

generación de conocimiento
e innovación empresarial

generación de conocimiento
e innovación empresarial

21 experiencias en la región de Madrid

generación de conocimiento
e innovación empresarial

generación de conocimiento
e innovación empresarial



Dirección General de Investigación
CONSEJERÍA DE EDUCACIÓN



Generación de Conocimiento e Innovación Empresarial

21 experiencias en la región de Madrid

madri+d



Dirección General de Investigación
CONSEJERÍA DE EDUCACIÓN



Biblioteca Virtual

CONSEJERÍA DE EDUCACIÓN
Comunidad de Madrid

Esta versión digital de la obra impresa forma parte de la Biblioteca Virtual de la Consejería de Educación de la Comunidad de Madrid y las condiciones de su distribución y difusión de encuentran amparadas por el marco legal de la misma.

www.madrid.org/edupubli

edupubli@madrid.org

Coordinadoras: Myrna Pacheco Bello
Myriam Benyakhlef Domínguez
Clara Calero Medina

Colaboradoras: Aurelia Modrego Rico
M.^a Dolores de Torres

© Los autores
Comunidad de Madrid
Imprime: Datagrafic, S.L.

Edita: Consejería de Educación y Cultura, Comunidad de Madrid

Esta publicación ha sido patrocinada por la Dirección General de Investigación de la Consejería de Educación de la Comunidad de Madrid, en el marco de las actuaciones del Sistema MadrI+D. Las autoras han desarrollado este trabajo como parte de sus actividades en el Laboratorio de Análisis y Evaluación del Cambio Técnico, del Instituto "Flores de Lemus" de Estudios Avanzados de Economía de la Universidad Carlos III de Madrid.

La presentación de los casos no habría sido posible sin la activa participación de las empresas cuyas experiencias aparecen reflejadas, y los siguientes agentes, pertenecientes a cada uno de los Centros Públicos de Investigación, miembros de la Red MadrI+D:

Vicerrectorados de Infraestructuras y Desarrollo Científico y Tecnológico de la UA

OTRI de la UCM

SUMIT en la FUE de Madrid

OTRI del CEDEX

OTRI del CSIC

OTRI de la UPM

OTRI de la UNED

OTRI de la UCIIM

OTRI del CEM

Dirección General del CETEMA

Subdirección General de Relaciones Institucionales del INTA

OTRI de la UAM

OTRI del CIEMAT

Dep. Legal: M-48991-1999

I.S.B.N.: 84-451-1722-X

madriod

Prólogo

Francisco José Rubia Vila

9

Introducción

13

BREVE CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA DE CIENCIA-TECNOLOGÍA-INNOVACIÓN DE LA CM

Las actividades de I+D en Madrid
Algunas características del Sector Público de Investigación
Algunas características del Sector Empresarial

17

LA COLABORACIÓN ENTRE EMPRESAS E INSITUACIONES PÚBLICAS DE INVESTIGACIÓN

Las formas de colaboración y el marco establecido para llevarlas a cabo

31

PRESENTACIÓN DE LOS CASOS DE ÉXITO EN LAS RELACIONES ENTRE EMPRESAS Y CPIs

Caso: UA y LOGITEL, S.L.
Caso: UA y LILLY, S.A.
Caso: UCM y CEPA
Caso: UCM y SMITHKLINE BEECHAM, S. A.
Caso: UCM y ANTIBIÓTICOS, S.A.
Caso: UCM y DANONE, S.A.
Caso: UCM, CSN Y ENRESA
Caso: ISOFOTÓN
Caso: CEDEX y ASINEL, S.A., ENERTRÓN, S.A. y ANTEC, S.A.
Caso: CSIC y TALGO, S.A.
Caso: UPM
Caso: La Comercialización de Tecnologías en la UPM
Caso: La Transferencia de Tecnología bajo licencia en la UPM
Caso: UNED e INGECIBER, S.A.
Caso: UCIIM e INAPCO, S.A.
Caso: CEM y TEKNIKER
Caso: CETEMA y QUIMIGRANEL e INYSA
Caso: INTA y CASA
Caso: INTA y COPA AMÉRICA DESAFÍO ESPAÑOL, S.A.
Caso: UAM, FGUAM y SMITHKLINE BEECHAM, S.A.
Caso: CIEMAT

43

Bibliografía

105

Tabla anexa

109

Apéndice

115

Listado de acrónimos

119



Prólogo

D. FRANCISCO JOSÉ RUBIA VILA
DIRECTOR GENERAL DE INVESTIGACIÓN
DE LA COMUNIDAD DE MADRID

La Comunidad de Madrid constituye el principal centro difusor de investigación y desarrollo en España, y ofrece a los investigadores un entorno tecnológico, productivo y financiero de primera magnitud, así como un potencial humano extraordinario. Desde esta Administración regional se apoya de forma decidida la capacidad de investigación de la región y su incorporación como factor determinante del crecimiento económico empresarial a través de la Innovación. Con ese objetivo, ha diseñado el Tercer Plan Regional de Investigación Científica e Innovación Tecnológica ya aprobado por el Consejo de Gobierno de la Comunidad (OCM).

La ciencia y la tecnología han adquirido en los últimos tiempos una dimensión que supera el entorno público y universitario en el que tradicionalmente se han venido desarrollando. El ciudadano ha tomado conciencia de la importancia que la investigación y la tecnología tienen para el desarrollo futuro, como elementos de transformación de la sociedad.

Europa está preocupada por la necesidad de que los conocimientos científicos sean aprovechados por el sector productivo y se transformen en innovaciones tecnológicas que hagan mejorar la competitividad de sus empresas en el mercado mundial. Por ello se hace tanto hincapié en el III Plan Regional en aquellas medidas que favorecen la transferencia de resultados de la investigación al sector productivo. La aprobación por la Asamblea de Madrid de la Ley de Fomento de la Investigación Científica y la Innovación Tecnológica en abril del pasado año, ha sido otro factor que ha tenido una gran influencia ya que introduce la innovación como elemento esencial del Plan Regional, considerándola inseparable de los conocimientos generados por la investigación, si se pretende que estos sean aprovechados por el sector productivo.

En este proceso integrador es fundamental conseguir la participación y la colaboración de todos los agentes del sistema de investigación y desarrollo, entre los que queremos contar, aparte de los investigadores, las empresas y la administración, al propio ciudadano y a los medios de comunicación. Este pensamiento tiene su expresión en la frase: "Colaborar localmente para competir globalmente"

Con esta publicación queremos impulsar la colaboración de todos los agentes del sistema de innovación madrileño, mostrando algunos ejemplos de buenas prácticas de transferencia del Conocimiento Público a la sociedad. Madrid ha sido, es y debe seguir siendo, uno de los principales centros creadores y difusores de ciencia y tecnología de Europa. En la actual sociedad del conocimiento, este activo se convierte en una de sus principales capacidades para crear empleo, generar inversiones y mejorar la calidad de vida de los madrileños.

