiente. La unidad B , sin embargo, es ineficiente técnicamente pues podría seguir produciendo una unidad de output utilizando menores cantidades de inputs, lo que ocurriría si operase sobre la isocuanta eficiente, en el punto proyectado B^* . La medida de la eficiencia relativa se obtiene mediante el cálculo de la distancia de una unidad a la frontera eficiente, suponiendo una función de producción lineal $O - Q$ para la unidad B .

$$\text{Ef}T_B = \frac{OB^*}{OB} < 1$$

$$\text{Ef}T_A = \text{Ef}T_C = 1$$

La eficiencia técnica es una medida radial³³ comprendida entre cero y uno³⁴. La medida de la eficiencia técnica relativa de las unidades ineficientes es menor que la unidad, y cuánto más se aleje de esta, más ineficiente técnicamente será dicha unidad. Las unidades eficientes tienen una medida de eficiencia técnica igual a uno ya que operan sobre la isocuanta eficiente.

Se obtiene de este modo una medida de la eficiencia relativa de cada unidad, comparando su comportamiento con el de las demás unidades eficientes.

Eficiencia asignativa o eficiencia precio

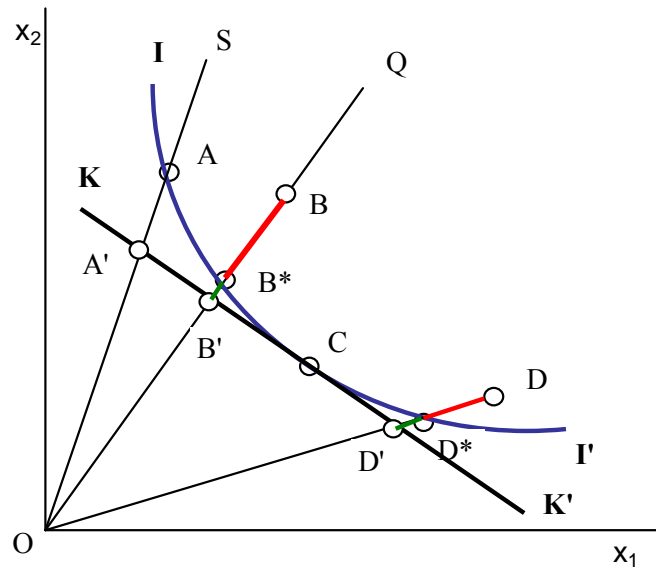
Como se comentó anteriormente, Farrell introdujo también la medición de la eficiencia asignativa mediante la consideración de los precios de los factores. La recta $K - K'$ es la recta isocoste, cuya pendiente refleja la relación existente entre los precios de los inputs x_1 y x_2 .

³² Una isocuanta representa diferentes combinaciones de factores que proporcionan una misma cantidad de producto.

³³ La eficiencia Debreu-Farrell es una medida radial porque mide la eficiencia mediante un radio vector que sale del origen.

³⁴ La medida de la eficiencia técnica estará comprendida entre cero y cien si se expresa en porcentaje.

Figura 7. Eficiencia Asignativa o Eficiencia Precio



Fuente: adaptado de Farrell (1957) y Coll y Blasco (2003)

En la Figura 7 puede observarse como únicamente la unidad C es eficiente técnica y asignativamente ya que está situada sobre la isocuanta eficiente $I-I'$ y sobre la isocoste $K-K'$, lo que significa que no existe ninguna otra unidad que produzca el mismo output a un coste menor. La unidad A a pesar de ser eficiente técnicamente no lo es en precios, ya que los costes de los inputs que emplea deberían reducirse según la distancia AA' .

La medida de la eficiencia asignativa de una unidad puede ser calculada mediante el cociente de la distancia desde el origen a la proyección de la unidad sobre la isocoste entre la distancia desde el origen a la proyección de la unidad sobre la isocuanta eficiente.

Así, considerando la función de producción lineal OS de la unidad A , su eficiencia precio puede calcularse de la siguiente forma:

Eficiencia precio de A :
$$EfP_A = \frac{OA'}{OA^*}$$

En el caso de la unidad B y considerando su función de producción lineal OQ , su eficiencia asignativa se calcularía como sigue:

Eficiencia precio de B :
$$EfP_B = \frac{OB'}{OB^*}$$

La medida de la eficiencia precio, al igual que en el caso de la eficiencia técnica, está comprendida entre cero y uno. Para las unidades eficientes asignativamente la medida de eficiencia será igual a la unidad, mientras que para las unidades ineficientes en precio la eficiencia asignativa será menor que uno.

Eficiencia global

Farrell definió la eficiencia global o económica como el cociente de la distancia desde el origen a la unidad proyectada sobre la isocoste entre la distancia desde el origen a la unidad evaluada. Una unidad eficiente económicamente es eficiente técnica y asignativamente, como en el caso de la unidad *C* de la figura 7.

La eficiencia global puede calcularse también como el producto de la eficiencia técnica por la eficiencia precio:

$$\text{Eficiencia global de } B: \quad EG_B = EfT_B \cdot EfP_B = \frac{OB^*}{OB} \cdot \frac{OB'}{OB^*} = \frac{OB'}{OB}$$

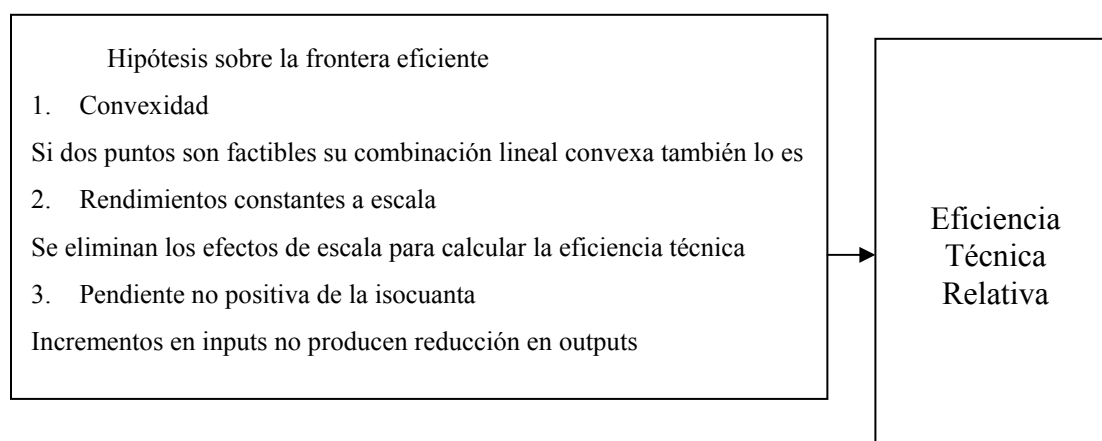
La eficiencia, una medida relativa.

Tanto la definición de eficiencia introducida por Farrell como la forma de evaluar dicha eficiencia se siguen utilizando en la actualidad. Es importante destacar que la eficiencia obtenida es una medida relativa, es decir, se puede medir la eficiencia de una unidad comparándola con la eficiencia de las unidades del grupo de comparación.

Por otra parte, Farrell hizo referencia a ciertos aspectos que influyen en la medición de la eficiencia, como son el número de unidades a evaluar y la homogeneidad de los factores de producción.

Farrell proporcionó también un método de aproximación a la frontera eficiente cuando esta es desconocida y solo se dispone de las cantidades de inputs y outputs que consumen y producen las unidades a evaluar. El siguiente esquema da cuenta de las hipótesis que ha de cumplir la frontera eficiente:

Figura 8. Hipótesis de la frontera eficiente



Fuente: elaboración propia

II.1.3. Determinación de la frontera eficiente: métodos paramétricos y no paramétricos

La primera clasificación que se hizo sobre los métodos de evaluación de la eficiencia mediante el cálculo de la distancia de la unidad a la frontera eficiente hacía referencia a la forma de especificación o estimación de la frontera (Førsund et al., 1980). Estudios posteriores de Førsund et al. (1988) y Lovell (1993) también hacían referencia a esta clasificación, diferenciando en primer lugar entre métodos paramétricos, que requerían la especificación de la forma funcional de la frontera, y no paramétricos.

En los primeros los parámetros de la función de producción se estiman mediante métodos econométricos o de programación matemática, mientras que en los segundos se define el conjunto de posibilidades de producción a partir de supuestos sobre la tecnología. Una vez determinada la frontera eficiente, el índice de eficiencia se calcula mediante la distancia de la unidad evaluada a dicha frontera.

La principal ventaja de los métodos paramétricos es que la frontera de producción puede caracterizarse mediante una función matemática simple, lo que facilita el análisis de la eficiencia. Como inconveniente, imponen limitaciones al número de observaciones que pueden ser técnicamente eficientes³⁵.

En lo que respecta a los métodos no paramétricos, no se exige el conocimiento a priori de la forma funcional de la función de producción y la frontera eficiente se construye a partir de observaciones reales de las unidades a evaluar, por lo que es perfectamente factible. Asimismo, permite la obtención de índices de eficiencia para cada unidad evaluada y da la posibilidad de trabajar con múltiples inputs y múltiples outputs.

Como desventaja de estos métodos están su sensibilidad extrema ante la presencia de *outliers* y el hecho de que no es posible contrastar los resultados estadísticamente.

Tanto en los métodos paramétricos como en los no paramétricos es posible recurrir a la estadística o a la programación matemática para determinar la frontera eficiente. En los trabajos de Førsund et al. y Lovell se diferenciaba también entre una especificación determinista o estocástica de la frontera. La aproximación determinista no permite la existencia de observaciones por encima de la frontera eficiente, mientras que la estocástica sí lo permite, por lo que tiene en cuenta la presencia de elementos aleatorios que no son controlados por la unidad y que pueden influir en la eficiencia de esta.

En Pastor (1995) puede encontrarse una clasificación detallada de los distintos modelos frontera, así como un análisis sobre las ventajas e inconvenientes de las distintas aproximaciones. En la tabla 30 se presenta una breve clasificación de los métodos y las primeras referencias bibliográficas de los mismos.

³⁵ Cuando se aplica programación lineal en el caso de utilizar la función Cobb-Douglas, generalmente resultarán ser eficientes tantas unidades como parámetros hayan sido utilizados en la estimación de la frontera.

Tabla 30. Clasificación de los modelos frontera

Establecimiento de forma funcional	Existencia de relación estadística	Existencia de perturbación aleatoria	Primeras referencias
Métodos paramétricos	Estadísticos	Deterministas	Afriat (1972)
		Estocásticos	Aigner, Amemiya y Poirier (1976), Aigner, Lovell y Schmidt (1977)
	Programación matemática	Deterministas	Aigner y Chu (1968), Førsund y Jansen (1977)
		Estocásticos	Tintner (1960), Timmer (1971)
Métodos no paramétricos	Programación matemática	Deterministas	Charnes, Cooper y Rhodes (1978), Banker, Charnes y Cooper (1984)
		Estocásticos	Sengupta (1990)

Fuente: elaboración propia a partir de Pastor (1995).

II. 2. ANÁLISIS ENVOLVENTE DE DATOS

El Análisis Envolvente de Datos (DEA) es una técnica no paramétrica que permite evaluar la eficiencia de un conjunto de unidades de decisión, llamadas DMU³⁶, mediante la obtención de una frontera eficiente o función de producción empírica y el cálculo de la distancia de cada una de las medidas de eficiencia individuales a dicha frontera, obteniendo así la eficiencia relativa de cada una de las unidades.

La frontera eficiente se obtiene mediante modelos de programación lineal, a partir del conjunto de observaciones considerado y sin necesidad de conocer previamente la función de producción, es decir, sin datos a priori sobre la relación existente entre inputs y outputs³⁷.

Mediante el DEA se optimiza la eficiencia de cada unidad analizada creando una frontera eficiente basada en el criterio de Pareto (Charnes et al., 1997). Es importante resaltar que la frontera eficiente está formada por las unidades de la muestra que resultan ser eficientes, por tanto, es una frontera compuesta por unidades reales, lo que la convierte en alcanzable para todas las unidades de la muestra.

El análisis DEA permite diferenciar entre las unidades eficientes, que forman la envolvente o frontera eficiente, y las unidades no eficientes, que no están sobre dicha curva. La eficiencia relativa de cada unidad se calcula como el cociente de la suma ponderada de todos los outputs entre la suma ponderada de todos los inputs (Lewin y Morey, 1981) y se mide comparándola con la frontera. El DEA compara a cada unidad con el resto de unidades de la muestra, incluyendo la unidad comparada.

Una unidad resulta ser eficiente cuando produce más cantidad de alguno de los outputs sin producir menos cantidad del resto y sin consumir más cantidad de inputs para ello. También es eficiente si genera los mismos outputs consumiendo menos cantidad de algún input y no más del resto. Es decir, una unidad será eficiente si y solo si no es posible producir más outputs sin modificar la cantidad de inputs, ni es posible consumir menos inputs para producir la misma cantidad de outputs. (Charnes et al., 1981).

Las unidades no eficientes se comparan con unidades eficientes que tengan un comportamiento y forma de producción parecidos, es decir, que utilicen inputs similares para producir outputs similares. Una unidad ineficiente, al encontrarse fuera de la frontera, tendrá un punto de proyección sobre la envolvente que representará a una unidad eficiente. Esta unidad eficiente puede ser real o puede ser una combinación lineal de varias unidades eficientes de la muestra.

La unidad o conjunto de unidades eficientes con las que se compara la unidad ineficiente constituye su conjunto de referencia. La comparación de la unidad ineficiente con su conjunto de referencia permite la identificación de los cambios que pueden realizarse en la unidad ineficiente para alcanzar un comportamiento eficiente. Es

³⁶ Decision Making Unit.

³⁷ Si es necesario que existan convexidad y continuidad.

decir, si sigue produciendo la misma cantidad de outputs permite determinar en cuánto deben reducirse los inputs que utiliza, o bien, si mantiene fija la cantidad de inputs consumida, determina en cuánto debe incrementarse su producción.

Es necesario resolver el problema de programación lineal para cada una de las unidades analizadas, que deben ser comparables entre sí.

II.2.1. Historia y Referencias

El modelo DEA original fue presentado en 1978 por Charnes, Cooper y Rhodes, como una ampliación del trabajo de Farrell “The Measurement of Productive Efficiency”, de 1957. En este trabajo Farrell obtenía una medida de eficiencia relativa de cada una de las unidades a evaluar, conocida como la “Eficiencia Farrell”, para casos en los que las unidades producían un único output. Esta medida de eficiencia podía aplicarse a cualquier unidad u organización productiva.

A principios de 1970 Rhodes realizaba su tesis doctoral, dirigida por Cooper, sobre la evaluación del programa educativo Follow Through. Rhodes trabajaba con una amplia base de datos y necesitaba trabajar con múltiples inputs y outputs, por lo que Charnes, Cooper y él mismo desarrollaron el modelo DEA original, denominado CCR.

Esta metodología permitía identificar dentro de un conjunto de unidades comparables aquellas que tenían mejores prácticas y que formaban por tanto la frontera eficiente. También permitía obtener una medida de eficiencia de las unidades que no pertenecían a dicha frontera, así como identificar benchmarks con los que comparar estas unidades no eficientes (Cook y Seiford, 2009).

La técnica DEA ha ido evolucionando, por lo que han surgido otros modelos que se detallarán más adelante.

El Análisis envolvente de Datos ha experimentado un crecimiento rápido y continuo desde la publicación del trabajo de Charnes, Cooper y Rhodes en 1978, tanto en desarrollos teóricos como en aplicaciones prácticas, lo que da muestra de las fortalezas y aplicabilidad del modelo. Investigadores de distintos campos lo han aplicado en sectores sin ánimo de lucro, así como en diversos sectores públicos y privados.

Autores como Seiford (1996) y Gattouffi et al. (2004) recogieron las referencias y publicaciones existentes sobre el DEA en respectivos trabajos, totalizando más de 800 referencias en el primero y cerca de 1.800 artículos en el segundo³⁸. Tavares (2002), por su parte, recopiló 1.259 artículos en su base de datos hasta finales de 2001.

En el artículo de Emrouznejad et al. (2008) “Evaluation of research in efficiency and productivity: A Survey and analysis of the first 30 years of scholarly literature in DEA” se realiza un análisis exhaustivo de la bibliografía existente sobre el modelo en sus primeros 30 años de aplicación. En este trabajo se presenta un listado de la gran mayoría de los desarrollos teóricos así como de las aplicaciones del modelo a casos reales hasta el año 2007, registrando más de 4.000 trabajos de investigación publicados

³⁸ A finales de 2001.

en revistas científicas o en libros, cifra que asciende a más 7.000 referencias si se incluyen además otros tipos de publicaciones.

Según este estudio, es en los sectores educativo, bancario y sanitario³⁹ dónde es más frecuente la aplicación de la técnica DEA. Lovell (1993) enumeraba algunas áreas más en las que era común la aplicación del modelo, como agricultura, oficinas de empleo, municipalidades, oficinas de correos y transporte urbano, entre otros.

En lo referente a las revistas científicas en las que son publicados los artículos sobre DEA destacan European Journal of Operational Research, Journal of Productivity Analysis y Journal of the Operational Research Society, revistas que concentran el 48% de las publicaciones sobre el tema (Emrouznejad et al., 2008). En este trabajo se identifican 2.500 autores con una media de dos trabajos cada uno. Es interesante resaltar que el 22% de las publicaciones pertenecen a los 12 autores más destacables en este tema.

II.2.2. Aplicación de la técnica DEA

II.2.2.a. El conjunto de posibilidades de producción

Según Thanassoulis (2001) para medir la eficiencia de una unidad mediante el DEA es necesario determinar en primer lugar el conjunto de posibilidades de producción (CPP) y posteriormente estimar la máxima expansión factible de outputs o la máxima contracción factible de inputs dentro de dicho conjunto.

El conjunto de posibilidades de producción está formado por todos los procesos productivos que se consideren tecnológicamente factibles a partir de los datos de inputs y outputs de las unidades a evaluar (Coll y Blasco, 2006). Este conjunto se construye a partir de combinaciones de inputs y outputs observadas, y dado que los procesos productivos se desconocen, es necesario establecer ciertos supuestos en relación a ellos.

En González (2002) se hace referencia a las características de la tecnología o de los procesos productivos que forman el conjunto de posibilidades de producción.

Dado un proceso de producción P que emplea niveles de inputs $x \in \mathfrak{R}_+^m$ para producir niveles de outputs dados por $y \in \mathfrak{R}_+^s$,

- Es tecnológicamente posible no producir nada $(0,0) \in P$, aunque no es posible producir outputs sin consumir inputs.
- Convexidad: si dos procesos productivos pertenecen al CPP, todas sus combinaciones lineales convexas pertenecen también a dicho conjunto.

Si $(x, y), (x', y') \in P, \alpha \in [0,1]$ entonces $\alpha(x, y) + (1 - \alpha)(x', y') \in P$

³⁹ Clínicas sanitarias y hospitales.

- Eliminación gratuita de inputs:
 - Si $(x, y) \in P, x' \geq x$ ⁴⁰ entonces $(x', y) \in P$. Una unidad puede producir la misma cantidad de outputs utilizando para ello mayor cantidad de cualquier input.
 - Si $(x, y) \in P$ entonces $\alpha(x, y) \in P, \alpha \geq 1$. Una unidad puede producir la misma cantidad de outputs si incrementa los inputs equiproportionalmente.
- Eliminación gratuita de outputs:
 - Si $(x, y) \in P, y' \leq y$ entonces $(x, y') \in P$. Una unidad puede producir menor cantidad de outputs utilizando la misma cantidad de inputs.
 - Si $(x, y) \in P$ entonces $(x, y/\alpha) \in P, \alpha \geq 1$. Una unidad puede reducir los outputs que produce equiproportionalmente utilizando la misma cantidad de inputs.
- Rendimientos constantes a escala: si $(x, y) \in P$ entonces $(\alpha x, \alpha y) \in P, \forall \alpha \geq 0$, lo que implica que es posible realizar un cambio de escala en la actividad de cualquier proceso productivo del conjunto P .

II.2.2.b. Orientación del modelo

Siguiendo a Charnes, Cooper y Rhodes (1981) a la hora de aplicar el Análisis Envolvente de Datos es posible escoger entre dos opciones, DEA orientado a inputs o DEA orientado a outputs.

En el primer caso se calcula la mínima cantidad de inputs necesaria para obtener un determinado nivel de outputs, lo que equivale a calcular en cuánto se puede reducir la cantidad de inputs para poder seguir produciendo los mismos outputs. El DEA orientado a outputs, por su parte, calcula el máximo nivel de outputs que puede producir una unidad si se mantiene fija la cantidad de inputs utilizada.

El problema de programación lineal consta de una función objetivo a optimizar y de un conjunto de restricciones relacionadas con el conjunto de inputs y outputs, y es necesario resolver este programa para cada una de las unidades evaluadas. El resultado obtenido será un índice de eficiencia relativo para cada unidad, calculado a partir de las mejores prácticas, ya que se obtiene comparando el comportamiento de una unidad con otra unidad eficiente o con un conjunto de unidades eficientes (Charnes et al, 1994)

⁴⁰ Al menos uno de los elementos del vector inputs x' es mayor que su correspondiente en el vector x (Thanassoulis, 2001)

DEA orientado a inputs

Si se utiliza la orientación a inputs, el programa fija los outputs y halla una combinación lineal formada por las unidades analizadas que produce al menos tanto output como la unidad evaluada y consume para ello la menor cantidad posible de inputs. Las medidas de eficiencia relativas obtenidas para cada unidad evaluada indicarán si se trata de unidades eficientes o no eficientes. Si son unidades eficientes obtendrán un índice de eficiencia igual a uno, si no lo son obtendrán un índice de eficiencia menor que la unidad.

Si una unidad resulta ineficiente, significa que el programa ha sido capaz de encontrar una unidad o una combinación lineal de unidades que son capaces de producir el mismo nivel de outputs que la unidad evaluada pero consumiendo menor cantidad de inputs.

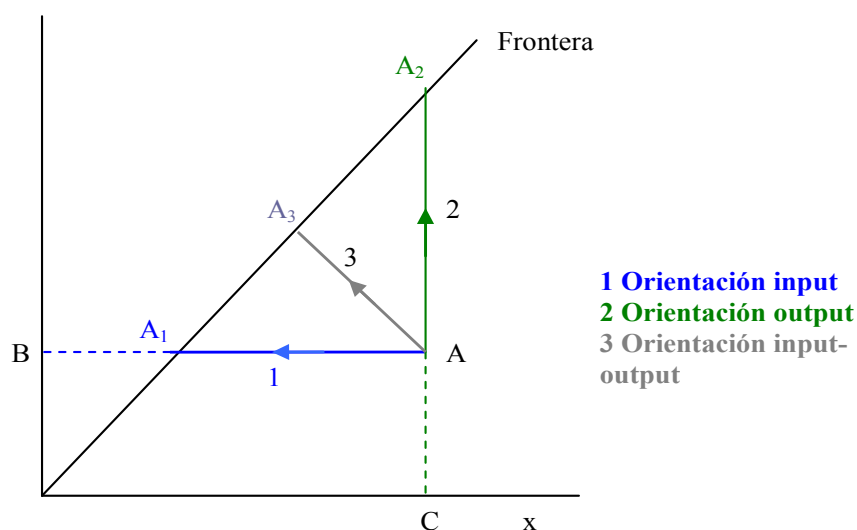
DEA orientado a outputs

Si se utiliza la orientación a outputs el programa fija la cantidad de inputs y encuentra una combinación lineal formada por las unidades evaluadas que producen la mayor cantidad de outputs posible utilizando la misma cantidad de inputs que la unidad evaluada. Al igual que en el caso anterior, las medidas de eficiencia relativa indicarán si se trata de una unidad eficiente, si ese índice es igual a la unidad, o ineficiente, en cuyo caso el valor del índice de eficiencia es menor que la unidad.

Cuando una unidad muestra un comportamiento ineficiente significa que el programa ha podido encontrar otra unidad o una combinación lineal de unidades que utilizando la misma cantidad de inputs que la unidad no eficiente es capaz de producir un mayor nivel de outputs.

Existe un tercer modelo llamado DEA no orientado o DEA orientado a inputs y outputs que da lugar a medidas de eficiencia hiperbólica (Färe et al., 1985). En este modelo se busca la reducción de la cantidad de inputs y la expansión equiproporcional de la cantidad de outputs producida por la unidad evaluada, contando por tanto para ello con inputs y outputs controlables.

Figura 9. Orientaciones en DEA



Fuente: Coll y Blasco (2006).

En la figura 9 se pueden apreciar las distintas orientaciones del modelo en su aplicación al cálculo de la eficiencia de la unidad A para el supuesto de rendimientos constantes a escala y en caso de considerar únicamente un input y un output. El eje de abscisas representa la cantidad de input consumido y el eje de ordenadas la cantidad de output producido. La unidad A resulta ser ineficiente pues está situada por debajo de la frontera eficiente, por lo que para alcanzar la medida de eficiencia debe situarse sobre la envolvente. Para ello existen tres posibilidades que se detallan a continuación.

1. Orientación a inputs: la unidad A puede reducir la cantidad de input que consume y mantener constante el nivel de output que produce, es decir, tomar como referencia a la unidad A_1 . La eficiencia técnica en este caso respondería a la forma $ET_1 = BA_1 / BA$.
2. Orientación a outputs: la unidad A puede mantener el consumo de inputs constante e incrementar la cantidad de outputs que produce si toma como referencia la unidad A_2 . La eficiencia técnica sería entonces $ET_2 = CA / CA_2$
3. Orientación input output: la unidad A tomaría como referencia la unidad A_3 , lo que significa que para ser eficiente debe reducir los inputs consumidos e incrementar los outputs producidos hasta llegar a los niveles marcados por la unidad de referencia.

Es importante señalar que independientemente de la orientación del modelo la frontera eficiente estimada es la misma, por tanto, por definición, el conjunto de unidades eficientes estará formado por las mismas unidades ya sea orientado a inputs o a outputs. En dónde sí pueden existir variaciones es en las medidas de eficiencia asociadas a las unidades ineficientes (Coelli, 1998).

II.2.2.c. Rendimientos a escala

Para aplicar la técnica DEA es necesaria la identificación o la suposición de un determinado tipo de rendimiento a escala⁴¹ que caracteriza la tecnología de producción de de las unidades a evaluar.

Los primeros programas diseñados por Charnes, Cooper y Rhodes en 1978 evaluaban la eficiencia de un conjunto de unidades suponiendo rendimientos constantes a escala. Años más tarde, en 1984, Banker, Charnes y Cooper introdujeron un programa que calculaba el índice de eficiencia considerando rendimientos variables a escala. Färe, Grosskopf y Lovell en su trabajo de 1985 mostraban la forma de estimar las ineficiencias de escala, y en el trabajo de los mismos autores de 1994 pueden encontrarse las definiciones matemáticas referentes a los rendimientos a escala.

Los rendimientos a escala hacen referencia a la forma en que varía la producción de outputs al incrementarse todos los inputs utilizados en el mismo porcentaje, pudiendo ser rendimientos a escala constantes o variables, y estos últimos crecientes o decrecientes. Los tipos de rendimientos se definen a continuación.

1. Rendimientos constantes a escala: el incremento que se produce en la producción es igual al porcentaje en que se incrementan los factores de producción.
2. Rendimientos crecientes a escala: el incremento porcentual que sufren los outputs es superior al incremento porcentual que reflejan los inputs.
3. Rendimientos decrecientes a escala: en este caso el incremento porcentual de outputs es menor que el incremento porcentual registrado por los factores de producción.

II.2.3. Formulación del problema. Modelos.

A continuación se describirán los principales modelos del Análisis Envoltente de Datos atendiendo a los rendimientos a escala y a la orientación.

II.2.3.a. El modelo CCR

El primer modelo DEA que se diseñó fue el CCR en 1978⁴², denominado así por haber sido propuesto por Charnes, Cooper y Rhodes, y surgió a partir de la tesis doctoral de este último, como extensión del trabajo de Farrell de 1957.

⁴¹ Färe et al. (1994) definieron las expresiones matemáticas referentes a los rendimientos a escala.

⁴² En general se admite el CCR como primera formulación de la técnica DEA, aunque en Seiford (1996) se analizan trabajos previos realizados con modelos tipo DEA en ponencias del 39º Congreso de Economía Agrícola del Oeste, afirmando que aunque sí se habían realizado con técnicas similares, el modelo permaneció latente hasta la publicación en 1978 del artículo de Charnes, Cooper y Rhodes.

Este modelo puede tener orientación input u orientación output y trabaja con el supuesto de rendimientos constantes a escala. El modelo CCR puede formularse de tres formas: fraccional, lineal y envolvente. Esta última es la más aplicada por los programas de cálculo específicos pues es más sencilla a nivel computacional.

El modelo CCR en forma fraccional

Es un programa fraccional en el que la eficiencia técnica de cada unidad viene dada por el cociente de la suma ponderada de los outputs entre la suma ponderada de los inputs, o lo que es lo mismo, el cociente del output virtual entre el input virtual. Este ratio proporciona una medida de la cantidad de outputs producidos por unidad de inputs utilizados.

La formulación matemática del modelo original (Charnes et al., 1978) es la siguiente:

Se considera un conjunto de n unidades o DMU, en el que cada DMU j ($j = 1, \dots, n$) utiliza m inputs x_{ij} ($i = 1, \dots, m$) para producir s outputs y_{rj} ($r = 1, \dots, s$). Se denotan u_r como los pesos de los s outputs ($r = 1, \dots, s$) y v_i como los pesos de los m inputs ($i = 1, \dots, m$). Para cada DMU j ($j = 1, \dots, n$) el output virtual se denota como $\sum_{r=1}^s u_r \cdot y_{rj}$ y el input virtual se denota como

$$\sum_{i=1}^m v_i \cdot x_{ij}.$$

(M.1.1) CCR fraccional orientado a inputs

$$\text{Max}_{u,v} h_o = \frac{\sum_{r=1}^s u_r \cdot y_{r0}}{\sum_{i=1}^m v_i \cdot x_{i0}}$$

s.a.:

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r \cdot y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i \cdot x_{ij}} \leq 1 \quad j = 1, \dots, n$$

$$u_r, v_i \geq 0; \quad r = 1, \dots, s; \quad i = 1, \dots, m.$$

(M.1.2) CCR fraccional orientado a outputs

$$\text{Min}_{u,v} h_o = \frac{\sum_{i=1}^m v_i \cdot x_{i0}}{\sum_{r=1}^s u_r \cdot y_{r0}}$$

s.a. :

$$\frac{\sum_{i=1}^m v_i \cdot x_{ij}}{\sum_{r=1}^s u_r \cdot y_{rj}} \geq 1 \quad j = 1, \dots, n$$

$$u_r, v_i \geq 0; \quad r = 1, \dots, s; \quad i = 1, \dots, m.$$

Donde la función objetivo o función a maximizar h_o es la medida de eficiencia técnica de la unidad que está siendo evaluada, la o ; y su optimización está sujeta a la restricción de que el ratio de eficiencia técnica de todas las unidades no supere la unidad. Por otra parte, los ponderadores u_r y v_i deben ser mayores o iguales que cero. Se compara así la eficiencia de cada unidad evaluada con toda combinación lineal de todas las unidades. Para ello mediante la aplicación del programa se obtienen los pesos u_r y v_i que hacen máxima la función h_o respetando la restricción de que ninguna unidad obtenga una puntuación de eficiencia mayor que uno utilizando estos mismos pesos.

El programa escoge libremente los pesos u_r y v_i de tal forma que maximizan la eficiencia de la unidad que está siendo evaluada en comparación con el resto de unidades, que también son evaluadas con estos mismos pesos. Es decir, se resuelve el problema de optimización para todas las unidades con los pesos asignados a la unidad o . Estos pesos u_r y v_i permiten a la unidad evaluada mostrarse en su mejor escenario.

De esta forma, si h_o es igual a uno, la unidad evaluada o es eficiente cuando se compara con las otras unidades del conjunto. Si se obtiene una medida de h_o inferior a la unidad, la DMU evaluada no es eficiente, ni siquiera habiendo considerado los pesos u_r y v_i más favorables para ella.

En este caso a las unidades que resulten ser eficientes operando con los mismos pesos u_r y v_i que la unidad ineficiente se les denomina peers. El conjunto de peers constituye el conjunto de referencia de la unidad evaluada, a partir del cual dicha unidad ineficiente puede obtener pautas de mejora para incrementar su índice de eficiencia.

Una vez resuelto el programa para la unidad o , es decir, calculados sus pesos u_r y v_i y el índice de eficiencia técnica relativa h_o ; es necesario resolver el programa para cada una de las unidades a evaluar. Los pesos obtenidos serán distintos para cada DMU evaluada, ya que cada una de ellas busca para sí misma los pesos que más la favorezcan en el cálculo de la eficiencia.

El modelo CCR en forma lineal

La condición de no linealidad del modelo fraccional complica la resolución del programa con técnicas de programación lineal. Esto unido al hecho de que las

soluciones del programa fraccional son infinitas⁴³ llevaron a los autores a transformar el modelo en un programa lineal (Charnes et al. 1978) siguiendo la transformación lineal de Charnes y Cooper (1962).

Si se quiere maximizar la función objetivo h_0 , al ser esta un cociente, podrá optarse por maximizar el numerador manteniendo constante el denominador o por minimizar el denominador manteniendo constante el numerador.

En el primer modelo lineal se opta por la primera opción, siendo necesario además linealizar las restricciones, lo que se consigue para el caso de la restricción del modelo fraccional de la siguiente forma:

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r \cdot y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i \cdot x_{ij}} \leq 1 \Rightarrow \sum_{r=1}^s u_r \cdot y_{rj} \leq \sum_{i=1}^m v_i \cdot x_{ij} \Rightarrow \sum_{r=1}^s u_r \cdot y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i \cdot x_{ij} \leq 0$$

El denominador de la función objetivo debe igualarse a una constante, los autores la igualaron a la unidad aunque cabe destacar que existen otros autores que prefieren que se iguale a cien (Dyson et al., 1990). El modelo lineal quedaría así:

(M.2.1) CCR lineal orientado a inputs

$$\text{Max}_{u,v} h_o = \sum_{r=1}^s u_r \cdot y_{r0}$$

s.a.:

$$\sum_{r=1}^s u_r \cdot y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i \cdot x_{ij} \leq 0 \quad j = 1, \dots, n$$

$$\sum_{i=1}^m v_i \cdot x_{i0} = 1$$

$$u_r, v_i \geq 0; \quad r = 1, \dots, s; \quad i = 1, \dots, m.$$

En este modelo se consigue maximizar el numerador de la función objetivo manteniendo constante el denominador y linealizando las restricciones.

Si se linealiza el modelo M.1.2 quedaría como sigue:

⁴³ Si al resolver el programa fraccional los vectores (\bar{u}, \bar{v}) son solución para una unidad, los vectores $(a\bar{u}, a\bar{v})$ también serán solución del programa para dicha unidad, siendo $a > 0, a \in \mathfrak{R}$. (Charnes et al., 1994 y Seiford y Thrall, 1990)

(M.2.2) CCR lineal orientado a outputs

$$\text{Min}_{u,v} h_o = \sum_{i=1}^m v_i \cdot x_{i0}$$

s.a. :

$$\sum_{i=1}^m v_i \cdot x_{ij} - \sum_{r=1}^s u_r \cdot y_{rj} \geq 0 \quad j = 1, \dots, n$$

$$\sum_{r=1}^s u_r \cdot y_{r0} = 1$$

$$u_r, v_i \geq 0; \quad r = 1, \dots, s; \quad i = 1, \dots, m.$$

El programa lineal debe ser resuelto al igual que el fraccional para cada una de las unidades cuya eficiencia se quiere evaluar. Las soluciones darán como resultado el valor óptimo de los pesos u_r y v_i .

De esta forma, una unidad será eficiente si $h_o = 1$ y existe al menos un vector de pesos óptimo (u_0, v_0) , con $u_0 > 0$ y $v_0 > 0$ (Cooper et al, 2000, p.24).

Si la unidad evaluada DMU_0 presenta un valor de eficiencia menor que uno, para el vector de pesos (u_0, v_0) habrá al menos una unidad eficiente que cumpla la restricción

$\sum_{r=1}^s u_r \cdot y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i \cdot x_{ij} = 0$. La unidad o conjunto de unidades eficientes que cumplan esta restricción con los pesos (u_0, v_0) son los peers mencionados anteriormente, constituyendo el conjunto de referencia de la unidad ineficiente.

Modificaciones en el modelo original

Charnes, Cooper y Rhodes introdujeron en el año 1981 una modificación en la restricción de los pesos u_r y v_i , cambiando la no negatividad de los mismos exigida en el modelo inicial por la condición de que fuesen estrictamente positivos y superiores a un número real positivo muy pequeño ε ⁴⁴.

Con la restricción de que los pesos deban ser positivos, se tiene la certeza de que todos los inputs y todos los outputs son considerados para el cálculo de la eficiencia relativa, evitando así que una unidad pueda resultar falsamente eficiente al no haber considerado alguno de sus factores o alguno de sus productos (El-Mahgary y Lahdelma, 1995). Por otra parte con esta modificación se evita que el denominador de la función objetivo sea nulo y por tanto se asegura que h_o sea una función definida.

⁴⁴ ε es un infinitésimo no-arquímedeo, un número más pequeño que cualquier número real positivo (Cooper et al, 2004, p. 9). Para algunos autores toma el valor de 10^{-6} (Norman y Stoker, 1991).

El programa con la nueva restricción quedaría como sigue:

(M.1.1') CCR fraccional orientado a inputs con la nueva restricción:

$$Max_{u,v} h_o = \frac{\sum_{r=1}^s u_r \cdot y_{r0}}{\sum_{i=1}^m v_i \cdot x_{i0}}$$

s.a.:

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r \cdot y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i \cdot x_{ij}} \leq 1 \quad j = 1, \dots, n$$

$$u_r, v_i \geq \varepsilon > 0; \quad r = 1, \dots, s; \quad i = 1, \dots, m.$$

En el modelo lineal quedaría así:

(M.2.1') CCR lineal orientado a inputs con la nueva restricción:

$$Max_{u,v} h_o = \sum_{r=1}^s u_r \cdot y_{r0}$$

s.a.:

$$\sum_{r=1}^s u_r \cdot y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i \cdot x_{ij} \leq 0 \quad j = 1, \dots, n$$

$$\sum_{i=1}^m v_i \cdot x_{i0} = 1$$

$$u_r, v_i \geq \varepsilon > 0; \quad r = 1, \dots, s; \quad i = 1, \dots, m.$$

El modelo CCR en forma envolvente

Aunque el programa lineal original (programa primal) puede ser resuelto directamente para calcular el ratio de eficiencia, generalmente se opta por resolver el programa dual asociado porque aporta las siguientes ventajas:

1. Existe una variable dual por cada restricción primal y una restricción dual por cada variable primal. El programa CCR lineal cuenta con $n+1$ restricciones, mientras que el programa dual cuenta con $m+s$ restricciones. En DEA el número de unidades a evaluar n suele ser mucho mayor que el número de inputs y outputs, por tanto el programa dual será más fácil de resolver matemáticamente al contar con un número menor de restricciones que el programa primal.

2. Con la formulación dual se obtiene una interpretación más directa de la eficiencia porque las soluciones del problema se determinan como inputs y outputs que corresponden al problema original.
3. La resolución del dual permite identificar fácilmente las unidades pertenecientes al conjunto de referencia y establecer por tanto estrategias de mejora de las unidades no eficientes de forma más clara.

(M.3.2) El *modelo dual orientado a outputs* quedaría como sigue:

$$\text{Max}_{\phi_0, \lambda} \phi_0$$

s.a. :

$$(1) \quad \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq x_{i0} \quad i = 1, \dots, m;$$

$$(2) \quad \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \geq \phi_0 y_{r0} \quad r = 1, \dots, s;$$

$$\lambda_j \geq 0 \quad j = 1, \dots, n.$$

Donde:

ϕ_0 : mide la eficiencia de la DMU₀.

λ_j : son las ponderaciones que se obtienen con la resolución del programa, e indican el peso que tiene cada una de las unidades en el conjunto de referencia de la unidad evaluada.

Al resolver el programa dual se compara la DMU₀ con todas las unidades reales o ficticias (las ficticias son combinaciones lineales de las DMU reales), lo que se observa claramente si se analizan las restricciones (1) y (2) del programa:

- Mediante la restricción (1) se compara la DMU₀ con todas las unidades que consuman lo mismo o menos que la unidad evaluada,
- Con la restricción (2) se compara la DMU₀ con todas las unidades que produzcan lo mismo o más que la unidad evaluada.