D. FRANCISCO JOSÉ RUBIA VILA
DIRECTOR GENERAL DE INVESTIGACIÓN DE LA COMUNIDAD DE MADRID



Introducción

En este libro el lector podrá encontrar una recopilación de experiencias de colaboración entre entidades del sector público de investigación (universidades, organismos públicos de investigación —OPIs—, etc.) y empresas de la región de Madrid, que expuestas de forma sencilla y sintética, pretenden dar a conocer la factibilidad de dicha colaboración en el marco legal y económico actual y, fundamentalmente, las ventajas que la misma ofrece para los agentes que participan.

Los casos que aquí se exponen han sido elegidos de modo que puedan considerarse representativos respecto a: el tejido empresarial madrileño, por sectores y tamaños; la diversidad institucional, según los distintos entes públicos de investigación de la región; y la gama de mecanismos a través de los cuales se establecen las relaciones entre Centros Públicos de Investigación (CPIs) y empresas. Asimismo, se ha pretendido que los casos tengan una cierta cercanía temporal, aunque sujeta a la existencia de una explotación de resultados a lo largo del tiempo que avale el éxito de estos, además de tener la posibilidad de extraer de ellos ideas y enseñanzas, que incentiven a colaborar y permitan aprender a desarrollar mejor esta actividad. Antes de pasar a la presentación de los casos, una breve introducción permitirá al lector conocer algunas de las características del Sistema de Ciencia-Tecnología-Innovación (SCTI) de la Comunidad de Madrid (CM), que evidencian el enorme potencial científico-tecnológico que existe en la región. La descripción de dicho sistema pretende abrir las puertas del mundo académico al sector empresarial, especialmente a aquellos que aún no desarrollan actividades de colaboración, no sólo mostrando las grandes capacidades de formación e investigación de que disponen las universidades y OPIs de la región, sino también las características y actuaciones de otras instituciones, que facilitan el acceso de las empresas a dichas capacidades. El tema de la colaboración entre el sector público de investigación y las empresas ha sido objeto de muchos estudios, especialmente en la última década. Ello ha permitido comprender las motivaciones que mueven a ambos agentes a colaborar, los obstáculos a los que se enfrentan y los beneficios que en términos de conocimientos y habilidades pueden obtener. De entre estos numerosos y complejos estudios, se han extraído algunas de las ideas más importantes que se exponen aquí con el ánimo de orientar y facilitar la lectura y análisis de cada una de las experiencias presentadas, que aunque circunscritas al ámbito madrileño, siguen las tendencias que han sido detectadas a niveles europeo o de los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE).



Breve caracterización del Sistema de Ciencia-Tecnología-Innovación de la CM

Quizá la mejor manera de adentrarnos en el tema sea repasando las grandes cifras que caracterizan a una región metropolitana como Madrid, que constituye en la actualidad la tercera urbe europea. Algunas de estas cifras aparecen en el siguiente recuadro¹:

RECUADRO N° 1. MADRID EN CIFRAS

POBLACIÓN:

5.022.289 habitantes. Se trata de la provincia más poblada de España, y su población constituye el 12,7 % del total nacional. Hay una alta concentración poblacional en la capital y su área metropolitana, de hecho sólo en el Municipio de Madrid residen 2.866.850 habitantes, que constituyen el 57,08% de la población de la Comunidad. Esta población es mayoritariamente femenina (51,98%) y joven, pues las personas mayores de 65 años solamente suponen el 13,8% de la misma.

TERRITORIO:

8.028 km². Esta extensión sólo representa el 1,59 % del total del país, por lo que, de acuerdo con los datos de población, la región puede considerarse una de las más densamente pobladas de la Unión Europea (UE), exactamente la tercera aglomeración urbana de la UE detrás de Londres y París.

DATOS ECONÓMICOS:

En 1997 el **PIB regional² ascendió a 12.908.986 millones de Ptas.** Este valor alcanza el 16,3 % del total nacional y sitúa a la región en el segundo puesto de aportación al PIB nacional, detrás de Cataluña, a la que corresponde alrededor del 19,4 %. Por su parte, el **PIB per cápita asciende a 2,6 millones de Ptas.**, situándose por encima del valor nacional, que sólo alcanza los 2 millones, y por debajo de los valores de los países de la Unión Europea, excepto Grecia y Portugal.

En la región se encuentran **domiciliadas cerca de 332.000 empresas**, que representan aproximadamente el 15% del total del país.

El **peso fundamental de las actividades económicas regionales recae en el sector servicios**, que aportaba en 1997 más del 77% del valor añadido regional³, destacando dentro de éste los servicios dedicados a la venta, específicamente el subsector de servicios a empresas. En el sector industrial destacan las ramas de productos metálicos, máquinas y material eléctrico, de productos químicos (incluyendo los farmacéuticos), de alimentos, bebidas, tabacos y de papel, artículos relacionados e impresión.

ACTIVIDAD DE I+D E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA:

Para 1997 el **gasto regional en I+D alcanzó la cifra de 216.480, 432 millones de Ptas.**, que representa el 32,21% del total nacional. La participación en este gasto se reparte casi por igual entre las empresas y el sector público de investigación, a favor de las primeras por estrecho margen. Esto hace que el esfuerzo en I+D regional, medido como porcentaje del PIB, sea de un 1,8% aproximadamente, valor que duplica la media nacional y hace de Madrid la región española que más se acerca al promedio europeo.

Cerca de un **30% del personal dedicado a I+D en España** realiza su trabajo en esta región. En la CM la mayor parte de estos profesionales, aproximadamente un 63,6%, trabajan en el sector público de investigación.

Madrid dispone de algunas de las más prestigiosas universidades y escuelas técnicas de España, así como de una de las mayores concentraciones de parques científico-tecnológicos del país.

Durante 1996 los **gastos en innovación de las empresas del sector industrial de la CM fueron de 178.229,720 millones de Ptas.**

El 63% del gasto en innovación corresponde a gastos en actividades de I+D. Las actividades de innovación tecnológica se organizan mediante la coordinación de actividades internas de las empresas y de acciones de cooperación con otras entidades, estas últimas más con entidades del sector público de investigación que con otras empresas.

¹ Fuentes: INE, Renovación del Padrón Municipal de Habitantes; Alcaide, J. (1999); INE: España en Cifras 1998; INE: Contabilidad Regional de España 1996 y CM: Anuario Estadístico 1998-99.

² PIB regional a coste de los factores, en Ptas. corrientes, según Alcaide, J. (1999).

³ VABcf: Valor Añadido Bruto al coste de los factores.

A grandes rasgos, y tras observar las cifras, puede decirse que la región de Madrid corresponde al patrón de una típica urbe de fin de siglo, atendiendo a sus dimensiones y concentración; sin embargo está aún separada de otras regiones europeas y del resto del mundo altamente

..... industrializado por una importante brecha con respecto a la creación de riqueza, como se puede ver si se tiene en cuenta, por ejemplo, el PIB per cápita. Por otra parte, todavía hay mucho que avanzar en el esfuerzo innovador, ya que es muy pequeño el porcentaje de empresas que llevan a cabo actividades innovadoras, a pesar de contar con un importante potencial científico tecnológico, apoyado en una gran cantidad de centros de formación y centros de investigación y desarrollo, así como infraestructuras para la innovación empresarial, como Parques y Centros Tecnológicos, que están por explotar.

LAS ACTIVIDADES DE I+D EN MADRID

En 1997 el gasto total en I+D ascendió en la CM a 216.480,432 millones de Ptas., con un aumento de aproximadamente 3.000 millones de Ptas. respecto al año anterior. Para 1996, último año para el cual se dispone de datos estadísticos que permitan establecer comparaciones⁴, el gasto total en I+D de Madrid suponía aproximadamente el 1,8% de su PIB, siendo la única región cercana al promedio de la Unión Europea, que alcanzaba el 1,84%, y que junto al País Vasco (1,31%) y Cataluña (0,95%), superaba la media nacional de 0,87%. Como se puede ver en la tabla siguiente, el gasto de I+D en Madrid representa el 32,21% del total nacional y en su composición destaca la inversión en I+D de las empresas, que supera claramente el 50% del total regional, correspondiendo a los OPIs y Universidades el 27,4% y el 19,4%, respectivamente.

TABLA N.º1 GASTOS EN I+D POR TIPOS DE INSTITUCIONES, 1997 (MILES DE PTAS.)

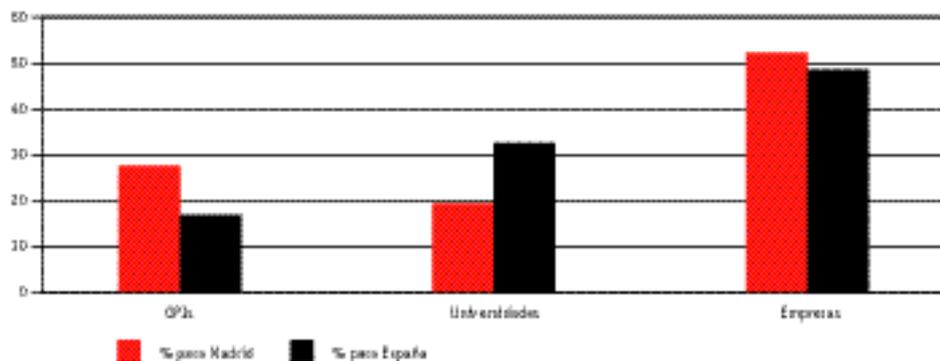
| | <i>OPIs</i> | (%) | <i>Universidad</i> | (%) | <i>Empresas</i> | (%) | <i>Total (incluidas IPSFL)</i> | (%) |
|--|--------------|------|--------------------|------|-----------------|------|--|-------|
| Madrid..... | 59.352.927 | 27,4 | 41.943.463 | 19,4 | 113.061.409 | 52,2 | 216.480.432 | 100,0 |
| España | 116.727.540 | 17,4 | 219.950.845 | 32,7 | 327.922.134 | 48,8 | 672.016.663 | 100,0 |
| PARTICIPACIÓN DE MADRID EN EL TOTAL NACIONAL (%)..... | 50,85 | | 19,07 | | 34,5 | | 32,21 | |

IPSFL: Instituciones Privadas sin Fines de Lucro.

Fuente: INE (1997), INFORMACIÓN ESTADÍSTICA: I+D.

Entre las características más sobresalientes de la participación de Madrid en el gasto en I+D nacional por sectores destaca el hecho de que, mientras los OPIs representan un 50,85 % del gasto, las Universidades no llegan al 20%. Ello demuestra la alta concentración de este tipo de instituciones en la región, que se corrobora si se compara la estructura del gasto en I+D de Madrid, con la de todo el país, donde destaca el esfuerzo en I+D notablemente superior al promedio nacional (10 puntos porcentuales) por parte de los OPIs, que dotan de gran riqueza al potencial científico-tecnológico de la región en numerosas ramas. También, como se observa en el gráfico siguiente, el esfuerzo empresarial en I+D tiene un activo y notable papel, superando la media nacional en 4 puntos porcentuales.

GRÁFICO N.º1 COMPARACIÓN ENTRE LA PARTICIPACIÓN DE CADA SECTOR EN EL GASTO TOTAL EN I+D, A ESCALA REGIONAL Y NACIONAL (%)

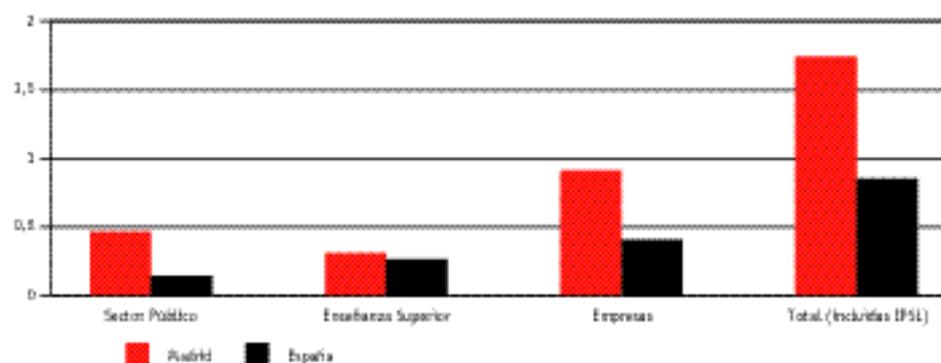


Fuente: Ver datos de la tabla anterior.

Cuando se tiene en cuenta el total del gasto en I+D de la CM en función del PIB, se observa que el esfuerzo total regional es el doble del nacional. A pesar de ello, todavía no se alcanza el 2% que ostentan algunos países europeos como Francia, Alemania o el Reino Unido.

⁴ Fuente: INE: ESPAÑA EN CIFRAS —1998.

GRÁFICO N.º 2 ESFUERZO EN I+D (GASTO RELATIVO % SOBRE EL PIB)



Fuente: Elaboración propia, a partir de INE: Información Estadística de I+D —1997 y España en Cifras— 1998⁵.

Con respecto a los resultados que la actividad de I+D ha alcanzado en la región, pueden señalarse al menos dos datos de interés:

- La producción científica española recogida en el SCI⁶, que considera las publicaciones en las revistas científicas más prestigiosas del mundo, ha crecido en los últimos años alrededor de un 11% anual, siendo Madrid, con una participación del 30,89% sobre el total de documentos españoles, la región con mayor actividad, llegando a superar incluso el promedio de los principales países europeos en la ratio que relaciona las publicaciones con la población.
- En el período 1990-94 el promedio anual de solicitudes de patentes europeas en la CM fue de 82,44, que representa el 23,15% del total español, ocupando el segundo lugar detrás de Cataluña, con 123,28 solicitudes, para un 34,62% del total nacional. Si se consideran estos resultados respecto al número de habitantes, utilizando el indicador de solicitudes de patentes europeas por millón de habitantes, los datos distan mucho de los del nivel europeo. Mientras que en Madrid y Cataluña este indicador alcanzó los valores de 16,4 y 20,2 respectivamente, el promedio de los cuatro mayores países de la UE, fue de 97,2.

Una vez que se ha dado una pincelada sobre las principales características del esfuerzo científico-tecnológico en la región, es posible detenerse en una breve caracterización de los sectores público de investigación y empresarial, como agentes clave del SCTI de Madrid, donde se generan, difunden y explotan conocimientos que permiten desarrollar innovaciones, que son la fuente de la creación de riqueza económica.

⁵ PIBpm de Madrid: estimación para 1997 considerando la tasa de crecimiento del PIB español de 3,7%.