Mediante las m primeras restricciones se determina la existencia de alguna unidad real o ficticia que consuma lo mismo o menos que la unidad evaluada, y en caso de existir se le asigna un λ_j distinto de cero.

Mediante las s siguientes restricciones se determina si existe alguna unidad, real o ficticia, que produzca lo mismo o más que la unidad evaluada, y en caso de existir se le asigna un λ_j distinto de cero.

Posibles soluciones del programa:

1. Si al resolver el programa el parámetro ϕ_0 es igual a uno, la DMU₀ es eficiente. Esto ocurre porque no existe ninguna unidad distinta de la evaluada, real o ficticia, que satisfaga las dos restricciones. En este caso $\lambda_0 = 1$ y el resto de $\lambda_j (j \neq 0)$ serán nulos, por lo que la DMU₀ satisface las restricciones (1) y (2), siendo $x_{i0} = x_{i0}$ e $y_{r0} = y_{r0}$.
2. Si existe alguna unidad distinta de la evaluada, real o ficticia, que satisfaga las dos restricciones, la DMU₀ será considerada ineficiente y el valor del parámetro ϕ_0 será superior a la unidad, y dependiendo de la orientación del programa se obtendrán dos lecturas:
 - a. Si el modelo es orientado a inputs, existe actividad posible, es decir, una unidad virtual producto de la combinación lineal de las mejores prácticas, que produce el nivel de outputs y_{r0} de la DMU₀ en todos sus componentes utilizando solo una proporción de los inputs de la DMU₀.
 - b. Si el modelo es orientado a outputs, existe una actividad posible que utilizando el nivel de input x_{i0} de la DMU₀ en todos sus componentes produzca una mayor cantidad de outputs que la DMU₀.

El valor del parámetro ϕ_0 es una medida de la eficiencia de Farrell⁴⁵, por lo que el modelo dual (sin variables de holgura) se llama también Modelo Farrell, ya que fue utilizado por este en 1957. Según Cooper et al. (2004, p. 10) Farrell no aprovechó las ventajas ofrecidas por el teorema dual de la programación lineal que se utiliza para relacionar los programas primales y duales entre sí. Esto le causó dificultades en el cálculo, ya que no sacó partido al hecho de que los programas de análisis de actividad puedan convertirse en su equivalente en programación lineal, permitiendo su resolución mediante el método simplex u otros métodos de resolución de estos problemas.

Si en las restricciones del programa dual se introducen variables de holgura a los inputs y a los outputs, las restricciones de desigualdad se transforman en restricciones de igualdad. Considerando s_i^- como el exceso en la cantidad de inputs y s_r^+ como el defecto en la cantidad de outputs:

$$s_i^- = x_{i0} - \left(\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \right) \quad i = 1, \dots, m$$

$$s_r^+ = \left(\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \right) - \phi y_{r0} \quad r = 1, \dots, s$$

⁴⁵ También llamada eficiencia Debreu-Farrell.

(M.4.2) El *modelo dual con variables de holgura orientado a outputs* quedaría así:

$$\text{Max}_{\phi_0, \lambda} \phi_0 + \varepsilon \left(\sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+ \right)$$

s.a. :

$$(1) \quad \left(\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \right) + s_i^- = x_{i0} \quad i = 1, \dots, m;$$

$$(2) \quad \left(\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \right) - s_r^+ = \phi y_{r0} \quad r = 1, \dots, s;$$

$$\lambda_j, s_i^-, s_r^+ \geq 0 \quad j = 1, \dots, n.$$

Dónde ϕ_0 y λ_j tienen como es lógico el mismo significado que en el programa dual.

ϕ_0 : medida de la eficiencia de la DMU₀. Al introducir las variables de holgura en la función objetivo se evita la existencia de máximos duales (Norman y Stoker, 1991, p. 239).

λ_j : ponderaciones que se obtienen con la resolución del programa.

s_i^- : variables de holgura de los inputs

s_r^+ : variables de holgura de los outputs

La unidad evaluada será eficiente si el valor del parámetro ϕ_0 es igual a uno y las variables de holgura son nulas, condiciones necesarias y suficientes de eficiencia según Charnes et al. (1978) y Seiford y Thrall (1990)⁴⁶. Si ϕ_0 es igual a la unidad pero $s_i^- \neq 0$ para algún i ó $s_r^+ \neq 0$ para algún r , la unidad evaluada será eficiente en el sentido Debreu-Farrell, o tendrá eficiencia débil.

A la hora de resolver el programa, se calcula primero el valor de ϕ_0 sin tener en cuenta las holguras, y en un segundo paso se calculan las holguras fijando el valor de ϕ_0 .

II.2.3.b. El modelo BCC

El modelo DEA BCC se denomina así por haber sido desarrollado por Banker, Charnes y Cooper en 1984. Mientras que el modelo CCR consideraba rendimientos constantes a escala, el modelo BCC permite que los tipos de rendimiento que caracterizan una actividad varíen. Es por ello que el modelo CCR se conoce también como CRS

⁴⁶ Eficiencia técnica según la condición de Pareto-Koopmans.

(constant returns to scale) y el modelo BCC se conoce como VRS (variable return to scale).

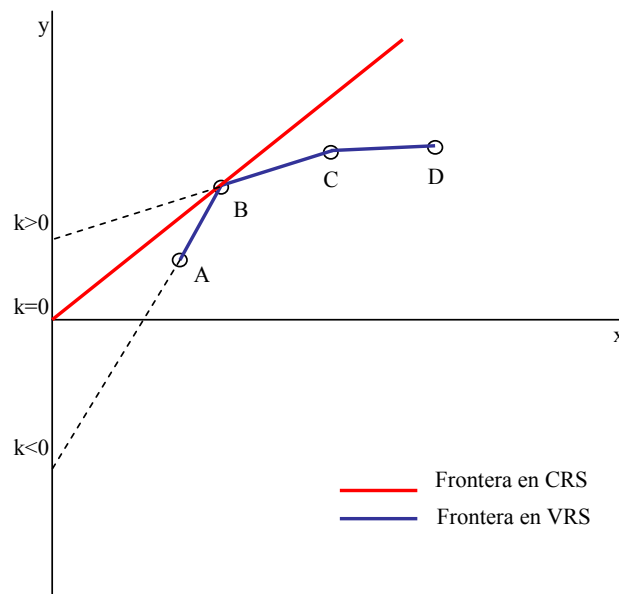
El modelo BCC es una extensión del CCR, y el modo en que se considera la existencia de rendimientos constantes a escala es incorporando al modelo CCR la siguiente restricción (Banker et al., 1984):

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$$

Al introducir esta restricción se modifica la frontera de posibilidades de producción al considerar unidades que operan a rendimientos no constantes. Dicha frontera estará formada por la envolvente convexa de las unidades existentes. De esta forma la unidad de referencia es una combinación lineal convexa de otras, asegurando esta condición de convexidad que dicha unidad de referencia sea de tamaño similar al de la unidad evaluada, evitando así que opere en una escala de distinto tamaño. Se obtiene así la eficiencia técnica pura (Boussofiane et al., 1991).

En Cook y Seiford (2009) se hace referencia a los distintos autores que han estudiado la clasificación de DMU con rendimientos variables a escala.

Figura 10. Fronteras eficientes en CRS y VRS



Fuente: adaptado de Banker, Charnes y Cooper (1984)

La definición de la medida de eficiencia bajo rendimientos variables a escala es el cociente entre la suma del output virtual y una constante k_0 y el input virtual. La constante k_0 es el valor de la abscisa en el punto de corte de la proyección de cada cara del casco convexo que define la frontera con el eje de los outputs (Norman y Stoker, 1991).

En el caso de rendimientos constantes a escala, la frontera de posibilidades de producción está constituida por la recta que une el origen de coordenadas con la unidad más eficiente de todas las evaluadas, que en este caso es la unidad B . El punto de corte con el eje y en este caso es el $(0, k_B)$, con $k_B = 0$, lo que denota rendimientos constantes a escala.

Sin embargo, existen otras unidades que también pueden ser eficientes pero operando en una escala distinta a B , es por ello que en el caso de rendimientos variables a escala la frontera de posibilidades de producción es la envolvente que contiene a las unidades que mejor funcionan dentro de su escala de operación. En el gráfico vendría definida por la curva $A - B - C - D$.

$$\text{Medida de eficiencia} = \frac{\text{suma ponderada de outputs} + \text{constante}}{\text{suma ponderada de inputs}}$$

El signo de la constante dará cuenta del tipo de rendimientos que predomina para una unidad eficiente (Norman y Stoker, 1991),

1. Si el signo de la constante es positivo para todas las soluciones óptimas, rendimientos crecientes a escala.
2. Si la constante es nula, rendimientos constantes a escala.
3. Si la constante es negativa, rendimientos decrecientes a escala.

(M.5.2) La formulación matemática del **BCC orientado a outputs** es la siguiente:

$$\text{Max}_{\phi_0, \lambda} \phi_0 + \varepsilon \left(\sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+ \right)$$

s.a.:

$$\left(\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \right) + s_i^- = x_{i0} \quad i = 1, \dots, m;$$

$$\left(\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \right) - s_r^+ = \phi y_{r0} \quad r = 1, \dots, s;$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$$

$$\lambda_j, s_i^-, s_r^+ \geq 0 \quad j = 1, \dots, n.$$

La orientación a inputs o a outputs cuando se consideran rendimientos variables a escala va a tener influencia en las medidas de ineficiencia obtenidas (Boussofiane et al., 1991, Charnes et al., 1997).

Por otra parte, una unidad que sea caracterizada como eficiente aplicando el modelo CCR necesariamente será eficiente si se aplica el modelo BCC, pero no al contrario. Es decir, una unidad puede ser eficiente si se aplica el modelo BCC y no serlo si se aplica el CCR. Incluso si aplicando los dos modelos la unidad resulta ser ineficiente, las medidas de ineficiencia alcanzadas en los dos modelos pueden diferir (Cooper et al., 2004:53).

II.2.3.c. Otros modelos. Evolución de la metodología.

Mediante la aplicación de los modelos CCR y BCC se obtienen medidas radiales de eficiencia. En el caso de orientación a inputs estos se reducen proporcionalmente mientras los outputs permanecen fijos, y en el caso de orientación a outputs son estos los que se incrementan de forma proporcional mientras los inputs se mantienen fijos. Además de estos modelos existen otros fundamentales, como los aditivos y los multiplicativos.

Los modelos aditivos combinan la orientación a inputs y a outputs (Charnes et al., 1985), mientras que en los multiplicativos se aplica el modelo aditivo sobre los logaritmos de los valores originales (Charnes et al., 1982 y 1983).

Durante los más de 30 años de aplicación del DEA se han ido introduciendo modificaciones y ampliaciones, como los modelos multietápicos o la posibilidad de incorporación de restricciones múltiples, la aplicación del modelo con distintos tipos de variables y la influencia en la variación de los datos, entre otros.

Algunas de las consideraciones destacables a este respecto son las siguientes:

1. Posibilidad de incorporar variables de entorno o no discrecionales (Fried et al., 1995, Banker y Morey 1986b, Charnes et al., 1981)
2. Permitir la inclusión de variables categóricas (Banker y Morey, 1986a; Charnes et al., 1992; Charnes et al., 1984; Førsund, 2001)
3. Posibilidad de establecer restricciones a los pesos (Dyson y Thanassoulis, 1980; Wong y Beasley, 1990)
4. Estudiar la evolución de la eficiencia a lo largo del tiempo (Charnes et al., 1985)

Para una información detallada sobre la evolución del DEA puede consultarse el artículo de Cook y Seiford (2009).

Además de las enumeradas anteriormente, se han introducido otras novedades respecto al método, que se mencionan brevemente:

- Integración del DEA con otras técnicas
- Análisis de la influencia del tamaño de las unidades en la medida de la eficiencia
- Análisis de la influencia del número de unidades a evaluar
- Estudios de sensibilidad y estabilidad de los resultados

- Cómo trabajar con rendimientos a escala si hay múltiples soluciones
- Inclusión de análisis de inputs y outputs estocásticos

Algunos de estos puntos se tratarán en profundidad en este trabajo de investigación, ya que uno de los objetivos que se persiguen es aportar posibles soluciones a algunas de las limitaciones del Análisis Envolvente de Datos. Para ello se detallarán las dificultades más comunes en la aplicación de la técnica, en el epígrafe titulado “Escollas y debilidades del Análisis Envolvente de Datos”, proponiendo a continuación soluciones para superar algunas de las limitaciones del DEA.

II.2.4. Eficiencia cruzada y matriz de eficiencias cruzadas

La eficiencia de una unidad o DMU se define como el cociente de la suma ponderada de sus outputs entre la suma ponderada de sus inputs (Charnes et al., 1978). El análisis envolvente de datos asigna pesos a cada unidad mediante la resolución de un programa lineal, permitiendo que esta se muestre de la mejor forma posible, es decir, maximizando la eficiencia relativa de la unidad en comparación con las demás unidades.

Una vez que han sido asignados los pesos para una determinada unidad, es posible utilizar ese conjunto de pesos para calcular la eficiencia de cada una de las demás unidades, lo que se conoce como eficiencia cruzada (Sexton et al., 1986).

Si se repite el proceso para todas las unidades se obtiene la matriz de eficiencias cruzadas, en la que la diagonal principal dará los valores de eficiencia relativa originales de cada unidad.

Doyle y Green en su trabajo de 1994 destacaban la baja utilización de la eficiencia cruzada, a la vez que mostraban la formulación de la misma, relacionándola con la “self-appraisal” y “peer-appraisal”. A continuación se describe el cálculo de la eficiencia cruzada.

Se considera un conjunto de n unidades o DMU, en el que cada DMU_j ($j = 1, \dots, n$) utiliza m inputs x_{ij} ($i = 1, \dots, m$) para producir s outputs y_{rj} ($r = 1, \dots, s$). Se denotan u_{jr} como los pesos de los s outputs ($r = 1, \dots, s$) y v_{ki} como los pesos de los m inputs ($i = 1, \dots, m$) de la DMU_j . Para cada DMU_j ($j = 1, \dots, n$) el output virtual se denota como $\sum_{r=1}^s u_{jr} \cdot y_{rj}$ y el input virtual se denota como $\sum_{i=1}^m v_{ji} \cdot x_{ij}$.

Permitamos a la DMU_k escoger sus propios pesos u_{kr} (para el vector de outputs de la DMU_k) y v_{ki} (para el vector inputs de la DMU_k). La eficiencia cruzada para la DMU_0 vendrá dada por:

$$E_{k0} = \frac{\sum_{r=1}^s u_{kr} \cdot y_{0r}}{\sum_{i=1}^m v_{ki} \cdot x_{0i}}$$

Eficiencia cruzada de la DMU_0 : suma ponderada de los outputs de la DMU_0 entre suma ponderada de los inputs de la DMU_0 , utilizando los pesos de la de la DMU_l .

La formulación del Análisis Envoltente de Datos quedaría como sigue:

$$MaxE_{kk} = \frac{\sum_{r=1}^s u_{kr} \cdot y_{kr}}{\sum_{i=1}^m v_{ki} \cdot x_{ki}}$$

s.a. :

$$E_{kj} \leq 1 \quad \text{Para todas las } DMU_j, \text{ incluyendo la } DMU_k, \text{ con } j = 1, \dots, n.$$

$$u_{kr}, v_{ki} \geq 0; \quad r = 1, \dots, s; \quad i = 1, \dots, m.$$

Este problema puede ser convertido en lineal mediante la siguiente transformación:

$$MaxE_{kk} = \sum_{r=1}^s u_{kr} \cdot y_{kr}$$

Añadiendo la restricción $\sum_{i=1}^m v_{ki} \cdot x_{ki} = 1$

Matriz de eficiencias cruzadas para un conjunto de n unidades:

<i>Rating DMU</i>	1	2	...	k	...	n	<i>Promedio Ev por pares</i>
1	E_{11}	E_{12}	...	E_{1k}	...	E_{1n}	A_1
2	E_{21}	E_{22}	...	E_{2k}	...	E_{2n}	A_2
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
k	E_{k1}	E_{k2}	...	E_{kk}	...	E_{kn}	A_k
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
n	E_{n1}	E_{n2}	...	E_{nk}	...	E_{nn}	A_n
<i>Val Promedio pares</i>	e_1	e_2	...	e_k	...	e_n	

En el trabajo de Doyle y Green (1994) se explican los componentes de la matriz de eficiencias cruzadas.

- En la fila k -ésima cada elemento E_{kj} representa la eficiencia de la DMU_j calculada con los pesos de la DMU_k .

- La diagonal principal está formada por las eficiencias de cada unidad calculada con sus propios pesos.
- Si se calcula el promedio de los elementos de la columna k se obtiene el promedio de evaluación por pares de la DMU_k , incluyendo o no la eficiencia de la DMU_k (E_{kk}) en este cómputo. Para un conjunto de n unidades y sin incluir a la DMU_k quedaría como sigue:

$$e_k = \frac{1}{(n-1)} \sum_{j \neq k} E_{jk}$$

- Si se calcula el promedio de los elementos de la fila k se puede entender como la valoración promedio de los pares con los que la DMU_k es comparada. Nos indica como funcionan las demás unidades con los pesos de la DMU_k . Para un conjunto de n unidades y sin incluir a la DMU_k quedaría así:

$$A_k = \frac{1}{(n-1)} \sum_{j \neq k} E_{kj}$$

Según Doyle y Green (1994) uno de los factores que puede afectar al uso de la eficiencia cruzada es que los pesos que maximizan la eficiencia de la unidad analizada no son únicos. De esta forma, la eficiencia cruzada de las demás unidades calculadas con los pesos de la unidad evaluada dependerá de las soluciones que el programa encuentre primero.

En Sexton et al. (1986) pueden encontrarse dos formulaciones sobre la eficiencia cruzada: la agresiva y la benevolente. En el caso de la formulación agresiva se busca obtener los pesos que además de maximizar la eficiencia simple de la DMU_k minimice la eficiencia cruzada del resto de unidades. Cuando se trata de formulación benevolente se persigue además de obtener los pesos que maximicen la eficiencia simple de la DMU_k , aquellos que también maximicen la eficiencia cruzada del resto de unidades.

La eficiencia cruzada, según Doyle y Green (1994), puede utilizarse de forma complementaria a la eficiencia simple o alternativamente a ella, pudiendo usarse, por ejemplo, para clasificar las unidades a evaluar. La eficiencia cruzada es un concepto muy completo y potente que mejora algunos aspectos de la eficiencia simple a la vez que preserva las ventajas del Análisis Envoltente de Datos.

Eficiencia Robusta o Análisis de robustez

Uno de los puntos más atractivos del Análisis Envoltente de Datos radica en el hecho de que no es necesario especificar previamente los pesos de las unidades, ya que es el propio programa quien los asigna permitiendo que cada unidad se muestre en su mejor escenario.

Aún así y a pesar de esta flexibilidad, algunas unidades pueden resultar no eficientes con los pesos asignados. Suele ocurrir en estos casos que otras unidades de la muestra sí

obtienen una medida de eficiencia cruzada igual a la unidad con los pesos de la unidad calificada como no eficiente.

Una unidad eficiente será clasificada como robustamente eficiente en el caso de que aparezca también como eficiente cuando utiliza los pesos del resto de unidades.

En el análisis presentado en el capítulo 3 de este trabajo se realiza un análisis de robustez de las unidades caracterizadas como eficientes, diferenciando a partir de los resultados las unidades eficientes de las robustamente eficientes.

II. 3. LIMITACIONES DEL ANÁLISIS ENVOLVENTE DE DATOS

Dyson et al. (2001) en su artículo “*Pitfalls and protocols in DEA*” realizan un trabajo de detección y recopilación de escollos en la aplicación del Análisis Envolverte de Datos, a la vez que sugieren protocolos de actuación para poder superar algunas de las debilidades del modelo. Los propios autores consideran este trabajo como una continuación del de Boussofiene et al. (1991) y como parte de la familia de artículos metodológicos sobre el DEA que fueron tipificados por Golany y Roll (1989).

En el mencionado trabajo los escollos asociados al DEA fueron clasificados en cinco grupos. Para cada uno de ellos se detallan brevemente las dificultades asociadas y se proponen soluciones a las mismas.

II.3.1. Relacionados con la homogeneidad de las unidades a analizar

El Análisis Envolverte de Datos realiza ciertas hipótesis de homogeneidad acerca de las unidades a evaluar.

En primer lugar, se entiende que las DMU desarrollan actividades similares y producen productos o servicios comparables entre sí, de forma que se puede definir un conjunto de outputs común para todas ellas. Asimismo, se supone que por lo general las unidades utilizan la misma tecnología, salvo para casos en los que el DEA es utilizado para medir la eficiencia de diferentes tecnologías.

En segundo lugar, se supone que todas las unidades tienen disponible un conjunto similar de recursos, como plantilla, materias primas o equipamiento. En tercer lugar, puesto que las condiciones externas pueden influir en el comportamiento de las DMU, se asume que estas operan en un entorno parecido. En la práctica es más difícil asegurar la homogeneidad de los factores externos y se suelen introducir variables relacionadas con el entorno que complementan al conjunto de inputs y outputs.

a. Comparación de unidades no homogéneas.

Por ejemplo, comparar distintos departamentos dentro de una misma universidad. El escollo radica en que departamentos de ciencia o tecnología necesitarán más material para impartir docencia que los de humanidades o ciencias sociales, por lo que necesitarán una mayor inversión que dará lugar a que obtengan un menor ratio de eficiencia.

- i. Solución 1: buscar comparadores externos y después realizar la comparación interna, cotejando las posiciones de cada unidad dentro del grupo al que pertenece.
- ii. Solución 2: agrupar las unidades en conjuntos homogéneos y analizarlos.

Si existe el problema de la no homogeneidad y no es posible aplicar ninguna de estas soluciones, los autores sugieren que se analice la validez de la

aplicación del modelo. En Barr et al. (1994) se ponen de manifiesto los efectos de la no homogeneidad.

b. Entorno no homogéneo.

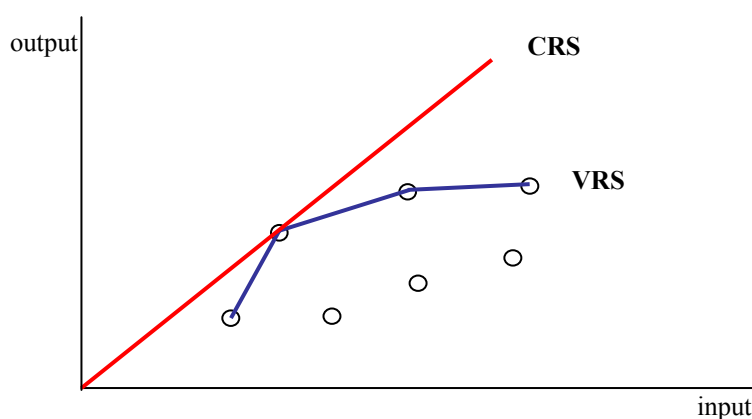
Por ejemplo, las estaciones de servicio se verán influidas por el atractivo de la zona en la que estén situadas, o el comportamiento de los colegios variará dependiendo de la condición social de los alumnos. De este modo, si no se tienen en cuenta variables de entorno es posible que las medidas de eficiencia relativa obtenidas sean parciales.

- i. Solución: este problema se soluciona incluyendo variables de entorno dentro del conjunto de inputs y outputs. Suelen ser datos de difícil cuantificación, por lo que también se considera este escollo dentro del número 3, en lo relativo a la definición y medida de estas variables.

c. Economías de escala

La existencia de economías o deseconomías de escala es otra posible fuente de no homogeneidad. El modelo VRS propuesto por Banker en 1984 permitía incorporar los efectos de las economías de escala al Análisis Envolvente de Datos. Lo que sucede es que la frontera estimada si se aplica el VRS es siempre más próxima a las unidades a evaluar que si se aplica el modelo CRS, independientemente de que existan o no efectos de escala. Por ello, si se aplica el modelo VRS cuando no existen efectos de escala, las unidades más pequeñas y más grandes pueden resultar sobrevaloradas en la evaluación de la eficiencia.

Figura 11. Fronteras eficientes y economías de escala



Fuente: Dyson et al. (2001)

- i. Solución: se recomienda utilizar el modelo VRS solo cuando pueda demostrarse la existencia de efectos de escala. En el caso

de no conocer a priori si existen economías de escala, Banker (1996) propone realizar contraste de hipótesis para estudiarlo.

II.3.2. Relacionados con la selección de inputs y outputs

Dyson et al. (2001) señalan cuatro hipótesis con respecto al conjunto de inputs y outputs seleccionado:

- el conjunto de variables cubre la totalidad de recursos utilizados,
- ofrece datos relativos a todos los niveles de actividad y medidas de comportamiento,
- es común a todas las unidades,
- las variaciones del entorno se han cuantificado e incluido si es necesario.

a. Número de inputs y outputs

Cuanto mayor es el número de variables incluidas en el conjunto de inputs y outputs, menor es el poder discriminatorio del DEA. Este método permite que cada unidad sea eficiente a su manera, por lo que permite comportamientos atípicos. De esta forma, si una unidad presenta un dato muy bueno en alguno de sus outputs y malo en el resto, al dejar libre la asignación de pesos podría aparecer como eficiente en el análisis. Si esto ocurre para muchas o todas las unidades analizadas, podrían resultar todas eficientes.

La regla en este caso consiste en conseguir que el número de unidades sea al menos el doble del producto del número de inputs por el número de outputs, es decir, $n = 2(mx)$. De esta forma se alcanza un nivel discriminatorio razonable.

Solución: el poder discriminatorio del DEA se incrementa siendo prudente en la selección de variables. En lo referente a los inputs, si se les puede asignar un precio es posible reemplazar los pesos por precios fijos para reducir así el número de inputs.

En cuanto a los outputs, se puede prescindir de variables que no están fuertemente relacionadas con los objetivos de la organización. Esto debe hacerse después de un análisis detallado de la misión, los objetivos y el comportamiento de las unidades.

Por otra parte, si se restringe el rango de pesos permitidos para los inputs y los outputs también se alcanza una mayor discriminación.

b. Factores correlados

Es común que algunos inputs o algunos outputs estén correlados entre sí, por lo que podría tenderse a prescindir de alguna o algunas de las variables correladas para disminuir así el número de inputs o de outputs e incrementar

el poder discriminatorio del DEA. En general este tipo de acciones no tiene gran repercusión en el ratio de eficiencia resultante, ya que el peso asignado libremente a alguna variable puede aplicarse a otra sin producir cambios significativos en la medida de la eficiencia relativa.

Sin embargo en ocasiones omitir alguna variable con un elevado grado de correlación sí produce cambios en la puntuación de eficiencia.

- i. Solución: se debe evitar omitir variables únicamente porque presenten una alta correlación con otras.

Si dos inputs o dos outputs están perfecta y positivamente correlados entre sí y uno es múltiplo del otro, prescindir de uno de ellos no influiría en las medidas de eficiencia relativa obtenidas.

Si dos inputs o dos outputs están alta y positivamente correlados, entonces prescindir de uno de ellos sí podría reducir la medida de eficiencia de algunas unidades.

c. Combinación de índices y medidas de volumen

Las variables de entorno normalmente se expresan en forma de índice, mientras que el resto de inputs y outputs relacionados con niveles de actividad se expresan como medidas de volumen. El combinar índices con medidas de volumen puede arrojar medidas de eficiencia distorsionadas.

Por ejemplo, en la tabla 31 pueden observarse dos unidades, una de las cuales es el doble de la otra en términos de factores. Las dos operan en el mismo entorno por lo que les corresponde el mismo índice, que es el output 3. Si se aplica el DEA directamente sobre los datos, resultará que la unidad 1 es más eficiente que la unidad 2, ya que produce el mismo nivel de output 3 con la mitad de inputs. En la realidad, como el output 3 es un índice, las dos unidades deberían alcanzar la misma medida de eficiencia relativa.

Tabla 31. Ejemplo de combinación de unidades

	Input 1	Output 1	Output 2	Output 3
DMU 1	10	12	15	1,6
DMU 2	20	24	30	1,6

Fuente: Dyson et al. (2001)

- i. Solución: en este ejemplo, si el output 3 se expresara de forma proporcional al input 1 se obtendría que las dos unidades son igual de eficientes. Sin embargo esta solución es difícil de aplicar en el caso de tener más de un input, por lo que se puede recurrir a utilizar medidas de volumen en lugar de índices. Por ejemplo, sustituir un índice que exprese la situación delictiva de una localidad por el número de denuncias o de peticiones de socorro que se contabilicen en ella.

II.3.3. Relacionados con la medida de los factores

Siguiendo a Banker et al. (1984) y Shephard (1970), la hipótesis original sobre las escalas de medida de las variables consistía en que debían ser escalas de ratio o de razón en las que se pudiesen identificar, clasificar y jerarquizar objetos y comparar los intervalos o diferencias. Estas escalas tienen un punto cero absoluto y representan la forma superior de medida de precisión. Según Dyson et al. (2001) esta hipótesis puede relajarse en la utilización de escalas de intervalos que no requieren un punto cero absoluto, que es una de las hipótesis de la mayoría de los modelos DEA.

Se considera además la hipótesis de isotonía sobre inputs y outputs, es decir, incrementos de inputs reducen la eficiencia mientras incrementos de outputs la incrementan.

a. Porcentajes y otros datos normalizados

Como se ha mencionado en el apartado 2.c, pueden surgir problemas cuando se incorporan índices, ratios o porcentajes al conjunto de las variables. No existe inconveniente si todos los inputs y outputs se expresan de esta forma, sino cuando este tipo de datos se combina con otros expresados en medidas de volumen.

- i. Solución 1: sustituir la variable expresada en porcentaje o ratio por otra relacionada expresada en unidades de medida, como se ha descrito anteriormente.
- ii. Solución 2: adecuar los porcentajes o índices a medidas de volumen. No es un proceso sencillo debido a que no siempre está claro qué unidad de medida utilizar, ni en qué escala.

Si se quiere adaptar el dato de tamaño de una unidad, escalar en relación a los inputs sería correcto. Sin embargo, si existen varios inputs expresados en distintas unidades de medida, como personal y tamaño de las instalaciones, es necesario escoger un indicador principal.

En otras ocasiones, son las medidas de inputs las utilizadas para adaptar porcentajes o índices de outputs. Por ejemplo, a la hora de evaluar universidades, un índice de calidad investigadora puede escalarse con respecto al número de investigadores, mientras que un índice de calidad de la docencia puede escalarse con respecto al número de docentes.

- iii. Solución 3: otra opción es utilizar por separado el numerador y el denominador de un ratio, incluyendo el numerador como input y el denominador como output.

b. Datos cualitativos

Incorporar variables cualitativas al conjunto de inputs y outputs constituye un reto a la hora de aplicar el DEA. En áreas como marketing o recursos

humanos variables como la percepción de la calidad de servicio o la satisfacción del personal cobran una especial importancia.

Sin embargo, a la hora de analizar la eficiencia pueden producirse dos problemas. Por una parte, estas medidas se suelen analizar como si de datos cuantitativos se tratase. Por otra parte, la medida de las variables cualitativas es muy subjetiva y las escalas de preferencia o satisfacción no tienen por qué ser las mismas para todas las DMU.

- i. Solución 1: transformar los datos cualitativos de forma sensata. Es aconsejable utilizar cuidadosamente encuestas con elevada tasa de respuesta e instrumentos diseñados para reducir la subjetividad de las respuestas.
- ii. Solución 2: utilizar variables categóricas u ordinales para las que existen extensiones del modelo⁴⁷.

c. Inputs y outputs no deseables

En los modelos clásicos se pretende reducir la utilización de inputs y se supone que todos los outputs son deseables, es decir, se supone un comportamiento isótono de las variables. Sin embargo existen ocasiones en las que las variables no son isótonas, por ejemplo, cuando se pretenden incluir aspectos medioambientales en el estudio de la eficiencia y se utilizan como outputs las emisiones. Un ejemplo de input no deseable es el número de competidores que tienen influencia sobre una unidad de negocio.

- i. Solución 1: una posibilidad consiste en invertir la variable no deseable, pero esto elimina el intervalo de valores en el que oscila la variable, y necesitaría por tanto una nueva transformación.
- ii. Solución 2: otra posibilidad es restar el factor no deseable de un número grande y utilizar el resultado como dato, ya que sería isotónico.
- iii. Solución 3: como tercera opción se plantea considerar el output no deseable como input, o viceversa.

d. Factores exógenos y restricciones o factores con restricciones

En ocasiones es necesario considerar factores no controlables entre los inputs u outputs, como son las condiciones ambientales, geográficas o legislativas. Asimismo, existen otras variables que aunque son controlables por la DMU presentan ciertas restricciones, como estar expresadas en porcentaje. Si estas variables se tratan como inputs y outputs normales, puede dar lugar a medidas de eficiencia que no se corresponden con la realidad.

⁴⁷ Consultar Banker y Morey (1986) para variables categóricas y Cook et al. (1993) para variables ordinales.

- i. Solución 1: considerar los factores exógenos como inputs y aplicar un DEA orientado a outputs.
- ii. Solución 2: considerar los factores exógenos como output y aplicar un DEA orientado a inputs.
- iii. Solución 3: aplicar un modelo de DEA que tenga en cuenta la existencia de factores exógenos o con restricciones.

II.3.4. Relacionados con la flexibilidad en los pesos

Una de las fortalezas del DEA radica en la libertad en la asignación de los pesos de los inputs y de los outputs. Sin embargo esta flexibilidad puede en ocasiones ser una fuente de problemas.

a. Hipótesis de linealidad

La asignación de pesos a los inputs y a los outputs para la resolución del problema se ajusta a una función lineal. Esta linealidad puede resultar problemática ya que si un output empieza a aumentar otro puede disminuir debido a la compensación. Lo que debe intentarse es que los pesos reflejen lo mejor posible la realidad.

b. Pesos con valor cero

Los modelos lineales (orientados a inputs y a outputs) permiten que los pesos de los inputs y los outputs tomen un valor nulo, y de esta forma ese input u output con peso cero no sería considerado en el análisis. Normalmente las restricciones de no negatividad (1) son reemplazadas por inecuaciones (2) en las que ε es un infinitésimo no-arquímedeo⁴⁸, para evitar que DMU débilmente eficientes sean consideradas eficientes en el análisis.

$$u_r, v_i \geq 0; \quad r = 1, \dots, s; \quad i = 1, \dots, m. \quad (1)$$

$$u_r, v_i \geq \varepsilon > 0; \quad r = 1, \dots, s; \quad i = 1, \dots, m. \quad (2)$$

- i. Solución: utilizar restricciones absolutas a los pesos para asegurar que todos los inputs y outputs sean tenidos en cuenta a la hora de aplicar el modelo.

c. Valores relativos

Cuando en el conjunto de inputs o en el de outputs se consideran algunos factores relativos que guardan relación entre sí, es posible que el programa no respete tales acuerdos al asignar los pesos libremente. Por ejemplo, si se

⁴⁸ En el epígrafe de modificaciones del modelo CCR original en este trabajo se detalla con mayor amplitud la inclusión de inecuaciones.

aportan como outputs el número de personas totalmente satisfechas y el número de personas simplemente satisfechas, el peso asignado al primer factor debería ser mayor que el del segundo.

i. Solución: introducir restricciones relativas a los pesos.

d. Pesos de inputs y outputs relacionados

Existen determinados inputs y outputs que tienen una relación fuerte y directa entre sí, y la asignación libre de pesos al aplicar el DEA puede no considerarla. Por ejemplo, a la hora de evaluar la eficiencia investigadora de un Departamento universitario utilizando como input el número de investigadores y como output el número de proyectos de investigación, el DEA podría asignar un peso alto al input y un peso bajo al output.

i. Solución: con el fin de obtener una medida de eficiencia relativa razonable se pueden igualar los pesos de los inputs y outputs relacionados, o al menos relacionarlos mediante un fuerte vínculo utilizando restricciones vinculadas a los pesos (Thanassoulis et al., 1995; Allen et al., 1997).

II.3.5. Relacionados con las restricciones a los pesos

La mayoría de los problemas que surgen de la total libertad a la hora de asignar los pesos se solucionan incorporando al problema restricciones a los mismos. Pero el incorporar restricciones, además de no resultar una tarea fácil por requerir información previa y una serie de consideraciones, trae como resultado la aparición de nuevas limitaciones. A continuación se detallan los problemas más frecuentes relacionados con la incorporación de restricciones al modelo.

Suponemos que existen l_1 restricciones en los pesos de los outputs y l_2 restricciones en los pesos de los inputs. Las restricciones se pueden expresar de forma matricial:

$$Au \leq b, \quad Cv \leq d$$

Siendo $A = (a_{ij})_{l_1 \times s}$ y $C = (a_{ij})_{l_2 \times m}$; $b \in \mathfrak{R}^{l_1}$ y $d \in \mathfrak{R}^{l_2}$

Si $b = \vec{0}$ y $d = \vec{0}$ las restricciones son homogéneas

Si $b \neq \vec{0}$ y $d \neq \vec{0}$ las restricciones son no homogéneas

Restricciones absolutas a los pesos: no homogéneas

$$\underline{u}_r \leq u_r \leq \bar{u}_r, \quad r \in G_1 \subseteq \{1, \dots, s\},$$

$$\underline{v}_i \leq v_i \leq \bar{v}_i, \quad i \in G_2 \subseteq \{1, \dots, m\}$$

Restricciones al cociente de los pesos: homogéneas (después de convertirlas en forma lineal)

$$\underline{u}_{rk} \leq \frac{u_r}{u_k} \leq \bar{u}_{rk}, \quad (r, k) \in H_1 \subseteq \{1, \dots, s\} \times \{1, \dots, s\},$$

$$\underline{v}_{it} \leq \frac{v_i}{v_t} \leq \bar{v}_{it}, \quad (i, t) \in H_2 \subseteq \{1, \dots, m\} \times \{1, \dots, m\}$$

Restricciones relativas a los inputs y outputs virtuales de la DMU_j : homogéneas (después de convertirlas en forma lineal)

$$\underline{u}_r \leq \frac{y_{rj} u_r}{u^T Y_j} \leq \bar{u}_r, \quad r \in I_1 \subseteq \{1, \dots, s\},$$

$$\underline{v}_i \leq \frac{x_{ij} v_i}{v^T X_j} \leq \bar{v}_i, \quad i \in I_2 \subseteq \{1, \dots, m\}$$

a. Justificación de las restricciones

El objetivo de la introducción de restricciones en el modelo DEA es conseguir una mejor discriminación entre unidades. Las restricciones deben reflejar la realidad de la unidad, además de estar correctamente justificadas y llenas de significado, lo que suele acarrear problemas al analista a la hora de defender su uso. Siguiendo a Allen et al. (1997), en algunos casos se puede justificar la introducción de un determinado tipo de restricciones. A continuación se enumeran algunas:

i. Restricciones absolutas a los pesos. Es la forma más fácil de asignar restricciones pero es aplicable en pocos casos.

- En el modelo CCR con un único input los límites de los pesos del output r se obtienen asignando la cantidad de input consumida en la producción de una unidad de output r (Dyson y Thanassoulis, 1988).
- En los modelos lineales orientados a inputs o a outputs, la introducción de restricciones absolutas a los pesos puede simularse mediante la introducción de unidades no observadas (Roll et al., 1991).
- La introducción de pesos en el modelo CCR se dificulta debido a que en teoría los pesos deben justificarse para cada unidad de forma separada y deben usarse distintos pesos para las distintas DMU. En la práctica deben considerarse unos pesos de compromiso que se adaptan a la naturaleza y comportamiento de todas las unidades.

ii. Restricciones al cociente de los pesos. Se pueden simular “restricciones al cociente” mediante la introducción de una DMU no observada construída especialmente para ello. Esta solución es

válida en caso de cocientes mixtos de pesos de inputs y outputs y se extiende también al modelo VRS.

- iii. Restricciones relativas de los inputs y outputs virtuales. La introducción de pesos en los inputs u outputs virtuales se considera una forma de incorporar opiniones sobre la proporción en la que los correspondientes inputs y outputs contribuyen a la eficiencia (Wong y Beasley, 1990). Estos pesos no pueden aplicarse únicamente a la unidad que está siendo evaluada pues destruiría la simetría del modelo con respecto a todas las unidades.
- b. Restricciones a los pesos no transferibles entre distintos modelos DEA. Es posible que las restricciones introducidas en un modelo no sean válidas en otro. Conviene distinguir entre los tipos de restricciones:
- i. No homogéneas: generalmente no son aplicables directamente en todos los modelos. Por ejemplo, en el CCR y sus formas lineales, los resultados de eficiencia obtenidos son distintos entre sí cuando se utilizan restricciones no homogéneas. Para mantener la equivalencia las restricciones deben transformarse en inecuaciones.

$$\underline{u}_r p \leq u_r \leq \bar{u}_r p, \quad r \in G_1 \subseteq \{1, \dots, s\},$$

$$\underline{v}_i p \leq v_i \leq \bar{v}_i p, \quad i \in G_2 \subseteq \{1, \dots, m\}$$

Siendo p una variable adicional no negativa (Roll et al., 1991)

- ii. Homogéneas: este tipo de restricciones tienen el mismo significado en el modelo CCR y en sus formas lineales. De esta forma si las restricciones están justificadas en un modelo son válidas también para los demás. No obstante Dyson et al. (2001) señalan la conveniencia de realizar una investigación más amplia en el caso de que se quieran utilizar las mismas restricciones homogéneas para distintos modelos.

c. Interpretación de resultados

Si se asignan restricciones a los pesos por lo general los resultados no pueden interpretarse del mismo modo que si se aplicara un DEA sin restricciones. Esto es debido a que un modelo DEA con restricciones no puede considerarse como un modelo radial (Allen et al., 1997). Lo mismo ocurre con los target y los peers.

Tabla 32. Limitaciones del DEA y posibles soluciones

Escollos	Dificultades	Protocolo
1. Homogeneidad de las DMU	Comparación de unidades no homogéneas	Buscar comparadores externos
		Agrupar DMU en conjuntos homogéneos
	Entorno no homogéneo	Incluir variables de entorno
2. Selección de inputs y outputs	Número de inputs y outputs	Prudencia en la selección de variables
	Factores correlados	Evitar omitir variables solo porque presenten una alta correlación con otras
	Índices y medidas de volumen	Sustituir índices por medidas de volumen de un factor relacionado
3. Medida de los factores	Porcentajes y datos normalizados	Adecuar los porcentajes a medidas de volumen
		Utilizar el numerador de un ratio como input y el denominador como output
	Datos cualitativos	Transformar los datos cualitativos o utilizar variables categóricas
	Factores no deseables	Invertir la variable no deseable
		Restar el factor no deseable de un número elevado
		Considerar el output no deseable como input o viceversa
	Factores exógenos y restricciones o factores con restricciones	Considerar los factores exógenos como inputs y aplicar un DEA orientado a outputs
Considerar los factores exógenos como output y aplicar un DEA orientado a inputs		
Aplicar un modelo de DEA que tenga en cuenta la existencia de factores exógenos o con restricciones		
4. Flexibilidad en los pesos	Hipótesis de linealidad	Los pesos deben reflejar la realidad lo mejor posible
	Pesos con valor cero	Utilizar restricciones absolutas a los pesos
	Valores relativos	Introducir restricciones relativas a los pesos
	Pesos de inputs y outputs relacionados	Igualar los pesos de los inputs y outputs relacionados o relacionarlos
5. Restricciones a los pesos	Justificación de las restricciones	Utilizar restricciones que reflejen la realidad y cuyo uso esté justificado
	Restricciones a los pesos no transferibles entre distintos modelos DEA	Restricciones no homogéneas: no son aplicables a todos los modelos Restricciones homogéneas: aplicables en CCR y sus formas lineales
	Interpretación de resultados	Si se asignan restricciones a los pesos la interpretación de los resultados varía

Fuente: elaboración propia a partir de Dyson et al. (2001)

II. 4. SOLUCIONES PROPUESTAS A LAS LIMITACIONES ENCONTRADAS EN LA APLICACIÓN DEL ANÁLISIS ENVOLVENTE DE DATOS

A la hora de aplicar el Análisis Envolverte de Datos a nuestro muestra objeto de estudio hemos encontrado dos problemas concretos vinculados con las limitaciones del DEA, que hemos solventado proponiendo soluciones basadas en la complementación del DEA con otras técnicas estadísticas.

El primer problema que surge es el de la dimensionalidad. Uno de los planteamientos que teníamos presentes a la hora de llevar a cabo este estudio consistía en considerar la mayor información posible sobre los centros públicos de investigación. Sin embargo, si se consideran un elevado número de inputs y outputs en relación al número de DMU el número de unidades que resultan eficientes es mayor, es decir, el poder discriminatorio del DEA disminuye. Para solventar esta limitación se propone la aplicación del Análisis de Componentes Principales sobre el conjunto de variables del problema.

El segundo problema está relacionado con la discriminación de las unidades eficientes. Respecto a las unidades que resultan ineficientes en el análisis DEA no existe duda sobre los resultados. Considerando que el DEA por su propia formulación, en ausencia de restricciones a los pesos, permite a cada DMU trabajar con los pesos más favorables para ella, resulta claro que si no alcanza la eficiencia ni con esos pesos más favorables es que no es eficiente.

Ahora bien, si una unidad resulta ser eficiente, y por esa libertad en los pesos, puede ocurrir que tenga un comportamiento eficiente en general o que únicamente sea eficiente en casos particulares y con unos pesos particulares, es decir, con valores extremos. Con este análisis se persigue distinguir estos dos tipos de DMU eficientes mediante la clasificación de las unidades en dos clases: robustamente eficientes y no robustamente eficientes.

Para ello se propone la aplicación de métodos de decisión multicriterio, concretamente del Electre TRI. A continuación se desarrollan las soluciones propuestas.

II.4.1. Solución al problema de la dimensionalidad

Como se ha explicado en el epígrafe dedicado a detallar las limitaciones del Análisis Envolverte de Datos, el poder discriminatorio del DEA disminuye cuando existe un elevado número de variables en relación al número de unidades a evaluar. La aplicación del DEA en estos casos puede dar como resultado que un elevado número de DMU resulten incorrectamente clasificadas como eficientes.

Para conseguir una mayor discriminación entre unidades eficientes y no eficientes, se propone en este trabajo aplicar un Análisis de Componentes Principales sobre las variables originales del problema con el fin de obtener las componentes principales del conjunto de inputs y del conjunto de outputs por separado. Se reduce así la dimensionalidad del problema ya que estas componentes principales serán las nuevas variables sobre las que se aplicará el DEA.

La idea de combinar estas dos metodologías fue desarrollada de forma independiente por Adler y Golany (2001 y 2002) y Ueda y Hoshiai (1997). En estos trabajos se expone que las variables pueden dividirse en grupos de forma lógica teniendo en cuenta el proceso de producción, y ser reemplazadas por componentes principales que representen a cada uno de los grupos por separado.

Alternativamente sugieren que el Análisis de Componentes Principales podría aplicarse al conjunto de variables (inputs y/o outputs por separado) reduciendo los datos a un conjunto más pequeño de componentes principales incorreladas que generalmente recogen entre el 80% y el 90% de la varianza de los datos originales. Si el número de componentes principales que recogen la mayoría de la varianza es bajo sí es posible sustituir las variables originales sin sufrir demasiada pérdida de información.

II.4.1.a. Análisis de Componentes Principales

El Análisis de Componentes Principales (ACP) es una técnica estadística que tiene como objetivo la reducción de la dimensionalidad de un problema, es decir, del número de variables considerados en un análisis.

Para ello el conjunto de variables originales, que generalmente tienen una alta correlación entre sí, se transforma en otro conjunto de menor tamaño formado por nuevas variables incorreladas que son las componentes principales. Estas nuevas variables son combinaciones lineales de las variables originales y recogen la mayor parte de la información o variabilidad de los datos.

Así, dadas n observaciones, se estudia si es posible representar de forma óptima en un subespacio de dimensión r las observaciones de un espacio p -dimensional. Si es posible el conjunto de p variables correladas correspondientes a la muestra original se pueden transformar en un conjunto de nuevas r variables incorreladas entre sí, siendo $r < p$.

Esta técnica tiene como origen los ajustes ortogonales por mínimos cuadrados introducidos por Pearson a principios del siglo XX, siendo posteriormente desarrollado por Hotelling en los años treinta, aunque su uso no se extendió hasta que la capacidad de cálculo de los ordenadores permitió su aplicación en la segunda mitad del siglo XX en diferentes campos de conocimiento.

En la aplicación del ACP se incluyen las siguientes acciones.

1. Análisis de la matriz de correlaciones

Para poder aplicar un análisis de componentes principales es deseable que las variables originales presenten una elevada correlación entre sí, ya que esto indica que existe información redundante y que con pocos factores se explicaría la gran parte de la varianza total. Si las variables originales están incorreladas no tiene sentido la aplicación de esta técnica.

2. Selección de factores

Los factores se van seleccionando en función la variabilidad total que recogen de la muestra. El primer factor debe recoger la mayor proporción posible de la variabilidad original, el segundo factor debe recoger la máxima variabilidad no recogida por el primero y así de forma sucesiva. Se escogerá el número mínimo de factores que recoja la variabilidad que se considere suficiente. Estos factores son las nuevas variables o componentes principales.

3. Análisis de la matriz factorial

Los factores se representan matricialmente. Los elementos de la matriz son los coeficientes factoriales de las variables, es decir, las correlaciones entre variables y componentes principales. La matriz será de tamaño pxr , siendo p el número de variables y r el número de componentes principales.

Formulación matemática

El Análisis de Componentes Principales explica la estructura de la varianza de una matriz de datos mediante combinaciones lineales de las variables, reduciendo así las variables a un menor número de componentes principales que recogen por lo general entre el 80 y el 90% de la varianza de los datos. Si la mayor parte de la variabilidad de los datos originales puede atribuirse a pocas componentes principales es posible reemplazar las variables originales por dichas componentes sin que haya pérdida de información (Adler y Golany 2001 y 2002).

Siguiendo a Johnson y Wichern (1982) y a Hair et al. (1995), sea el vector aleatorio formado por las variables originales $X = [X_1, X_2, \dots, X_p]$ (en nuestro caso el conjunto de inputs o de outputs originales), cuya matriz de covarianzas es V , con autovalores $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_p \geq 0$ y autovectores normalizados l_1, l_2, \dots, l_p .

Se consideran las combinaciones lineales siguientes, donde el superíndice t representa el operador transpuesto,

$$X_{PC_i} = l_i^t X = l_{1i} X_1 + l_{2i} X_2 + \dots + l_{pi} X_p,$$

$$Var(X_{PC_i}) = l_i^t V l_i, \quad i = 1, 2, \dots, p,$$

$$Cov(X_{PC_i}, X_{PC_k}) = l_i^t V l_k, \quad i = 1, 2, \dots, p, \quad k = 1, 2, \dots, p$$

Las nuevas variables son sumas ponderadas de las variables originales. Las componentes principales son las nuevas variables o las combinaciones lineales incorreladas $X_{PC_1}, X_{PC_2}, \dots, X_{PC_p}$ ordenadas respecto a su varianza en orden descendiente.

Aplicando el Análisis de Componentes Principales a las variables originales del problema se consigue una reducción del número de inputs y/o de outputs, por lo que la

frontera eficiente estará formada por un número menor de DMU, reduciendo así el error en cuanto a unidades no eficientes clasificadas como eficientes en el análisis.

El modelo PCA – DEA

En lo referente a la relación entre el DEA y el ACP cabe mencionar los trabajos de Adler y Golany (2001 y 2002) en los que los autores formularon la técnica PCA – DEA, mediante la cual se combinaba la aplicación del Análisis de Componentes Principales y del Análisis Envolvente de Datos en el mismo modelo.

En un trabajo posterior de Adler y Yazhemsy (2010) se realizó una comparación entre la metodología PCA – DEA y la reducción de variables basada en covarianza parcial (VR), concluyendo que la primera constituye una herramienta de discriminación más poderosa con resultados consistentes y más precisos cuando se trabaja con un elevado número de variables.

II.4.1.b. Tratamiento de los valores negativos en el Análisis Envolvente de Datos

Con la aplicación del ACP al conjunto de variables del problema puede ocurrir que algunos valores de las componentes principales obtenidas tengan valores negativos. Veamos cómo pueden tratarse dichos valores en la aplicación del DEA.

En la función de producción tradicional se consideraba que los inputs y outputs debían tomar valores positivos, por eso no se contemplaba en principio la aplicación del Análisis Envolvente de Datos a unidades con variables negativas. El modelo CCR necesitaba que todos los valores fuesen positivos (Charnes, Cooper y Rhodes, 1978), aunque en 1991 los autores relajaron este supuesto, cambiándolo por el de que debe existir al menos un input y un output positivo para cada DMU. Ali y Seiford (1990) admitían valores no negativos en inputs y outputs.

En la actualidad sí se acepta la necesidad de contemplar inputs u outputs negativos en determinados sectores o mercados, por ejemplo dentro del sector bancario, en lo relativo a rentabilidades de productos.

Las propuestas analizadas para poder aplicar el DEA sobre variables que pueden tomar valores negativos resultantes del análisis de componentes principales se describen a continuación.

Traslación de los datos

La propuesta más utilizada a la hora de trabajar con valores negativos es la de trasladar los datos de forma que todos los valores se conviertan en no negativos. La forma más común de hacerlo es sumar un número lo suficientemente grande como para que el menor de los negativos se convierta en positivo. Sin embargo no todos los modelos DEA son invariantes respecto a traslaciones ya que estas pueden influir en los resultados de eficiencia, y a este respecto es necesario hacer referencia a Lovell y Pastor (1995) y Pastor (1996).

En el trabajo de Pastor (1996) se concluye que los modelos con retornos constantes a escala (CCR) no son invariantes en traslación, por tanto, si se quiere trabajar con variables sin restricción de signo será necesario hacerlo con un modelo con retornos variables a escala (BCC). De los modelos BCC, el aditivo es el único que es invariante con respecto a inputs y a outputs a la vez.

En caso de querer aplicar un DEA con retornos variables a escala distinto del modelo aditivo y orientado a inputs o a outputs, es necesario tener en cuenta que la invariabilidad en la traslación varía según la orientación. El BCC orientado a inputs es invariante en traslación únicamente con respecto a los outputs. El BCC orientado a outputs es invariante en traslación solamente con respecto a los inputs.

Por ello, si se aplica un BCC orientado a inputs resulta válido cualquier output siendo necesario que cada DMU tenga al menos un input positivo, pudiendo el resto ser no negativos. Por el contrario, si se aplica un BCC orientado a outputs son los inputs los que pueden tomar cualquier valor, siendo necesario que para cada DMU al menos un output sea positivo, siendo el resto valores no negativos.

Descomposición de las variables que toman valores positivos y negativos

Emrouznejad et al. (2010) propusieron una medida con semiorientación radial, semi-orientada radial measure (SORM), aplicable a conjuntos de datos que incluyen variables que pueden tomar valores positivos y negativos.

Cada variable original de las que puede tomar valores positivos y negativos se descompone a su vez en dos variables, una a la que le corresponden todos los valores positivos de la variable original y otra a la que le corresponden todos los valores negativos de la variable original.

Los valores positivos se asignan al tipo inicial al que pertenece la variable original y los valores negativos al otro tipo. Por ejemplo, si un input toma valores positivos y negativos, se descompone en dos nuevas variables, generando un nuevo input que recoge los valores positivos y un nuevo output que recoge los valores negativos cambiados de signo.

Si la variable que toma valores positivos y negativos se trata originalmente de un output, este se descompone en un output que agrupa los valores positivos de la variable y en un input que agrupa los valores negativos cambiados de signo que se tratan pues como outputs no deseados.

De esta forma no es necesario realizar una traslación para eliminar los valores negativos, aplicándose el DEA sobre los datos iniciales del problema.

En el trabajo de Cheng et al. (2011) se critica esta propuesta por el incremento que supone en el número de variables, lo que implica una menor capacidad discriminadora del DEA, y se señala además que se obtienen peores valores target.

Aplicación del PCA-DEA

Si se trabaja con el modelo PCA-DEA el propio programa aplica el DEA sobre los componentes principales resultantes, sean positivos o negativos.

II.4.2. Solución al problema de la clasificación de las unidades eficientes

En lo referente a la discriminación de las unidades eficientes y con el fin de obtener unos valores de eficiencia robustos, se propone la aplicación de métodos de decisión multicriterio con el fin de clasificar las DMU eficientes en función de la robustez de su eficiencia.

Se comienza este epígrafe con una breve explicación de los métodos Electre para continuar con la propuesta de aplicación de estos métodos en la mejora de los resultados obtenidos con el DEA.

II.4.2.a. Los métodos Electre

Los métodos Electre han tenido un gran desarrollo y una gran difusión a lo largo de los últimos treinta años. Las investigaciones y aplicaciones de estos métodos se han llevado a cabo principalmente en Europa. El acrónimo ELECTRE significa ELimination Et Choix Traduisant la REALit'e (Eliminación y Elección Exprensando la realidad).

Los orígenes de los métodos Electre se remontan a 1965 en la consultora europea SEMA donde un equipo de investigación trabajaba en un problema real concreto, con múltiples criterios, relacionado con el desarrollo de nuevas actividades en las empresas. A partir de este momento los métodos fueron desarrollándose y evolucionando desde el Electre I a los actuales Electre III y Electre Tri, pasando por otros como Electre II o Electre IV que han sido menos utilizados.

Los métodos Electre son útiles cuando nos encontramos con situaciones con las siguientes características:

- 1.- El decisor quiere incluir en el modelo múltiples criterios (al menos tres, aunque los métodos de agregación están más adaptados a situaciones con al menos cinco criterios).
- 2.- Al menos una de las siguientes situaciones debe verificarse:
 - a) Las acciones están evaluadas (para al menos un criterio) en una escala ordinal o en una escala de intervalo. Estas escalas no son válidas para la comparación de diferencias.
 - b) Existe una fuerte heterogeneidad en relación a la naturaleza de las evaluaciones entre los criterios. Esto hace que sea difícil agregar todos los criterios en una escala única y común.
 - c) La compensación entre la pérdida en un criterio y la ganancia en otro no es aceptada por el decisor. Por tanto, tales situaciones requieren el uso de procedimientos de agregación no compensatorios.

- d) Para al menos un criterio se mantiene la siguiente afirmación: pequeñas diferencias de evaluaciones no son significantes en términos de preferencias, mientras que la acumulación de muchas pequeñas diferencias pueden resultar significativas. Esto requiere de la introducción de holguras de discriminación (indiferencia y preferencia) lo que conduce a una estructura de preferencia con una relación binaria de indiferencia intransitiva.

Modelización de las preferencias usando una relación de sobreclasificación

La modelización de las preferencias en los métodos Electre se lleva a cabo usando relaciones binarias de sobreclasificación (S) cuyo significado es “al menos tan bueno como”. Dadas dos acciones a y b, pueden presentarse cuatro situaciones:

- aSb y no bSa, i.e., aPb (a es estrictamente preferida a b).
- bSa y no aSb, i.e., bPa (b es estrictamente preferida a a).
- aSb y bSa, i.e., aIb (a es indiferente a b).
- No aSb y no bSa, i.e., aRb (a es incomparable a b).

Los métodos Electre construyen una o varias relaciones de sobreclasificación. Hay que tener en cuenta que el uso de las relaciones de sobreclasificación en la modelización de las preferencias introduce una nueva relación, R (incomparabilidad). Esta relación es útil para poder tener en cuenta situaciones en las cuales el decisor y/o el analista no son capaces de comparar dos acciones.

La construcción de una relación de sobreclasificación está basada en dos conceptos fundamentales:

1. Concordancia. Para que una sobreclasificación aSb sea validada, una mayoría suficiente de criterios debería estar a favor de esa afirmación.
2. No discordancia. Cuando la condición de concordancia se mantiene, ninguno de los criterios en minoría debería oponerse con demasiada fuerza a la afirmación aSb.

Estas dos afirmaciones deben cumplirse para validar la afirmación aSb.

Una relación de sobreclasificación no es necesariamente transitiva. Las intransitividads de la preferencia vienen de dos situaciones diferentes: el efecto Condorcet (paradoja de Condorcet) y la incomparabilidad entre acciones. Esto requiere un procedimiento de explotación para obtener de la relación de sobreclasificación resultados que se ajusten a la problemática en estudio.

Estructura de los métodos Electre.

Los métodos Electre están contruidos basándose en dos procedimientos principales: la construcción de una o varias relaciones de sobreclasificación seguidas por un procedimiento de explotación. La construcción de una o varias relaciones de sobreclasificación tiene como objetivo la comparación de una forma comprensiva de cada par de acciones. El procedimiento de explotación se usa para elaborar recomendaciones a partir de los resultados obtenidos en la primera fase. La naturaleza de las recomendaciones depende de la problemática (elección, ranking o clasificación).

Así, cada método está caracterizado por su construcción y sus procedimientos de explotación.

En lo referente a la importancia relativa de los criterios, el papel relativo asignado a los criterios en los métodos Electre está definido por dos conjuntos distintos de parámetros: los coeficientes de importancia y las holguras de veto.

Los coeficientes de importancia en los métodos Electre se refieren a los pesos “intrínsecos”. Para un criterio dado, el peso refleja su poder de voto cuando contribuye a la mayoría que es favorable a la sobreclasificación. Los pesos no dependen ni de los rangos, ni de las escalas ni de la codificación. Señalemos que estos parámetros no pueden ser interpretados como tasas de sustitución como se hace en un procedimiento compensatorio como el AHP, MACBETH o MAUT.

Las holguras de veto expresan el poder atribuido a un criterio dado para oponerse a la afirmación “a sobreclasifica a b”, cuando la diferencia de la evaluación entre b y a es mayor que esa holgura.

Por otra parte, para incorporar el carácter imperfecto de la evaluación de las acciones, los métodos Electre hacen uso de las holguras de discriminación (de indiferencia y de preferencia). Esto conduce a un modelo de pseudo-criterios sobre cada criterio.

Las holguras de discriminación permiten tener en consideración la naturaleza imperfecta de las evaluaciones, y se usan para modelizar situaciones en las cuales la diferencia entre evaluaciones asociadas con diferentes acciones sobre un criterio dado puede:

- bien justificar la preferencia a favor de una de las dos acciones (holgura de preferencia)
- bien ser compatible con la indiferencia entre las dos acciones (holgura de indiferencia)
- bien interpretarse como una duda entre optar por una preferencia o una indiferencia entre las dos acciones.

Una breve descripción de los métodos Electre

La descripción de los métodos se hace cronológicamente y en función de las problemáticas para las que están contruidos.

Problemática de elección

La problemática de elección consiste en ayudar al decisor en la selección de un subconjunto de acciones, tan pequeño como sea posible, de tal modo que una única acción pueda ser finalmente escogida. Los métodos Electre para esta problemática son Electre I y Electre IS.

En cuanto al primero, el Electre I es un método muy simple y debería aplicarse solo cuando todos los criterios han sido codificados en escalas numéricas con rangos idénticos. En realidad solo tiene un interés teórico.

Por otra parte, el Electre IS introduce como principal novedad el uso de pseudo-criterios en lugar de verdaderos-criterios. Además permite trabajar con cualquier tipo de escala e introduce las holguras de veto.

Problemática de ordenación (ranking)

En el caso de la problemática de ordenación el problema con el que nos enfrentamos es el de la ordenación de todas las acciones consideradas desde la mejor hasta la peor, posiblemente con empates. Hay tres métodos Electre que tratan con esta problemática.

El Electre II fue el primer método Electre en tratar la problemática de ordenación. Trabaja con verdaderos criterios, es decir no hay holguras de preferencia ni de indiferencia, aunque sí de veto.

Posteriormente se diseñó el Electre III para mejorar el Electre II y para poder incorporar la imprecisión, la incertidumbre y la deficiente determinación de los datos trabajando con pseudo-criterios en lugar de con verdaderos criterios. El propósito se alcanzó con éxito y Electre III ha sido aplicado con éxito durante al menos dos décadas en un amplio ámbito de aplicaciones en la vida real.

Por último, el Electre IV se desarrolló para intentar superar la dificultad de definir los coeficientes de la importancia relativa de los criterios, y no necesita pesos. El método construye cinco relaciones de sobreclasificación encajadas de forma que cada relación de un nivel superior acepta una sobreclasificación en unas condiciones menos creíbles que la relación del nivel inferior. El procedimiento de explotación de Electre IV es el mismo que el de Electre III.

Problemática de clasificación o asignación.

En la problemática de clasificación se debe definir a priori un conjunto de categorías. La definición de una categoría está basada en el hecho de que todas las acciones potenciales que se asignen a ella se considerarán en el futuro de la misma forma. Cada acción se considera independientemente de las otras a la hora de determinar la categoría al que parece justificado asignarla, a través de comparaciones con los perfiles o límites entre las categorías. En consecuencia, la problemática de clasificación se refiere al uso de juicios absolutos. Consiste en asignar cada acción a categorías predefinidas que vienen definidas por normas o elementos típicos de dichas categorías.

De esta forma, el Electre Tri se diseñó para asignar un conjunto de acciones, objetos o ítems a categorías predefinidas. En el Electre Tri las categorías están ordenadas desde la peor hasta la mejor. Cada categoría debe estar caracterizada por un perfil superior y otro inferior. La asignación de una acción a una categoría resulta de la comparación de la acción con los perfiles superior e inferior, esta comparación se basa en las afirmaciones $A \text{ Sperfil superior } A \text{ Sperfil inferior}$.

II.4.2.b. Aplicación del Electre TRI al problema

La limitación del DEA que pretende superarse con esta propuesta es la de clasificación de unidades eficientes según la robustez de su eficiencia. Para ello se propone la aplicación del Electre TRI sobre la matriz de eficiencias cruzadas de las unidades eficientes con el fin de crear dos grupos, el de unidades robustamente eficientes y el de unidades no robustamente eficientes.

El hecho de considerar la matriz de eficiencias cruzadas de las unidades eficientes va en concordancia con la característica del DEA de permitir a cada unidad mostrarse en su mejor luz, es decir, escoger los pesos que más la favorezcan a la hora de evaluar su eficiencia. Si consideramos las eficiencias cruzadas nos aseguramos que recogemos todos los posibles valores de pesos más favorables para todas las unidades.

Lo que se pretende encontrar es qué DMU son eficientes no solamente con los pesos más favorables que el programa le ha asignado, también lo son con el resto de conjuntos de pesos que el programa ha asignado al resto de unidades eficientes. Este conjunto de unidades serán las clasificadas como robustamente eficientes.

Las unidades que alcancen peores valores de eficiencia cuando se las evalúa con los pesos del resto de unidades eficientes serán clasificadas como no robustamente eficientes, y corresponderán a casos particulares de eficiencia.

III. Análisis empírico

III. 1. EVIDENCIAS ANTERIORES

En este epígrafe se realiza una revisión de la literatura sobre estudios de productividad de los centros públicos de investigación en el proceso de transferencia de conocimiento y tecnología. Se estudian con especial profundidad aquellos trabajos en los que se ha utilizado el Análisis Envolvente de Datos como herramienta, así como los trabajos sobre el comportamiento de las universidades y de las Oficinas de Transfencia de Resultados de Investigación en España. Por último, se analizan las fuentes de información disponibles sobre la actividad de transferencia.

III.1.1. Revisión de la literatura

Los factores que influyen en la productividad de la transferencia de conocimiento de las universidades y los centros públicos de investigación han sido objeto de estudio de numerosos trabajos, algunos de los cuales se recogen en este epígrafe. En muchos casos el análisis del comportamiento o la eficiencia de los centros públicos de investigación en el proceso de transferencia de conocimiento se realiza a través del análisis de sus Oficinas de Transferencia de Tecnología.

III.1.1.a. ¿Cómo medir la productividad de los centros públicos de investigación en el proceso de transferencia?

Contexto internacional

La mayoría de los estudios sobre productividad de las universidades y los centros públicos de investigación se ha realizado a partir de los datos de la encuesta de la Association of University Technology Managers (AUTM) y son, por tanto, relativos al proceso de transferencia en Estados Unidos.

En lo referente a Europa, en los últimos años diversos autores han analizado diferentes aspectos del proceso de transferencia en universidades europeas, como Chapple et al. (2005) en Reino Unido, Debackere y Veugelers (2005) y Conti y Gaulé (2008 y 2011) en Europa, Muscio (2010) en Italia, Grimm y Jaenicke (2010) en Alemania, De Vicente et al. (2007 y 2008) y Caldera y Debande (2010) en España.

Asimismo, organismos como la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), la Association of European Science and Technology Transfer Professionals (ASTP) y ProTon Europe han desarrollado encuestas sobre actividades de transferencia con el fin de perfilar la situación en Europa, ya que resulta fundamental la definición de ratios o medidas que permitan comparar la actividad de transferencia en todos los países de la Unión Europea⁴⁹, y también para establecer comparaciones entre Estados Unidos y Europa.

⁴⁹ En el epígrafe III.1.2 se describen algunas encuestas sobre actividades de transferencia.

A pesar de ello la situación de la transferencia en Estados Unidos es mucho más clara que en Europa o en cualquier otra parte del mundo, ya que cuentan con una amplia experiencia en recogida de información y con numerosos artículos de investigación sobre el tema.

Las universidades europeas generan menos invenciones y patentes que las norteamericanas, debido a una gestión menos profesional y sistemática del conocimiento y de la propiedad intelectual (Comisión Europea, 2007). Aunque las universidades europeas presentan un buen comportamiento en cuanto a la producción de outputs de investigación, no lo tienen en cuanto a transferencia de estos outputs a la economía, lo que se conoce como “La Paradoja Europea”.

Existen pocos estudios comparativos entre la actividad de transferencia de Estados Unidos y Europa. Siegel et al. (2008) realizaron un estudio comparativo de la eficiencia de las universidades de Estados Unidos y de Reino Unido, concluyendo que las primeras eran más eficientes en términos de transferencia. Por su parte, Conti y Gaulé (2011) analizaron las diferencias organizacionales entre las OTT de EEUU y Europa que explicarían el menor nivel de ingresos por licencias de las universidades europeas, concluyendo que la experiencia de la OTT es el factor clave.

Estudios de productividad

La eficiencia y la productividad de las oficinas de transferencia puede ser medida de numerosas formas. El método más simple sería el de elaborar un ranking basándose únicamente en datos de outputs, como ingresos por licencias, o ingresos por comercialización de resultados de investigación. Por ejemplo, Blumenstyk (2005) publicó un artículo sobre transferencia de tecnología que contenía un ranking de 54 universidades basado en ingresos por licencias.

Sin embargo, la mayoría de los trabajos que analizan la productividad de las OTT y universidades en lo referente a transferencia de conocimiento están contruidos a partir de indicadores de inputs y de outputs relativos a dicha actividad (Phan y Siegel, 2006). Según Siegel y Phan (2005) y Phan y Siegel (2006), la técnica no paramétrica del Análisis Envolvente de Datos (DEA) y la técnica paramétrica de Estimación Estocástica de la Frontera (SFE) son las herramientas más utilizadas a la hora de evaluar la eficiencia de las universidades, sobre todo en actividades relacionadas con la protección del conocimiento.

El DEA, al ser un método no paramétrico, no requiere de una especificación previa de la función de producción ni de la frontera, además de que permite trabajar con numerosos outputs. Presenta algunas limitaciones que han sido tratadas en profundidad en el capítulo II de esta investigación.

En los estudios relativos a la productividad de las OTT en cuanto a protección del conocimiento, es frecuente que se realicen mediante la obtención de la frontera eficiente a partir de la función de producción (Siegel et al., 2007).

Los inputs

Para analizar la transferencia de conocimiento se suelen considerar como inputs tanto los datos relacionados con el centro de investigación como con la oficina de

transferencia, incluyendo aspectos como tamaño y recursos de la universidad así como antigüedad, empleados, experiencia y sistemas de incentivos de las oficinas de transferencia.

A este respecto, autores como Siegel et al. (2001, 2003 y 2008), Thursby y Kemp (2002), Markman et al. (2004), Chapple et al. (2005) y Anderson et al. (2007), entre otros, demostraron que los factores organizacionales en universidades y en oficinas de transferencia son determinantes en la productividad del proceso de transferencia.

Existen otros factores, como las características específicas de la región en la que está implementada la OTT, que tienen gran influencia en la actividad de transferencia. Si hay presencia de empresas tecnológicas o innovadoras en la región, estas influirán en la producción científica del centro, ya que demandarán resultados de investigación y se facilitará la actividad de transferencia.

Autores como Anselin et al. (1997) y Audretsch y Feldman (1996) concluyeron que a mayor proximidad del centro con empresas de alta tecnología, mayor es la influencia de este factor. Otras características del centro, como la orientación de la investigación y la calidad de la producción científica también influyen en la productividad.

Los outputs

Como outputs suelen considerarse el número de licencias y de patentes y los ingresos asociados a ellas. Existen numerosos trabajos que estudian la productividad de las OTT en términos de número de licencias y de ingresos por licencia, que en su mayoría analizan el funcionamiento de las OTT en Estados Unidos (Thursby et al., 2001; Siegel et al., 2003; Jensen y Thursby, 2001; Thursby y Thursby, 2002; Di Gregorio y Shane, 2003; Belenzon y Schankerman, 2007; entre otros). Chapple et al. (2005) y Macho-Stadler et al. (2007) estudiaron este tema en universidades europeas.

Cabe señalar que se aprecian diferencias a la hora de medir la productividad o el rendimiento de las oficinas de transferencia en base a outputs relativos a licencias.

Por una parte autores como Bray y Lee (2000), Bercovitz et al. (2001) y Jensen et al. (2003) proponen tener en cuenta el número de acuerdos de licencia y los ingresos por licencias como variables fundamentales para medir su productividad. Estos dos últimos autores consideran el número de comunicaciones de invención o el número de acuerdos de investigación directamente como medida de la productividad, mientras que para otros autores como Thursby y Thursby (2002) y Chapple et al. (2005) representan el paso previo a la medición de dicha productividad.

Si se pretende estudiar la eficiencia en transferencia de conocimiento de un centro o universidad, es importante trabajar con outputs que recojan también información referente al número de spin-off y de start-up. En los últimos años se ha producido un incremento importante⁵⁰ en el número de empresas de base tecnológica y esto ha desembocado en la realización de varios estudios sobre transferencia basada en spin-off

⁵⁰ Según la AUTM (2010) el número de start-up en Estados Unidos pasó de 35 en 1980 a 651 en 2010.

y start-up, analizando para ello la actividad de las OTT, las universidades y los emprendedores.

Link y Scott (2005), en su trabajo sobre la creación de spin-off, concluyeron que cuanto más actividad investigadora haya en una universidad más intensidad innovadora presenta esta, y más se favorece la implementación de empresas de base tecnológica en las proximidades del centro.

En las tablas 33 y 34, en las que se completan los trabajos de Phan y Siegel (2006), Siegel et al. (2007) y Fukugawa (2009), se recogen los principales estudios empíricos sobre productividad y comportamiento de las OTT y sobre los factores que influyen en la transferencia de conocimiento de la universidad a la empresa, así como los trabajos realizados sobre creación de empresas de base tecnológica universitarias.

Tabla 33. Selección de estudios sobre productividad o eficiencia de centros públicos de investigación

Autores	Datos	Unidades	Metodología	Conclusiones principales
Jensen y Thursby (2001)	N/A	N/A	Análisis teórico	La implicación de los investigadores en las actividades de licencia incrementa la posibilidad de éxito.
Thusby et al. (2001)	AUTM (1996) y encuesta propia	135 universidades	Análisis descriptivo de la encuesta y Análisis de Regresión	Las comunicaciones de invención se producen cuando están aún poco desarrolladas; los investigadores tienden cada vez más a comunicar sus invenciones.
Bercovitz et al. (2001)	AUTM y casos de estudio, entrevistas	3 universidades	Análisis cualitativo y cuantitativo	Análisis de diferentes estructuras organizativas en transferencia de tecnología en las universidades de Duke, Johns Hopkins y Penn State. Las diferencias en estructura pueden estar relacionadas con el comportamiento en transferencia de tecnología.
Thursby y Kemp (2002)	AUTM (1991-96)	112 institutos	Análisis Envolvente de Datos (DEA) y Regresión Logit	Son pocas las licencias que producen royalties. La calidad del centro y el número de empleados de la OTT influyen positivamente en varios outputs; las universidades privadas son más eficientes que las públicas; las universidades con facultad de medicina son menos eficientes.
Thursby y Thursby (2002)	AUTM (1994-98) y encuesta sobre universidades que licenciaron invenciones universitarias	64 universidades	Análisis Envolvente de Datos (DEA)	El incremento del número de licencias y de patentes puede deberse a la mayor disposición del personal investigador hacia esas actividades, y al aumento de la confianza empresarial en la I+D externa, no a un cambio hacia una investigación más aplicada.
Friedman y Silberman (2003)	AUTM, NSF, NRC, Milken Institute "Tech-Pole" Data		Análisis de Regresión y Estimación de Sistemas de Ecuaciones	Royalties elevadas para investigadores están relacionadas con ingresos por licencias más elevados.
Carlsson y Fridh (2002)	AUTM		Análisis de Regresión Lineal	Gasto en investigación, comunicación de invenciones y antigüedad tienen un efecto positivo en licencias.
Siegel et al. (2003)	AUTM, NSF y datos censales de EEUU, entrevistas	113 universidades	Análisis descriptivo, Estimación Estocástica de la Frontera (SFE) y entrevistas	Las OTT muestran retornos constantes a escala frente al número de licencias, retornos crecientes a escala frente a ingresos por licencias; factores organizacionales y de entorno tienen un considerable poder explicativo.
Lach y Schankerman (2004)	AUTM, NSF, NRC		Análisis de Regresión	A mayor participación en los royalties por parte de los investigadores, mayores ingresos por licencias se consiguen en la institución.
Chapple et al. (2005)	HESA (2002)	50 universidades	Análisis Envolvente de Datos (DEA) y Estimación Estocástica de la Frontera (SFE)	Las OTT británicas presentan retornos decrecientes a escala y un nivel bajo de eficiencia absoluta; factores organizacionales y de entorno tienen considerable capacidad explicativa sobre este resultado.

Autores	Datos	Unidades	Metodología	Conclusiones principales
Link y Siegel (2005)	AUTM, NSF y datos censales de EEUU, entrevistas		Análisis de la Productividad Total de los Factores (TFP) y Análisis Estocástico de la Frontera (SFA)	Las <i>Land Grant Universities</i> son más eficientes en transferencia de tecnología; a mayor participación en los royalties por parte de los investigadores, más eficiencia en actividades de licencias.
Debackere y Veugelers (2005)	Entrevistas y encuestas	11 universidades europeas	Estudio de casos	Universidades que dan un elevado porcentaje de royalties a investigadores son más eficientes en transferencia. Un factor de éxito es el “ <i>descentralized management style</i> ”.
Markman et al. (2005 b)	AUTM (1999-2000) y encuesta propia		Análisis de Regresión Lineal	Existen tres determinantes en el tiempo de comercialización: los recursos de la OTT, competencias para identificar licencias y participación de los investigadores en el proceso de licencia.
Chukumba y Jensen (2005)	AUTM (1993-2002)	110 universidades	Modelo Binomial Negativo (NBM)	Las universidades con mayor calidad investigadora producen más licencias y más ingresos por licencias.
Anderson et al. (2007)	AUTM (2004)	54 universidades	Análisis Envolvente de Datos (DEA) y Análisis Descriptivo. Análisis de Regresión.	7 universidades resultaron ser eficientes. Se analizaron algunos resultados significativos pertenecientes a universidades que presentaban diferencias significativas en los rankings de beneficios y eficiencia. No se encontró evidencia en la relación entre el carácter público o privado de la institución y su eficiencia. Se encontró evidencia débil en la relación de la eficiencia y la presencia de facultad de medicina en la universidad.
De Vicente y Oliva et al. (2007)	Cuestionarios de las OTRI (CICYT). Año 2003.	127 OTRI	Análisis Envolvente de Datos (DEA) y Electre III	33 oficinas de transferencia resultaron ser eficientes. Se obtuvo un ranking de las 127 oficinas analizadas, de más a menos eficiente.
Siegel et al. (2008)	AUTM (2001) y encuesta a universidades de Reino Unido (datos de 2001).	83 universidades americanas y 37 universidades británicas	Estimación Estocástica de la Frontera (SFE) y Análisis de Regresión	Las universidades americanas son más eficientes que las británicas y el proceso de producción está caracterizado por retornos constantes o decrecientes a escala. Las universidades con facultad de medicina e incubadora de empresas están más cerca de la frontera de eficiencia.
De Vicente et al. (2007)	Cuestionarios de las OTRI (CICYT). Año 2003.	127 OTRI	Análisis Envolvente de Datos (DEA) y Electre III	33 oficinas de transferencia resultaron ser eficientes. Se obtuvo un ranking de las 127 oficinas analizadas, de más a menos eficiente.