⁶ SCI: Science Citation Index, base de datos del Institute for Scientific Information (ISI).

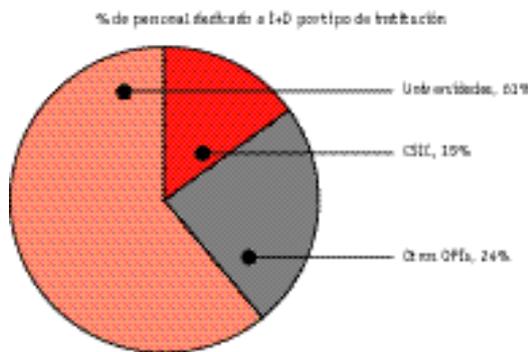
ALGUNAS CARACTERÍSTICAS DEL SECTOR PÚBLICO DE INVESTIGACIÓN

Las instituciones públicas de investigación representan el mayor elemento generador y difusor de conocimiento científico-tecnológico del panorama nacional.

Como se ha podido observar anteriormente, dentro del conjunto de entidades que llevan a cabo actividades de I+D dentro de la región pertenecientes al sector público de investigación, sobresalen los OPIs, de los cuales hay en Madrid más de 50. Asimismo, se localizan en la región 7 Universidades públicas, incluyendo la UNED. Entre las áreas científico-tecnológicas donde los OPIs llevan a cabo su actividad destacan Biología y Biomedicina, que concentra el 25% de los recursos humanos y Ciencia y Tecnología de los Materiales, con algo más del 20%, lo que supone que, entre ambas áreas, acumulan cerca de la mitad de los recursos humanos.

El gráfico siguiente muestra la distribución del personal empleado en I+D, donde puede verse cómo la Universidad tiene el peso más elevado con un 61%, seguido de los OPIs distintos del CSIC, con un 24%, siendo el peso de éste del 15%.

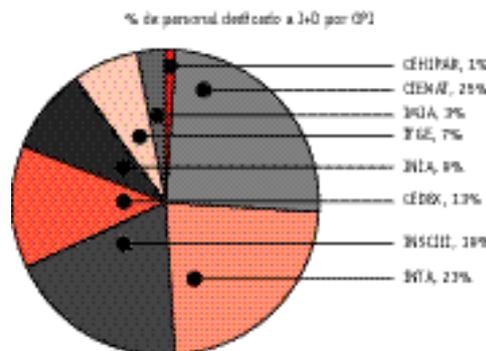
GRÁFICO N.º3 RR.HH. DEDICADOS A LA I+D EN LA CM (EN EDPs) *



Fuente: CM (1998)

Dentro de los OPIs el organismo con mayor presencia es el CSIC, con una concentración de más de un tercio de los recursos humanos, de los cuales los becarios y personal auxiliar constituyen más de la mitad. Por su parte, la distribución del conjunto de OPIs no dependientes del CSIC (24% mostrado en el anterior gráfico), en función de sus recursos humanos, tiene la siguiente forma:

GRÁFICO N.º4 RR.HH. DEDICADOS A I+D POR LOS OPIs DE LA CM



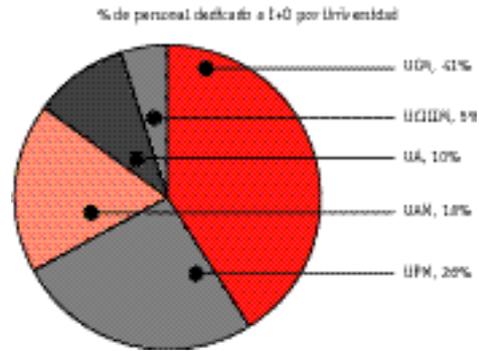
Fuente: CM (1998)

En cuanto a las Universidades públicas, la CM cuenta con unos recursos humanos que sobrepasan los 15.000 activos (EDPs) dedicados a actividades de docencia e investigación, con un 82% de investigadores, un 12% de auxiliares y un 6% de técnicos. Destacan al respecto la Universidad Complutense y la Politécnica, con un 41% y un 26% de recursos respectivamente, aunque hay que tener en cuenta que las diferencias con el resto de universidades se deben

* EDPs: Equivalentes a Dedicación Plena.

fundamentalmente a que las dotaciones de las mismas están relacionadas con el número de estudiantes, que varía mucho de una a otra.

GRÁFICO N.º 5 RR.HH. DEDICADOS A I+D POR LAS UNIVERSIDADES DE LA CM



Fuente: CM (1998)

Con respecto al gasto en I+D que lleva a cabo este sector en su conjunto, tal y como se mostró en el apartado anterior, se alcanza la cifra de 101.296.390 miles de Ptas., que constituyen el 46,8% del total regional.

El recuadro siguiente muestra una panorámica de la amplitud de instituciones que conforman el sector público de investigación madrileño, y, a su vez, forman parte de la Red Regional MadrI+D.

RECUADRO N.º2 PRINCIPALES INSTITUCIONES QUE CONFORMAN EL SECTOR PÚBLICO DE INVESTIGACIÓN DE LA CM.

| | | |
|---|---|--|
| Universidades Públicas | Universidad Complutense de Madrid, UCM Universidad Politécnica de Madrid, UPM Universidad Autónoma de Madrid, UAM Universidad de Alcalá de Henares, UA | Universidad Carlos III de Madrid, UC3M Universidad Rey Juan Carlos I, URJC Universidad Nacional de Educación a Distancia, UNED |
| Centros de investigación autónomos, dependientes de las AA.PP. | Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas, CIEMAT – Ministerio de Industria y Energía. Centro Español de Metrología, CEM – Ministerio de Fomento. Instituto Tecnológico y Geominero de España, ITGE – Ministerio de Medio Ambiente. Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial, INTA – Secretaría de Estado de Defensa Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas, CEDEX – Ministerios de Fomento y Medio Ambiente. Instituto de Salud Carlos III, ISCIII – Ministerio de Sanidad y Consumo e Instituto Nacional de Salud. | |
| Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) | <p>Biología y Biomedicina</p> Centro de Biología Molecular (CBM) Centro de Investigaciones Biológicas (CIB) Centro Nacional de Biotecnología (CNB) Instituto de Biología Molecular (IBM) Instituto de Bioquímica (IB) Instituto de Farmacología y Toxicología (IFT) Instituto de Investigaciones Biomédicas “Alberto Sols” (IIB) Instituto de Neurobiología ‘Ramón y Cajal’ (INRC) <p>Ciencia y Tecnologías Físicas</p> Centro de Comunicaciones CSIC-REDIRIS Centro de Física “Miguel A. Catalán” (CFMAC) Centro de Tecnologías Físicas “L. Torres Quevedo” (CETEF) Centro Técnico de Informática (CTI) Instituto de Acústica (IA) Instituto de Automática Industrial (IAI) Instituto de Estructura de la Materia (IEM) Instituto de Física Aplicada (IFA) Instituto de Matemática y Física Fundamental (IMAFF) Instituto de Microelectrónica de Madrid (IMM-CNM) Instituto de Óptica “Daza de Valdés” (IO) | <p>Recursos Naturales y Ciencias Agrarias</p> Centro de Ciencias Medioambientales (CCMA) Instituto de Astronomía y Geodesia (IAG) Instituto de Geología Económica (IGE) <p>Ciencia y Tecnología de Materiales</p> Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas (CENIM) Instituto de Cerámica y Vidrio (ICV) Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid (ICMM) Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP) Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (ICCET) <p>Ciencia y Tecnología de Alimentos</p> Instituto de Fermentaciones Industriales (IFI) Instituto de Nutrición y Bromatología (INB) Instituto del Frío (IF) <p>Ciencia y Tecnologías Químicas</p> Centro de Química Orgánica “M. Lora Tamayo” (CENQUIOR) Instituto de Catálisis y Petroleoquímica (ICP) Instituto de Química Física Rocasolano (IQFR) Instituto de Química Médica (IQM) Instituto de Química Orgánica General (IQOG) |