Autores	Datos	Unidades	Metodología	Conclusiones principales
Siegel et al. (2008)	AUTM (2001) y encuesta a universidades de Reino Unido (datos de 2001).	83 universidades americanas y 37 universidades británicas	Estimación Estocástica de la Frontera (SFE) y Análisis de Regresión	Las universidades americanas son más eficientes que las británicas y el proceso de producción está caracterizado por retornos constantes o decrecientes a escala. Las universidades con facultad de medicina e incubadora de empresas están más cerca de la frontera de eficiencia.
De Vicente et al. (2008)	Encuesta RedOTRI 2005	55 OTRI universitarias	Análisis Envoltante de Datos (DEA), Electre III y Electre TRI	De las 55 universidades analizadas, 11 resultaron ser robustamente eficientes en la actividad de transferencia de conocimiento. Estas unidades robustamente eficientes no presentan un comportamiento óptimo únicamente en sus circunstancias concretas, sino que también lo presentarían en las circunstancias de las otras unidades eficientes analizadas.
Lach y Schankerman (2008)	AUTM (1991-99), NRC survey ⁵¹ (1993), páginas web de las oficinas de licencias.	68 universidades públicas y 34 universidades privadas	Métodos de Escalamiento	Las universidades que dan más royalties a sus investigadores obtienen mayores ingresos por licencias. Los royalties interesan tanto en dinero como en ayuda a la investigación. El impacto de los incentivos es mayor en los centros públicos que en los privados. El primer resultado de la existencia de incentivos es el incremento de la calidad más que de la cantidad de invenciones.
Fukugawa (2009)	Entrevistas con directores de centro y con gestores de la propiedad intelectual		Análisis de la encuesta y estimación Tobit	El número de doctores está directamente relacionado con el incremento en patentes. Resulta fundamental conocer las necesidades de tecnología y conocimiento de las empresas para incrementar los ingresos por licencias, por ello son necesarios cambios organizativos que promuevan el desarrollo de recursos humanos que comuniquen las necesidades del tejido industrial a los centros públicos de investigación.
Caldera y Debande (2010)	RedOTRI y datos del INE	52 universidades	Análisis de Regresión Lineal	Universidades en las que existen políticas sobre transferencia presentan mejor comportamiento en esta actividad que en las que no existen. A mayor participación en los royalties por parte de los investigadores, mayor ingresos por licencias. La existencia de políticas relacionadas empresas de base tecnológica y el fácil acceso a capital riesgo por parte de los investigadores favorecen la creación de spin-off.
Conti y Gaulé (2011)	AUTM (2006) y encuesta a universidades del oeste de Europa.	154 universidades americanas y 211 universidades europeas	Análisis Descriptivo de la encuesta y Análisis de Regresión	Las universidades europeas no licencian menos que las americanas pero sí ingresan menos por sus licencias. Las causas pueden ser las diferencias entre las oficinas de transferencia, que en el caso de las americanas cuentan con personal con mayor experiencia y que parece gestionar los presupuestos con más flexibilidad.

⁵¹ National Survey of Graduate Faculty conducted by the National Research Council (NRC)

Tabla 34. Selección de estudios sobre creación de empresas de base tecnológica universitarias

Autores	Datos	Metodología	Principales conclusiones
Lockett et al. (2003)	Encuestas a OTT de Reino Unido	Encuestas cuantitativas y cualitativas	Las universidades en las que se crean la mayoría de spin-off y start-up tienen estrategias definidas al respecto, amplia experiencia emprendedora y contactos sociales.
Di Gregorio y Shane (2005)	AUTM	Ecuaciones de Estimación Generalizadas (GEE)	La calidad investigadora favorece la creación de empresas de base tecnológica; la participación en royalties no favorece a la creación de EBTs.
O'Shea et al. (2005)	AUTM	Análisis de Regresión	El éxito previo de una universidad en transferencia de tecnología es un factor determinante en la creación de empresas de base tecnológica.
Lockett y Wright (2005)	Encuestas a OTT de Reino Unido	Análisis de Regresión	El ratio de formación de EBTs está directamente relacionado con el gasto en protección del conocimiento, la capacidad de desarrollo de negocio de las OTTs y en cuánto favorecen los royalties a los investigadores.
Clarysse et al. (2005)	Entrevistas y datos descriptivos	Análisis de los datos obtenidos	Identificaron cinco modelos de incubación de empresas.
Markman et al. (2005 a)	AUTM y encuesta propia	Análisis de regresión lineal	Las combinaciones más atractivas de la etapa de la tecnología y la estrategia de licencias para la creación de nuevas empresas –etapa temprana de la tecnología y actividad de licencia por igual- tienen menos probabilidad de ser favorecidos por la universidad, debido a la aversión al riesgo y a un enfoque basado en la maximización de los ingresos a corto plazo.

Fuente: elaboración propia a partir de los trabajos de Phan y Siegel (2006, Siegel et al. (2007) y Fukugawa (2010).

Determinantes de la productividad de las OTT

En el trabajo de Rothaermel et al. (2007) se realiza un análisis de la literatura relativa a la universidad emprendedora en el cual se analizan 173 artículos publicados en revistas académicas que son agrupados en cuatro bloques: investigación en los centros universitarios, productividad de las oficinas de transferencia, creación de nuevas empresas y análisis del entorno, incluyendo redes de innovación.

El segundo de estos bloques tiene especial relevancia en este trabajo, ya que en él se describen brevemente 16 estudios relativos a la productividad y eficiencia de las oficinas de transferencia.

Mediante este análisis se identifican los factores que explican dicha productividad, como son la estructura y el personal, los distintos mecanismos de transferencia, la naturaleza del conocimiento o la tecnología transferida, el sistema universitario y otros factores externos.

En lo referente a la estructura de las oficinas de transferencia, aspectos como las relaciones jerárquicas, el grado de autonomía, la política de incentivos o la estrategia de comercialización afectan al rendimiento de las OTT (Bercovitz et al., 2001; Markman et al., 2005b).

Otra parte de los artículos considerados hacen referencia al personal de la OTT como facilitadores de la transferencia de tecnología. De los trabajos de Chapple et al. (2005), Jensen et al. (2003) y Siegel et al. (2003) puede extraerse como los trabajadores de las OTT tienen a veces dificultades para convencer a los investigadores de comunicar sus invenciones y para conseguir que se involucren en el proceso de desarrollo de estas invenciones en colaboración con la industria.

Otro desafío para el personal de las oficinas de transferencia consiste en la organización de su estructura, con el fin de equilibrar los objetivos de las distintas partes implicadas en el proceso de transferencia, como son el centro de investigación, los investigadores y la industria (Jensen et al., 2003; Siegel et al., 2003). En Siegel et al. (2003) se menciona como en las oficinas de transferencia se ha empezado a contratar personal procedente del mundo académico y también del empresarial con el objetivo de contar con equipos multidisciplinares y competentes.

En cuanto a los factores externos que pueden afectar a la productividad de las oficinas de transferencia, del trabajo de Thursby et al. (2001) y Markman et al. (2005b) se extrae que el estado de la tecnología o la etapa en que se encuentra se relaciona con el número de divulgaciones de invención y con la estrategia de comercialización. Por otra parte, los recursos tangibles e intangibles de la universidad y del área donde se encuentra esta se consideran inputs a la hora de medir la eficiencia de las oficinas de transferencia (Siegel et al., 2003; Chapple et al., 2005).

En el trabajo de Markman et al. (2005a) se indica que la productividad de las oficinas de transferencia está relacionada con la rapidez en el proceso de comercialización de las invenciones. Esta rapidez viene determinada por los recursos de la OTT, su capacidad

para identificar posibles licencias y por la participación de los investigadores en el proceso de obtención de dichas licencias.

III.1.1.b. Aplicación del Análisis Envoltente de Datos en la evaluación de la eficiencia de la transferencia de conocimiento

A continuación, se examinarán algunos de los estudios que analizan la eficiencia de las oficinas de transferencia con el objetivo de dar constancia de la aplicación de esta técnica al ámbito de estudio de este trabajo.

Thursby y Kemp (2002): “Growth and productive efficiency of university intellectual property licensing”

Los autores analizaron en su trabajo la productividad global de las universidades de Estados Unidos en cuanto a licencias, así como la productividad individual de cada una de ellas, enfatizando en la actividad de comercialización. Para ello aplicaron el Análisis Envoltente de Datos combinado con análisis de regresión.

En este trabajo fue analizada la productividad de un total de 112 universidades durante el periodo 1991 – 1996. Como fuente se utilizó la encuesta de la AUTM, cuyos datos se completaron con la encuesta del National Research Council (NRC), de la que se extrajeron algunos inputs.

Los outputs seleccionados fueron extraídos en su totalidad de la encuesta de la AUTM: número de licencias ejecutadas, investigación financiada por la industria, número de solicitudes de patentes, número de comunicaciones de invención y derechos por licencias recibidos. De la misma encuesta se extrajeron dos inputs: apoyo federal y número de empleados de la OTT. Los autores consideraron que las disciplinas ofrecidas por la universidad juegan un papel importante en la productividad de las mismas, ya que algunas áreas, como ingeniería o biomedicina, son más proclives a producir resultados de investigación atractivos para la industria. Consideraron también dos variables de entorno: la existencia de una facultad de medicina y el carácter público o privado de la institución.

Los autores reconocen una debilidad en su análisis ya que combinan inputs y outputs referentes a distintos momentos de tiempo, ya que los derechos por licencias obtenidos en un año provienen de licencias obtenidas en el pasado. Sin embargo indican que al estudiar el comportamiento de las OTT en un periodo de seis años se reducen los posibles errores a este respecto.

Mediante la aplicación de un DEA orientado a outputs se obtuvieron 54 universidades eficientes y 58 ineficientes. Posteriormente aplicaron análisis de regresión para relacionar las puntuaciones de eficiencia con los niveles de todos los outputs comerciales y de los inputs. Asimismo, examinaron los cambios en la productividad de la actividad comercial de las universidades a lo largo del tiempo.

Entre las conclusiones más relevantes de este trabajo, se identificó un alto grado de ineficiencia, debido en parte a que algunas universidades no estaban especializadas en

outputs relacionados con licencias, sino que centraban su actividad en la docencia y la investigación.

Como en otros estudios, se encontró que los derechos por licencia recibidos estaban relacionados con pocas licencias y estaban muy sesgados con respecto a las universidades. Asimismo, las universidades ineficientes estaban más próximas a las eficientes en cuanto a *royalties* o derechos por licencia recibidos, que en lo referente a cualquier otro output.

La calidad del centro y el número de empleados de la OTT influyen positivamente en varios outputs. En lo referente a las variables de entorno, encontraron que las universidades privadas son más eficientes que las públicas, y que las universidades con facultad de medicina son menos eficientes.

Por otra parte, se detectó un crecimiento sustancial en la actividad comercial de las universidades americanas en el periodo analizado, que los autores atribuían tanto a las propias universidades, que eran más activas en comercialización, como a las empresas que cada vez estaban más dispuestas a adquirir nueva tecnología.

No obstante, los autores dejaron abiertas algunas cuestiones sobre la causa del incremento de la actividad comercial de las universidades, como por ejemplo, si este crecimiento dependía de recursos externos, de la experiencia y la habilidad de las universidades en lo relativo a licencias; o de la creciente demanda por parte de las empresas de transferencia de conocimiento y tecnología.

Thursby y Thursby (2002): “Who is selling the ivory tower? Sources of growth in university licensing”

En este trabajo se llevaron a cabo dos análisis de las causas del incremento en la producción de licencias. Por una parte, se realizó un análisis de productividad sobre una muestra de 64 universidades, en el que los datos utilizados procedían de la encuesta de la AUTM de los años 1994 – 1998. Por otra parte, se llevó a cabo una encuesta a empresas que licenciaron invenciones universitarias en el periodo 1993 – 1997. Los resultados de esta encuesta completaron los obtenidos con el análisis de productividad, ayudando a definir los factores que incentivan la generación de licencias.

Los autores propusieron un modelo de transferencia de tecnología desarrollado en tres etapas. Cada una de ellas comprendía varios inputs y un único output. Las tres etapas seguían la secuencia de pasos que generalmente se siguen en el proceso de generación de licencias.

En la primera etapa el output son las comunicaciones de invención, y los inputs vienen dados por los investigadores que creen que sus resultados pueden tener interés comercial, por la financiación pública y privada y por los empleados de la OTT.

En la segunda etapa las comunicaciones de invención pasan a considerarse como input junto a la capacidad de los investigadores para reconocer invenciones patentables, siendo el output considerado el número de solicitudes de patente.

En la tercera etapa, las comunicaciones de invención y las solicitudes de patente son utilizadas como inputs junto a otros datos relativos a licencias, para producir opciones y acuerdos de licencia como output.

Los autores utilizaron técnicas no paramétricas desarrolladas por Färe et al. (1994) basadas en el análisis envolvente de datos, con el fin de examinar el aumento de la productividad. Mediante el DEA se estableció la frontera eficiente para cada año y cada una de las etapas del modelo, y posteriormente la situación de cada universidad con respecto a la frontera eficiente. A partir de estos datos se midió la variación de la productividad total año a año para cada universidad.

Los resultados obtenidos indicaban que el incremento en el número de licencias se debe principalmente a una mayor disposición del personal investigador a licenciar y al aumento de la confianza empresarial en la I+D externa, más que a un cambio en la investigación universitaria.

Al indicar los motivos del aumento de su interés en las invenciones universitarias, los encuestados valoraron los cambios en su confianza en la I+D externa, así como una mayor receptividad de la universidad con respecto a los contratos industriales, más que la orientación de la investigación universitaria hacia las necesidades de las empresas.

Por su parte, los autores indicaron que el incremento en las solicitudes de patentes podía deberse a una mayor intención por parte de la universidad de comercializar sus resultados de investigación, aunque también podría deberse, según los autores, al aumento de las invenciones.

Chapple, Lockett, Siegel y Wright (2005): “Assessing the relative performance of U.K. university technology transfer offices: parametric and non-parametric evidence”

En el trabajo de Chapple et al. se realizó una extensión de los estudios previos sobre el comportamiento de las oficinas de transferencia de las universidades desarrollados por Thursby y Kemp (2002) y Siegel et al. (2003), introduciendo dos novedades. Por una parte, los autores realizaron el primer análisis sobre las OTT del Reino Unido, y por otra, utilizaron de forma simultánea técnicas paramétricas y no paramétricas. Los autores compararon el análisis envolvente de datos con la estimación de la frontera estocástica, obteniendo una medida más robusta de la productividad relativa.

En lo referente a las universidades analizadas, los datos provenían de una encuesta realizada a las 122 universidades que ofrecían un mejor comportamiento en cuanto a ingresos por investigación. Se identificaron utilizando la publicación de la Higher Education Statistics Agency (HESA) titulada *Resources of Higher Education Institutions (2000/2001)*.

Un total de 98 universidades respondieron a la encuesta, aunque solo 50 de estas completaron la totalidad de los campos. El estudio se realizó sobre estas 50 y se incluyeron además datos parciales de las 48 restantes con el fin de ofrecer resultados más representativos.

En lo referente a la aplicación del análisis envolvente de datos, los autores optaron por seleccionar tres inputs y dos outputs, siguiendo a Siegel et al. (2003). Como inputs

consideraron el número de comunicaciones de invención en el año, empleados en EDP de la OTT y costes legales externos asociados con la protección y comercialización de la propiedad intelectual. En cuanto a los outputs, se consideraron el número anual de acuerdos de licencia y los ingresos anuales generados por la cartera de licencias de la universidad.

Cabe señalar que realizaron un segundo DEA en el que sustituyeron el input “número de comunicaciones de invención” por los gastos totales relacionados con las invenciones, obteniendo niveles más bajos de eficiencia. En ambos casos el modelo DEA utilizado estaba orientado a outputs.

Los autores identificaron los outliers mediante el test de distancia de Cook y los eliminaron de la muestra, obteniendo puntuaciones mayores de eficiencia. Sin embargo desearon esta posibilidad ya que de esa forma no consideraban algunas universidades líderes en investigación.

Se consideraron como variables organizacionales la antigüedad de la oficina de transferencia y la existencia de facultad de medicina en la institución. A diferencia de Siegel et al. (2003) no incluyeron como factor externo el carácter público o privado de la universidad ya que en Reino Unido la mayoría de las universidades son públicas. Incluyeron también como factores de entorno regionales el PIB de la región y la intensidad en I+D de las empresas industriales.

Como conclusión se observó que las universidades británicas presentaban niveles de eficiencia relativamente bajos además de un comportamiento heterogéneo en cuanto a eficiencia relativa, tanto en el análisis paramétrico como en el no paramétrico, en contraste con las universidades americanas (Siegel et al., 2003). Los autores afirmaron que factores organizacionales y de entorno aportan información sobre las variaciones de comportamiento de las universidades. Por ejemplo, las OTT más antiguas resultaron ser menos productivas debido a la ausencia de efectos de aprendizaje. Por otra parte, universidades situadas en regiones con altos niveles de I+D y PIB obtuvieron ratios de eficiencia mayores. Asimismo, sugieren que las universidades que contaban con una facultad de medicina presentaban un comportamiento más eficiente.

Anderson, Daim y Lavoie (2007): “Measuring the efficiency of university technology transfer”

Con este trabajo los autores pretendían aplicar el análisis envolvente de datos a las universidades americanas con el fin de demostrar su relevancia como herramienta de medida de la eficiencia, y de obtener una clasificación de oficinas de transferencia que permitiera distinguir entre eficientes e ineficientes. Otro de sus objetivos consistía en analizar si factores como la presencia de una facultad de medicina o el carácter público o privado de la universidad tenían influencia en la medida de eficiencia alcanzada por la unidad analizada.

En total se analizaron 54 universidades con datos procedentes de la encuesta de The Chronicle of Higher Education (Blumenstyk, 2005). El conjunto de variables estaba formado por un único input, el gasto total en investigación, y cinco outputs: ingresos por licencias, licencias y opciones ejecutadas, número de empresas de base tecnológica creadas, número de solicitudes de patente y número de patentes concedidas.

Anderson et al. (2007) hicieron referencia a los problemas de diferencia temporal de los datos, tema sobre el que trataron también Thursby y Kemp (2002) y Thursby y Thursby (2002). Los autores estudiaron la correlación existente entre los inputs de distintos años y encontraron una elevada relación entre los datos, por lo que optaron por trabajar con los del año 2004, ya que el resultado no variaría si se utilizasen datos de años anteriores.

Se aplicó un DEA orientado a outputs y se introdujo una restricción a los pesos mediante la cual el peso de una concesión de patente tenía al menos 5 veces el peso de una solicitud de patente.

Un total de 7 universidades resultaron ser eficientes, mientras las 47 restantes presentaban algún grado de ineficiencia. En el estudio se analizaron algunos resultados significativos pertenecientes a universidades que ocupaban puestos distantes en el ranking basado en beneficios por investigación y en el ranking de eficiencia. Los autores presentaron datos sobre los outputs target para algunas universidades ineficientes, formados por combinaciones lineales de las 7 universidades eficientes.

Posteriormente se realizó un análisis de regresión para comprobar si los factores mencionados anteriormente, presencia de facultad de medicina y carácter público o privado de la universidad, tenían influencia en la puntuación obtenida con la aplicación del DEA. En lo referente a la privacidad o carácter público del centro no se encontró evidencia de relación con la eficiencia, y en el caso de la presencia de facultad o escuela de medicina se encontró una evidencia débil.

Los autores dejaron abiertas futuras líneas de investigación basadas en examinar características adicionales de las OTT, como plantilla, sistemas de incentivos y políticas de propiedad intelectual. Asimismo, señalaron que sería interesante determinar si existe un tamaño mínimo de oficina de transferencia tal que si la OTT es más pequeña no es posible que participe en el proceso de transferencia con éxito. Por otra parte, sugirieron incluir características regionales. Por último, destacaron el interés de estudiar series temporales, planteando la hipótesis de que la puntuación de eficiencia de una universidad no variaría a no ser que se hubiera producido un cambio en su estructura organizativa durante el periodo analizado.

De Vicente, Manera y Guede (2007): “Using MCDA to improve DEA analysis results for Technology Transfer Offices in Spain”

En este trabajo se analizó la eficiencia de las Oficinas de Transferencia de Resultados de Investigación en España mediante la aplicación del Análisis Envolvente de Datos, y se construyó un ranking de eficiencia para el total de las unidades evaluadas con ayuda de la aplicación de métodos de decisión multicriterio.

Este trabajo surgió a partir de un proyecto financiado por el Ministerio de Educación y Ciencia (MEC) mediante el que se pretendía evaluar el Programa de Ayudas a las OTRI. Los autores utilizaron datos del año 2003, procedentes de los cuestionarios que las oficinas de transferencia cumplimentaban con los resultados de su actividad anual y remitían a la CICYT. Se analizó así a un conjunto de 127 OTRI de los cuatro tipos existentes entonces: OTRI universitarias, OPI, Centros Tecnológicos y Fundaciones.

Para la aplicación del DEA se seleccionaron 4 inputs y 9 outputs. Como inputs se consideraron el número de empleados de la OTRI, el número de cursos de formación que se habían impartido en la OTRI, el número de asistentes a estos cursos y los ingresos totales procedentes de la organización, del MEC y de fondos públicos y privados.

Como outputs se consideraron los ingresos totales por proyectos de I+D, el número de solicitudes de patente, otras actividades de protección de la propiedad intelectual, el número de acuerdos de licencia, los ingresos por licencias, el número de proyectos de I+D captados por la OTRI, el número total de proyectos de I+D, el total de ingresos por proyectos de I+D y el número de empresas de base tecnológica creadas ese año.

Se aplicó un DEA orientado a outputs que dio como resultado un total de 33 unidades eficientes. Para incrementar el poder discriminatorio del DEA y poder elaborar un ranking robusto de unidades eficientes, los autores aplicaron un Electre III sobre la matriz de eficiencias cruzadas de las unidades eficientes.

En la aplicación del Electre III se consideraron como criterios las 33 columnas de la submatriz de eficiencias cruzadas. Para asignar los pesos a estos criterios, se procedió de la siguiente forma: para cada uno de estos criterios se calculó el número de OTRI eficientes con ese conjunto de pesos, y el peso del criterio sería el inverso de este número de eficientes.

Trabajando con la matriz de eficiencias cruzadas los autores se aseguraron de que las OTRI que apareciesen clasificadas en primer lugar tendrían un comportamiento eficiente no solo en su caso particular, sino que tendrían también un buen comportamiento si sus pesos fuesen los de las demás OTRI.

De esta forma consiguieron obtener un ranking robusto de las 127 OTRI analizadas respecto a su eficiencia, las unidades eficientes ordenadas con la ayuda del Electre III y las unidades no eficientes con la puntuación de eficiencia obtenida con la aplicación del DEA.

Con esta muestra de trabajos se pretende dar constancia del empleo del Análisis Envoltorio de Datos en el estudio de la eficiencia de los centros públicos de investigación en el proceso de transferencia de conocimiento.

III.1.1.c. Trabajos sobre el comportamiento de las universidades españolas en transferencia de conocimiento

En el trabajo de De Vicente et al. (2008) se analizó por primera vez la eficiencia de las universidades españolas en la función de transferencia de conocimiento. Este trabajo surgió a partir de la realización de un proyecto de evaluación del Programa de Ayudas a las OTRI financiado por el Ministerio de Educación, que arrojó como conclusiones que los comportamientos de los distintos tipos de OTRI existentes en ese momento en el Sistema Español de Ciencia y Tecnología debían de ser analizados por separado debido a su diferente naturaleza y misión.

En De Vicente et al. (2008) se evaluó la eficiencia de 55 OTRI universitarias pertenecientes a la Red de Oficinas de Transferencia de Resultados de Investigación españolas (RedOTRI). Los datos utilizados correspondían a la encuesta RedOTRI 2005.

Los autores aplicaron en primer lugar un DEA orientado a outputs y sin restricciones a los pesos sobre un conjunto de 15 variables, 7 inputs y 8 outputs. Como inputs consideraron el total de empleados de la OTRI, el número de técnicos en la OTRI, los técnicos con experiencia previa de al menos 5 años, el presupuesto total de la OTRI, el porcentaje de este financiado por la institución, el porcentaje procedente de subvenciones y el presupuesto operativo de la OTRI.

Los outputs considerados fueron el número de patentes concedidas por la Oficina Española de Patentes y Marcas en 2005, el número de patentes concedidas por la Oficina Europea de Patentes y por la oficina americana en 2005, el número de licencias que generaron beneficios en 2005, los ingresos procedentes de licencias después de la distribución a otros cotitulares, el número de proyectos públicos de I+D concedidos por empresas u otras organizaciones en 2005, ingresos procedentes de dichos proyectos y número de spin-off creadas en 2005 con la ayuda de la OTRI.

Como resultado de la aplicación del DEA, se obtuvieron 33 OTRI eficientes y 22 OTRI no eficientes. Ante la imposibilidad de introducir restricciones a los pesos que permitiesen discriminar mejor el comportamiento de las OTRI, los autores optaron por aplicar métodos de decisión multicriterio que permitiesen ofrecer una evaluación robusta de la eficiencia.

Se aplicó un Electre III sobre la matriz de eficiencias cruzadas de las unidades eficientes que permitió distinguir qué conjunto de OTRI presentaban un buen comportamiento no solo en su situación concreta, sino también con las condiciones de otras unidades eficientes. Con esto se podrían detectar OTRI que resultaron ser eficientes presentando valores extremos o poco realistas en sus pesos.

Se obtuvo un ranking de las OTRI desde la más a la menos eficiente. Los resultados obtenidos indicaron que las universidades españolas presentaban un comportamiento positivo en cuanto a transferencia de conocimiento, ya que el 60% de ellas resultaban ser eficientes en transferencia. Sin embargo era necesario profundizar en posibles formas de discriminación de unidades eficientes, encontrando una solución que distinguiera entre una universidad robustamente eficiente en transferencia y una universidad eficiente únicamente en su situación concreta.

Se aplicó entonces el Electre TRI al conjunto de unidades eficientes, aunque fue necesario eliminar una de las DMU (la que presentaba la máxima varianza) del conjunto de datos debido a la capacidad de cálculo del programa. Con el enfoque optimista, el total de 32 OTRI eficientes analizadas se dividieron en dos grupos, resultando ser 11 de ellas robustamente eficientes y las 21 restantes no robustamente eficientes.

Con este resultado se pudo dibujar un mapa de la situación de las universidades en la actividad de transferencia de conocimiento.

Por otra parte, Caldera y Debande (2010) llevaron a cabo un análisis empírico sobre el comportamiento de las universidades españolas en transferencia. El objetivo de este

trabajo era investigar el papel de las políticas universitarias en la actividad de transferencia, además de analizar si la existencia de un parque científico en la universidad es un factor determinante a la hora de transferir conocimiento.

El estudio empírico se realizó sobre los datos procedentes de la encuesta RedOTRI de los años 2001 – 2005, que ofrecía datos de 52 de las 71 universidades que había entonces en España. Las variables consideradas fueron número e importe de contratos de I+D, número e importe de contratos de licencia y número de spin-off creadas con el apoyo de la universidad. La encuesta también proporcionó datos sobre políticas universitarias, características de la OTRI y sobre existencia de parque científico.

Los autores completaron esta información con datos sobre personal universitario extraídos de la encuesta de estudios universitarios del INE, y además construyeron tres indicadores de calidad de investigación.

En este estudio se aplicó el análisis de regresión lineal, basándose en un modelo similar al de Lach y Schankerman (2004, 2008) y Chukumba y Jensen (2005). El análisis se realizó mediante la estimación de ecuaciones de comportamiento en las que los productos de transferencia se expresaban en función de tres factores determinantes, las políticas universitarias de transferencia, los intermediarios –OTRI y parques científicos– y las características de la universidad en cuanto a tamaño, calidad de la investigación, carácter público o privado y orientación tecnológica.

Los resultados obtenidos indicaron que las políticas universitarias son determinantes en el comportamiento de las universidades en transferencia. Las universidades que regulan la participación de investigadores en actividades de transferencia presentan un mejor comportamiento que aquellas que no poseen regulación alguna. Asimismo, las universidades que conceden un alto porcentaje de los *royalties* a los investigadores generan más ingresos por licencias.

Las políticas sobre creación de spin-off son determinantes en la creación de estas empresas, así como la posibilidad de obtener financiación mediante fondos de capital riesgo. Por otra parte, las universidades que cuentan con un parque científico presentan un mejor comportamiento en transferencia.

III.1.2. Datos disponibles sobre la actividad de transferencia de conocimiento

Cuando se pretende analizar la transferencia de conocimiento pueden considerarse diferentes fuentes de datos en función de la profundidad que se persiga, como estudios bibliométricos sobre publicaciones, datos sobre patentes, encuestas a empresas y a otras organizaciones y encuestas a oficinas de transferencia y centros públicos de investigación (Comisión Europea, 2009).

Asimismo, datos referentes a publicaciones conjuntas (Narin et al., 1997) o patentes conjuntas (Jaffe et al., 1993) de organismos públicos y privados son consideradas una buena medida de la existencia de vínculos entre los dos sectores.

En lo referente a encuestas realizadas a receptores del conocimiento transferido, la mayoría son dirigidas a empresas y siguen la estructura propuesta en el Manual de Oslo

sobre encuestas de innovación (OCDE, 2005). Por ejemplo, la encuesta Community Innovation Survey (CIS), con metodología basada en el Manual de Oslo, se realiza a empresas con periodicidad cuatrienal siguiendo las directrices de la OCDE para la recogida e interpretación de datos sobre innovación tecnológica.

Según el documento de la Comisión Europea (2009), estas encuestas no suelen recoger información sobre las formas en las que la empresa accede a los resultados de investigación, si mediante publicaciones, contactos informales, contratos a doctores o licencias.

En este sentido se han desarrollado algunas encuestas especializadas, como la encuesta PACE en Europa (Arundel et al., 1995) o la CMS Survey en Estados Unidos (Cohen et al., 2002), que recogen información sobre el tipo de investigación -básica, aplicada o desarrollo tecnológico o experimental- y los instrumentos o canales utilizados para obtener el conocimiento transferido. Su objetivo es captar información desde el punto de vista de las empresas.

Sin embargo, son las encuestas realizadas a las oficinas de transferencia las que aportan información más amplia sobre las actividades de transferencia de los centros de investigación. Las OTT desarrollan un amplio abanico de funciones, como se ha descrito en el capítulo I, por tanto sus trabajadores pueden proporcionar datos fiables sobre los distintos instrumentos en los que se basa la transferencia de cada centro de investigación.

Existen casos en los que la OTT centra su actividad en pocos instrumentos de transferencia y no puede por tanto proporcionar información sobre la actividad global del centro de investigación. Si esto ocurre existe la alternativa de realizar una encuesta a los investigadores del centro, pero esto supone mayor coste debido al elevado número de personal que debe ser contactado.

III.1.2.a. Las encuestas de transferencia de conocimiento en el ámbito internacional

Estados Unidos es indudablemente el país que cuenta con mayor experiencia en lo referente a este tipo de encuestas, ya que se realizan desde 1993. Como se ha mencionado anteriormente, organismos como la OCDE y otras asociaciones europeas han fomentado el desarrollo de encuestas de transferencia en Europa, que permitieran comparar la actividad entre los distintos países miembros. Asimismo, algunos países europeos desarrollan desde hace unos años encuestas nacionales sobre esta materia. A continuación se detallan las encuestas más importantes sobre transferencia de conocimiento y tecnología.

Estados Unidos

- *Licensing Survey* de la AUTM. Constituye el referente en encuestas sobre transferencia de conocimiento. Desarrollada por la Association of University Technology Managers (AUTM), ha recogido información sobre las actividades de transferencia de conocimiento formal de universidades, hospitales e institutos de

investigación de Estados Unidos desde el año 1993. Se han publicado resultados referidos a datos de 1992 hasta 2010.

La encuesta se centra en recoger información referente a procesos de licencias de patentes y a la creación de spin-off. Esto es debido a que la mayoría de los integrantes de la AUTM son oficinas de licencias de patentes de las más destacadas universidades americanas, y debido al contexto de la transferencia en ese país debido a la Bayh-Dole Act, los centros de investigación han centrado su actividad en esos dos instrumentos. También se recogen datos sobre la investigación financiada por empresas, sin embargo, no recoge información sobre contratos de investigación y consultoría, que constituyen un instrumento fundamental en España e Italia, entre otros países.

Europa

- *ProTon Europe Survey*. Desarrollada por la red de oficinas de tecnología de las organizaciones de investigación pública europeas (ProTon Europe). Esta red fue creada en el año 2002 y uno de sus objetivos consistía en la realización de una encuesta a nivel europeo que recogiera los datos de transferencia. La encuesta piloto se lanzó en 2004, y tras una serie de adaptaciones y mejoras fue lanzada con estos cambios en 2005.

La encuesta publicada en 2007 (con datos del año 2006) recogía información completa sobre la actividad de transferencia de cuatro países mediante las redes de oficinas nacionales (Dinamarca, Italia, España y Reino Unido), además de obtener algunas respuestas de 17 universidades pertenecientes a otros países europeos.

La heterogeneidad de los sistemas nacionales de innovación, la estructura institucional y las diferencias conceptuales existentes en las actividades de transferencia entre los distintos países europeos suponen una dificultad, que ProTon Europe intenta superar mediante el establecimiento de unas directrices comunes para recoger la información de la encuesta (Conesa, 2007).

- *ASTP Europe*. Desarrollada por la Association of European Science and Technology Transfer Professionals (ASTP). La encuesta con datos del año 2007 recogió información sobre centros públicos de investigación de 22 países europeos.

Cabe señalar que la AUTM ha desarrollado la Universal Licensing Survey para ser utilizada de forma internacional. La ASTP adoptó esta encuesta para recoger información del año 2009 en Europa.

Países europeos

En lo referente a Europa, se maneja amplia información sobre algunos países como Dinamarca, España, Italia y Reino Unido. Sin embargo, países con gran representatividad en investigación pública como Austria, Bélgica, Finlandia, Alemania, Países bajos y Suecia no contaban en 2009 con una encuesta nacional de transferencia

(Comisión Europea, 2009). Por otra parte, la información disponible sobre transferencia acerca de los nuevos Estados Miembros es muy escasa.

A continuación se describen brevemente algunas encuestas o trabajos que recopilan datos de transferencia en países europeos.

Dinamarca

- *Public Research Commercialization Survey – Denmark*. La encuesta es desarrollada por DASTI, una agencia perteneciente al Ministerio danés de Ciencia, Tecnología e Innovación, que se encarga, entre otras cosas, de las políticas de investigación e innovación y de la interacción entre investigadores e industria. Los datos de la encuesta están disponibles desde 2000, y el último año en que se realizó fue 2010.

España

- *Encuesta RedOTRI*. Desarrollada por la red de oficinas de transferencia españolas (RedOTRI), se trata de una encuesta que se lleva a cabo anualmente. La primera se realizó en 2002 y recogía datos relativos al año 2001, y la última información contiene datos del año 2009. Esta encuesta ha evolucionado siguiendo las directrices de la Comisión Europea, que persigue la obtención de información homogénea que pueda ser comparada entre los distintos países. En el siguiente epígrafe se detallará su contenido en profundidad.

Francia

- *BETA*. Es un estudio realizado gracias a la colaboración de la asociación Le Réseau de Coopération des services Universitaires de Relations Industrielles et Economiques (CURIE), que fue creada en 1991 y está formada por las oficinas francesas de transferencia universitaria, con la Conférence des Présidents d'Université. Recoge datos del periodo 2000 a 2004 y fue publicado en 2006. Comparativamente recoge menos información que sus homónimas europeas, pero estaba prevista una actualización para homogeneizar la información.

Italia

- *NetVal*. Desarrollada por la red italiana de transferencia de tecnología Network per la Valorizzazione della ricerca universitaria in Italia (NetVal), creada en 2002, en el seno de la Conferenza del Rettori delle Università Italiane (CRUI). Se realiza desde 2003, recogiendo información sobre la actividad de las universidades italianas en transferencia de conocimiento.

Reino Unido

- *Higher Education-business and Community Interaction Survey*. Desarrollada por el Higher Education Funding Council of England (HEFCE). Se trata de una encuesta que se realiza a universidades desde el año 2000, recogiendo datos relativos a la tercera misión de la universidad.

- *Survey of knowledge transfer activities in public sector research establishments* (PSRE). Es una encuesta anual que recoge datos cuantitativos e indicadores de calidad de la actividad de transferencia de conocimiento en los centros públicos de investigación. La encuesta fue diseñada y gestionada por el UK Department of Innovation, Universities and Skills (DIUS). La consultora privada Technopolis es la encargada de administrar la encuesta, preparar y analizar los datos y facilitar el informe de resultados. La primera encuesta se realizó en 2003 – 2004.
- *UNICO Survey*. Llevada a cabo por la University Companies Association (UNICO). Recoge desde 2001 datos principalmente relacionados con la explotación de patentes y la creación de spin-off. Su esquema es similar a la de la AUTM, por eso la información que aporta es más limitada que la de la HEFCE. Esto es debido a que la asociación está formada por organismos de transferencia vinculadas a las universidades de Reino Unido, que se especializan en licencias y creación de empresas de base tecnológica.

En la tabla 35, extraída del informe del Grupo de Expertos sobre transferencia de conocimiento de la Comisión Europea para el año 2009 (Comisión Europea, 2010) y actualizada en este trabajo, se resumen las características de mayoría de las encuestas sobre transferencia de conocimiento y tecnología.

Tabla 35. Encuestas periódicas sobre la actividad de transferencia de conocimiento en los centros públicos de investigación

País	Encuesta más reciente	Entidad organizadora de la encuesta	Año de publicación	Año de referencia	Primer año disponible	Respuestas	Unidades encuestadas		
							Universidades	Otros CPI	Hospitales
Países europeos									
Dinamarca	Public research commercialisation survey – Denmark 2010	DASTI	2010	2010	2000	14	√	√	√
España	Informe de la encuesta RedOTRI 2009	Red-OTRI	2010	2009	2002	62	√	√	
Francia	Les activités de valorisation dans les établissements universitaires français - Enquête 2005	CURIE	2006	2004	2000	74	√		

Irlanda	University collaboration on technology transfer: An all-island feasibility study	Inter-Trade	2006	2004-2005	2004-2005	8	√		
Italia	La valorizzazione della ricerca nelle università italiane	NetVal	2011	2009	2003	57	√		
Noruega	Indicators for the commercialisation of research: The case of Norway	NIFU STEP	2008	1998-2004	1998	16	√		
Suiza	Swiss technology transfer - report 2010	swiTT	2010	2009	2005	16	√	√	√
Reino Unido	Higher education business and community interaction survey 2008-09 (HEBCI)	HEFCE	2010	2008-2009	1999-2000	162 ⁵²	√		
Reino Unido	Fourth annual survey of knowledge transfer activities in public sector research establishments (PSRE)	Technopolis for DIUS	2011	2008-2009	2003-2004	132		√	√
Europa									
Europa	The ProTon Europe seventh annual survey report (fiscal year 2009)	ProTon Europe	2010	2009	2004	320	√	√	√
Europa	Final results of the ASTP survey for fiscal year 2008	MERIT for ASTP	2010	2008	2003	99	√	√	√
Estados Unidos									
Estados Unidos	AUTM U.S. licensing activity survey: FY2010	AUTM	2011	2010	1991	183	√	√	√
Otros países									
Australia	National survey of research commercialisation 2008-2009	Australian Government	2011	2008-2009	2003-2004	72	√	√	√
Canadá	AUTM Canadian licensing activity survey: FY2009	AUTM	2010	2009	2000	37	√		√

Fuente: actualizado sobre datos extraídos del Grupo de Expertos sobre transferencia de conocimiento de la Comisión Europea (2010).

Indicadores principales

En el documento de la Comisión Europea (2009) se proponen siete indicadores principales de la actividad de transferencia. Los seis primeros son recogidos por la AUTM, por lo que la mayoría del resto de encuestas sobre transferencia también

⁵² Respuestas en el informe de 2008

proporcionan esta información ya que se han basado en la metodología de la Licensing Survey.

En cuanto al séptimo indicador, la mayoría de encuestas recogen información sobre los vínculos o relaciones existentes entre los centros de investigación y las empresas mediante datos sobre los acuerdos de investigación con empresas. En la tabla 36 se recogen los siete indicadores principales propuestos por la Comisión Europea para medir la actividad de transferencia de conocimiento.