Para profundizar en la caracterización del potencial científico-tecnológico de la CM, puede observarse la tabla siguiente, donde se resume la actividad de los OPIS y Universidades según las áreas científico-tecnológicas:

TABLA N.º2 ACTIVIDAD DE LOS PRINCIPALES OPIS, POR ÁREAS CIENTÍFICO-TECNOLÓGICAS

| Área..... | ITGE | CEM | INTA | CIEMAT | CEDEX | ISC III | CSIC | UCM | UPM | UA | UAM | UCIIM | UNED | URJC |
|--|------|-----|------|--------|-------|---------|------|-----|-----|----|-----|-------|------|------|
| Biomedicina..... | | | | X | | X | X | X | | X | X | | X | X |
| Biotecnología..... | | | X | X | | X | X | X | X | X | X | | X | X |
| Tecnologías de la información y las comunicaciones..... | X | X | X | | | X | X | X | X | X | X | X | X | |
| Materiales..... | | X | X | X | X | | X | X | X | | X | X | X | |
| Procesos y productos químicos..... | | X | | X | | | X | X | X | X | X | | X | X |
| Diseño y producción industrial..... | | X | | X | | | X | X | X | X | | | X | |
| Recursos y tecnologías agroalimentarias..... | | X | | | | X | X | X | X | X | X | | | |
| Recursos naturales..... | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | | | X | X |
| Socioeconomía..... | | | | X | | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| Otras ciencias y tecnologías físicas.. | X | X | X | X | X | | X | X | X | X | X | X | X | |
| Energía..... | | X | X | X | | | X | X | X | | | X | X | X |

Fuente: Elaboración propia, a partir de COTEC (1999,b) y la información proporcionada por cada una de estas entidades.

El lector cuenta ya con una visión general del ente público, por lo que se puede pasar a caracterizar al otro agente del SCTI que resulta clave en este análisis, el sector empresarial, donde, también se genera y difunde conocimiento, se llevan a cabo fundamentalmente las innovaciones y se obtienen los bienes y servicios que son expresión material de la riqueza de la sociedad.

ALGUNAS CARACTERÍSTICAS DEL SECTOR EMPRESARIAL

La característica más relevante de la estructura económica de Madrid es su **elevado nivel de terciarización**. La presencia predominante del sector servicios hace que su economía se asemeje a la de otras regiones metropolitanas de la Unión Europea. La composición de dicha estructura se muestra en la siguiente tabla.

TABLA N.º3 ESTRUCTURA DEL VABcf DE MADRID

| Sectores | 1996 | |
|-------------------------------|--------------------|----------------------|
| | millardos de Ptas. | % estructura interna |
| Agricultura | 26,8 | 0,20 |
| Industria | 1.922,6 | 17,60 |
| Productos energéticos..... | 275,5 | 2,52 |
| Productos industriales..... | 1.647,1 | 15,50 |
| Construcción..... | 930,7 | 8,50 |
| Servicios | 8.064,3 | 73,70 |
| Destinados a la venta | 6.830,8 | 62,40 |
| No destinados a la venta..... | 1.873,2 | 17,11 |
| PISB..... | -639,7 | -5,80 |
| VABcf..... | 10.944,4 | 100,00 |

Fuente: Anuario Estadístico de la CM, 1998-99, PIB se considera en términos del Valor Añadido Bruto según el coste de los factores (VABcf), a precios corrientes.

Esta estructura económica se corresponde con un tejido empresarial, que presenta las siguientes características en función del tamaño de las empresas:

TABLA N.º4 NÚMERO DE EMPRESAS DE LA CM POR DIMENSIÓN - 1995

| Empresas por tamaño | Cantidad (número) | % sobre total de Madrid | % sobre el total español, por categorías |
|------------------------------|----------------------|----------------------------|---|
| Sin asalariados..... | 217.204 | 65,44 | 14,72 |
| De 1 a 10 asalariados..... | 94.459 | 28,46 | 14,44 |
| De 11 a 50 asalariados..... | 16.397 | 4,94 | 15,91 |
| De 51 a 250 asalariados..... | 3.021 | 0,91 | 21,03 |
| Más de 250 asalariados..... | 811 | 0,24 | 33,42 |
| TOTAL..... | 331.892 | 100,00 | 14,75 |

Fuente: Anuario Estadístico de la CM, 1998-99.

Como puede observarse, el tejido empresarial regional está notablemente plagado de PYMEs, especialmente de pequeñísimas empresas unipersonales y de hasta 10 empleados, lo que supone una composición, en función del tamaño, muy similar a la que se presenta a escala de todo el sector empresarial nacional. Sin embargo, es de destacar que para el caso de las empresas con más de 250 empleados, las más escasas en el país, en Madrid se concentra más de un tercio del total nacional.

Utilizando complementariamente el volumen de ventas, como medida de tamaño, los datos reflejan que en Madrid se encuentra el 53,8 % de las sedes sociales de las 500 mayores empresas localizadas en España.

Si se profundiza en las características del **sector industrial de la CM**, lo primero que cabe destacar es que esta región constituye la segunda concentración industrial del país, con una especialización en productos de muy alto contenido tecnológico. En 1995 estos productos suponían el 24,6 % del valor añadido, mientras que para toda España este porcentaje era de solo 10,7. Este valor regional es incluso muy alto si se compara con los países más representativos de la UE, en los que estos sectores de más complejidad tecnológica alcanzan una media del 13,2 %.

La producción industrial total ascendió en 1996 a 1,9 billones de Ptas., representando el 17,6 % de la producción regional y el 12,5 % de la producción nacional. A pesar de la importancia que

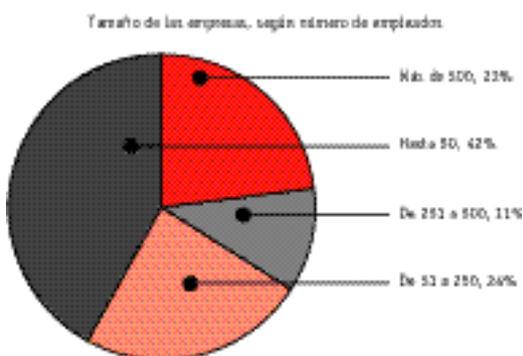
la región tiene en la producción industrial del país, la participación de este sector en la economía de la región es inferior a la media de España, con valores muy alejados de los de otras regiones especializadas en la producción industrial, como el País Vasco o Cataluña. Al desagregar sectorialmente la industria regional, se observa que los cinco sectores que suponían el 70% del valor añadido de 1995 fueron⁷: productos metálicos, máquinas y material eléctrico (29,26 %), productos químicos (14,5 %), productos alimenticios, bebidas y tabacos (12,3 %), papel, artículos de papel e impresión (13,1 %) y Material de transporte (10,8 %). Por lo que se refiere al **sector servicios**, la CM presenta hoy una clara especialización en este tipo de actividades que suponen el 75,8 % del VAB y el 74,3 % del empleo de la región. Los servicios aportaron el 80% del crecimiento del VAB de la CM en el período 1981-1995, que alcanzó el 3% anual, superior a la media nacional cifrada en el 2,4%.

Dentro de los servicios, el peso mayor corresponde al subsector de Servicios Destinados a la Venta (SDV), que representa el 77% del VAB sectorial. Dentro de los SDV el peso mayor recae en otros servicios, rama que incluye los servicios a las empresas, actividad en la que se especializa la economía de Madrid. Dentro de ella se encuentran actividades con gran repercusión sobre la capacidad competitiva de las empresas, como son los servicios de asesoría económica, informática y de ingeniería, publicidad e investigación y desarrollo, que están teniendo gran expansión en los últimos años.

Solo restaría, para culminar una caracterización del sector empresarial madrileño, observar los rasgos principales que tiene la actividad innovadora en el mismo. Para comenzar, habría que resaltar que, a escala nacional, solo el 9,6% de las empresas son innovadoras, según la Encuesta de Innovación Tecnológica en las Empresas —1996, realizada por el INE. Si bien no se cuenta con datos precisos que permitan establecer este porcentaje a escala de la CM, aún cuando éste sea superior al promedio nacional, difícilmente alcanzará los promedios europeos, que según una publicación reciente de la UE⁸, fueron en el período 94-96 de 53% y 41% de empresas innovadoras en los sectores manufactureros y de servicios, respectivamente.

Una aproximación general al perfil estructural de estas empresas innovadoras madrileñas, según su tamaño y adscripción sectorial, se presenta en los siguientes gráficos:

GRÁFICO N.º6 TAMAÑO DE LAS EMPRESAS INNOVADORAS DE MADRID

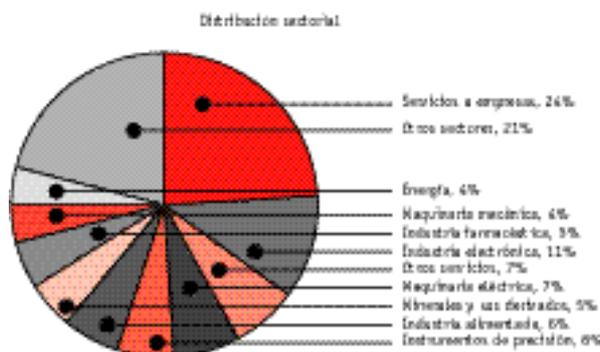


Fuente: Buesa y Molero (1999)

⁷ Fuente: Velarde (1999).

⁸ Fuente: Comisión Europea (1999).

GRÁFICO N.º 7 **ADSCRIPCIÓN SECTORIAL DE LAS EMPRESAS INNOVADORAS DE MADRID**



Fuente: Buesa y Molero (1999)

Estudios recientes llevados a cabo en la CM⁹ han permitido caracterizar el esfuerzo innovador que desarrollan las empresas de la región, apuntando principalmente los siguientes elementos:

- Las empresas **gastan alrededor de un 7% de sus ventas en actividades relacionadas con la innovación, preferentemente en I+D**. Madrid es, por tanto, la región donde las empresas comprometen un mayor volumen de medios en la creación de tecnología. Quizá la presencia de un mayor volumen relativo de grandes empresas, incide de modo importante en este resultado.
- Las empresas innovadoras **tienen un nivel relativamente alto de autonomía tecnológica**: el 66,7 % de sus tecnologías de producto y el 59,6 % de las de proceso son de origen interno, fruto de su esfuerzo para generar nuevos conocimientos.
- El **esfuerzo innovador se concentra en actividades de I+D, diseño industrial e ingeniería de producción**, de las cuales la que con mayor frecuencia y regularidad se acomete es la primera.
- Las empresas **enfatan la innovación de productos**.
- Las empresas suelen realizar en su mayor parte gasto interno de I+D, si bien lo acompañan en gran número de ocasiones de gasto externo, esto es, contratando exteriormente dichas actividades. Sólo un 1% de ellas realiza exclusivamente gasto externo.
- Las empresas de tamaño medio (de 250 a 499 empleados) son las que más gasto externo en I+D llevan a cabo, es decir, las que más contratan.
- La **generación de conocimientos se organiza mediante la combinación, en distintos grados, de actividades internas de la empresa y de acciones de cooperación con otras entidades**. Las actividades internas son consideradas primordiales por los directivos de las empresas; pero ello no quita que la cooperación, más con los centros del sector público y las universidades que con otras empresas, aparezca también como un elemento de peso.
- **Las entidades más beneficiadas por la externalización son las Universidades y los OPIS**, con porcentajes del 27 y el 22 %, respectivamente, lo cual evidencia la importancia de la vinculación entre el sector público de investigación y las empresas.
- **Más de un tercio de las empresas de la región han registrado patentes o han visto reconocidas sus marcas**, siendo menores las frecuencias correspondientes a los modelos de utilidad o dibujos industriales. Sin embargo, el uso del Sistema de Propiedad Industrial entre las empresas madrileñas es más reducido que en otras regiones, quizá explicable por la importancia que en la CM tienen las actividades de servicios, cuyas innovaciones están por lo general excluidas de la protección que ofrece dicho sistema, así como algunas industrias en las que la propensión a patentar es reducida y se confía más, como sistema para garantizar la apropiación de los resultados tecnológicos, en la capacidad para introducir nuevos productos o procesos con cierta regularidad.
- La mitad de las empresas que realizan I+D ha participado en programas internacionales de este tipo, un 46% han realizado operaciones de asistencia técnica internacional y un 15% son cedentes de licencias a empresas de otros países.

Todo ello configura un **segmento innovador particularmente orientado hacia la competencia internacional** que, a diferencia de otras regiones en las que también es elevado el potencial exportador, **es menos intensa en el terreno comercial y más acentuada en los de la inversión y las actividades tecnológicas exteriores**.

⁹ Fuente: Buesa y Molero (1999), a partir de la Encuesta Industrial de I+D de la CAM para las empresas manufactureras de más de 100 empleados, realizada por el Instituto de Estadística de la CM y el CSIC en el año 1993.

La colaboración entre empresas e instituciones públicas de investigación

La relación entre los sectores empresarial y público de investigación no es un fenómeno totalmente nuevo, al menos en el ámbito de los países industrializados que forman el bloque de la OCDE, entre los que se cuenta España. Tradicionalmente ha existido un flujo de conocimientos desde el sector público de investigación, en particular desde las universidades hacia las empresas, a través de la formación de los profesionales y de la puesta en manos de la sociedad de los resultados de investigación financiados públicamente, a través fundamentalmente de las publicaciones. De modo recíproco, desde las empresas han llegado al sector público de investigación fondos provenientes de la recaudación impositiva al sector empresarial, en forma de financiación pública. Además, muchos CPIs, sobre todo las universidades, recibían directamente de las empresas contribuciones financieras e infraestructuras de diverso tipo.