Tabla 36. Indicadores principales sobre transferencia de conocimiento

Área	Indicadores
Potencial de comercialización de la investigación pública	Comunicaciones de invención Solicitudes de patente Concesiones de patente
Uso de la investigación por parte de las empresas	Número de licencias ejecutadas Número de spin-off establecidas Ingresos totales por licencias
Relación entre CI – empresas	Acuerdos de investigación colaborativa

Fuente: elaboración propia a partir del informe de la Comisión Europea (2009)

III.1.2.b. Datos sobre la actividad de transferencia de conocimiento en España. La encuesta RedOTRI

Como se ha mencionado anteriormente, las OTRI surgieron en 1988 como instrumento de la iniciativa gubernamental de dinamizar la colaboración entre los centros públicos de investigación y la industria. Desde sus inicios, las OTRI cumplimentaban de forma anual un cuestionario que contenía información sobre su estructura y actividad. El análisis de estos cuestionarios se incluía cada año en la memoria de desarrollo del Plan Nacional de I+D (Castro et al., 2005; CICYT, 1989 y 2001; Conesa, 1997).

En marzo de 1997 la Asamblea General de la Conferencia de Rectores de Universidades Españolas (CRUE) constituyó la Red de Oficinas de Transferencia de Resultados de Investigación de las Universidades Españolas, RedOTRI de Universidades, con la finalidad de dinamizar la colaboración entre la Universidad y el tejido empresarial, y de valorizar el papel de las universidades como agente fundamental dentro del Sistema Nacional de Innovación.

La RedOTRI, que constituye un Grupo de Trabajo Permanente dentro de la Comisión Sectorial de I+D de la CRUE, creó en 2002 el Grupo de Trabajo de Indicadores, que ha sido el encargado desde su creación del diseño y la elaboración del cuestionario de la Encuesta RedOTRI.

El Grupo de Trabajo de Indicadores diseñó el primer cuestionario en el año 2002, destinado a recoger información relativa al año 2001. La estructura de esta primera encuesta era similar a la de los cuestionarios, antes mencionados, que las OTRI cumplimentaban para dar cuenta de su actividad de forma anual a la CICYT, incorporando además a mayores algunas preguntas que completasen la información sobre la actividad y los resultados de las OTRI.

En el año 2004 el cuestionario fue modificado con el fin de adaptarse al surgido con la iniciativa ProTon Europe, de forma que contenía todas las preguntas de la encuesta europea y mantenía algunas propias del sistema de I+D español.

La estructura de la encuesta RedOTRI se corresponde así con la de la ProTon-Europe Survey, lo que la convierte en una valiosa fuente de información a la hora de posicionar la actividad de transferencia en nuestro país dentro de Europa, ya que permite la comparación de resultados.

Desde el año 2004 la encuesta ha ido adaptándose a los cambios del sistema de I+D+i español, ampliando la información requerida a las OTRI cuando ha sido necesario. Debido a la cada vez más frecuente aparición de otras unidades de gestión de la investigación dentro de las universidades, las OTRI ya no centralizan la gestión de toda la actividad, por lo que se consideró conveniente recoger en la encuesta RedOTRI información relativa a todas las acciones de transferencia desarrolladas por la institución.

Por ello la encuesta RedOTRI constituye la fuente de datos más completa sobre la actividad de transferencia de las universidades españolas, ya que recoge no solo los datos que maneja cada OTRI, sino los de toda la actividad de transferencia que se realiza en la universidad a la que está ligada dicha OTRI.

En el epígrafe que trata sobre los datos utilizados para el análisis empírico se detalla la estructura de la encuesta RedOTRI 2009, de la cual se han extraído los datos para el presente trabajo.

III. 2. ANÁLISIS EMPÍRICO

A continuación se desarrollarán los aspectos relacionados con el análisis empírico llevado a cabo en esta tesis.

III.2.1. Datos utilizados en el análisis empírico

En este epígrafe se describe en primer lugar la encuesta de la cual se han extraído los datos para el análisis empírico y se selecciona la muestra de universidades sobre la que se aplicará dicho análisis. En segundo lugar se realiza la descripción de las de las variables que serán incluidas en el estudio.

III.2.1.a. Procedencia de los datos

La información utilizada en este trabajo fue extraída de la encuesta RedOTRI 2009, elaborada por la red de oficinas de transferencia españolas.

El cuestionario de la encuesta RedOTRI 2009 recogía información sobre 170 variables agrupadas en seis bloques. Los dos primeros hacían referencia a las características de la universidad y de la OTRI, y los restantes a la actividad de transferencia de conocimiento desarrollada por el centro (Informe encuesta RedOTRI 2009). A continuación se enumeran los bloques que la conforman:

1. Información sobre la universidad
2. Información sobre la OTRI
3. Protección del conocimiento
4. Licencias
5. Contratos artículo 83 LOU y colaboración con empresas
6. Creación de spin-off y start-up

La encuesta fue enviada a las 65 universidades miembros de RedOTRI que disponían de oficina de transferencia, aunque en total hay 75 universidades socias de la CRUE. Se obtuvo un total de 58 respuestas, lo que supone un índice de respuesta del 89,2%. De estas, 45 correspondían a universidades públicas y 13 a universidades privadas. En la tabla 37 se puede apreciar el número de universidades públicas y privadas encuestadas y la tasa de respuesta en cada caso.

Tabla 37. Tasa de respuesta de la Encuesta RedOTRI 2009

Encuestados RedOTRI 2009	Públicas	Privadas	Total
Universidades socias CRUE	50	25	75
Universidades encuestadas (miembros de RedOTRI)	49	16	65
Respuestas	45	13	58
Tasa de respuesta	91,8%	81,3%	89,2%

Fuente: elaboración propia a partir del Informe de la Encuesta RedOTRI 2009.

Asimismo, la encuesta fue enviada a 16 Organismos Públicos de Investigación (OPI) y hospitales que son miembros de RedOTRI, de los cuales se obtuvieron 4 respuestas, lo que supone un índice de respuesta del 25%.

Datos utilizados

El fin de este trabajo es evaluar la eficiencia de los centros públicos de investigación en la actividad de transferencia de conocimiento, por lo que se han utilizado únicamente los datos referentes a las universidades públicas.

Desestimamos utilizar los datos relativos disponibles de las OPI debido a la falta de representatividad de los mismos, fruto de la baja tasa de respuesta, a lo que se añade el hecho de que en algunas de las OPI faltara información sobre algunas cuestiones. Por otra parte, se ha considerado que se obtendrían mejores resultados tratando a un grupo homogéneo de instituciones.

Entre las 45 universidades públicas que responden a la encuesta se pueden distinguir 40 universidades generalistas, 4 universidades politécnicas y una universidad a distancia. Ha sido necesario eliminar de la muestra a una de las universidades generalistas debido a la falta de información en alguno de los campos objeto de estudio. Por tanto, la muestra definitiva está formada por 44 universidades públicas.

En el informe de la encuesta RedOTRI 2009 puede consultarse el cuestionario completo.

III.2.1.b. Selección de variables

El análisis en profundidad de la encuesta RedOTRI 2009 descrita en el epígrafe anterior nos lleva a la selección de 6 variables input y 12 variables output.

Este número de variables puede parecer elevado, más aún conociendo el escollo que presenta el Análisis Envolvente de Datos cuando se trabaja con muchas variables, ya que esto disminuye la discriminación del modelo⁵³. Sin embargo, se han considerado estas variables porque se pretendía recoger la mayor cantidad de información referente a los distintos instrumentos de transferencia, tanto en cuantía como en ingresos que generan en los casos en que se dispone de esta información.

⁵³ Consultar epígrafe II.3. "Limitaciones del Análisis Envolvente de Datos"

Para escoger las variables a analizar en este estudio se ha realizado una revisión exhaustiva de la literatura sobre instrumentos de transferencia y actividades de las oficinas de transferencia. Además se han considerado los estudios más relevantes en cuanto a productividad y eficiencia de universidades y centros de investigación en lo relativo a transferencia de tecnología⁵⁴. A continuación se describen brevemente las variables seleccionadas.

Inputs seleccionados

Los recursos seleccionados están relacionados con el tamaño de la universidad, el gasto en I+D de la institución y con características propias de la OTRI.

Relacionados con la universidad

Algunos estudios recientes han determinado que el tamaño de la universidad está directamente relacionado con la actividad de transferencia de conocimiento (Belenzon y Schankerman, 2007). A este respecto se han seleccionado tres variables:

- Personal Docente e Investigador PDI, es el número de personas a 31 de diciembre de 2009 de las categorías PDI escritas en la LOMLOU.
- PDI que ha participado en actividades de transferencia de conocimiento como contratos con empresas, inventores de patentes, emprendedores en empresas de base tecnológica, etc.
- Personal total en investigación en el año (en equivalentes de dedicación plena, EDP).

Relacionados con el gasto en investigación

El gasto en investigación es considerado como input de transferencia en varios estudios (Anderson et al., 2007; Siegel et al., 2008). La variable seleccionada es el gasto total de la universidad en I+D, que es el resultado de la suma de los gastos descritos a continuación.

- Gasto total en I+D, esta cantidad incluye la totalidad del gasto en I+D de la universidad en el año 2009:
 - Gastos en I+D financiados por programas de investigación pública (provenientes de la Unión Europea, de la Administración General del Estado, de financiación autonómica y de otras fuentes)
 - Gastos en I+D financiados mediante investigación contratada, colaborativa, consultoría y servicios técnicos
 - Gastos en I+D financiados con donaciones y subvenciones privadas
 - Gastos en I+D financiados con fondos generales de la universidad

⁵⁴ Desarrollado en epígrafe III.1., sobre estudios anteriores.

Relacionados con la OTRI

La gran mayoría de estudios en los que se utilizan datos de OTT consideran el número de empleados de la oficina como variable. En ocasiones datos como la antigüedad de la OTT, el grado de profesionalización de la plantilla o la existencia de un sistema de incentivos son tenidos en cuenta, aunque en este estudio no se han considerado. En este trabajo se han seleccionado dos inputs que recogen información sobre la OTRI:

- Personal total de la OTRI. Este dato incluye a todos los trabajadores de la OTRI, también al director.
- Presupuesto anual de la OTRI. Es el presupuesto total, que puede estar financiado por la universidad, por subvenciones, por canon por overheads, por retornos de licencias, por retornos procedentes de participaciones en empresas y por otras fuentes.

Outputs seleccionados

Las variables seleccionadas en este caso están relacionadas con los instrumentos para la transferencia de conocimiento y la explotación de los resultados expuestos en el primer capítulo de este trabajo de investigación. La justificación de la elección se completa con el análisis de estudios anteriores sobre productividad en transferencia de conocimiento.

Relacionados con la interacción con terceros en actividades de I+D y apoyo técnico

Los contratos de investigación no han sido considerados en la gran mayoría de estudios analizados. Conti y Gaulé (2008) demostraron que estos contratos eran al menos tan importantes como los contratos de licencia para un gran número de universidades europeas. En trabajos previos de De Vicente et al. (2007 y 2008) y en el trabajo posterior de Caldera y Debande (2010) se ha utilizado el número de contratos de I+D como output.

Las variables utilizadas en este estudio son las relacionadas con el número y el importe total de los contratos artículo 83 de la LOU y los de colaboración con empresas. Se detallan a continuación:

- Número total de contratos de I+D firmados en 2009
- Importe total de contratos de I+D firmados (para la duración total del proyecto).
- Número de contratos de apoyo técnico realizados en 2009.
- Importe de los contratos de apoyo técnico (para la duración total del trabajo realizado).

Relacionados con la protección del conocimiento

Las variables relacionadas con la protección del conocimiento han sido utilizadas en diversos estudios. Por ejemplo, Thursby y Thursby (2002) introdujeron el número de aplicaciones de patentes, Chapple et al. (2005) utilizaron el número de comunicaciones

de invención pero como input, y Anderson et al. (2007) consideraron como output el número de solicitudes de patente y de concesiones de patente.

Los outputs seleccionados relacionados con la gestión de la propiedad industrial e intelectual de la universidad son los siguientes:

- Número de comunicaciones de invención a la OTRI en el año (patentable o no).
- Número de solicitudes de patente prioritaria (nacionales) en el año.
- Número de casos de patente mantenidos por la OTRI a final de año. El término “casos de patente” hace referencia a una familia y/o series de patentes que derivan de una misma unidad.

Relacionados con licencias

Como se ha detallado en el epígrafe III.1.1, un elevado número de trabajos que estudian la productividad de las universidades en cuanto a transferencia utilizan como output variables relacionadas con licencias. Incluso en algunos estudios son los únicos outputs considerados. Esto se debe a que analizan en su gran mayoría la situación en Estados Unidos, y las licencias son el principal producto de las universidades americanas⁵⁵.

Las variables seleccionadas en lo relativo a licencias y opciones contratadas por la universidad en 2009 son:

- Número de contratos de licencias y opciones firmadas en el año.
- Ingresos generados en el año por licencias, tras distribuir a otros cotitulares.

Relacionados con la creación de Empresas de Base Tecnológica

Existen numerosos estudios que se han centrado en la evaluación de la actividad de creación de spin-off como indicador de transferencia, por lo que es una variable a considerar en este trabajo. Siegel et al. (2008) realizan un análisis comparativo entre universidades de Estados Unidos y de Reino Unido, en el que señalan que es necesario considerar las actividades de licencia y de creación de empresas de base tecnológica para evaluar correctamente la transferencia.

Los outputs considerados son los siguientes:

- Número de empresas spin-off creadas en los últimos cinco años.
- Número de empresas spin-off creadas en 2009.
- Número de empresas start-up creadas en 2009.

⁵⁵ Consultar epígrafe III.1.1., acerca de estudios de productividad de las OTT. En él se realiza una breve descripción de los métodos y variables más utilizadas en el análisis de la eficiencia y la productividad de las universidades y de las OTT.

III.2.2. Primer Análisis DEA

La primera parte del análisis empírico consiste en la aplicación del Análisis Envolvente de Datos sobre el conjunto de universidades a analizar, considerando tantas variables como sea necesario para definir de forma completa el comportamiento de los centros en la actividad de transferencia de conocimiento y tecnología.

III.2.2.a. Variables utilizadas

En el primer análisis DEA se considerarán la totalidad de variables seleccionadas de la encuesta RedOTRI enumeradas en el epígrafe anterior. En la tabla 38 se recoge el conjunto de inputs y de outputs con los que se realizará el primer análisis DEA.

Tabla 38. Variables utilizadas en el primer DEA

Inputs	
Tipo de variable	Variables seleccionadas
Personal de universidades	Personal Docente e Investigador PDI PDI que ha participado en actividades de transferencia de conocimiento Personal total en investigación en el año en EDP
Gasto en I+D	Gasto total en I+D
OTRI	Personal total de la OTRI Presupuesto anual de la OTRI
Outputs	
Tipo de variable	Variables seleccionadas
Contratos artículo 83 LOU y de colaboración con empresas	Número total de contratos de I+D firmados en 2009 Importe total de contratos de I+D firmados Número de contratos de apoyo técnico realizados en 2009 Importe de los contratos de apoyo técnico para la duración total del trabajo realizado
Gestión de la propiedad industrial e intelectual	Número de comunicaciones de invención Número de solicitudes de patente prioritaria (nacionales) en el año Número de casos de patente mantenidos por la OTRI a final de año
Licencias	Número de contratos de licencias y opciones firmadas en 2009 Ingresos generados en 2009 por licencias
Creación de empresas de base tecnológica	Número de empresas spin-off creadas en los últimos cinco años Número de empresas spin-off creadas en 2009 Número de empresas start-up creadas en 2009

Fuente: elaboración propia.

III.2.2.b. Selección del modelo

El modelo DEA utilizado es el BCC orientado a outputs. La orientación del modelo está en línea con la selección realizada en los trabajos previos (Thusby y Kemp, 2002; Chapple et al., 2005; Anderson et al., 2007; De Vicente et al., 2007 y 2008) y resulta la más apropiada ya que el fin último de una universidad es ser eficiente con los recursos con los que cuenta, por lo que es interesante conocer qué centros públicos de

investigación deberían incrementar su nivel de outputs dados los inputs con los que opera.

La elección del modelo BCC, que implica retornos variables a escala, se realiza para evitar que la diferencia de tamaño entre unidades pueda ocasionar problemas de escala en los resultados. Aplicando un modelo VRS se evitan posibles distorsiones.

No se incluye en el modelo ninguna restricción a los pesos de las variables, ya que se ha preferido explotar la ventaja que ofrece el DEA en lo relativo a libertad de comportamiento de las unidades. Sin ninguna restricción a los pesos cada universidad puede resultar eficiente operando a su manera y focalizando su actividad en determinados outputs.

La formulación matemática del modelo utilizado (sin utilizar variables de holgura) se describe a continuación.

<i>Para</i> $k = 1, 2, \dots, 44$	<i>Analizar cada unidad</i> k
$Max_{\phi_0, \lambda} \phi_0$	<i>Midiendo su distancia a la frontera eficiente</i>
<i>s.a.:</i>	<i>Eficiencia definida como:</i>
$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \geq \phi_0 y_{r0} \quad r = 1, \dots, s;$	<i>Producir más outputs</i>
$\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq x_{i0} \quad i = 1, \dots, m;$	<i>Sin consumir más inputs</i>
$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$	<i>Mediante retornos variables a escala, comparando cada DMU con un conjunto de unidades eficientes</i>
$\lambda_j \geq 0 \quad j = 1, \dots, n.$	<i>Ninguna unidad puede ser negativa</i>
<i>Repetir para la siguiente</i> k	<i>Repetir para la siguiente DMU</i>

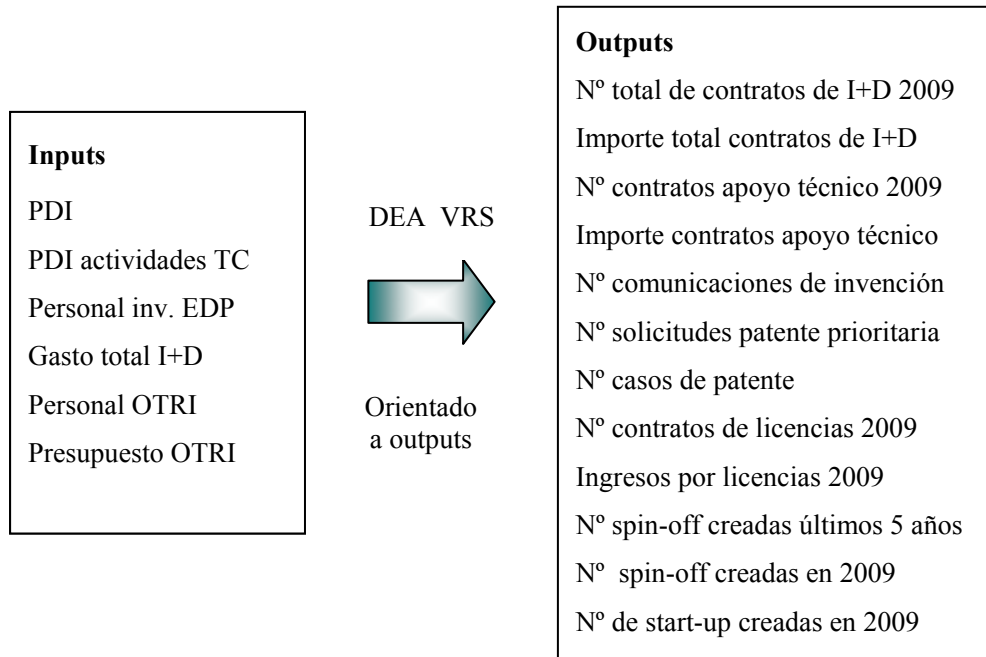
Como se ha explicado en el capítulo II de este trabajo, x_{ij} es la cantidad de input i utilizado por la DMU_j , mientras que y_{rj} es la cantidad de output r utilizado por la DMU_j . Las variables que deben ser calculadas son λ_j , que representa cuánto de la DMU_j es utilizado en el establecimiento del comportamiento de la DMU_0 . El término λ_j puede no ser entero, lo que permite que la unidad eficiente de referencia para la DMU_0 esté formada por una combinación lineal de varias unidades.

La función objetivo ϕ_0 representa la eficiencia relativa de la DMU_0 .

La aplicación del Análisis Envolvente de Datos se ha realizado con el programa Banxia Frontier Analyst. En este programa, los resultados de eficiencia se expresan en porcentaje, así, valores de eficiencia del 100% indican que se trata de una unidad eficiente, mientras que valores inferiores a este son asignados a unidades ineficientes.

En la figura 12 se representa la aplicación del primer análisis DEA sobre el conjunto de variables seleccionadas.

Figura 12. Variables consideradas en el primer DEA



Fuente: elaboración propia.

III.2.2.c. Resultados del primer DEA

Los resultados de las puntuaciones de eficiencia se recogen en la tabla 39. Se identificaron 29 unidades eficientes y 15 unidades ineficientes. De estas, la unidad más ineficiente es la DMU 31, con un ratio del 38,21%.

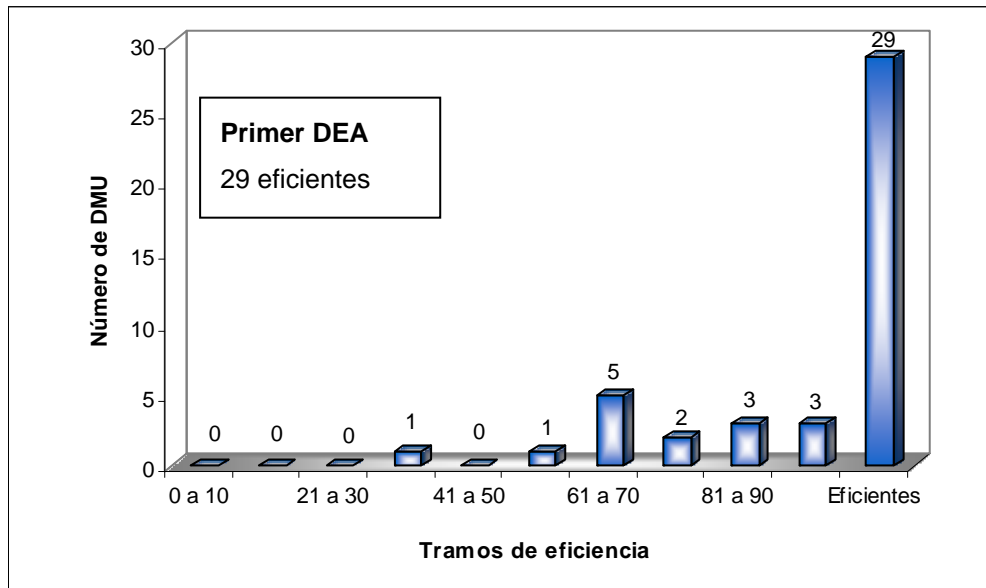
Tabla 39. Puntuaciones de eficiencia obtenidas en el primer DEA

Unidad	Eficiencia	Escala	Unidad	Eficiencia	Escala
DMU 1	100	constante	DMU 23	100	constante
DMU 2	100	constante	DMU 24	100	constante
DMU 3	68,9	decreciente	DMU 25	100	constante
DMU 4	100	constante	DMU 26	100	constante
DMU 5	97,64	decreciente	DMU 27	97,51	decreciente
DMU 6	100	constante	DMU 28	100	constante
DMU 7	100	constante	DMU 29	86,91	creciente
DMU 8	64,59	creciente	DMU 30	100	constante
DMU 9	75,29	decreciente	DMU 31	38,21	creciente
DMU 10	100	constante	DMU 32	92,72	creciente
DMU 11	61,53	decreciente	DMU 33	100	constante
DMU 12	100	constante	DMU 34	100	constante
DMU 13	100	constante	DMU 35	100	constante
DMU 14	100	constante	DMU 36	100	constante
DMU 15	66,91	creciente	DMU 37	66,88	creciente
DMU 16	100	constante	DMU 38	100	constante
DMU 17	89,89	creciente	DMU 39	100	constante
DMU 18	78,36	decreciente	DMU 40	100	constante
DMU 19	59,06	decreciente	DMU 41	100	constante
DMU 20	100	constante	DMU 42	100	constante
DMU 21	100	constante	DMU 43	100	constante
DMU 22	100	constante	DMU 44	90,03	decreciente

Fuente: elaboración propia a partir de los resultados obtenidos.

El histograma representado en el gráfico 44 muestra la distribución de puntuaciones de eficiencia obtenidas en este primer análisis.

Gráfico 44. Distribución de las puntuaciones de eficiencia en el primer DEA



Fuente: elaboración propia a partir de los resultados obtenidos.

En el gráfico puede apreciarse como el número de unidades que resultan ser eficientes es muy elevado dentro del conjunto de DMU, ya que representan un 66% del total. Esto se debe probablemente a las distorsiones que ocasiona la aplicación del DEA cuando se considera un número elevado de variables.

Para subsanar este problema e incrementar la discriminación de los resultados de eficiencia, se propone la aplicación del Análisis de Componentes Principales (ACP) al conjunto de inputs y de outputs de forma separada, para aplicar después un segundo DEA a las mismas unidades pero con las nuevas variables obtenidas a partir del ACP.

En esta primera aplicación del DEA no se realizará un análisis de las unidades eficientes en profundidad, será en la segunda aplicación del modelo donde se discutirán los resultados más ampliamente.

III.2.3. Aplicación del Análisis de Componentes Principales

Con el fin de incrementar el poder discriminante del Análisis Envolvente de Datos se propone en este trabajo la aplicación del Análisis de Componentes Principales sobre el conjunto de inputs y de outputs de forma separada, con el fin de reducir el número de variables consideradas en el problema.

El elevado número de variables seleccionado para la primera aplicación del DEA introdujo una gran complejidad de análisis y de interpretación al problema. A este respecto, existen varias técnicas que permiten realizar el análisis sobre variables originales o sobre transformaciones de las mismas capaces de concentrar un alto grado de información.

Una de estas herramientas es el ACP, una técnica de análisis multivariante que permite la transformación de las variables originales en un número reducido de factores.

III.2.3.a. Aplicación del Análisis de Componentes Principales al conjunto de inputs

Mediante la aplicación del Análisis de Componentes Principales al conjunto de 6 inputs originales se han identificado 2 factores significativos que concentran una varianza explicada total del 80,5%, ratio establecido como recomendable en la literatura para garantizar la robustez en la reducción del número de variables.

Tabla 40. Varianza explicada para cada factor y su relación con los inputs originales

Componente	Varianza total explicada								
	Autovalores iniciales			Sumas de las saturaciones al cuadrado de la			Suma de las saturaciones al cuadrado de la		
	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado
1	3,326	55,428	55,428	3,326	55,428	55,428	2,941	49,016	49,016
2	1,505	25,076	80,505	1,505	25,076	80,505	1,889	31,489	80,505
3	,436	7,268	87,773						
4	,423	7,055	94,827						
5	,208	3,468	98,295						
6	,102	1,705	100,000						

Fuente: salida de información del SPSS y elaboración propia.

Tabla 41. Relación de los factores con los inputs originales

	Matriz de componentes rotados ^a	
	Componente	
	1	2
PDI	,938	,133
PDI tranf	,770	,269
P Inv EDP	,894	-,045
Gasto I+D	,791	,233
Pers OTRI	,104	,943
Presp OTRI	,184	,924

Fuente: salida de información del SPSS y elaboración propia.

Los dos factores input identificados se describen a continuación.

Factor input 1

Recoge información sobre los cuatro primeros inputs originales: PDI, PDI que ha trabajado en actividades de transferencia de conocimiento, Personal en investigación en el año en EDP y gasto total en I+D. Relaciona todos los inputs originales relativos al tamaño de la universidad.

Factor input 2

Recoge información sobre los dos últimos inputs originales, los referentes a características de la OTRI. Relaciona así el personal total de la OTRI con su presupuesto anual.

III.2.3.b. Aplicación del Análisis de Componentes Principales al conjunto de outputs

A través de la aplicación del Análisis de Componentes Principales al conjunto de 12 outputs originales se han identificado 3 factores significativos que concentran una varianza explicada total del 81,7%, que como ya se ha mencionado en el caso de la aplicación al conjunto de inputs, supone un ratio más que recomendable para garantizar la robustez en la disminución del número de variables.

Tabla 42. Varianza explicada para cada factor y su relación con los outputs originales

Componente	Autovalores iniciales			Sumas de las saturaciones al cuadrado de la			Suma de las saturaciones al cuadrado de la		
	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado
1	6,782	56,517	56,517	6,782	56,517	56,517	5,855	48,793	48,793
2	1,839	15,322	71,839	1,839	15,322	71,839	2,615	21,789	70,582
3	1,189	9,906	81,745	1,189	9,906	81,745	1,340	11,163	81,745
4	,725	6,039	87,784						
5	,475	3,955	91,738						
6	,363	3,023	94,762						
7	,249	2,079	96,840						
8	,138	1,149	97,990						
9	,103	,861	98,851						
10	,079	,656	99,507						
11	,034	,283	99,790						
12	,025	,210	100,000						

Fuente: salida de información del SPSS y elaboración propia.

Tabla 43. Relación de los factores con los outputs originales

Matriz de componentes rotados^a

	Componente		
	1	2	3
N com inv	,842	,106	,309
Num s pat	,920	,279	,070
N cas pat	,659	,458	,409
N lic	,524	,624	,324
Ingr lic	,051	,857	,108
N contr I+D	,888	,231	-,154
Imp contr	,920	,256	-,180
N cont apy	,084	,877	,077
Imp apy	,655	,506	-,400
N spin offs	,863	,044	,163
spinoff 09	,875	-,093	,199
start up	,081	,193	,817

Fuente: salida de información del SPSS y elaboración propia.

Los tres factores output identificados se describen a continuación.

Factor output 1

Este factor compila información sobre los 8 outputs originales: número de comunicaciones de invención, número de solicitudes de patente prioritaria (nacionales) en el año, número de casos de patente mantenidos por la OTRI a final de año, número total de contratos de I+D firmados en 2009, importe total de contratos de I+D, importe

de los contratos de apoyo técnico, número de spin-off creadas en los últimos cinco años y número de spin-off creadas en 2009.

Este factor relaciona los outputs relativos a la gestión de la propiedad intelectual e industrial con los de contratos (excepto con el número de contratos de apoyo técnico) y con la creación de spin-off.

Factor output 2

Recopila información sobre los outputs relativos a licencias y al número de contratos de apoyo técnico. Relaciona las variables número de licencias, ingresos generados por licencias y número de contratos de apoyo técnico realizados en 2009.

Factor output 3

Este factor recoge información solamente sobre el número de start-up creadas en la universidad en el año 2009.

III.2.4. Segundo Análisis DEA

Una vez aplicado el Análisis de Componentes Principales sobre el conjunto de inputs y de outputs por separado, se aplicará nuevamente el Análisis Envoltente de Datos sobre la muestra utilizando como variables algunos de los componentes principales obtenidos del ACP.

Es en este punto donde surge el primer problema relacionado con el DEA, ya que algunas componentes principales toman valores negativos y será necesario estudiar cómo tratarlos, así como valorar qué factores se introducirán en el problema en sustitución de algunas de las variables originales.

III.2.4.a. Tratamiento de los valores negativos y modelo utilizado

Cuando se aplica el Análisis de Componentes Principales sobre un conjunto de variables es frecuente que algunos de los factores obtenidos tomen valores negativos. En el epígrafe II.4.1.b. de este trabajo se hace referencia a la forma de tratar las variables negativas en el Análisis Envoltente de Datos.

Se realizaron distintas pruebas considerando las tres alternativas desarrolladas en el capítulo II sobre cómo introducir valores negativos en el DEA. A este respecto, la opción de realizar un cambio de origen en los datos, de forma que todos se conviertan en valores positivos, ha sido la que ha ofrecido una mayor discriminación en los resultados del DEA.

Mediante las otras dos alternativas, la descomposición de variables que toman valores positivos y negativos o la aplicación del PCA-DEA, sí es posible la introducción de datos negativos y positivos en el análisis. Sin embargo, el objetivo de la aplicación del ACP al conjunto de variables es el de reducción del número de inputs y/o outputs para afrontar la limitación del poder discriminante del DEA cuando se trabaja con un elevado número de variables.

Así, no solo se perseguía en este trabajo el tratamiento de valores negativos, sino también el obtener la mejor discriminación en cuanto a eficiencia de las unidades analizadas. Con la aplicación tanto del PCA-DEA como de la descomposición de las variables que toman valores positivos y negativos se obtenía un mayor número de unidades eficientes, muy similar incluso al obtenido en el primer DEA.

Por ello se optó por aplicar un cambio de origen a los datos. De esta forma se convirtieron todos los valores en números no negativos mediante la suma de una determinada cantidad. Aunque en principio la opción considerada era la de tomar como nuevas variables del segundo DEA todos los factores resultantes del ACP, al estudiar la invariabilidad del modelo se observó que no era posible.

Pastor (1996) demostró que los modelos con retornos constantes a escala (CCR) no son invariantes en traslación, por lo que si se quiere trabajar con variables que requieran un cambio de escala será necesario aplicar un modelo con retornos variables a escala (BCC). En este caso además resulta lo más adecuado para atenuar las posibles diferencias entre las unidades analizadas, como se ha explicado a la hora de escoger el modelo DEA para el primer análisis.

Si se decide aplicar un DEA orientado a inputs o a outputs, es necesario tener en cuenta que la invariabilidad del modelo se da únicamente respecto al conjunto de variables hacia el que no está orientado el modelo. Es decir, el modelo BCC orientado a inputs es invariable respecto a cambios de origen en el conjunto de los outputs y el BCC orientado a outputs es invariable únicamente respecto a cambios de origen en el conjunto de inputs.

Con la aplicación del Análisis Envolvente de Datos por segunda vez se pretende incrementar el poder discriminatorio del DEA siguiendo las mismas pautas que en el caso de la primera aplicación, por lo que el modelo seleccionado es el BCC orientado a outputs, lógicamente el mismo que en el primer análisis.

Este segundo DEA se aplicará considerando como variables input los dos factores extraídos mediante la aplicación del ACP sobre el conjunto de inputs (ver tabla 44). Como algunas de las componentes principales obtenidas tienen valores negativos, será necesario realizar un cambio de origen para que todos los inputs tomen valores no negativos, es decir, se sumará a cada uno de los inputs el valor mínimo del conjunto de los inputs.

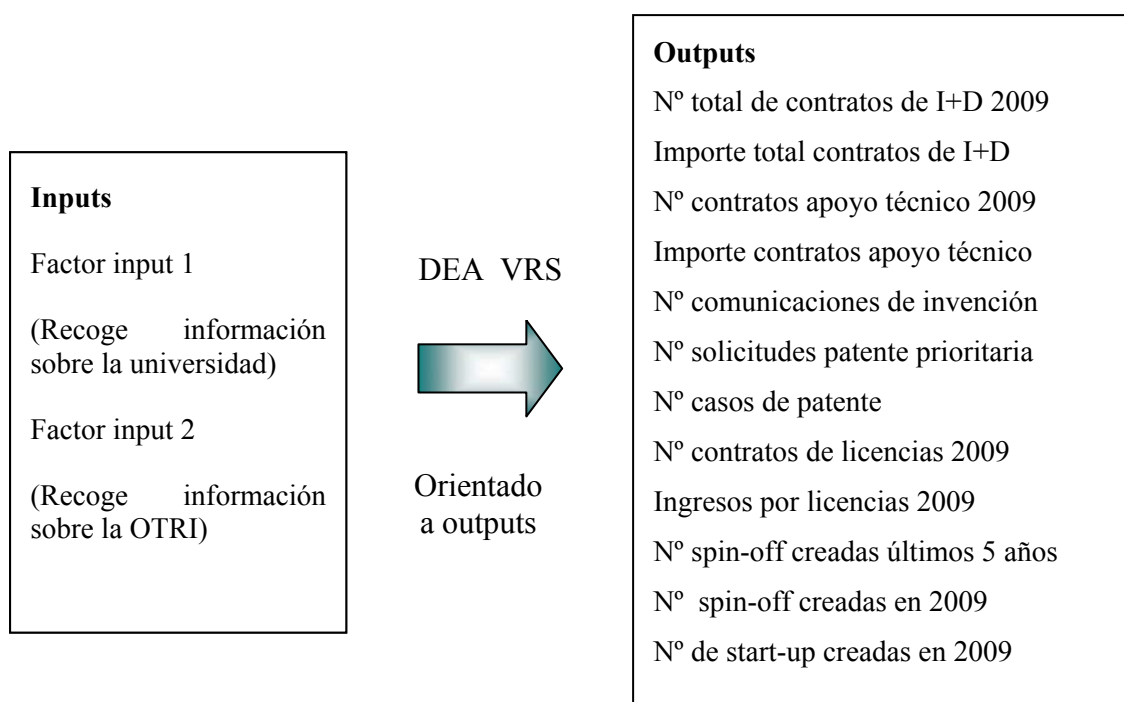
Las variables outputs vendrán dadas por los outputs originales, ya que el modelo solo permanece invariante respecto al conjunto de inputs. En la tabla 44 se reflejan las variables seleccionadas para la aplicación del segundo DEA.

Tabla 44. Variables utilizadas en el segundo DEA

Inputs	
<i>Tipo de variable</i>	<i>Variables seleccionadas</i>
Factor input 1	Relaciona: Personal Docente e Investigador PDI PDI que ha participado en actividades de transferencia de conocimiento Personal total en investigación en el año en EDP Gasto total en I+D
Factor input 2	Relaciona: Personal total de la OTRI Presupuesto anual de la OTRI
Outputs	
<i>Tipo de variable</i>	<i>Variables seleccionadas</i>
Contratos artículo 83 LOU y de colaboración con empresas	Número total de contratos de I+D firmados en 2009 Importe total de contratos de I+D firmados Número de contratos de apoyo técnico realizados en 2009 Importe de los contratos de apoyo técnico para la duración total del trabajo realizado
Gestión de la propiedad industrial e intelectual	Número de comunicaciones de invención Número de solicitudes de patente prioritaria (nacionales) en el año Número de casos de patente mantenidos por la OTRI a final de año
Licencias	Número de contratos de licencias y opciones firmadas en 2009 Ingresos generados en 2009 por licencias
Creación de empresas de base tecnológica	Número de empresas spin-off creadas en los últimos cinco años Número de empresas spin-off creadas en 2009 Número de empresas start-up creadas en 2009

Fuente: elaboración propia.

Figura 13. Variables consideradas en el segundo DEA



Fuente: elaboración propia

III.2.4.b. Resultados del segundo DEA

Mediante la aplicación del Análisis Envolvente de Datos sobre las componentes principales de los inputs y sobre el conjunto de outputs originales se han obtenido un total de 20 unidades con un ratio de eficiencia del 100%, mientras que 24 unidades han resultado ser ineficientes, con ratios que van desde el 99,87% al 3,84%. En la tabla 45 se recogen los resultados del segundo análisis DEA.

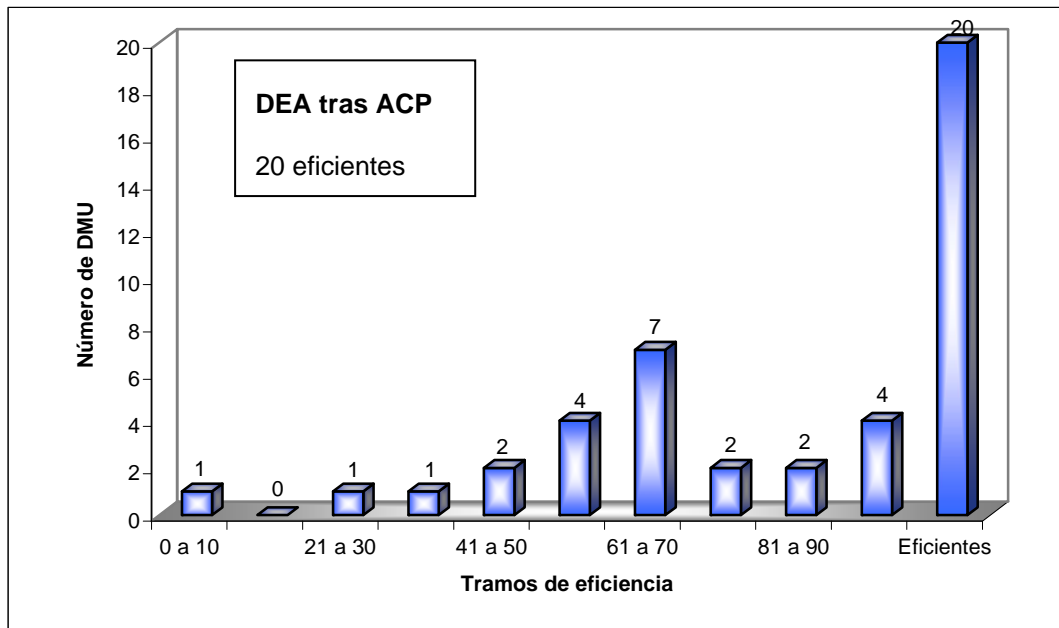
Tabla 45. Puntuaciones de eficiencia obtenidas en el segundo DEA

Unidad	Eficiencia	Escala	Unidad	Eficiencia	Escala
DMU 1	3,84	decreciente	DMU 23	77,18	decreciente
DMU 2	100	constante	DMU 24	100	constante
DMU 3	67,42	creciente	DMU 25	100	constante
DMU 4	100	constante	DMU 26	100	constante
DMU 5	46,95	decreciente	DMU 27	62,01	decreciente
DMU 6	63,23	decreciente	DMU 28	92,96	decreciente
DMU 7	100	constante	DMU 29	90,02	creciente
DMU 8	39,68	decreciente	DMU 30	92,97	decreciente
DMU 9	70,69	decreciente	DMU 31	30,54	decreciente
DMU 10	100	constante	DMU 32	59,01	decreciente
DMU 11	54,97	creciente	DMU 33	100	constante
DMU 12	100	constante	DMU 34	100	constante
DMU 13	100	constante	DMU 35	100	constante
DMU 14	100	constante	DMU 36	100	constante
DMU 15	61,06	creciente	DMU 37	100	constante
DMU 16	95,7	decreciente	DMU 38	77,12	decreciente
DMU 17	59,13	decreciente	DMU 39	100	constante
DMU 18	55,77	decreciente	DMU 40	69,66	decreciente
DMU 19	49,94	decreciente	DMU 41	100	constante
DMU 20	100	constante	DMU 42	100	constante
DMU 21	83,28	decreciente	DMU 43	62,4	decreciente
DMU 22	99,87	creciente	DMU 44	100	constante

Fuente: elaboración propia a partir de los resultados obtenidos

Si se comparan estos resultados con los obtenidos con la aplicación del Análisis Envolvente de Datos al total de inputs y outputs originales se observa como 9 unidades que resultaron ser eficientes en un primer análisis obtienen un ratio de eficiencia inferior al 100% en este segundo análisis. En el histograma representado en el gráfico 45 puede apreciarse la distribución de unidades según su eficiencia en el segundo análisis DEA.