Sin embargo, los últimos quince años han sido testigos de un fortalecimiento y aumento en la complejidad de la interacción entre empresas y CPIs, que puede explicarse por varias razones. Desde el punto de vista de las empresas, estas razones son:

- La necesidad de acceder a una base científica más amplia de la que poseen internamente, impulsadas por una fuerte competencia, a escala global, que demanda una constante innovación y la reducción de los ciclos de desarrollo y por tanto los horizontes temporales de I+D.
- La posibilidad de acceder a una enorme fuente dinámica de conocimientos, en constante desarrollo y crecimiento, de carácter multidisciplinar, que no puede ser cubierta por una empresa en solitario y que, especialmente, en los sectores emergentes de alta tecnología o basados en la ciencia, es imprescindible.

De forma complementaria los CPIs se han visto impulsados a potenciar esta relación, al menos por tres razones fundamentales:

- La necesidad de buscar fuentes privadas de financiación, para poder mantener o ampliar sus actividades de investigación en un contexto de imposibilidad del sector público de mantener los ritmos crecientes de gasto en I+D.
- La presión por parte de la sociedad para la obtención de mayores retornos a la inversión pública en I+D, por ejemplo a través de la comercialización y difusión de la investigación que financian, lo cual hace necesario un mayor acercamiento a la demandas de conocimiento científico y tecnológico del mercado.
- La posibilidad que brinda el acercamiento a las actividades de I+D de las empresas de intercambiar y enriquecer conocimientos, a través del ensayo y prueba de los resultados de investigación, así como del intercambio de personal.

Expresadas de forma más directa, en diversos estudios, los propios actores involucrados en la colaboración han revelado las razones que aparecen en la tabla a continuación.

TABLA N.º5 ¿POR QUÉ COLABORAN EN ACTIVIDADES DE I+D LAS EMPRESAS Y EL SECTOR PÚBLICO DE INVESTIGACIÓN?

| <i>Empresas</i> | <i>CPIs</i> |
|---|--|
| Adquisición de experiencia o conocimiento, que permita renovar e incrementar los activos tecnológicos de la empresa. | Obtener una fuente adicional de ingresos, para llevar a cabo sus actividades de investigación y formación. |
| Incrementar el nivel de su investigación pre-competitiva y sus capacidades y habilidades internas de investigación. | Ampliar y complementar los conocimientos de investigadores y estudiantes y dotarles de experiencia práctica. |
| Seguimiento de los avances tecnológicos o científicos en determinadas áreas. | Incrementar las oportunidades de empleo de los estudiantes y personal joven de investigación. |
| Acceso a especialidades o cualificaciones no disponibles en la empresa. | Acceso a conocimientos técnicos específicos que posee la empresa. |
| Acceso a infraestructuras de investigación y desarrollo (laboratorios, equipos de medición especializados, etc.) | Transferir los resultados de investigación al entorno productivo, para potenciar el desarrollo económico regional. |
| Explorar o emprender nuevas oportunidades de negocio. | Identificar nuevos temas de investigación, a partir de problemas de interés científico-tecnológico que se presentan en las empresas. |
| Acceder más fácilmente a los estudiantes, como cantera de futuros empleados. | |
| Ampliar los contactos externos del personal investigador. | |
| Resolver problemas tales como: modificar la tecnología de producción; satisfacer peticiones específicas de clientes y/o adaptar los productos a nuevas normas o requerimientos legales. | |

Fuente: Elaboración propia, a partir de OECD (1998) y Modrego, et al. (1999)

Si estas son las motivaciones para llevar a cabo la colaboración, cabría esperar que los resultados que se obtengan vayan en esta dirección. En efecto, según demuestran diversos estudios, en términos generales, los beneficios que obtienen los participantes ponen de manifiesto que sus expectativas se cumplen.

Por una parte, se obtienen resultados tangibles, normalmente dependientes de la naturaleza tecnológica y el alcance temporal (corto, medio o largo plazo) de los proyectos, tales como: el diseño, prueba, ensayo y/o demostración de nuevos productos y procesos, así como la mejora de productos o procesos existentes. A partir de estos resultados, las empresas logran la introducción de nuevos productos en el mercado, la mejora en la calidad o en las especificaciones de los productos, el empleo de procesos de producción menos costosos y la creación de un dominio tecnológico propio, que les aventaje frente a competidores. En muchos casos estos resultados están acompañados de la concesión de patentes de carácter tanto nacional como internacional. En este punto cabe destacar que la participación del sector empresarial no impide, como puede en ocasiones suponerse, que se obtengan resultados de carácter académico, tales como: publicaciones en revistas científicas, realización de Tesinas y Tesis Doctorales, asistencia a congresos, etc., que ponen de manifiesto la compatibilidad de la colaboración con empresas con el uso de los métodos tradicionales de difusión de los resultados de investigación del ámbito académico.

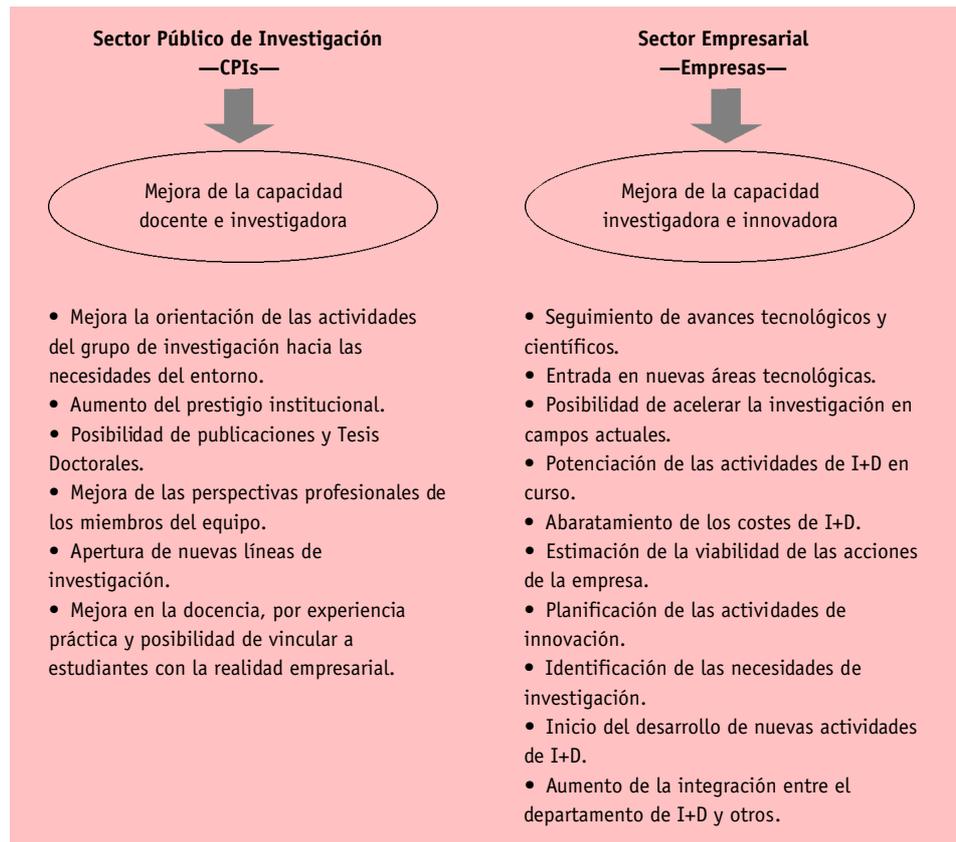
Por otra parte, la colaboración tiene otros impactos o consecuencias de un carácter más indirecto, que se refieren a todos aquellos resultados que se derivan o son consecuencia de la realización de actividades de I+D, independientemente de la finalidad específica que persiga un proyecto en particular¹⁰. Cuando estas actividades de I+D implican la creación, difusión y transferencia de conocimientos entre el sector público de investigación y el sector empresarial, los impactos indirectos están relacionados fundamentalmente con el incremento de las capacidades para desarrollar la actividad de I+D e innovación de los participantes.