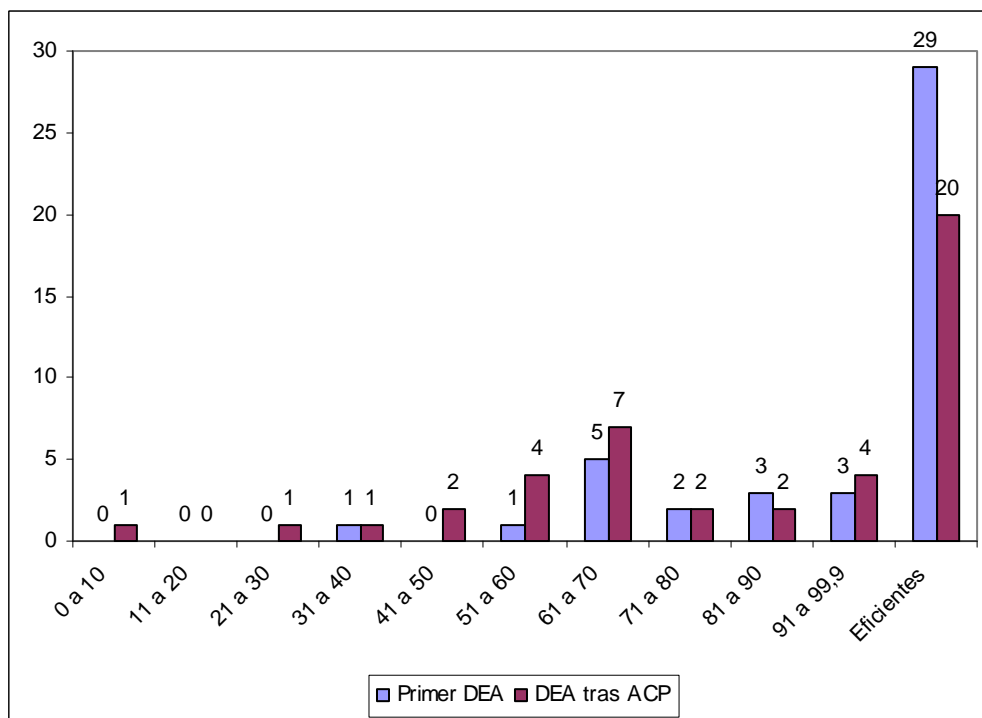
Gráfico 45. Distribución de las puntuaciones de eficiencia en el segundo DEA



Fuente: elaboración propia a partir de los resultados obtenidos.

En el gráfico 46 se observa la distribución de puntuaciones de eficiencia para ambos análisis.

Gráfico 46. Comparativa de los resultados del primer y segundo DEA



Fuente: elaboración propia.

Significado de los pesos

Las variables calculadas con la aplicación del DEA son los pesos asignados a cada uno de los recursos y productos de las distintas unidades. Como ya se ha mencionado, es necesario resolver el problema de programación lineal para cada DMU, por lo que los pesos asignados podrán variar de tal forma que su valor asegure el cumplimiento de las restricciones del modelo y la obtención del máximo valor de la función objetivo.

En la tabla 46 se recogen las ponderaciones que el programa lineal ha asignado a cada variable para las 44 universidades analizadas. Los pesos dan información sobre la importancia que cada input y cada output ha tenido en el cálculo de la eficiencia relativa de cada unidad.

De esta forma, mediante el análisis de los pesos recogidos en la tabla 46 pueden identificarse qué inputs y qué outputs han resultado determinantes en la obtención de la eficiencia de cada universidad. Además, teniendo en cuenta que el DEA es un programa que permite a cada DMU mostrarse en su mejor papel, habrá asignado pesos mayores a las variables en las que la DMU presente un mejor comportamiento.

Tabla 46. Pesos considerados en la aplicación del segundo DEA

Unidad	Eficiencia	Factor input1	Factor input2	n° comunic. de invención	n° de solicitudes de patente	n° de casos de patente	n° de licencias	Ingresos por licencias	n° contratos de I+D	Importe de contratos I+D	n° contratos de apoyo	Importe de contratos de apoyo	n° de spin-off (últimos 5 años)	n° de spin-off 2009	n° de start-up
DMU 1	3,84	487,51	22,71	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	295,84	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DMU 2	100	176,31	8,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	106,99	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DMU 3	67,42	0,00	7,12	0,00	0,00	0,00	1,35	0,00	0,00	0,00	2,78	0,00	0,00	0,00	0,00
DMU 4	100	18,47	27,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	20,67	0,00	0,00	0,00	0,00
DMU 5	46,95	7,32	2,18	0,00	0,00	1,65	0,00	0,60	3,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DMU 6	63,23	4,62	3,23	3,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,07	0,00	0,00	0,06	0,00
DMU 7	100	7,14	5,00	5,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,75	0,00	0,00	0,09	0,00
DMU 8	39,68	9,05	2,95	1,99	3,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,98	0,00	0,00	0,00	0,00
DMU 9	70,69	7,89	0,46	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,48	0,00	0,00	0,00	0,31	0,00
DMU 10	100	3,49	16,87	0,74	0,00	0,00	2,90	0,00	0,00	0,00	4,45	0,00	0,00	0,00	0,00
DMU 11	54,97	13,93	0,00	0,00	0,00	2,18	0,00	0,00	0,00	0,00	1,83	6,40	0,00	0,00	0,78
DMU 12	100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DMU 13	100	0,00	0,07	0,00	0,55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,46	0,00	0,00	0,95
DMU 14	100	2,11	1,64	0,79	0,00	0,00	2,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DMU 15	61,06	0,00	0,55	1,62	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,72	0,00	0,00	0,00	0,69
DMU 16	95,7	12,69	9,31	2,45	4,43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,42	0,00	0,00	0,00	0,00
DMU 17	59,13	10,59	2,54	1,98	0,00	0,00	0,00	0,00	5,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08
DMU 18	55,77	14,67	28,08	1,08	11,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DMU 19	49,94	5,99	11,80	4,55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,79	0,77	0,00	0,00	0,00
DMU 20	100	2,26	4,45	1,72	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,43	0,29	0,00	0,00	0,00
DMU 21	83,28	6,86	38,04	0,00	5,25	0,00	0,00	0,00	0,00	1,07	3,29	0,00	1,69	0,00	0,00
DMU 22	99,87	0,53	3,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,23	0,00	0,00
DMU 23	77,18	3,44	23,36	0,00	0,00	0,56	2,81	3,26	0,00	0,00	3,93	0,69	0,00	0,00	0,00
DMU 24	100	10,47	10,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,17	3,76	0,00	1,24	0,00
DMU 25	100	1,10	1,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,86	0,39	0,00	0,13	0,00
DMU 26	100	16,55	0,00	2,86	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,85	7,12	0,00	0,00	1,10
DMU 27	62,01	8,71	7,96	3,46	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	6,08	1,66	0,00	0,00	0,00
DMU 28	92,96	4,58	15,56	0,00	0,00	0,00	1,94	2,51	0,00	0,00	4,49	0,86	0,44	0,00	0,00
DMU 29	90,02	2,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,08	0,00	0,00
DMU 30	92,97	1,63	2,92	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,00	0,00	1,21	0,26	0,00	0,00	0,00
DMU 31	30,54	27,42	6,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,17	0,00	10,33	8,35	3,05	0,00	0,00
DMU 32	59,01	6,21	3,53	4,43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,75	0,00	0,16	0,00	0,00
DMU 33	100	0,00	0,43	0,00	0,00	1,30	0,00	0,00	0,00	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DMU 34	100	1,64	6,41	0,00	0,00	0,17	2,62	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,51	0,00	0,00
DMU 35	100	0,00	0,24	0,00	0,00	0,55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,93
DMU 36	100	0,00	5,18	0,00	0,00	0,83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,31	0,00	0,59
DMU 37	100	0,00	20,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,66	4,76	0,00	0,00	0,00	0,00
DMU 38	77,12	2,55	18,73	0,00	0,00	0,00	2,24	2,71	0,00	0,00	3,38	0,66	0,00	0,00	0,00
DMU 39	100	1,69	0,81	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DMU 40	69,66	4,37	19,77	0,00	3,69	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,89	0,00	0,86	0,00	0,00
DMU 41	100	0,97	1,44	0,00	0,00	0,00	1,47	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DMU 42	100	0,00	0,43	0,00	0,00	1,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00
DMU 43	62,4	4,42	2,10	0,00	0,00	2,61	0,00	0,00	0,00	0,00	0,69	0,91	0,00	0,00	0,00
DMU 44	100	5,98	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,97	0,00	2,29	0,00	0,00	0,00	0,05

Fuente: elaboración propia a partir de los resultados obtenidos.

Conjunto de referencia de las unidades no eficientes

Mediante el Análisis Envolvente de Datos puede identificarse el peer group o conjunto de referencia de cada unidad ineficiente, que está formado por unidades que presentando una estructura productiva similar a la de la unidad ineficiente, obtienen mejores resultados de eficiencia que ella.

Cada unidad que forma parte de un conjunto de referencia de una unidad ineficiente resulta ser eficiente con las ponderaciones que optimizan la función objetivo de esa unidad ineficiente. Por lo tanto los grupos de referencia están formados por el conjunto de unidades que una unidad ineficiente debe tomar como objetivo para alcanzar la eficiencia.

El conjunto de referencia puede estar formado por una o por varias unidades eficientes. A cada unidad eficiente se le asocia un peso o multiplicador que viene dado por el parámetro λ y determina el porcentaje de contribución de esa unidad eficiente en los valores objetivos de la unidad ineficiente.

El grupo de referencia para una unidad ineficiente está constituido por aquellas unidades eficientes que tienen un valor del parámetro λ distinto de cero en el resultado del análisis asociado a esa unidad ineficiente.

En el caso de las unidades que resultan ser eficientes, el programa no ha encontrado ninguna unidad con mejor comportamiento con la que compararla, por lo que la ha comparado con ella misma, por tanto el valor del parámetro λ para las unidades eficientes es igual a la unidad.

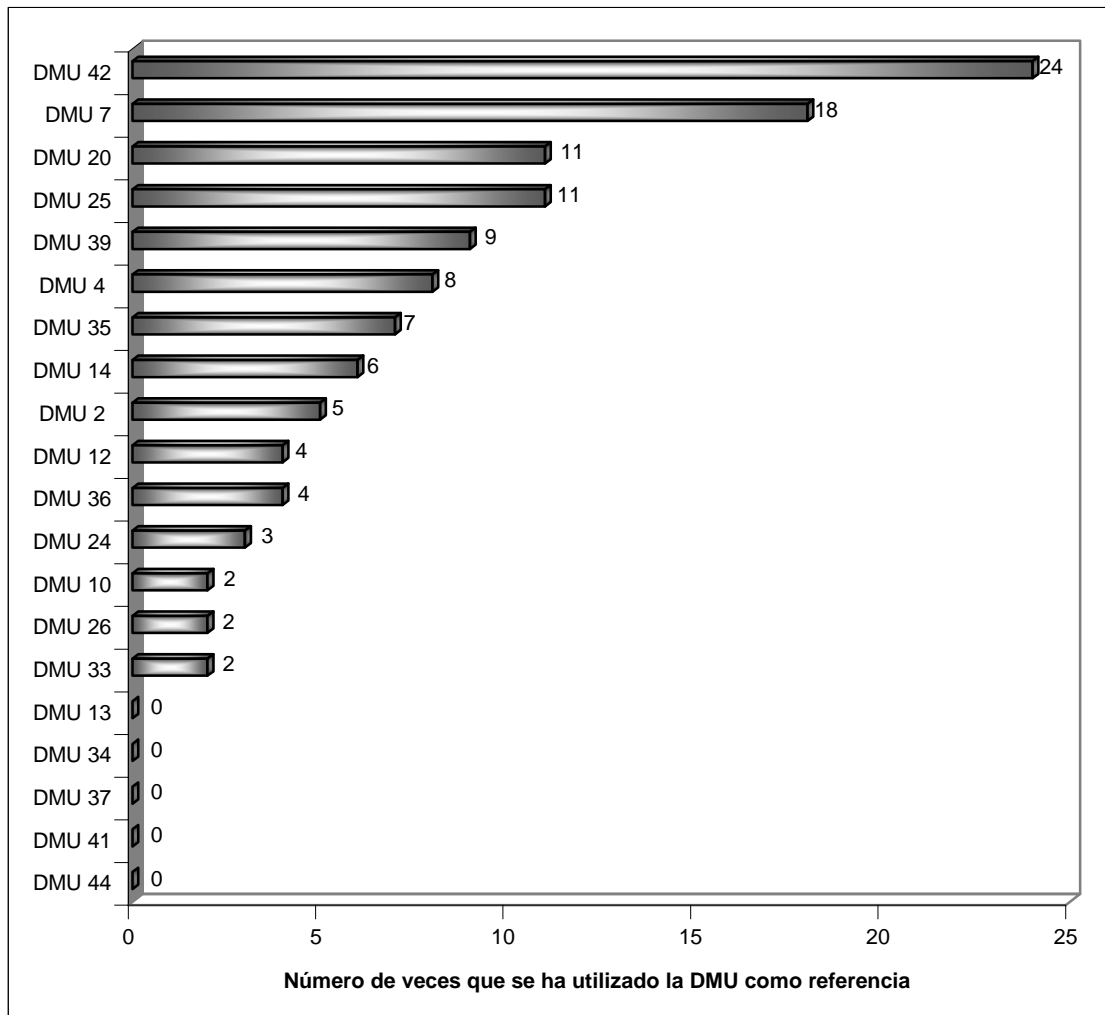
El parámetro λ está pues relacionado con la importancia relativa de la unidad eficiente en relación a la ineficiente, es decir, cuanto mayor sea el valor de λ , mayor referencia será dicha unidad eficiente para la unidad ineficiente.

La importancia relativa de una unidad eficiente dentro del conjunto de referencia es fácil de interpretar, debido a que la suma de las ponderaciones de todas las unidades que lo forman es igual a la unidad. Cabe señalar a este respecto que no todos los peer group están formados por el mismo número de unidades eficientes.

El conjunto de referencia da información sobre cuál es el modelo de gestión a seguir por cada unidad ineficiente, ya que mediante el DEA se compara dicha unidad con una combinación lineal convexa, real o ficticia, de otras unidades eficientes. Esto constituye una herramienta de interés para el análisis de las unidades ineficientes, ya que los gestores de estas unidades pueden reorientar su actividad hacia la eficiencia, implantando estrategias de mejora inspiradas en las actuaciones de las unidades del conjunto de referencia.

El gráfico 47 recoge información sobre el número de veces que cada unidad eficiente forma parte de un conjunto de referencia.

Gráfico 47. Frecuencia del conjunto de referencia



Fuente: elaboración propia a partir de los resultados obtenidos con el segundo DEA.

La frecuencia con la que una unidad eficiente aparece en los conjuntos de referencia de las unidades no eficientes se ha considerado normalmente como signo de eficiencia, empleando este dato para clasificar a las unidades eficientes.

De esta forma, cuantas más veces forme parte una unidad eficiente del conjunto de referencia de las distintas unidades ineficientes, más veces se habrá tomado como modelo de gestión, por tanto presentará un mejor comportamiento (Smith y Mayston, 1987, p. 187).

Sin embargo, sería interesante considerar no solo la frecuencia de las unidades eficientes dentro de los conjuntos de referencia, sino también la intensidad asociada a estas unidades dentro de cada conjunto de referencia.

En la tabla 47 se detalla, para cada unidad no eficiente, cuáles son las unidades eficientes que constituyen su conjunto de referencia y cuál es la intensidad o valor de λ asociado a cada unidad eficiente en la constitución de dicho conjunto.

Tabla 47. Conjuntos de referencia de las unidades no eficientes

Unidad comparada	Unidades eficientes que forman el conjunto de referencia de cada unidad no eficiente														
	Eficiencia	Unidad 1	λ_1	Unidad 2	λ_2	Unidad 3	λ_3	Unidad 4	λ_4	Unidad 5	λ_5	Unidad 6	λ_6	Unidad 7	λ_7
DMU 22	99,87	DMU 7	0,1321	DMU 36	0,2402	DMU 42	0,6277	-	-	-	-	-	-	-	-
DMU 16	95,7	DMU 4	0,5230	DMU 7	0,4016	DMU 20	0,0503	DMU 24	0,0007	DMU 42	0,0244	-	-	-	-
DMU 30	92,97	DMU 20	0,2863	DMU 25	0,0586	DMU 33	0,1524	DMU 35	0,4823	DMU 42	0,0205	-	-	-	-
DMU 28	92,96	DMU 4	0,4485	DMU 7	0,3111	DMU 12	0,1130	DMU 14	0,0143	DMU 20	0,0845	DMU 25	0,0206	DMU 42	0,0081
DMU 29	90,02	DMU 7	0,8971	DMU 42	0,1029	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DMU 21	83,28	DMU 4	0,6137	DMU 7	0,0648	DMU 20	0,0213	DMU 35	0,0227	DMU 36	0,2549	DMU 42	0,0226	-	-
DMU 23	77,18	DMU 4	0,3056	DMU 12	0,0847	DMU 14	0,1125	DMU 20	0,1027	DMU 35	0,0663	DMU 36	0,3109	DMU 42	0,0174
DMU 38	77,12	DMU 4	0,2975	DMU 12	0,0895	DMU 14	0,2298	DMU 20	0,1848	DMU 36	0,1292	DMU 42	0,0692	-	-
DMU 9	70,69	DMU 2	0,1792	DMU 7	0,5987	DMU 39	0,0018	DMU 42	0,2203	-	-	-	-	-	-
DMU 40	69,66	DMU 4	0,3511	DMU 7	0,3360	DMU 20	0,0386	DMU 35	0,1048	DMU 42	0,1694	-	-	-	-
DMU 3	67,42	DMU 20	0,5022	DMU 25	0,0559	DMU 42	0,4419	-	-	-	-	-	-	-	-
DMU 6	63,23	DMU 7	0,1307	DMU 14	0,3885	DMU 20	0,3404	DMU 25	0,0375	DMU 42	0,1029	-	-	-	-
DMU 43	62,4	DMU 7	0,3619	DMU 25	0,0404	DMU 33	0,4517	DMU 39	0,0635	DMU 42	0,0826	-	-	-	-
DMU 27	62,01	DMU 4	0,1783	DMU 7	0,5220	DMU 10	0,1004	DMU 20	0,0669	DMU 25	0,0266	DMU 42	0,1058	-	-
DMU 15	61,06	DMU 25	0,2384	DMU 35	0,0987	DMU 39	0,4822	DMU 42	0,1807	-	-	-	-	-	-
DMU 17	59,13	DMU 2	0,4639	DMU 7	0,0697	DMU 14	0,2493	DMU 39	0,0378	DMU 42	0,1793	-	-	-	-
DMU 32	59,01	DMU 7	0,4470	DMU 14	0,3555	DMU 25	0,1025	DMU 39	0,0341	DMU 42	0,0609	-	-	-	-
DMU 18	55,77	DMU 4	0,7384	DMU 7	0,1203	DMU 35	0,0368	DMU 42	0,1046	-	-	-	-	-	-
DMU 11	54,97	DMU 7	0,5910	DMU 25	0,0990	DMU 26	0,2594	DMU 39	0,0070	DMU 42	0,0437	-	-	-	-
DMU 19	49,94	DMU 7	0,3868	DMU 10	0,2277	DMU 20	0,2226	DMU 35	0,0280	DMU 42	0,1349	-	-	-	-
DMU 5	46,95	DMU 2	0,0344	DMU 7	0,4443	DMU 12	0,0114	DMU 39	0,2604	DMU 42	0,2496	-	-	-	-
DMU 8	39,68	DMU 7	0,5314	DMU 24	0,0803	DMU 25	0,0087	DMU 39	0,0388	DMU 42	0,3407	-	-	-	-
DMU 31	30,54	DMU 2	0,2021	DMU 7	0,4788	DMU 24	0,1560	DMU 25	0,1480	DMU 26	0,0099	DMU 42	0,0052	-	-
DMU 1	3,84	DMU 2	0,8919	DMU 39	0,0432	DMU 42	0,0649	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: elaboración propia a partir de los resultados obtenidos con el segundo DEA.

Por ejemplo, para el caso de la DMU 29, con una puntuación de eficiencia del 90,02%, su conjunto de referencia estaría formado por las unidades eficientes DMU 7 y DMU 42. Como el valor del parámetro λ asociado a la DMU7 es mucho mayor que el asociado a la DMU 42, puede deducirse que la unidad no eficiente debe adoptar medidas de gestión similares a las de la DMU 7 para alcanzar la eficiencia.

Valores objetivo

Los valores objetivos o target reflejan los niveles de inputs y outputs que cada unidad ineficiente debería obtener para ser eficiente.

Tabla 48. Valores objetivo de las unidades ineficientes

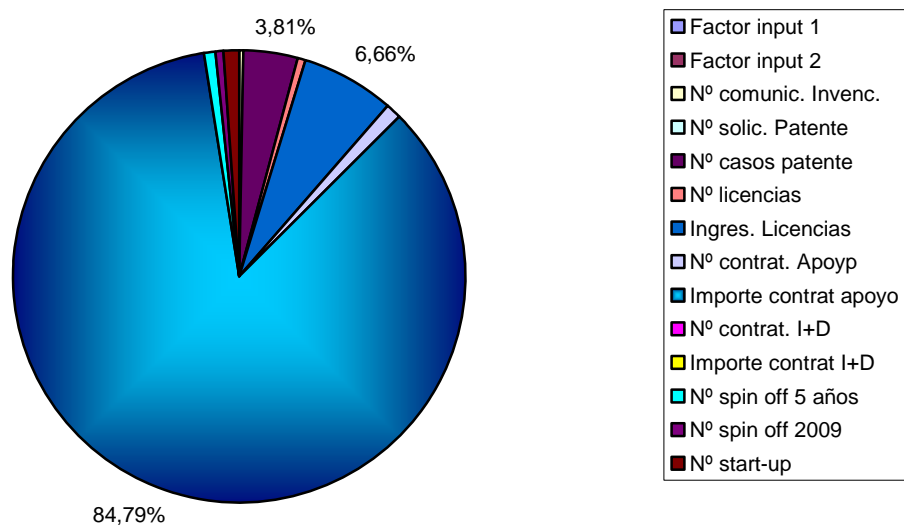
Unidad	Eficiencia	Factor input1	Factor input2	n° comunic. de invención	n° de solicitudes de patente	n° de casos de patente	n° de licencias	Ingresos por licencias	n° contratos de I+D	Importe de contratos I+D	n° contratos de apoyo	Importe de contratos de apoyo	n° de spin-off (últimos 5 años)	n° de spin-off 2009	n° de start-up
DMU 22	99,87	0	0	21	26	6	4	126,93	900	35.036,69	165	19.082,61	0	1	4
DMU 16	95,7	0	0	1	0	40	1	16,03	41	4.042,80	4	1.458,40	12	3	8
DMU 30	92,97	0	0	4	3	15	5	17,53	264	6.825,06	22	175,18	4	4	2
DMU 28	92,96	0	0	6	1	12	0	6,64	65	3.987,65	10	105,19	1	2	7
DMU 29	90,02	0	-0,95	16	9	74	3	29,68	66	8.114,56	54	3.793,75	3	8	15
DMU 21	83,28	0	0	10	1	44	2	6,59	58	1.053,24	12	543,60	2	2	3
DMU 23	77,18	0	0	19	9	17	1	17,31	204	6.478,30	24	321,09	5	1	3
DMU 38	77,12	0	0	13	6	49	1	23,32	183	4.706,51	42	801,57	4	3	1
DMU 9	70,69	0	0	18	11	33	6	46,09	133	5.200,70	84	7.312,33	14	2	13
DMU 40	69,66	0	0	11	6	69	1	33,23	310	13.663,22	42	4.373,84	6	3	9
DMU 3	67,42	-0,6	0	40	35	85	2	102,78	561	24.504,21	200	12.680,43	26	8	1
DMU 6	63,23	0	0	12	10	87	4	89,96	207	7.334,77	120	2.026,59	11	2	3
DMU 43	62,4	0	0	22	15	75	9	80,29	219	11.034,47	83	1.584,96	14	5	4
DMU 27	62,01	0	0	9	7	76	3	50,92	88	7.284,89	64	1.781,80	9	7	10
DMU 15	61,06	-1,18	0	31	22	251	10	238,48	399	17.601,87	189	5.098,81	22	4	3
DMU 17	59,13	0	0	11	14	45	5	69,96	138	11.327,00	48	6.351,00	9	3	1
DMU 32	59,01	0	0	12	11	86	5	124,42	105	7.036,95	87	1.905,35	8	4	9
DMU 18	55,77	0	0	6	5	46	2	23,32	157	8.008,18	75	3.532,94	7	2	3
DMU 11	54,97	0	-0,24	10	6	33	3	51,04	112	5.164,25	95	1.518,10	19	6	7
DMU 19	49,94	0	0	16	12	97	4	50,54	290	12.385,13	119	2.941,53	23	7	9
DMU 5	46,95	0	0	46	22	98	6	59,89	288	16.409,24	123	8.771,28	33	10	9
DMU 8	39,68	0	0	26	18	128	7	90,87	356	19.361,32	119	12.153,58	29	9	12
DMU 31	30,54	0	0	11	7	54	5	76,49	59	3.872,57	184	1.645,27	11	5	12
DMU 1	3,84	0	0	12	8	33	2	20,92	146	5.478,35	40	2.361,80	5	1	0

Fuente: elaboración propia a partir de los resultados del segundo DEA.

Mejora potencial

La mejora potencial se representa de forma global mediante un diagrama de sectores. Cada sección tiene un área proporcional a su porcentaje de mejora φ , que determina la expansión de output o la reducción de input, y viene dada por $\varphi * 360^\circ$. En el gráfico 48 puede apreciarse la mejora potencial que debería experimentar el conjunto de universidades analizadas para mostrar un comportamiento eficiente.

Gráfico 48. Mejora potencial del conjunto de unidades ineficientes



Fuente: elaboración propia a partir de los resultados obtenidos.

El output que debe experimentar un mayor crecimiento dentro del conjunto de unidades es el de importe de los contratos de apoyo, seguido por el de ingresos por licencias y el de casos de patente.

III.2.5. Análisis de robustez de las unidades eficientes

Cuando se aplica el Análisis Envolvente de Datos sin imponer ninguna restricción a los pesos de las variables, como en el caso que nos ocupa, puede ocurrir que alguna DMU con una combinación de pesos poco realista resulte ser eficiente.

Esta limitación surgida de la total flexibilidad en los pesos suele resolverse introduciendo en el problema alguna restricción a los pesos de las variables. No obstante en algunas ocasiones no es posible disponer de información fiable y contrastada para poder asignar esos pesos, como en este caso.

Para poder discriminar dentro del conjunto de unidades que resultaron ser eficientes con la aplicación del segundo DEA cuáles lo son de forma robusta y cuáles no, se propone la aplicación de métodos de decisión multicriterio. Siguiendo a Hites et al. (2006), “una solución robusta es aquella que es satisfactoria para el decisor en tantos escenarios como sea posible sin ser demasiado insatisfactoria para el decisor en ningún escenario único”. Esta es la definición de robustez que se persigue en esta tesis.

Con la aplicación del Electre TRI a la matriz de eficiencias cruzadas de las DMU eficientes, se podrá clasificar estas unidades eficientes en dos clases: robustamente eficientes o no robustamente eficientes.

1. Unidades robustamente eficientes: aquellas que han resultado ser eficientes con la aplicación del segundo DEA y que no son eficientes únicamente con los pesos más favorables para ellas, que son los que les ha asignado el DEA al no existir ninguna restricción; también resultan eficientes si se le asignan los pesos de la mayoría de unidades eficientes.
2. Unidades no robustamente eficientes: aquellas que han resultado ser eficientes con la aplicación del segundo DEA, pero que solo son eficientes con los pesos más favorables que el programa les ha asignado, y no son eficientes con los conjuntos de pesos de las demás unidades eficientes. Es decir, se trata de casos particulares de eficiencia⁵⁶.

Es importante señalar que esta clasificación se aplicará solamente a las unidades eficientes. Las unidades ineficientes han obtenido este resultado con la aplicación de los pesos más favorables para ellas, ya que no existían restricciones a los pesos y el DEA permite que cada DMU muestre su mejor comportamiento. Es decir, no son capaces de resultar eficientes incluso en la situación más favorable. Por ello, las puntuaciones de eficiencia obtenidas no dan lugar a duda acerca de la robustez de las soluciones y permiten ordenar el conjunto de unidades ineficientes.

La utilización del Electre TRI como herramienta para incrementar el poder discriminatorio del Análisis Envolvente de Datos ha sido probado previamente en trabajos sobre evaluación de la eficiencia de las OTRI en la actividad de transferencia (De Vicente et al., 2008) y sobre evaluación de la eficiencia de los sectores económicos en innovación (De Vicente et al., 2010) y en innovación abierta (Guede et al., 2011).

III.2.5.a. Aplicación del Electre TRI

El primer paso para la aplicación del Electre TRI es definir dos clases: la clase formada por unidades robustamente eficientes y la formada por unidades no robustamente eficientes. Las primeras serán eficientes de forma general y las segundas solo en casos muy particulares.

⁵⁶ Son DMU eficientes en situaciones extremas. Por ejemplo, una unidad puede resultar eficiente si se asigna el peso máximo a un único input u output y se asigna un peso nulo al resto de variables.

Se definen dos clases donde el perfil es la mediana sin holguras. Se aplicará el Electre TRI sobre la submatriz de eficiencias cruzadas de las unidades eficientes. Las DMU eficientes serán consideradas como acciones y las eficiencias cruzadas como criterios.

Al considerar en el problema las eficiencias cruzadas nos aseguramos de que se tienen en cuenta todos los puntos de vista posibles considerados en el cálculo de la eficiencia, ya que se está introduciendo el punto de vista o la situación más favorable para cada unidad evaluada.

A la hora de establecer los coeficientes de importancia de las eficiencias cruzadas se dará prioridad a las situaciones más realistas. Un conjunto de pesos que permite que una DMU sea eficiente será realista si permite que otras DMU también resulten eficientes cuando se considera ese mismo conjunto de pesos para el cálculo de su eficiencia.

En este sentido, cuantas más DMU resulten ser eficientes con el conjunto de pesos establecido para una unidad eficiente, más importante será la eficiencia cruzada considerada. El coeficiente de importancia de cada eficiencia cruzada será entonces el número de unidades eficientes obtenidas con esos pesos.

III.2.5.b. Resultados de la aplicación del Electre TRI

La clasificación pesimista asignó el 45% de las unidades eficientes a la clase robusta, es decir, 9 universidades son eficientes no solo como los pesos más favorables asignados por el DEA, sino también lo son con la mayoría de los conjuntos de pesos asignados al resto de universidades eficientes.

El restante 55% fue asignado a la clase no robusta. Un total de 11 universidades pertenecen a una segunda categoría, ya que en este caso solo resultan ser eficientes con los pesos favorables que les ha asignado el DEA.

Así, se ha conseguido clasificar las universidades eficientes en función de la robustez de su medida de eficiencia.

Tabla 49. Clasificaciones de robustez basadas en la matriz de eficiencias cruzadas

Clasificación pesimista.	
Un solo perfil sin holguras.	
Dos clases donde el perfil es la mediana y sin holguras.	
Unidades robustamente eficientes	Unidades no robustamente eficientes
DMU 7	DMU2
DMU10	DMU4
DMU 14	DMU 12
DMU 20	DMU 13
DMU 24	DMU 33
DMU 25	DMU 35
DMU 26	DMU 36
DMU 34	DMU 37
DMU 44	DMU 39
	DMU 41
	DMU 42

Fuente: elaboración propia a partir de los resultados obtenidos.

III.2.6. Resultados de la investigación

Con la metodología expuesta se ha conseguido en primer lugar distinguir de la muestra de 44 universidades cuáles tienen un comportamiento eficiente en transferencia y cuáles no. En segundo lugar, mediante la aplicación de métodos de decisión multicriterio al conjunto de unidades eficientes, se ha podido distinguir entre unidades eficientes y robustamente eficientes.

De esta forma se han podido constituir tres clases de universidades en cuanto a su eficiencia en el proceso de transferencia de conocimiento: robustamente eficientes, no robustamente eficientes e ineficientes.

A continuación se desarrollan los resultados obtenidos atendiendo a características como orientación y tamaño de la universidad y antigüedad de la OTRI. Asimismo se realiza un análisis regional del conjunto de las 20 universidades que resultaron eficientes en el análisis DEA, detallándolo posteriormente en función de las robustamente eficientes.

III.2.6.a. Influencia de las características de las universidades y de las OTRI en la eficiencia.

Resulta interesante detallar los resultados en función del tipo de universidad, ya que tanto la diferenciación como la especialización de los centros se consideran que influyen positivamente en la eficiencia.

Orientación y tamaño de la universidad

De esta forma, las tres universidades politécnicas de mayor tamaño resultan eficientes en la aplicación del Análisis Envolvente de Datos. Atendiendo a la robustez de la eficiencia, solo una de las tres presenta un comportamiento robustamente eficiente.

En lo referente a las universidades generalistas, y dentro del grupo de los 17 centros clasificados como eficientes en el segundo DEA (sin considerar las tres universidades politécnicas) se hace necesario diferenciar los centros por tamaño.

Las siete universidades generalistas de mayor tamaño han sido clasificadas como no robustamente eficientes. Este hecho está relacionado con el tamaño de la universidad ya que este está asociado a una mayor cantidad de recursos, por lo que deberían producir más outputs de transferencia para ser robustamente eficientes.

Se aprecia como seis de las ocho universidades generalistas más pequeñas resultan clasificadas como robustamente eficientes. Se puede deducir que es más fácil alcanzar una medida de eficiencia robusta en el caso de universidades eficientes de menor tamaño.

Análisis cluster jerárquico

Por otra parte, para complementar estos resultados, se ha realizado una caracterización de las unidades eficientes mediante el análisis cluster jerárquico del que puede deducirse lo siguiente:

1. Cada una de las tres politécnicas de mayor tamaño constituye una unidad independiente.

Si se realiza un análisis discriminante excluyendo a las universidades politécnicas de mayor tamaño se consigue una mayor discriminación ya que se obtiene una correlación canónica de 0,779 y un valor de la Lambda de Wilks de 0,393.

Con el resto de universidades pueden construirse dos grupos.

2. El primero de ellos está formado en su mayor parte por universidades robustamente eficientes, ya que 6 de las 9 que lo forman lo son. Este grupo engloba a 9 de las 10 universidades eficientes menores en tamaño, lo que corrobora lo expuesto anteriormente respecto a la relación entre la eficiencia robusta y el tamaño de la universidad.
3. El segundo grupo está formado mayoritariamente por universidades no robustamente eficientes, ya que 6 de las 8 que lo forman lo son. Este grupo engloba a las 7 universidades eficientes generalistas de mayor tamaño y a 1 de las más pequeñas, entre las que están 2 universidades robustamente eficientes (dentro de las de mayor tamaño) y 6 no robustamente eficientes.
4. En la matriz de estructura la mayor correlación toma el valor de 0,59 y corresponde al factor input 1 obtenido mediante el ACP sobre el conjunto de inputs originales, es decir, al relativo a las características de la universidad

(variables relacionadas con el PDI y con el gasto en I+D). Puede deducirse por tanto que las características de la universidad tienen gran influencia en el resultado de eficiencia.

5. El siguiente valor de correlación mayor corresponde al factor output 1 y toma el valor de 0,432, que al ser inferior a 0,5 es indicador de un menor poder discriminante. Este factor, una de las componentes principales calculada sobre el conjunto de outputs, relacionaba las variables de gestión de la propiedad intelectual e industrial con contratos de I+D y spin-off.

En la tabla 50 que representa la matriz de estructura pueden observarse los resultados asociados al análisis discriminante.

Tabla 50. Matriz de estructura del análisis discriminante

Componentes principales	Función
	1
Factor input 1	0,590
Factor output 2	0,432
Factor input 2	-0,224
Factor output 2	0,133
Factor output 3	0,120

Fuente: elaboración propia a partir de la salida de información del programa

Antigüedad de la OTRI

Por otra parte, en lo referente a la antigüedad de la OTRI, se observa que el hecho de que una universidad tenga una OTRI con más de 15 años de experiencia influye positivamente en la eficiencia. Cabe señalar a este respecto que la mayoría de las OTRI de las universidades analizadas cuentan con al menos 15 años de experiencia, por lo que la antigüedad no constituye un factor determinante de la eficiencia.

Asimismo, la edad de la OTRI no se perfila como factor determinante a la hora de diferenciar universidades eficientes y robustamente eficientes.

III.2.6.b. Análisis regional de los resultados

Los resultados del análisis de eficiencia indican que existen cuatro grandes sistemas universitarios regionales que agrupan al 75% de los centros públicos de investigación eficientes en la actividad de transferencia de conocimiento y tecnología: Andalucía con 5 universidades eficientes, Comunidad de Madrid y Cataluña con 4, y Comunidad Valenciana con 2 centros eficientes.

El 25% restante se distribuye entre distintos sistemas universitarios regionales, con presencia en Aragón, Galicia, La Rioja y País Vasco. Una universidad con presencia en varias comunidades autónomas resulta también ser eficiente en el análisis. En el gráfico

49 puede apreciarse la distribución de las universidades eficientes por comunidades autónomas para el año 2009.

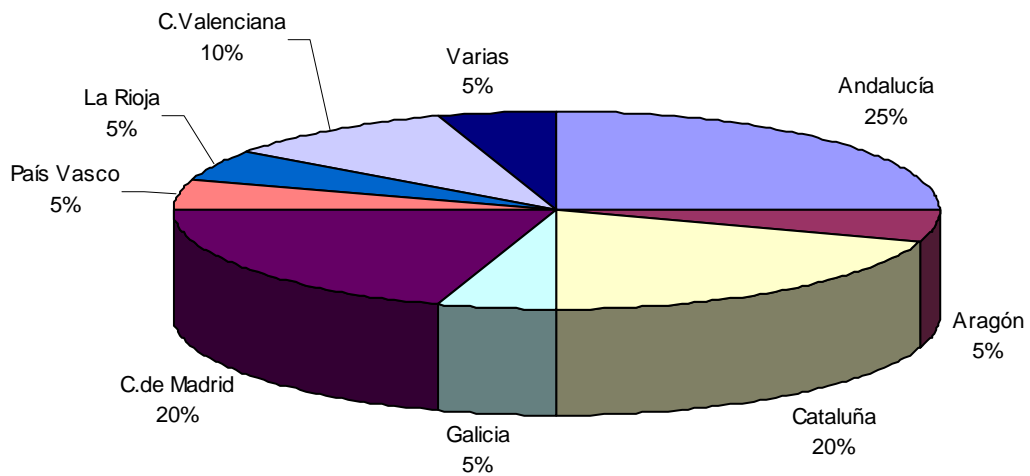
Gráfico 49. Número de universidades eficientes en el proceso de transferencia de conocimiento y tecnología por comunidades autónomas. Año 2009.



Fuente: elaboración propia a partir de los resultados del análisis.

En el gráfico 50 puede apreciarse la distribución porcentual de universidades eficiente por comunidades autónomas.

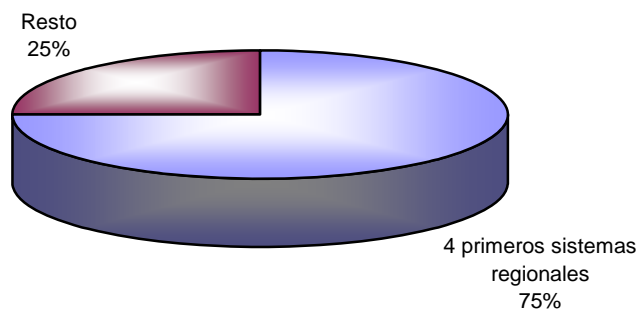
Gráfico 50. Distribución de las unidades eficientes por comunidades autónomas



Fuente: elaboración propia a partir de los resultados del análisis.

Como puede observarse en el gráfico 51, el 75% de las universidades eficientes pertenecen a cuatro sistemas universitarios regionales.

Gráfico 51. Distribución regional de las universidades eficientes



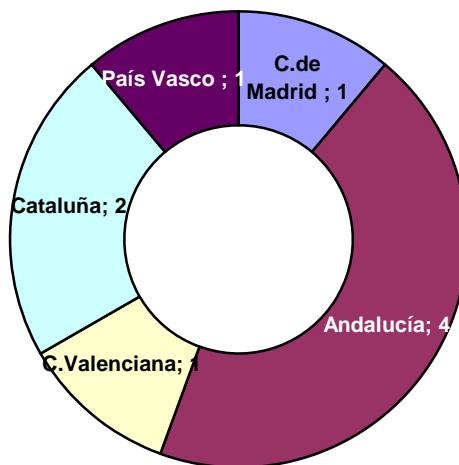
Fuente: elaboración propia a partir de los resultados del análisis.

Resultados del análisis de robustez

Si se considera la distinción entre centros robustamente eficientes y no robustamente eficientes obtenida a partir de la aplicación del Electre TRI sobre la submatriz de eficiencias cruzadas de las unidades eficientes, el sistema universitario andaluz es el que presenta una mayor robustez en la eficiencia de sus centros públicos de investigación, ya que agrupa al 44,4% de los centros robustamente eficientes. El sistema universitario catalán agrupa al 22,2% de las universidades robustamente eficientes, y la Comunidad

de Madrid, la Comunidad Valenciana y el País Vasco agrupan al porcentaje restante (33,4%) a partes iguales. Ver gráfico 52.

Gráfico 52. Número de universidades robustamente eficientes por comunidades autónomas



Fuente: elaboración propia a partir de los resultados del análisis.

Los centros públicos de investigación que presentan un comportamiento eficiente con los pesos que el programa le ha atribuido (los más favorables en cada caso) pero no resultan ser eficientes con los pesos de las demás unidades eficientes constituyen el grupo de unidades no robustamente eficientes.

El conjunto de las 11 unidades no robustamente eficientes se distribuyen de la siguiente forma: la Comunidad de Madrid agrupa al 27,3% y Cataluña al 18,2%, y el resto de comunidades al 54,5% restante. (Gráfico 53)

Gráfico 53. Número de universidades no robustamente eficientes por comunidades autónomas



Fuente: elaboración propia a partir de los resultados del análisis.

Como era de esperar, puede comprobarse la existencia de una estrecha relación entre los resultados obtenidos con el análisis y los datos regionales sobre actividades de I+D e innovación.

Si se relacionan estos datos con el gasto interno en I+D por comunidades autónomas, puede observarse como los cuatro primeros sistemas universitarios regionales pertenecen a comunidades autónomas situadas entre las cinco primeras en gasto interno en I+D. De hecho, los cuatro sistemas universitarios regionales que agrupan al 75% de las universidades eficientes en transferencia agrupan al 67,8% del total del gasto interno en I+D en el año 2009.

En lo referente a las 9 universidades robustamente eficientes, destacar que están situadas en las cinco comunidades autónomas que aglutinan el 77% del gasto interno en I+D. (Ver tabla 51)

Tabla 51. Distribución del gasto interno en I+D por comunidades autónomas. Año 2009.

Comunidades Autónomas	Total gastos internos en I+D (miles de euros)	Total gastos internos en I+D (%)
C. de Madrid	3.899.396	26,74%
Cataluña	3.284.487	22,52%
Andalucía	1.578.085	10,82%
País Vasco	1.346.984	9,24%
C. Valenciana	1.120.308	7,68%
Castilla y León	629.490	4,32%
Galicia	524.125	3,59%
C. F. de Navarra	388.243	2,66%
Aragón	370.945	2,54%
R. de Murcia	241.481	1,66%
Canarias	238.829	1,64%
Castilla - La Mancha	237.912	1,63%
P. de Asturias	226.156	1,55%
Extremadura	154.708	1,06%
Cantabria	149.062	1,02%
Islas Baleares	99.854	0,68%
La Rioja	85.203	0,58%
Ceuta y Melilla	6.408	0,04%
Total	14.581.676	100,00%

Fuente: INE. Estadística sobre actividades en I+D. Año 2009.

Si se atiende al gasto interno en I+D en los sectores de alta tecnología por comunidad autónoma, las cinco primeras comunidades aglutinan el 82,3% del total de gasto y en ellas están situadas las 9 universidades robustamente eficientes. (Fuente: Estadística sobre las actividades en Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico, año 2009).

Si se considera el gasto interno autonómico en I+D en el sector de enseñanza superior se puede observar la estrecha relación existente entre este y la presencia de universidades eficientes en transferencia de conocimiento y tecnología. En la tabla 52 se aprecia como el 65,11% del gasto interno en I+D de este sector corresponde a las cuatro comunidades autónomas que agrupan al 75% de las universidades eficientes en transferencia de conocimiento.

Si se considera además el dato correspondiente al País Vasco, las cinco comunidades que realizan el 70,86% del gasto interno en enseñanza superior son las que cuentan con las 9 universidades robustamente eficientes en transferencia.

Tabla 52. Distribución del gasto interno en I+D en el sector de enseñanza superior por comunidades autónomas. Año 2009.

Comunidades Autónomas	Gastos internos en sector de enseñanza superior (miles de euros)	Gastos internos en sector de enseñanza superior (%)
Cataluña	752.810	18,55%
C. de Madrid	688.011	16,95%
Andalucía	683.680	16,85%
C. Valenciana	517.817	12,76%
País Vasco	233.472	5,75%
Castilla y León	221.144	5,45%
Galicia	206.407	5,09%
Canarias	110.905	2,73%
R. de Murcia	100.068	2,47%
P. de Asturias	93.600	2,31%
C. F. Navarra	84.149	2,07%
Castilla - La Mancha	82.698	2,04%
Aragón	76.114	1,88%
Extremadura	75.035	1,85%
Cantabria	62.801	1,55%
Islas Baleares	46.816	1,15%
La Rioja	16.708	0,41%
Ceuta y Melilla	6.125	0,15%
TOTAL	4.058.359	100,00%

Fuente: INE. Estadística sobre actividades en I+D. Año 2009.

Atendiendo a la actividad de innovación de las empresas por comunidades autónomas, puede observarse como el 79,17% del gasto en innovación de las empresas se concentra en cinco comunidades autónomas. Estas cinco regiones concentran la presencia de 16 de las 20 universidades eficientes en transferencia de conocimiento, entre las que están las 9 universidades robustamente eficientes. (Ver tabla 53).

Tabla 53. Distribución del gasto de las empresas en actividades innovadoras. Año 2009.

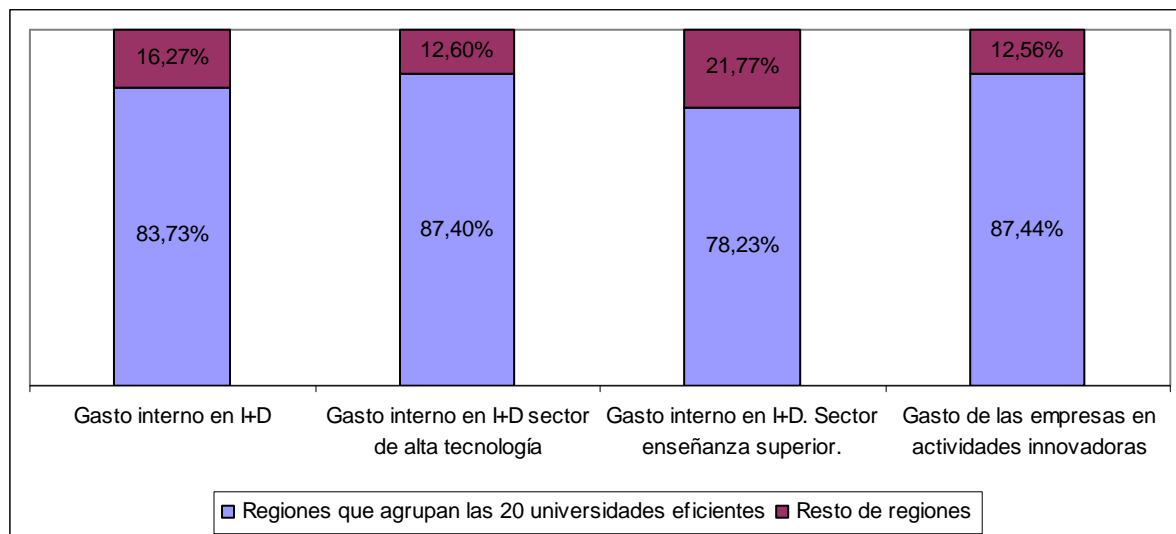
Gastos totales en actividades innovadoras en las empresas			
Comunidad Autónoma	Empresas de menos de 250 empleados	Empresas de 250 y más empleados	Total
C. de Madrid	1.212.884	5.635.326	6.848.209
Cataluña	1.559.236	1.935.631	3.494.868
País Vasco	1.036.113	744.119	1.780.233
Andalucía	512.156	487.070	999.226
C. Valenciana	667.487	173.464	840.951
Castilla y León	557.937	245.337	803.274
Galicia	386.479	319.849	706.328
Aragón	202.452	483.884	686.335
C. F. de Navarra	210.474	190.254	400.728
P. de Asturias	149.224	94.155	243.380
Castilla - La Mancha	154.006	75.299	229.305
R. de Murcia	150.407	61.462	211.870
Canarias	88.155	25.807	113.962
Cantabria	61.386	40.783	102.169
La Rioja	46.264	18.698	64.962
Islas Baleares	38.947	15.975	54.922
Extremadura	37.899	12.523	50.421
Ceuta	2.995	n.d.	2.995
Melilla	751	1.736	2.487
TOTAL	7.075.251	10.561.372	17.636.624

Fuente: INE. Encuesta sobre innovación en las empresas 2009.

A modo de resumen, en el gráfico 54 puede observarse el peso del conjunto de comunidades autónomas que cuentan con universidades eficientes en datos relacionados con el gasto en I+D e innovación.

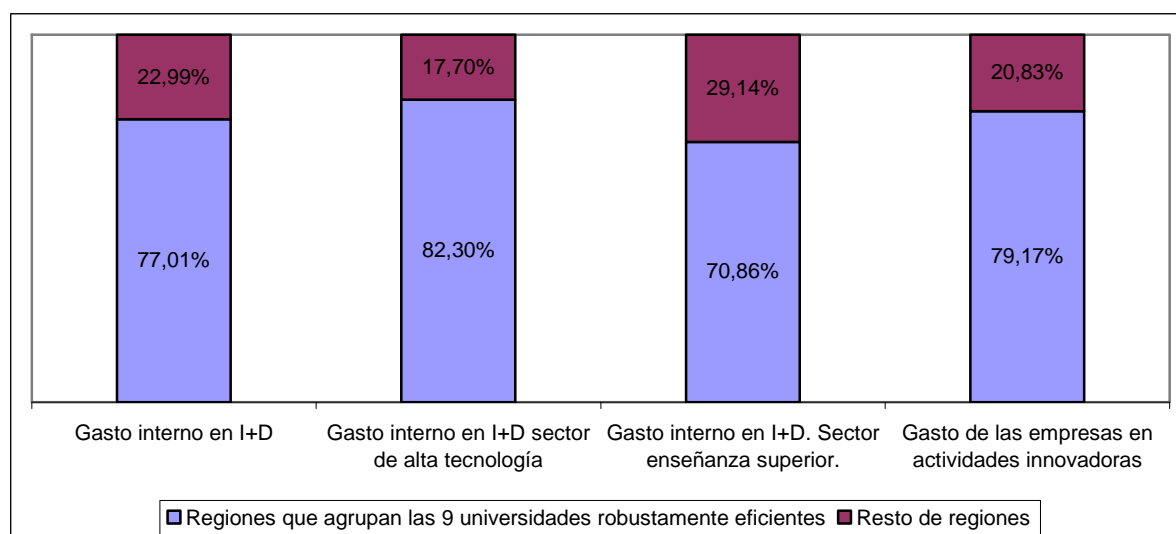
En el gráfico 55 se aprecia el peso del conjunto de comunidades autónomas que cuentan con universidades robustamente eficientes en datos relacionados con el gasto en I+D e innovación.

Gráfico 54. Peso del gasto en I+D e innovación en regiones con universidades eficientes



Fuente: elaboración propia a partir de la encuesta sobre actividades de I+D y de la encuesta sobre innovación en las empresas, año 2009.

Gráfico 55. Peso del gasto en I+D e innovación en regiones con universidades robustamente eficientes



Fuente: elaboración propia a partir de la encuesta sobre actividades de I+D y de la encuesta sobre innovación en las empresas, año 2009.

Conclusiones

Se expondrán a continuación las aportaciones del trabajo realizado, la metodología utilizada en la tesis y los principales resultados obtenidos en relación con los objetivos y las hipótesis planteados en la introducción. Asimismo, se mostrarán las futuras líneas de investigación que esperamos permitan continuar y mejorar el trabajo realizado hasta ahora.

El proceso de transferencia de conocimiento y tecnología ha cobrado gran importancia en los últimos años, tanto para los centros de investigación, como para empresas y gobiernos. Este proceso se constituye como uno de los pilares en la construcción de la economía basada en el conocimiento. El conocimiento por sí mismo no genera valor, solo lo genera si es transferido a las empresas y a la sociedad.

Las universidades han identificado la transferencia de conocimiento como una de las acciones fundamentales de la tercera misión, la cual complementa las actividades de investigación y docencia desarrolladas por estas instituciones.

La importancia estratégica de la transferencia de conocimiento y tecnología universitarios radica en tres aspectos fundamentales. Por una parte, el conocimiento transferido a las empresas permite mejorar su modelo productivo e incrementar la competitividad, contribuyendo al desarrollo y a la expansión de la economía.

En segundo lugar, la transferencia universitaria supone un incremento de recursos para la universidad. Esto, además de contribuir a su financiación, dota a las universidades de medios que permiten el desarrollo de nuevas investigaciones.

En tercer lugar, la función de transferencia universitaria contribuye a la activación de la economía nacional y regional. A escala nacional, repercute en la mejora de los resultados económicos de las empresas, por tanto en la mejora de la economía nacional. A nivel regional, su efecto es si cabe más importante, ya que contribuye a la creación de empleo y al establecimiento de nuevas empresas en la zona.

Considerando la importancia estratégica de la transferencia de conocimiento y tecnología universitarios, resulta fundamental evaluar la eficiencia de las universidades en este proceso, para poder caracterizar el comportamiento de los centros públicos de investigación en cuanto a transferencia de conocimiento.

Para desarrollar este trabajo se plantearon dos objetivos fundamentales. Por una parte, el primer objetivo consistía en la evaluación de la eficiencia de los centros públicos de investigación en el proceso de transferencia de conocimiento y tecnología.

Para realizar este análisis fue necesario estudiar distintas metodologías que permitiesen evaluar la eficiencia, de este estudio se dedujo que la herramienta más adecuada era el Análisis Envoltante de Datos. Aunque se perfiló como el modelo de análisis más adecuado, presentaba una serie de limitaciones.

En este punto surgió el segundo objetivo de esta tesis: mejorar la capacidad discriminatoria del Análisis Envoltante de Datos mediante la aplicación de técnicas multidimensionales y de métodos de decisión multicriterio.

Para realizar este trabajo ha sido necesario, en primer lugar, **desarrollar el marco conceptual de la transferencia de conocimiento y tecnología**. Para ello, se han analizado en el primer capítulo todos los aspectos relacionados con este proceso, estructurados en tres partes.

En la primera de ellas se hace referencia al Sistema Español de Ciencia y Tecnología y se detallan aspectos legislativos. Asimismo, se describen los instrumentos de planificación del sistema para posteriormente analizar la situación de la I+D+i en España.

A continuación, se tratan todos los aspectos relacionados directamente con el proceso de transferencia de conocimiento. Para ello ha sido necesario establecer la terminología relacionada con la transferencia de conocimiento y tecnología mediante la revisión de la literatura publicada en el área. Por otra parte, se muestra la estructura de la transferencia en España, mediante la descripción del modelo adoptado por el Ministerio de Ciencia e Innovación y mediante el desarrollo teórico sobre las estructuras de intermediación y los mecanismos o instrumentos de transferencia.

Por último dentro de esta primera revisión teórica, se aborda el tema de las Oficinas de Transferencia de Tecnología. En primer lugar se realiza un análisis de la literatura relacionada con aspectos como la definición, origen, funciones y modelos de oficinas de transferencia, para continuar con el estudio de las Oficinas de Transferencia de Resultados de Investigación españolas y de su actividad en el año 2009.

Mediante el desarrollo de los contenidos descritos anteriormente **se ha conseguido aportar claridad, orden y estructura en lo referente a la actividad de transferencia de conocimiento y tecnología**.

Por una parte, se ofrece una perspectiva general de la estructura y la situación de la I+D+i en España. Asimismo, se facilita la comprensión de los conceptos relacionados con la transferencia de conocimiento y tecnología, y se da a conocer como se ejecuta la función transferencia en España, quiénes son los actores que intervienen en el proceso, y cuáles son las estructuras de intermediación y los mecanismos de transferencia que se utilizan.

Por último dentro de esta aportación, se difunde el papel de las Oficinas de Transferencia de Tecnología a nivel internacional y de las Oficinas de Transferencia de Resultados de Investigación en España.

Después del análisis teórico de los aspectos relativos al proceso de transferencia de conocimiento y tecnología se realiza una descripción de las **bases teóricas de la metodología**.

Para ello ha sido necesario, en primer lugar, revisar el concepto de eficiencia y los distintos modelos que permiten evaluarla, distinguiendo entre métodos paramétricos y no paramétricos. De esta revisión se deduce, como ya se ha mencionado, que el Análisis Envoltente de Datos constituye la técnica más apropiada en este caso.

La revisión metodológica continúa con el estudio del modelo no paramétrico, que a pesar de ser el más adecuado, presenta una serie de debilidades. Se realiza en este punto

un análisis exhaustivo de los escollos y las limitaciones que presentaba el DEA, ofreciendo protocolos de actuación para solventarlos.

Por último dentro del estudio de las técnicas utilizadas, se incluyen las soluciones propuestas a las limitaciones encontradas en la aplicación del Análisis Envolvente de Datos en este caso concreto. Para ello se analiza en primer lugar el Análisis de Componentes Principales, técnica multidimensional propuesta para mejorar la capacidad discriminatoria del DEA. A continuación se analiza el Electre TRI, método de decisión multicriterio, y se explica de qué manera esta técnica podían contribuir a obtener resultados de eficiencia robustos.

Una vez propuesta la metodología, y con intención de conocer los conceptos desarrollados en trabajos empíricos anteriores, se efectúa una revisión de la literatura relacionada con el análisis de la eficiencia de las universidades en la actividad de transferencia de conocimiento.

A continuación se realiza el análisis empírico de esta tesis. Se evalúa la eficiencia de 44 universidades públicas españolas en el proceso de transferencia de conocimiento y tecnología, mediante el análisis de datos procedentes de la encuesta RedOTRI de universidades del año 2009.

A la hora de seleccionar las variables, uno de los propósitos que se perseguían era el de recoger la máxima información posible sobre la actividad de transferencia de las universidades, lo que se refleja sobre todo en el número de outputs escogidos.

El conjunto de inputs está formado por 6 variables relacionadas con los recursos de la universidad y de la OTRI. El conjunto de outputs, por su parte, está compuesto por 12 variables que recogen información sobre todos los instrumentos de transferencia utilizados por las universidades sobre los cuales se disponía de información.

En la mayoría de los estudios de comportamiento analizados se evalúa la eficiencia en función de algún instrumento de transferencia, como acuerdos de licencia o creación de spin-off, pero no se introduce información relativa a todos los outputs de transferencia.

Una de las aportaciones de esta tesis consiste en que se evalúa la eficiencia de las universidades **considerando como outputs todas las actividades de transferencia** de estas instituciones, aportando así completitud a la investigación.

Es en este punto donde surge la primera limitación con la aplicación de un primer Análisis Envolvente de Datos, ya que si se trabaja con un número elevado de variables se obtiene como resultado un elevado número de unidades eficientes. Para solventar este problema se aplica un Análisis de Componentes Principales sobre el conjunto de inputs y outputs con el fin de obtener factores que se utilizarán en lugar de las variables originales en un segundo DEA.

Tras el estudio teórico del tratamiento de valores negativos en el Análisis de Componentes Principales se aplica un segundo DEA considerando como inputs las componentes principales y como outputs las variables originales.

De la evaluación de la eficiencia de los centros públicos de investigación en España en la actividad de transferencia de conocimiento y tecnología se deduce que **20 de 44 universidades analizadas tienen un comportamiento eficiente**. Esta eficiencia se calcula aplicando el Análisis Envolvente de Datos sin imponer restricciones a los pesos, es decir, permitiendo libertad al programa para que asigne a cada unidad el peso que más la favorezca.

Se evalúa por primera vez en España la eficiencia de los centros públicos de investigación en la actividad de transferencia de conocimiento y tecnología.

El hecho de no considerar restricciones a los pesos puede permitir que alguna unidad con comportamiento poco usual sea evaluada como eficiente. Además, el DEA da como resultado, por un lado, puntuaciones de ineficiencia de las unidades no eficientes, y por otro, un conjunto de unidades eficientes, pero no permite jerarquizar las unidades dentro de este último grupo.

Sería conveniente pues, en este punto, poder distinguir dentro del conjunto de universidades eficientes cuáles presentan una medida de eficiencia robusta.

Se estudió la forma de encontrar qué universidades, además de resultar eficientes con los pesos que se le han asignado en la resolución del problema, resultan también eficientes cuando se evalúan con los pesos que se han asignado al resto de universidades eficientes. Estas universidades serían clasificadas como robustamente eficientes.

Para discriminar dentro del conjunto de unidades eficientes cuáles son eficientes de forma robusta se ha aplicado un Electre TRI sobre la submatriz de eficiencias cruzadas de las unidades eficientes. Esto permite crear dos clases dentro de las unidades eficientes, resultando que **9 universidades presentaban una medida de eficiencia robusta**.

Esta metodología original ha sido probada previamente por los autores en investigaciones sobre la eficiencia de las OTRI universitarias, en De Vicente et al., (2008) y sobre la eficiencia innovadora de los sectores de la economía española, en De Vicente et al. (2010) y Guede et al. (2011).

En esta tesis **se propone un nuevo marco metodológico para el análisis de la eficiencia**, demostrando que metodológicamente es posible incrementar el poder discriminatorio del Análisis Envolvente de Datos mediante la aplicación del Electre TRI sobre la submatriz de eficiencias cruzadas de las unidades eficientes.

Se verifican de esta forma las dos hipótesis planteadas al inicio de esta investigación. La primera de ellas pretendía probar la posibilidad de evaluar la eficiencia de las universidades públicas en el proceso de transferencia. Mediante la aplicación de la metodología expuesta se han obtenido resultados de eficiencia para las 44 universidades analizadas. Los resultados indicaron que 20 de estas universidades tenían un comportamiento eficiente en el proceso de transferencia.

La segunda hipótesis pretendía demostrar que la utilización conjunta del Análisis Envolvente de Datos con métodos de decisión multicriterio proporciona resultados de eficiencia más robustos. La aplicación de la metodología propuesta ha permitido

distinguir dos grupos de universidades eficientes, resultando 9 de ellas robustamente eficientes y 11 no robustamente eficientes.

Además de los resultados expuestos, que demuestran la verificación de las hipótesis, se han podido extraer otras conclusiones relevantes de este estudio, relacionadas con las características de las universidades eficientes y sobre su distribución regional.

A continuación se expondrán los resultados que permiten caracterizar a las universidades eficientes.

Atendiendo a la orientación de la universidad, las 3 politécnicas de mayor tamaño resultan eficientes en la aplicación del Análisis Envoltente de Datos, si bien solo una de ellas fue clasificada como robustamente eficiente.

En lo referente a las 17 universidades eficientes restantes, de carácter generalista, se observa como el tamaño de los centros influye en la robustez de la eficiencia, de forma que resulta **más fácil obtener medidas de eficiencia robusta en el caso de las universidades de menor tamaño.**

Esto se debe a que el tamaño de la universidad está asociado a una mayor cantidad de recursos, por lo que se presupone que universidades grandes deberían producir más outputs de transferencia para ser clasificadas como robustamente eficientes.

De esta forma, dentro del conjunto de los 17 centros eficientes mencionados, se observó como 7 de las 9 universidades de mayor tamaño obtienen una medida de eficiencia no robusta. Por el contrario, en el conjunto de 8 universidades de menor tamaño, 6 de ellas resultan ser robustamente eficientes.

Se ha realizado un análisis cluster jerárquico que sirve para corroborar los resultados expuestos en relación al tamaño de la universidad.

Por otra parte, en lo relativo a la antigüedad de la OTRI, se observa que **universidades que cuentan con una OTRI con más de 15 años de experiencia obtienen mejores resultados de eficiencia.** Sin embargo, la antigüedad de la OTRI no constituye un factor determinante en cuanto a la diferenciación entre universidades robustamente eficientes y no robustamente eficientes.

En lo referente a la distribución regional de las universidades eficientes, se han obtenido importantes conclusiones que aportan consistencia al análisis empírico realizado en esta investigación.

Los resultados del análisis de eficiencia indican la **existencia de cuatro grandes sistemas universitarios regionales que agrupan al 75% de los centros públicos de investigación eficientes en la actividad de transferencia de conocimiento y tecnología:** Andalucía con 5 universidades eficientes, Comunidad de Madrid y Cataluña con 4, y Comunidad Valenciana con 2 centros eficientes.

El 25% restante se distribuye entre distintos sistemas universitarios regionales, con presencia en Aragón, Galicia, La Rioja y País Vasco.

A la hora de examinar los resultados de robustez, el sistema universitario andaluz es el que presenta un mejor comportamiento en cuanto a eficiencia de sus centros públicos de investigación, agrupando al 44,4% de los centros robustamente eficientes. El sistema universitario catalán agrupa al 22,2% de las universidades robustamente eficientes, y la Comunidad de Madrid, la Comunidad Valenciana y el País Vasco al porcentaje restante (33,4%) a partes iguales.

Como era de esperar, se comprueba la existencia de una estrecha relación entre los resultados obtenidos con el análisis empírico de la tesis y los datos regionales sobre actividades de I+D e innovación.

En lo referente a actividades de I+D, los cuatro sistemas universitarios regionales en los que están situadas el 75% de las universidades eficientes en transferencia, abarcan el 67,8% del total del gasto interno en I+D en el año 2009. En lo referente a las 9 universidades robustamente eficientes, se observa que están situadas en las cinco comunidades autónomas a las que corresponde el 77% del gasto interno en I+D en ese año.

Por otra parte, las cinco comunidades que realizan el 70,86% del total del gasto interno en enseñanza superior en España en 2009 son las que cuentan con las 9 universidades robustamente eficientes en transferencia.

En lo relativo al gasto interno en I+D en los sectores de alta tecnología por comunidad autónoma, las cinco primeras comunidades agrupan el 82,3% del total de gasto y en ellas están situadas las 9 universidades robustamente eficientes.

Atendiendo a la actividad de innovación de las empresas por comunidades autónomas, el 79,17% del gasto en innovación de las empresas se concentra en cinco de ellas: Comunidad de Madrid, Cataluña, País Vasco, Andalucía y Comunidad Valenciana. Estas cinco regiones concentran también la presencia de 16 de las 20 universidades eficientes en transferencia de conocimiento, entre las que están las 9 universidades robustamente eficientes. De esta forma, se observa que la actividad innovadora de las empresas está directamente relacionada con eficiencia de la transferencia de conocimiento y tecnología.

Una vez expuestas las conclusiones de la tesis, se detallarán las posibles futuras líneas de investigación que sugen a partir de la investigación desarrollada y que esperamos nos permitan ampliar y mejorar el trabajo realizado hasta el momento.

Sería interesante realizar un análisis longitudinal de la eficiencia de la transferencia de conocimiento y tecnología en España, abarcando varios años de estudio. De esta forma podría apreciarse la evolución de la eficiencia de las universidades, y conocer si es necesario que se produzca un cambio estructural importante en estas instituciones para que su nivel de eficiencia mejore.

Una de las opciones de investigación que se proponen consiste en ampliar el análisis incluyendo nueva información. Podrían considerarse variables de entorno, para estudiar, por ejemplo, si la presencia de una facultad de medicina es un factor determinante en la eficiencia. Asimismo, podría incluirse la antigüedad y experiencia de la OTRI – esto último en función de las características del personal de la oficina- como variables.

Por otra parte podría estudiarse la relación entre la eficiencia y la presencia de otras estructuras de intermediación en la universidad, como incubadoras de empresas o parques científicos.

A la vista de los resultados regionales obtenidos, una de las vías de investigación futura más importante consistiría en incluir factores regionales en el estudio. De esta forma, la consideración de factores como la intensidad innovadora de las empresas o la disponibilidad de capital semilla en la región permitirían obtener medidas de eficiencia más consistentes.

Introducir información local sobre la actividad investigadora de las empresas del área de acción de la universidad en el modelo, permitiría analizar en qué medida influye la presencia de un centro en un área activa en investigación en relación a su eficiencia en transferencia.

Por otra parte, y en relación al análisis metodológico desarrollado en esta tesis, una de las líneas de investigación consideradas consiste en la búsqueda de alternativas para el tratamiento de valores negativos en el Análisis Envolvente de Datos.

Asimismo, dentro de la investigación metodológica, profundizar en la complementariedad del Análisis Envolvente de Datos con los métodos de decisión multicriterio podría proporcionar resultados muy valiosos para su aplicación a distintas áreas de investigación.

Bibliografia

- Adams, J., Black, G., Clemmons, R. and Stephan, P. (2005). "Scientific Teams and Institutional Collaborations: Evidence from U.S. Universities, 1981-1999". *Research Policy*, 34(3), 259-286.
- Adler, N. and Golany, B. (2001). "Evaluation of deregulated airline networks using data envelopment analysis combined with principal component analysis with an application to Western Europe". *European Journal of Operational Research*, 132(2), 18-31.
- Adler, N. and Golany, B. (2002). "Including principal component weights to improve discrimination in data envelopment analysis". *Journal of the Operational Research Society*, 53, 985-991.
- Adler, N. and Golany, B. (2007). "Data reduction through principal component analysis (DEA-PCA).", en Cook, W. and Zhu, J. (2007). *Modeling Data Irregularities and Structural Complexities in Data Envelopment Analysis*. Springer. New York
- Adler, N. and Yazhemsy, E. (2010). "Improving Discrimination in Data Envelopment Analysis: PCA-DEA or Variable Reduction". *European Journal of Operational Research*, 202(1), 273-284.
- Afriat, S. N. (1972). "Efficiency estimation of production functions". *International Economic Review*, 13(3), 568-598.
- Aigner, D. J., & Chu, S. (1968). "On estimating the industry production function". *The American Economic Review*, 58(4), 826-839.
- Aigner, D. J., Amemiya, T., & Poirier, D. J. (1976). "On the estimation of production frontiers: Maximum likelihood estimation of the parameters of a discontinuous density function". *International Economic Review*, 17(2), 377-396.
- Aigner, D., Lovell, C., and Schmidt, P. (1977). "Formulation and estimation of stochastic frontier production function models". *Journal of Econometrics*, 6(1), 21-37.
- Ali, A. I. and Seiford, L.M. (1990). "Translation invariance in data envelopment analysis". *Operations Research Letters*, 9, 403-405.
- Allen, R., Athanassopoulos, A., Dyson, R.G. and Thanassoulis, E. (1997). "Weights restrictions and value judgements in data envelopment analysis: Evolution, development and future directions". *Annals of Operation Research*, 73, 13-34.
- Anderson, T. R., Daim, T. U. and Lavoie, F. F. (2007). "Measuring the efficiency of university technology transfer". *Technovation*, 27, 306-318.
- Anselin, L., Varga, A. and ACS, Z. (1997). "Local geographic spillovers between University research and high technology innovations". *Journal of Urban Economics*, 42, 422-448.

- Arrow, K. (1969). "Classificatory notes on the production and transmission of technological knowledge". *American Economic Review, Papers and Proceedings*, 59, 29-35.
- Arundel, A. and Geuna A (2004). "Proximity and the use of public science by innovative European firms". *Economics of Innovation and New Technology*, 13, 559-580.
- Arundel, A., Van de Paal, G. and Soete, L. (1995). *PACE Report: Innovation Strategies of Europe's Largest Firms: Results of the PACE Survey for Information Sources, Public Research, Protection of Innovations, and Government Programmes*. Final Report, MERIT, University of Limburg, Maastricht.
- Arvanitis S. and Hollenstein, H. (2006). "Determinants of Swiss Firms R&D Activities at foreign locations: an empirical analysis based on firm-level data". *KOF Working papers 06-127*. KOF Swiss Economic Institute, ETH Zurich.
- Arvanitis, S., Kubli, U. and Woerter, M. (2008). "University-industry knowledge and technology transfer in Switzerland: What university scientists think about co-operation with private enterprises". *Research Policy*, 37, 1865–1883
- Audretsch, D. B. and M. P. Feldman. (1996). "R&D Spillovers and the Geography of Innovation and Production". *American Economic Review*, 86, 630-640.
- Autio, E. and Laamanen, T. (1995). "Measurement and Evaluation of Technology Transfer: Review of Technology Transfer Mechanisms and Indicators". *International Journal of Technology Management*, 10 (7/8), 643-664.
- Bana e Costa, C. editor. (1990). *Readings in Multiple Criteria Decision Aid*. Springer Verlag, Heidelberg.
- Banker, R. D. (1996). "Hypothesis tests using data envelopment analysis". *Journal of Productivity Analysis*, 7, 139-159.
- Banker, R. D. and Morey, R. C. (1986a). "Efficiency Analysis for Exogenously Fixed Inputs and Outputs". *Operations Research*, 34 (4), 513-521.
- Banker, R. D. and Morey, R. C. (1986b). "The Use of Categorical Variables in Data Envelopment Analysis". *Management Science*, 32 (12), 1613-1627.
- Banker, R. D., Charnes, A. Y and Cooper, W. W. (1984). "Some models for estimating technical and scale inefficiencies in Data Envelopment Analysis". *Management Science*, 30 (9), 1078-1092.
- Barr, R., Durchholz, M. and Seiford, L. (1994). *Peeling the DEA onion: Layering and rank-ordering DMUs using tiered DEA*. Southern Methodist University technical report, 1994/2000.

- Bartelsman, E., Scarpetta, S., Schivardi, F. (2003). *Comparative Analysis of Firms Demographics and Survival: Micro-Level Evidence for the OECD Countries*. OECD Economic Department Working Papers, 348, Paris.
- Bassannini, A. (2000). *Knowledge, Technology and Economic Growth: recent evidences from OECD countries*. ECO/WKP 2000, 32, OECD Economics Department.
- Belenzon, N. and Schankerman, M. (2007). *Harnessing Success: Determinants of University Technology Licensing Performance*. CEPR Discussion Paper.
- Benayoun, R., Roy, B. and Sussman, B. (1966). *ELECTRE: Une méthode pour guider le choix en présence de points de vue multiples*. Note de travail 49, SEMA-METRA International, Direction Scientifique.
- Bercovitz, J., Feldman, M., Feller, I. and Burton, R. (2001). "Organizational structure as a determinant of academic patent and licensing behavior: an exploratory study of Duke, Johns Hopkins, and Pennsylvania state Universities". *Journal of Technology Transfer*, 26(1-2), 21-35.
- Blumenstyk, G. (2005). "Colleges cash in on commercial activity". *Chronicle of Higher Education*, A25-A26.
- Boussofiene, A., Dyson, R. G. and Thanassoulis, E. (1991). "Applied Data Envelopment Analysis". *European Journal of Operational Research*, 52, 1-15.
- Bouyssou, D., Jacquet-Lagrèze, E., Perny, P., Slowinski, R., Vanderpooten, D. and Vincke, Ph. editors. (2001). *Aiding Decisions with Multiple Criteria: Essays in Honour of Bernard Roy*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Bouyssou, D., Marchant, T., Pirlot, M., Perny, P., Tsouki`as, A. and Vincke, Ph. (2000). *Evaluation and Decision Model. A Critical Perspective*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Bozeman, B. (2000). "Technology transfer and public policy: a review of research and theory". *Research Policy*, 29, 627-655.
- Bozeman, B., Papadakis, M., and Coker, K. (1995). "Industry perspectives on commercial interactions with federal laboratories: Does the cooperative technology paradigm really work?" Report to the National Science Foundation. *Research on Science and Technology Program*.
- Branscomb, L. M., Kodama, F., and Richard, F. (1999). *Industrializing knowledge: University-industry linkages in Japan and the United States*. MIT Press, London.
- Bray, M. J. and Lee, J.N (2000). "University revenues from technology transfer: licensing fees versus equity positions". *Journal of Business Venturing*, 15(5-6), 385-392.

- Brimble, P. and Florida, R. (2007). "University-Industry Linkages and Economic Development: The Case of Thailand". *World Development*, 35 (6), 1021-1036.
- Bueno, E. (2007). "La Tercera Misión de la Universidad: Emprendimiento e Innovación". *Boletín Intellectus*, 12, 2-4.
- Bueno, E., Morcillo, P., y Salmador, M. P. (2006). "Distinctions that matter: a classification of resources and discusion of implications for dynamic capabilities of firms". *Internacional Journal of Management Practice*, 2 (1), 72-82.
- Caldera, A. and Debande, O. (2010). "Performance of Spanish universities in technology transfer: An empirical analysis". *Research Policy*, 39, 1160–1173.
- Capart, G. (2003). "Universities and patents. From Opens Science to Open Innovation". Directrices aprobadas por Proton Europe en la Conferencia de Valencia (2003). Disponible en <http://www.slidefinder.net/c/capart/642390>
- Capart, G. and Sandelin, J. (2004). "Models and missions for transfer offices from public research organizations". *Trabajo no publicado proporcionado por los autores*. Disponible en <http://otl.stanford.edu/documents/JSMissionsModelsPaper-1.pdf>
- Carlsson, B. and Fridh, A. C. (2002). "Technology transfer in united states universities". *Journal of Evolutionary Economics*, 12(1), 199-232.
- Castells, M. and Hall, P. (1994). *Technopoles of the world: The making of the 21st century industrial complex*. Routledge, London.
- Castro, E., Cortes, A., Nicolás, M. y Costa, C. (2005). "Una aproximación al análisis del impacto de las universidades en su entorno a través de un estudio de las actividades de las OTRI universitarias españolas". *ALTEC*, TR 50000067.
- Chapple, W., Lockett, A., Siegel, D. S. and Wright, M. (2005). "Assessing the relative performance of U.K. University technology transfer offices: parametric and non-parametric evidence". *Research Policy*, 34(3), 369–384.
- Charnes, A. and Cooper, W. W. (1962). "Programming with Linear Fractional Functionals". *Naval Research Logistics Quaterly*, 9, 181-186.
- Charnes, A. and Cooper, W. W. (1984). "The Non-Archimedean CCR Ratio for Efficiency Analysis: A Rejoinder to Boyd and Färe". *European Journal of Operational Research* 15, 333-334.
- Charnes, A., Cooper, W. W. and Rhodes, E. (1978). "Measuring the Efficiency of Decision Making Units". *European Journal of Operational Research*, 2, 429-444.
- Charnes, A., Cooper, W. W. and Rhodes, E. (1981). "Evaluating program and managerial efficiency: an application of data envelopment analysis to Program Follow Through". *Management Science*, 27 (6), 668-97.

- Charnes, A., Cooper, W. W., Golany, L., Seiford, L. and Stutz, J. (1985). "Foundations on Data Envelopment Analysis for Pareto-Koopmans Efficient Empirical Production Functions". *Journal of Econometrics*, 30, 91-107.
- Charnes, A., Cooper, W. W., Lewin, A. Y. and Seiford, L. (1994). *Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology, and application*. Kluwer Academic Publishers.
- Charnes, A., Cooper, W. W., Seiford, L. M. and Stutz, J. (1982). "A Multiplicative Model for Efficiency Analysis". *Socio-Economic Planning Science*, 16, 223-224.
- Charnes, A., Cooper, W. W., Seiford, L. M. and Stutz, J. (1983). "Invariant Multiplicative efficiency and Piecewise Cobb-Douglas Envelopment". *Operations Research Letters*, 2, 101-103..
- Charnes, A., Cooper, W.W., Lewin, A. Y. and Seiford, L. M. (1997b). "Data envelopment analysis theory, methodology and applications". *Operational Research Society*, 48 (3), 332.
- Charnes, A., Rousseau, J. J. and Semple, J. H. (1992). "Non-Archimedean infinitesimals, transcendentals and categorical inputs in Linear-Programming and Data Envelopment Analysis". *International Journal of Systems Science*, 23(12), 2401-2406.
- Cheng, G., Zervopoulos, P., and Qian, Z. (2011). "A variant of radial measure capable of dealing with negative inputs and outputs in data envelopment analysis". *Munich Personal RePEc Archive*. Paper No. 30951.
- Chesbrough, H. (2006). "The era of open innovation". *Managing innovation and change*, 127.
- Chesbrough, H. W. (2003). *Open Innovation: The new imperative for creating and profiting from technology*. Harvard Business School Press, Boston.
- Chukumba, C. O. and Jensen, R. A. (2005). "University Invention, Entrepreneurship, and Start-Ups". *NBER Working Paper* n° W11475.
- Clark, B. (1998). *Creating Entrepreneurial Universities: Organisational Pathways of Transformation*, International Association of Universities and Elsevier Science, New York.
- Clarysse, B., Wright, M., Lockett, A. and Mustar, P. (2007). "Academic Spin-offs, Formal Technology Transfer and Capital Raising". *Industrial and Corporate Change*, 6 (4), 609.
- Coelli, T. (1998). "A Multi-stage methodology for the solution of orientated DEA models". *Operation Research Letters*, 22, 143-149.
- Cohen W. M., Nelson, R. R. and Walsh, J. P. (2002). "Links and impacts: The influence of public research on industrial R&D". *Management Science*, 48, 1-23.

- Cohen, W. M., Florida, R., Randazzese, L. and Walsh, J. (1998). "Industry and the academy: Uneasy partners in the cause of technological advance". En *Challenges to research universities*, R. G. Noll (Ed.) (171–200). Washington, DC: The Brookings Institution.
- Cohen, W. M., Nelson, R, and Walsh, J. (2002). "Links and impacts: the influence of public research on industrial R&D". *Management Science*, 48(1), 1-23.
- Coll, V. and Blasco, O. M. (2006). *Evaluación de la eficiencia mediante el análisis envolvente de datos*. Edición electrónica. Texto completo en www.eumed.net/libros/2006c/197/
- Colyvas, J., Crow, M., Gelijns, A., Mazzoleni, R., Nelson, R. R. and Rosenberg, N. (2002). "How do university inventions get into practice?". *Management Science*, 48(1), 61–72.
- Comisión Europea (2000). *La innovación en una Economía de Conocimiento*. Comisión Europea. Brussels.
- Comisión Europea (2003). *The role of universities in the Europe of Knowledge*. Comunicación 58, 5 febrero. Comisión Europea. Brussels.
- Comisión Europea (2004). *The Europe of Knowledge 2020. A vision for University-Based Research and Innovation*. D-G. for Science & Society. Comisión Europea. Liege.
- Comisión Europea (2005). *Consejo europeo de primavera 2005*. Comisión Europea. Brussels.
- Comisión Europea (2005a). *Responsible Partnering-Joining forces in a world of open innovation. A guide to better practices for collaborative research and knowledge transfer between science and industry*. Comisión Europea. Brussels.
- Comisión Europea (2005b). *El triángulo de la sociedad del conocimiento en Europa., Comunicación, 6 de abril*. Comisión Europea. Brussels.
- Comisión Europea (2007). *El Espacio Europeo de Investigación. Nuevas Perspectivas*. Comisión Europea. Brussels.
- Comisión Europea (2008). *Science, Technology and Competitiveness key figures report 2008/2009*. D-G. for Research. Comisión Europea. Brussels.
- Comisión Europea (2009). *Metrics for Knowledge Transfer from Public Research Organisations in Europe. Report from the European Commission's Expert Group on Knowledge Transfer Metrics*. Comisión Europea. Brussels.
- Comisión Europea (2010). *2009 Expert Group on Knowledge Transfer. Final Report – 30 November 2009*. Comisión Europea. Brussels.

- Comisión Europea, ERAWATCH (2008). *Research Inventory Reports for Higher Education Institutions*. European Communities. Disponible en: <http://cordis.europa.eu/erawatch>
- Comisión Europea. (1995). *Libro Verde de la Innovación*. Comisión Europea. Brussels.
- Comisión Europea. (1995). *White Paper on Education and Training. Teaching and learning. Towards the Learning Society*. Comisión Europea. Brussels.
- Comisión Europea. (2007b). *Improving knowledge transfer between research institutions and industry across Europe. embracing open innovation - Implementing the Lisbon agenda-*. SEC (2007) 449. Brussels.
- Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (1989). *Memoria del Plan Nacional de I+D en 1988*. Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología, Madrid.
- Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (2001). *Informe sobre las actividades de la OTRI durante el año 2001*. Ministerio de Ciencia y Tecnología, Madrid.
- Conesa, F. (1997). *Las Oficinas de Transferencia de Resultados de Investigación en el Sistema Español de Innovación. Tesis doctoral*. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia.
- Conesa, F. (2007). “Las encuestas sobre transferencia de conocimiento”. En Fundación CYD, *Informe CYD 2006*. Barcelona.
- Conesa, F. (2010). “Transferencia de conocimiento. Modelo e indicadores”. Fundación CYD, *Informe CYD 2010*. Barcelona..
- Connelly, T. (2006). “Effective Knowledge Transfer. From Research Universities to Industry”, en Weber L.E. y Duderstadt, J.J. (2006). *Universities and Business. Partnering for the Knowledge Society*. Economica Ltd., London.
- Conti, A., Gaulé, P., (2008). “The CEMI Survey of Technology Transfer Offices”. *CEMI Working Paper*, Ecole Polytechnique Fédérale de Laussane.
- Conti, A., Gaulé, P., (2011). “Is the US outperforming Europe in university technology licensing? A new perspective on the European Paradox”. *Research Policy*, 40, 123-135.
- Cook, W. D. and Seiford, L. M. (2009). “Data envelopment analysis (DEA)—Thirty years on”. *European Journal of Operational Research*, 192, 1-17.
- Cook, W. D., Kress, M., and Seiford, L. M. (1993). “On the use of ordinal data in data envelopment analysis”. *Journal of the Operational Research Society*, 44 (2), 133-140.
- Cooper, W.W., Seiford, L.M. and Zhu, J. (2004). “Data Envelopment Analysis: History, Models and Interpretations”, en Cooper, W.W., Seiford, L.M., Zhu, J., 2004. *Handbook on Data Envelopment Analysis*. Kluwer Academic, Norwel, MA.

- Cooper, W.W., Seiford, L.M., Tone, K.,(2000). “*Data Envelopment Analysis. A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software*”. Kluwer Academic Publishers, Boston.
- D’Este, P., & Patel, P. (2007). “University–industry linkages in the UK. What are the factors underlying the variety of interactions with industry?” *Research Policy*, 36, 1295–1313.
- David, P.A. y Foray, D., (1995). “Accessing and expanding the science and technology knowledge base”. *STI-Review* 16, 13–68.
- De Vicente, M., Guede, R., Blanco, F.J., Romero, A. (2010). “Innovation Efficiency in Spain: An Analysis by activity branch”. Otamendi, J., Bargiela, A., Montes, J. L. y Doncel, L. M. (2010). En *23rd European Conference on Modelling and Simulation*. Dudweiler, Germany.
- De Vicente, M., Manera, J. and Guede, R. (2007). “Using MCDA to improve DEA Analysis Results for Technology Transfer Offices in Spain”. *65th Meeting of the European Working Work on Multicriteria Decision Aid*.
- De Vicente, M., Manera, J., Guede, R. and Martín del Peso, M. (2008). “*Using MCDA to support compromise robust solutions in DEA with no a priori information about weights*” 67th Meeting of the European Working Work on Multicriteria Decision Aid. Reports of the Department of Mathematical Information Technology Series A. Collection, N° A1/2008.
- Debackere, K., and Veugelers, R. (2005), “The Role of Academic Technology Transfer Organizations in Improving Industry Science Links”, *Research Policy*, 34(3), 321–342.
- Debreu, G. (1951). “The coefficient of resource utilization”. *Econometrica*, 19 (3), 273-292.
- Del Estado, B. O. (2008). Real decreto 2093/2008, de 19 de diciembre, por el que se regulan los Centros Tecnológicos y los Centros de Apoyo a la Innovación Tecnológica de ámbito estatal y se crea el registro de tales Centros.
- Di Gregorio, D., and Shane, S. (2003)“Why Do Some Universities Generate More Start-ups than Others?”. *Research Policy*, 32, 209–27.
- Dias, L. and Clímaco, J. (1999). “On computing ELECTRE’s credibility indices under partial information”. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 8(2), 74–92.
- Dias, L. and Mousseau, V. (2004). “Inferring ELECTRE’s veto-related parameters from outranking examples”. *European Journal of Operational Research*, 170(1), 172-191.
- Dias, L., Mousseau, V., Figueira, J. and Clímaco, J. (2002). « An aggregation/disaggregation approach to obtain robust conclusions with ELECTRE TRI”. *European Journal of Operational Research*, 138, 332–348.

- Dorta, J.A. y de León, J. (2003). "Gestión y Control de las subvenciones públicas de I+D en el marco de las Universidades Públicas Españolas". *Revista Española de Control Externo*, 5 (14).
- Dosi, G. (1982). "Technological paradigms and technological trajectories: A suggested interpretation of the determinants of technical change". *Research Policy*, 11 (3), 147-162.
- Dosi, G. (1988). "Sources, procedures and microeconomic effects of innovation". *Journal of Economic Literature*, 26, 1120-1171.
- Doyle, J. and Green, R. (1994). "Efficiency and Cross-Efficiency in DEA: Derivations, Meanings and Uses". *The Journal of Operational Research Society*, 45 (5), 567-578.
- Dyson, R. G. and Thanassoulis, E. (1988). "Reducing weight flexibility in data envelopment analysis". *Journal of Operational Research Society*, 39, 563-576.
- Dyson, R. G., Allen, R., Camanho, A. S., Podinovski, V. V., Sarrico, C. S. and Shale, E.A. (2001). "Pitfalls and protocols in DEA". *European Journal of Operational Research*, 132, 245-259.
- El-Mahgary, S. and Lahdelma, R. (1995). "Data Envelopment Analysis: Visualizing the Results". *European Journal of Operational Research*, 85, 700-710.
- Emrouznejad A., Amin G.R., Thanassoulis E. and Anouze A. L. (2010). "On the boundedness of the SORM DEA models with negative data". *European Journal of Operational Research*, 206, 265-268.
- Emrouznejad A., Anouze A. L. and Thanassoulis E. (2010). "A semi-oriented radial measure for measuring the efficiency of decision making units with negative data, using DEA". *European Journal of Operational Research*, 200, 297-304.
- Emrouznejad, A., Parker, B. R. and Tavares, G. (2008). "Evaluation in research of efficiency and productivity: A survey and analysis of the first 30 years of scholarly literature in DEA". *Socio-Economic Planning Sciences*, 42, 151-157.
- Etzkowitz, H. (1998). "The norms of entrepreneurial Science: cognitive effects of the new university-industry linkages", *Research Policy*, 27, 823-833.
- Etzkowitz, H.; Webster, A.; Gebhardt, C. & Terra, B., (2000). "The future of the University and the university of the future: evolution of ivory tower to entrepreneurial paradigm", *Research Policy*, 29 (2). 313-330.
- Färe, R., Grosskopf, C. and Lovell, C. A. K. (1985). *The measurement of efficiency of production*. Boston, Kluwer-Nijhoff.
- Färe, R., Grosskopf, C. and Lovell, C. A. K. (1994). *Production Frontiers*. Cambridge University Press. Cambridge.

- Färe, R., Grosskopf, S., Norris, M., Zhang, Z., (1994). "Productivity growth, technical progress, and efficiency change in industrialized countries". *The American Economic Review* 84, 66–83.
- Farrell, M. J. (1957). "The Measurement of Productive Efficiency". *Journal of the Royal Statistical Society, Serie A*, 3, 253-290.
- Felt, U. y Glanz, M.,(2005). "University Autonomy in the European Context. Revisiting the research-teaching nexus in a post- Humboltian environment", *Conference Magna Charta Observatory*.
- Fernández de Lucio, I., Conesa, F., Garea, M., Castro, E., Gutiérrez, A., Bodegas, M.A. (1996). "Estructuras de interfaz en el Sistema español de Innovación. Su papel en la difusión de tecnología". Centro de Transferencia de Tecnología. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia. ISBN: 84-921988-1-8
- Fernández, J.M. (2008). "El Plan Nacional de I+D+i ¿Un Plan para España?" en "El Plan Nacional de I+D+i (2008-2011) a examen", *Revista mi+d*, monografía 21, junio 2008.
- Figueira, J. and Roy, B. (2002). "Determining the weights of criteria in the ELECTRE type methods with a revised Simos' procedure". *European Journal of Operational Research*, 139, 317–326.
- Figueira, J., Greco, S. and Ehrgott, M. (2005). *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*. Springer Verlag, Boston, Dordrecht, London.
- Førsund, F. R. (2001). *Categorical Variables in DEA*. Working Paper Series. ICER (International Center for Economic Research).
- Førsund, F. R. and Jansen, E. S. (1977). "On estimating average and best practice homothetic production functions via cost functions". *International Economic Review*, 18(2), 463-476.
- Førsund, F. R., Lovell, C. A. K. and Schmidt, P. (1980). "A survey of frontier production functions and of their relationship to efficiency measurement". *Journal of Econometrics*, 13 (1), 5-25.
- Foster, G. (1962). "Traditional Cultures and the Impact of Technological Change". *New York. Harper Publishing Co.*
- Freeman, C. (1991). "Networks of innovators. a synthesis of research issues". *Research Policy*, 20, 499–514.
- Fried, H. O., Schmidt, S. S. and Yaisawargn, S. (1995). *Incorporating the Operating Environment into a Measure of Technical Efficiency*. Mimeo, Union College, Schenectady. Kluwer Academic Publishers, Boston.

- Friedman, J., & Silberman, J. (2003). University technology transfer: Do incentives, management, and location matter?. *The Journal of Technology Transfer*, 28(1), 17-30.
- Fukugawa, N. (2009). "Determinants of licensing activities of local public technology centers in Japan". *Technovation*, 29, 885–892
- Fundación COTEC para la Innovación Tecnológica. (2004). "*Transferencia a las empresas de la investigación universitaria*". Madrid.
- Fundación COTEC para la Innovación Tecnológica. (2008). "*Informe COTEC: Tecnología e Innovación en España, 2008*". Madrid.
- Fundación COTEC para la Innovación Tecnológica. (2009). "*Informe COTEC: Tecnología e Innovación en España, 2009*". Madrid.
- Fundación COTEC para la Innovación Tecnológica. (2010). "*Informe COTEC: Tecnología e Innovación en España, 2010*". Madrid.
- Fundación COTEC para la Innovación Tecnológica. (2010). "*Transferencia de tecnología en las empresas españolas. Identificación de patrones según datos del panel PITEC*". Madrid
- Fundación COTEC para la Innovación Tecnológica. (2011). "*Informe COTEC: Tecnología e Innovación en España, 2011*". Madrid.
- Fundación CYD. (2009). *Informe CYD 2009*. Barcelona.
- Fundación CYD. (2010). *Informe CYD 2010*. Barcelona.
- Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT). (2006a). *Informe SISE 2006*. Madrid.
- Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT). (2006b). *Carencias y Necesidades del Sistema Español de Ciencia y Tecnología. Informe 2005*. Madrid.
- Galbraith, J. K. (1967). *The New Industrial State*. Houghton Mifflin Company, Boston.
- Gattouffi, S., Oral, M. and Reisman, A. (2004). "Data Envelopment Analysis literature: A biography update (1951–2001)". *Socio-Economic Planning Sciences*, 38, 159-229.
- Gibbons, M., Limoges, C., Nowotny, H., Schwartzman, S., Scott, P. y M. Trow. (1994). *The New Production of Knowledge*. Sage, London.
- Golany, B. and Roll, Y. (1989). "An application procedure for DEA". *Omega*, 17, 237-250.
- González, E. (2002). "La Estimación de la Eficiencia con Métodos No Paramétricos", en Álvarez Pinilla, A. (2002). *La Medición de la Eficiencia y la Productividad*. Ed. Pirámide.

- Grant, E. B., and Gregory, M. J. (1997). "Tacit knowledge, the life cycle and international manufacturing transfer". *Technology Analysis and Strategic Management*, 9(2), 149–161.
- Grimm, H. M. and Jaenicke, J. (2010). "What drives patenting and commercialisation activity at East German universities? The role of new public policy, institutional environment and individual prior knowledge". *Journal of Technology Transfer*, 1-24.
- Guede, R., De Vicente, M., Manera, J. y Romero, A. (2010). "Innovation Efficiency and Open Innovation: An Application to Activity Branches in Spain", en Pablos, C. y López, D. (2010). *Open Innovation in Firms and Public Administrations: Technologies for Value Creation*. IGI Global, Herchey PA.
- Hair Jr, J. F., Anderson, R. E., Tatham, R. L. and William, C. Black (1995). *Multivariate Data Analysis with Readings*, 4.
- Hellmann, T. (2005). *The Role of Patents for Bridging the Science to Market Gap*. Mimeo, Union College, Schenectady. Kluwer Academic Publishers, Boston.
- Hoppe, H., and Ozdenoren, E. (2005), "Intermediation in Innovation", *International Journal of Industrial Organization*, 23, 483–503.
- Jacquet-Lagrèze. E. and Siskos, Y. (1983). *Méthode de Décision Multicritère*. Editions Hommes et Techniques, Paris.
- Jaffe, A.B., Trajtenberg, M., and Henderson, R. (1993). "Geographic Localization of Knowledge Spillovers as Evidenced by Patent Citations". *The Quarterly Journal of Economics*, 108(3), 577–598.
- Jain, S. and George, G. (2007). "Technology transfer offices as institutional entrepreneurs. the case of Wisconsin Alumni Research Foundation and human embryonic stem cells". *Industrial and Corporate Change*, 16 (4), 535–567.
- Jensen, R. A. and M. C. Thursby (2001). "Proofs and prototypes for sale: the licensing of university inventions." *American Economic Review*, 91(1), 240–259.
- Jensen, R., Thursby, J. G. and Thursby, M. C. (2003), "Disclosure and licensing of university inventions: The best we can do with the S**T we get to work with". *International Journal of Industrial Organization*, 21(9), 1271–1300.
- Johnson H.G. (1970). "The efficiency and welfare implications of the international corporation. Kindle-Berger C, editor. International Corporation. Cambridge, MA.MIT 35-56.
- Johnson, R.A. and Wichern, D. W. (1982). *Applied Multivariate Statistical Analysis*. Prentice Hall Inc. Englewood Cliffs, New Jersey.

- Klofsten, M.; Jones-Evans, D.(2000). "Comparing Academic Entrepreneurship in Europe –The Case of Sweden and Ireland." *Small Business Economics*, 14, 299–309.
- Koopmans, T. C. (1951). "An Analysis of Production as an Efficient Combination of Activities" en Koopmans, J., *Activity Analysis of Production and Allocation*, Monografía nº 13, Cowles Commission for Research in Economics, New York.
- Kremick, T. (2003). "Technology Transfer. A Contextual Approach". *Journal of Technology Transfer*, 28, 149-158
- Lach, S. and Schankerman, M. (2004), "Royalty Sharing and Technology Licensing in Universities". *Journal of the European Economic Association*, 2(2–3), 252–64.
- Lach, S. Schankerman, M. (2008). "Incentives and inventions in universities". *The Rand Journal of Economics*, 39 (2), 403–433.
- Landry, R., Amara, N., Ouimet, M.(2007). "Determinants of knowledge transfer. evidence from canadian university researchers in natural science and engineering". *Journal of Technology Transfer*, 32, 561-592.
- Lewin, A. Y. and Morey, R. C. (1981). "Measuring the relative efficiency and *output* potential of public sector organizations: an application of data envelopment analysis". *International Journal of Policy Analysis and Information Systems*, 5, 267-285.
- Ley 13/1986, de 14 de abril de fomento y coordinación general de la investigación científica y técnica.
- Leydesdorff, H. and Etzkowitz, H. (1996). "Emergence of a Triple Helix of University-Industry-Government Relations". *Science and Public Policy*, 3 (5), 279-286.
- Liebeskind, J. P., Oliver, A., Zucker, L. and Brewer, M. (1996). "Social Networks, Learning, and Flexibility: Sourcing Scientific Knowledge in New Biotechnology Firms". *Organization Science*, 7, 4, 428-443. Lippman, S. and R.
- Link, A. N. and Siegel, D. S. (2005). "Generating science-based growth: An econometric analysis of the impact of organizational incentives on university–industry technology transfer". *European Journal of Finance*, 11(3), 169-181.
- Link, A., Siegel, D., Bozeman, B. (2007). "An empirical analysis of the propensity of academics to engage in informal university technology transfer". *Industrial and Corporate Change*, 16(4), 641-655.
- Link, A.N. and Scott, J.T. (2005). "Opening the Ivory Tower's Door. An Analysis of the Determinants of the Formation of US University Spin-off Companies". *Research Policy*, 34(7), 1106–12.
- Link, N. and Scott, J. T. (2007). "The economics of university research parks." *Oxford Review of Economic Policy*, 23(4), 620–639.

- Lisbon European Council. Presidency conclusions. (2000). *Strategy of Lisbon*. 23-24 March 2000. Lisbon. <http://www.europarl.europa.eu>
- Litan, R. E., Mitchell, L., & Reedy, E. J. (2008). “Commercializing University Innovations: Alternative Approaches”, en Jaffe, A. B., Lerner, J. and Stern, S. (2008). *Innovation Policy and the Economy, Volume 8*. University of Chicago Press.
- Lockett, A. D., Siegel, M., Wright, M. and Ensley, M. (2005). “The creation of university spin-off firms at public research institutions: managerial and policy implications”. *Research Policy*, 34, 981–993.
- Lockett, M., Wright, M. and Franklin, S. (2003). “Technology Transfer and Universities’ Spin-out Strategies”. *Small Business Economics*, 20, 185–201.
- Lovell, C. A. K. (1993). “Production frontiers and productive efficiency”, en Fried, H., Lovell, C. A. K. and Schmidt, S. (eds.), *The measurement of productive efficiency. Techniques and applications*. Oxford University Press.
- Lovell, C. A. K. and Pastor, J. T. (1995). “Units invariant and translation invariant DEA models”. *Operations Research Letters*, 18, 147-151
- Lundvall, B. (1992). “Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning” *National Systems of Innovation*. Pinter, London.
- Macho-Stadler, I., Pérez-Castrillo, J.D. and Veugelers, R. (2008). “Designing Contracts for University Spin-offs”, *Journal of Economics and Management Strategy* 17, 185-218.
- Macho-Stadler, I., Pérez-Castrillo, J.D. and Veugelers, R. (2007). “Licensing of University Innovations: the Role of Technology Transfer Offices”. *International Journal of Industrial Organization*, 25(3), 483-510.
- Mansfield, E. (1997). *University-Industry Collaboration in the Era of Knowledge-Based Economic Development*. Stanford University Press, Palo Alto.
- Mansfield, E. and Lee, J.Y (1996). “The modern university: contributor to industrial innovation and recipient of industrial”. *Research Policy*, 25, 1047–1058.
- Markman, G. D., Gianiodis, P.T., Phan, P.H. and Balkin, D., (2005b). “Innovation speed: transferring university technology to market.” *Research Policy*, 34, 1058–1075.
- Markman, G., Gianiodis, P., Phan, P., Balkin, D., (2004). “Entrepreneurship from the Ivory tower. do incentive systems matter?”. *Journal of Technology Transfer*, 29, 353–364.
- Markman, G., Phan, P., Balkin, D., and Gianiodis, P., (2005a). “Entrepreneurship and university-based technology transfer.” *Journal of Business Venturing*, 20(2), 241–263.

- Martin, B. and Etzkowitz, H., (2000). "The origin and evolution of the university species", *Vest*, 13 (3/4).
- Mathews, J. and Hu Mei-Chih (2007). "Enhancing the Role of Universities in Building National Innovative Capacity in Asia. The Case of Taiwan", *World Development*, 35 (6), 1005-1020.
- Maystre, L. Pictet, J. and Simos, J. (1994). *Les Méthodes Multicritères ELECTRE*. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne.
- Merino, C., Verde A. y Villar, L. (2008). "La función de transferencia tecnológica en las OTRIs". *Revista mi+d*, 47.
- Merrill, R. (1972). "The role of technology in cultural evolution". *Social Biology*, 19 (3), 246
- Michavila, F. (2006). "El crecimiento económico y la innovación universitaria", en Toledo, F., Alcón, E. y Michavila, F., (2006). *Universidad y Economía en Europa*, Ed. Tecnos. Madrid.
- Ministerio de Educación y Ciencia. (1988). *Plan Nacional de I+D 1988-1991*.
- Ministerio de Educación y Ciencia. (2003). *Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica 2004-2007*. Editado por la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT). Madrid.
- Ministerio de Educación y Ciencia. (2007). *Estrategia Nacional de Ciencia y Tecnología*. Editado por la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT). Madrid.
- Ministerio de Educación y Ciencia. (2007). *Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica 2008-2011*. Editado por la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT). Madrid.
- Ministerio de Educación y Ciencia. (2009). *Programa de Trabajo'09*. Editado por la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT). Madrid.
- Ministerio de Educación y Ciencia. (2010). Programa INGENIO 2010: Balance de actuaciones. Disponible en: <http://www.micinn.es/portal/site/MICINN/menuitem.7eeac5cd345b4f34f09dfd1001432ea0/?vgnnextoid=7ac0714a6eb70210VgnVCM1000001034e20aRCRD>
- Ministerio de Educación y Ciencia. (2010). *Programa de Trabajo 2010*. Editado por la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT). Madrid.
- Molas-Gallart, J., (2005), "Definir, quantificar i finançar la tercera missió. un debat sobre el futur de la Universitat", *Coneixement i Societat*, 07,6-27.
- Mousseau, V. (1993). *Problèmes liés à l'évaluation de l'importance relative des critères en aide multicritère à la décision: Réflexions théoriques*,

- expérimentations et implémentations informatiques*. PhD thesis, Université Paris-Dauphine.
- Mousseau, V. and Slowinski, R. (1998). “Inferring an ELECTRE TRI model from assignment examples”. *Journal of Global Optimization*, 12(2), 157–174.
- Mousseau, V., Figueira, J. and Naux, J. (2001). “Using assignment examples to infer weights for ELECTRE TRI method: Some experimental results”. *European Journal of Operational Research*, 130(2), 263–275.
- Muscio, A. (2010). “What drives the university use of technology transfer offices?. Evidence from Italy.” *Journal of technology transfer*, 35, 181-202
- Narin, F., Kimberley, S. Hamilton, S. and Olivastro, D. (1997). “The increasing linkage between U.S. technology and public science”. *Research Policy*, 26(3), 317–330.
- Nelson, R.R. (1993), “National Systems of Innovation. A Comparative Study”, *Oxford University Press*, Oxford
- Nerkar, A., Shane, S., (2003). “When do start-ups that exploit patented academic knowledge survive?” *International Journal of Industrial Organization* 21(9), 1391-1410
- Ngo The, A. and Mousseau, V. (2002). “Using assignment examples to infer category limits for the ELECTRE TRI method”. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 11(1), 29–43.
- Norman, M. and Stoker, B. (1991). *DEA. The assessment of Performance*. John Wiley and Sons.
- O’Gorman, C., Byrne, O., & Pandya, D. (2008). “How scientists commercialise new knowledge via entrepreneurship”. *Journal of Technology Transfer*, 33, 23–43.
- O’Shea, R. T., Allen, A. Chevalier and Roche, F. (2005), “Entrepreneurial orientation, technology transfer, and spinoff performance of US universities”. *Research Policy*, 34, 994–1009.
- OCDE (2007). *Políticas e instrumentos para la investigación en España: aspectos clave y recomendaciones*. París.
- OCDE. (2003). *Turning science into business. Patenting and licensing at public research organisations*. París.
- Ondategui, J.C. (2002). “Parques Científicos e Innovación en España: Quince años de Experiencia”. *Economía Industrial*, 346, 147-160
- Pastor, J. M. (1995). “Eficiencia, cambio productivo y cambio técnico en los bancos y cajas de ahorro españolas: un análisis de la frontera no paramétrico”. *Revista Española de Economía*, 12(1), 35-73.

- Pastor, J. T. (1996). "Translation invariance in data envelopment analysis: A generalization". *Annals of Operations Research*, 66, 93-102.
- Patel, P. and Pavitt, K. (1994). "National innovation systems. why they are important, how they might be measured and compared". *Economics of Innovation and New Technology*, 3, 77-95.
- Phan, P and Siegel, D., (2006). "The effectiveness of university technology transfer: lessons learned, managerial and policy implications, and the road forward". *Foundations and Trends in Entrepreneurship*, 2(2), 77-144.
- Pomerol, J. and Barba-Romero, S. (2000). *Multicriterion Decision Making in Management*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Real Decreto 680/2008, de 30 de abril, por el que se determina la composición de las Comisiones Delegadas del Gobierno.
- RedOTRI (2008). *Informe de la encuesta RedOTRI 2007*. RedOTRI de Universidades, Madrid.
- RedOTRI (2008). *Memoria RedOTRI 2007*. RedOTRI de Universidades, Madrid.
- RedOTRI (2009). *Informe de la encuesta RedOTRI 2008*. RedOTRI de Universidades, Madrid.
- RedOTRI (2009). *Memoria RedOTRI 2008*. RedOTRI de Universidades, Madrid.
- RedOTRI (2010). *Indicadores en Transferencia de Conocimiento*. Cuadernos Técnicos de RedOTRI, nº 5. RedOTRI de Universidades, Madrid.
- RedOTRI (2010). *Informe de la encuesta RedOTRI 2009*. RedOTRI de Universidades, Madrid.
- RedOTRI (2010). *Memoria RedOTRI 2009*. RedOTRI de Universidades, Madrid.
- RedOTRI (2011). *Memoria RedOTRI 2010*. RedOTRI de Universidades, Madrid.
- Reisman, A. (2005). "Transfer of technologies: a cross-disciplinary taxonomy". *Omega* 33, 189-202
- Rodríguez, J. y Casani, F. (2007). "La transferencia de tecnología en España. Diagnóstico y Perspectivas". *Economía Industrial*, 366, 15-22.
- Roessner, J. (2000). "Technology transfer", en Hill, C. Ed. (2000), *Science and Technology Policy in the US, A Time of Change*. Longman, London.
- Rogers, E.M. (1969). *Modernization among peasants*. Holt, Rinehart, Winston Publishers. New York.
- Rogers, E.M. y Shoemaker F. F. (1971). "Communication of innovations: a cross-cultural approach". *New York. Free Press*.

- Roll, Y., Cook, W. D. and Golany, B. (1991). "Controlling factor weights in data envelopment analysis". *IIE Transactions*, 23, 2-9.
- Rothaermel, F. T., Agung, S., and Jiang, L. (2007). "University entrepreneurship. A taxonomy of the literature". *Industrial and Corporate Change*, 16(4), 691–791.
- Rothaermel, Frank T., Agung Shanti, D. and Jiang, L. (2007), "University entrepreneurship. a taxonomy of the literature", *Industrial and Corporate Change*, 16 (4), 691–791.
- Roy, B. (1985). *Méthodologie Multicritère d'aide à la Décision*. Economica, Paris.
- Roy, B. (1989). "Main sources of inaccurate determination, uncertainty and imprecision". *Mathematical and Computer Modelling*, 12(10/11),1245–1254.
- Roy, B. (1990). "The outranking approach and the foundations of ELECTRE methods". In C.A. Bana e Costa, editor, *Readings in Multiple Criteria Decision Aid*, 155–183. Springer-Verlag, Berlin, 1990.
- Roy, B. (1991). "The outranking approach and the foundations of ELECTRE methods". *Theory and Decision*, 31, 49–73.
- Roy, B. and Bouyssou, D. (1993). *Aide Multicritère à la Décision: Méthodes et Cas*. Economica. Paris, 1993.
- Roy, B. and Mousseau, V. (1996). "A theoretical framework for analysing the notion of relative importance of criteria". *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 5, 145–159.
- Rubiralta, M. (2004). *La transferencia a las empresas de la investigación universitaria. Descripción de modelos europeos*. Editado por Fundación COTEC para la innovación tecnológica. Madrid.
- Rubiralta, M. (2007). "La transferencia de la I+D en España, principal reto para la innovación". *Economía Industrial*, 366, 27-41
- Sahal, D. (1981). "Alternative conceptions of technology". *Research Policy*, 10, 2–24.
- Sahal, D., 1982. "The form of technology". En Sahal, D. (1982). *The Transfer and Utilization of Technical Knowledge*. Lexington Publishing, Lexington, MA.
- Sampat, B. N. (2006). "Patenting and US academic research in the 20th century. The world before and after Bayh-Dole", *Research Policy*, 35, 772-789.
- Schimank,U. y Winnes, M., (2000). "Beyond Humboldt? The relationship between teaching and research in European university systems", *Science and Public Policy*, 27, 397-408
- Schulte, P., (2004). "The Entrepreneurial University. A Strategy for Institutional Development", *Higher Education in Europe*, 28 (4). 187-192.

- Sebastián, J. (2008). “Pasado y futuro de los Planes Nacionales”, en “El Plan Nacional de I+D+i (2008-2011) a examen”, *Revista mi+d*, monografía 21, junio 2008.
- Seiford, L. M. (1996). “DEA: The Evolution of the State of the Art (1978-1995)”. *The Journal of Productivity Analysis*, 7, 99-137.
- Seiford, L. M. and Thrall, R. M. (1990). “Recent Developments in DEA. The mathematical programming approach to frontier analysis”. *Journal of Econometrics*, 46, 7-38.
- Sengupta, B. (1992). “An approximation for the sojourn-time distribution for the GI/G/1 processor-sharing queue”. *Stochastic Models*, 8(1), 35-57.
- Service, E.R. (1971). “*Cultural Evolutionism. Theory in Practice*”. New York Holt, Rinehart and Winston.
- Sexton, T. R., Silkman, R. H. and Hogan, A. J. (1986). “Data Envelopment Analysis: critique and extensions”. En *Measuring Efficiency: An Assessment of Data Envelopment Analysis*. (Silkman, R.H., Ed), 73-104 Jossey-Bass, San Francisco.
- Shane, S. (2002). “Selling university technology: Patterns from MIT.” *Management Science*, 48 (1), 122-137
- Shane, S. (2004). “Encouraging university entrepreneurship? The effect of the Bay-Dole Act on university patenting in the United States”. *Journal of Business Venturing*, 19, 127-151.
- Shane, S. (2004). *Academic Entrepreneurship. University Spin-offs and Wealth Creation*. Edward Elgar Publishing. Cheltenham.
- Sheen, D. (1992). “Barriers to scientific and technical knowledge acquisition in industrial R&D”. *R&D Management*, 22, 135-143.
- Shephard, R.W. (1970). *Theory of Cost and Production Functions*. Princeton University Press, Princeton.
- Siegel, D. S. and Phan, P. (2005). “Analyzing the Effectiveness of University Technology Transfer. Implications for Entrepreneurship Education” en Liebcap, G. (2005), *Advances in the Study of Entrepreneurship, Innovation, and Economic Growth*. Elsevier Science/JAI Press. , 1-38. Amsterdam.
- Siegel, D. S., Veugelers, R., & Wright, M. (2007). “Technology transfer offices and commercialization of university intellectual property. Performance and policy implications”. *Oxford Review of Economic Policy*, 23(4), 640–660.
- Siegel, D. S., Waldman, D. A. and Link, A. N. (2003), “Assessing the impact of organizational practices on the productivity of university technology transfer offices. an exploratory study”. *Research Policy*, 32(1), 27–48.

- Siegel, D., Thursby, J., Thursby, M., Ziedonis, A., (2001). "Organizational issues in university–industry technology transfer. an overview of the symposium issue". *Journal of Technology Transfer* 26, 5–11.
- Siegel, D., Wright, M., Chapple, W., Lockett, A., (2008). "Assessing the relative performance of university technology transfer in the US and UK. a stochastic distance function approach". *Economics of Innovation and New Technology* 17 (7–8), 717–729.
- Slaughter, S. and Leslie, L. (1997). *Academic capitalism: Politics, policies and the entrepreneurial university*. John Hopkins University Press, Baltimore.
- Tassey, G. (1992). *Technology infrastructure and competitive position*. Kluwer Academic Publishers. Norwell, M.A.
- Tavares, G. (2002). *A bibliography of DEA (1978–2001)*, Rutgers Research Report RRR 01-02, Rutgers University, New Jersey.
- Thanassoulis, E. (2001). *Introduction to the Theory and Application of Data Envelopment Analysis. A Foundation Text with Integrated Software*. Kluwer Academic Publishers, Boston.
- Thanassoulis, E., Boussofiene, A. and Dyson, R. G. (1995). "Exploring output quality targets in the provision of perinatal care in England using DEA". *European Journal of Operational Research*, 60, 588-608.
- Thursby, J. G. and Kemp, S. (2002). "Growth and Productive Efficiency of University Intellectual Property Licensing". *Research Policy*, 31, 109–24.
- Thursby, J. G. and M. C. Thursby (2002). "Who is selling the Ivory tower? Sources of growth in university licensing". *Management Science*, 48(1), 90–104.
- Thursby, J. G. and Thursby, M. C. (2007). "University Licensing", *Oxford Review of Economic Policy*, 23(4), 620–39.
- Thursby, J.G., Jensen, R. and Thursby, M.C. (2001). "Objectives, characteristics and outcomes of university licensing: a survey of major U.S. universities". *Journal of Technology Transfer*, 26 (1), 59–72.
- Timmer, C. P. (1971). "Using a probabilistic frontier production function to measure technical efficiency". *The Journal of Political Economy*, 776-794.
- Tintner, G. (1960). "A note on stochastic linear programming. Econometrica" *Journal of the Econometric Society*, 490-495.
- Ueda, T., & Hoshiai, Y. (1997). Application of principal component analysis for parsimonious summarization of DEA inputs and/or outputs. *Journal of the Operations Research Society of Japan-Keiei Kagaku*, 40(4), 466-487.

- Van Looy, B., Ranga, M., Callaert, J., Debackere, K. And Zimmermann, E., (2004). "Combining entrepreneurial and scientific performance in academia. towards a compounded and bi-directional Matthew-effect". *Research Policy*, 33, 425-441
- Vincke, Ph. (1992). *Multicriteria Decision-Aid*. John Wiley & Sons, New York.
- Wong, Y.-H.B. and Beasley, J. (1990). "Restricting weight flexibility in DEA". *Journal of Operational Research Society*, 41, 829-835.
- Zhao L. and Reisman, A. (1992). "Toward meta research on technology transfer". *IEEE Transactions on Engineering Management*, 39(1), 13-21.
- Zhu, J. (2003). *Quantitative models for performance evaluation and benchmarking: Data envelopment analysis with spreadsheets and DEA excel solver*. Luwer Academic Pub.
- Zubiaurre, A., Zabala, K. y Larrea, M. (2009). "Capacidad de innovación local: una tipología para las comarcas vascas". *Ekonomiaz*, 70, 282-303.