Estos resultados indirectos, que pudieran ser clasificados de naturaleza intangible, se manifiestan en los cambios en las actitudes y comportamientos de los agentes implicados en las actividades de colaboración, que se materializan en, cambios en la capacidad innovadora e investigadora de CPIs y empresas, como fruto del intercambio de experiencias y conocimientos

¹⁰ Fuente: Williams y Rank (1998).

entre ambos sectores. El recuadro que aparece a continuación presenta de forma sintética algunos de los beneficios que perciben, tanto las empresas como las instituciones del sector público de investigación, una vez han llevado a cabo actividades de colaboración, en materia de I+D.

RECUADRO N.º3 BENEFICIOS INDIRECTOS PERCIBIDOS POR LAS EMPRESAS Y CPIs, AL COLABORAR EN ACTIVIDADES DE I+D



Fuente: Elaboración propia, a partir de Modrego, et al. (1999)

En general, puede decirse que las empresas aumentan su visión sobre el estado de las tecnologías y las posibilidades que éstas les ofrecen, mejoran, en buena medida, su capacidad de definir, planificar y gestionar los proyectos de I+D y amplían sus conocimientos sobre sus propias capacidades y conocimientos, así como de los que están disponibles en las instituciones públicas de investigación y los mecanismos existentes para sacar provecho de las mismas. Hasta aquí han sido expuestas motivaciones y beneficios asociados a la colaboración. Sin embargo, este libro sería poco objetivo, y quizá también de poco valor práctico, si no se reconocieran y expusieran los obstáculos y barreras que hacen difícil el nexo entre los CPIs y las empresas y en consecuencia limitan la colaboración entre estos. Las barreras pueden tener diferente naturaleza, aunque suele hacerse alusión, como causa más frecuente, a un alto nivel de desconocimiento mutuo y a las diferencias entre las culturas académica y empresarial. Los investigadores pertenecientes a CPIs utilizan las publicaciones de sus investigaciones para conseguir ascensos académicos y laborales. Por otro lado, el mundo empresarial considera relevante el secreto de los resultados obtenidos en la investigación, pues estos constituyen la base de la capacidad competitiva de la empresa. Ello trae como consecuencia conflictos de intereses asociados a la apropiación de los resultados y a las restricciones en cuanto a la posibilidad de difusión de los resultados y la elección del momento oportuno para llevar a cabo dicha difusión.

Alrededor del tópico de las diferencias culturales giran otros argumentos acerca de los obstáculos a la colaboración, que no carecen de objetividad. Por ejemplo, el que tiene que ver con el tiempo de respuesta en la obtención de resultados, dado que la naturaleza misma de la empresa, llevada por la necesidad de maximizar sus beneficios, suele demandar inmediatez y logro de resultados en el corto plazo, que hagan rápidamente notable la rentabilidad del esfuerzo en I+D, mientras el sector académico tiende a trabajar con un horizonte temporal más amplio en la investigación, dirigido a la búsqueda de resultados de notable impacto científico-tecnológico que sólo son alcanzables a largo plazo.

Otro argumento importante, es el hecho de que para relacionarse con el CPI, generalmente, la empresa necesita imponer a éste restricciones con respecto al tipo de investigación a realizar, centrándola en una determinada línea. Esto está muchas veces en contraposición con la forma natural de trabajar en el ámbito académico, donde se suelen abrir varios "frentes" de exploración científico-tecnológica, llevados en paralelo, considerando, entre otras razones, que las ideas y soluciones de uno u otro frente pueden intercambiarse y abrir nuevos horizontes a los problemas que se estudian y que, en ocasiones, un hecho aislado en otro campo científico-tecnológico arroja luz o desarrolla una herramienta que permite retomar una línea o "frente" temporalmente paralizado.

Desde el punto de vista de las empresas hay al menos otras dos barreras que pueden limitar la colaboración con el sector público de investigación y, por lo tanto, el aprovechamiento de los resultados tecnológicos disponibles en los centros de investigación. Se refieren a la capacidad de acceder al conocimiento externo y a la capacidad de absorber dicho conocimiento¹¹.

La formación técnica profesional del personal de una empresa condiciona el enfoque que se adopta en la misma a la hora de enfrentar la solución de los problemas de índole tecnológico que se presentan y de buscar la ayuda necesaria. Si se cuenta con personas de formación universitaria o, más aún, en el ámbito de la investigación, éstas poseerán lo que se ha dado en llamar "conocimiento del conocimiento" y tendrán desarrollada la capacidad de consultar la literatura científico-técnica o de contactar con las personas adecuadas en el entorno académico para encontrar ayuda en la solución de dichos problemas. Las empresas que carecen de este tipo de personas se enfrentan a la barrera del acceso al conocimiento, hecho muy frecuente en los sectores e industrias tradicionales donde los científicos e ingenieros de alta calificación escasean.

Además de la capacidad de acceder al conocimiento externo, las empresas deben tener desarrollada la capacidad de comprender, asimilar y aplicar dicho conocimiento. Para ello es necesario que se desarrolle una estrategia de fomento de la cultura innovadora en la empresa, que permita a ésta tener una predisposición favorable a la interacción con el entorno externo y en particular con el académico, así como un "lenguaje técnico" y un conocimiento mínimamente actualizado que facilite la interacción.

El conocimiento alcanzado respecto a las motivaciones, beneficios y obstáculos que enfrenta la colaboración, se ha basado en gran medida en el estudio, desde una perspectiva crítica, de numerosos casos de relaciones entre CPIs y empresas. Ello ha permitido sacar algunas conclusiones acerca de los aspectos más importantes a tener en cuenta por los agentes participantes para llevar a buen término las relaciones, superando las barreras existentes y consiguiendo, por ende, los objetivos perseguidos.

El lector podrá corroborar, con la presentación que aquí se hace de algunas experiencias de la CM, que la obtención de beneficios por parte de los CPIs y empresas, como resultado de sus nexos en el desarrollo de actividades de I+D, se asocia a factores relacionados, fundamentalmente, con la definición y organización de la relación, independientemente de la complejidad de la misma. En el siguiente recuadro pueden verse algunos de estos factores de forma resumida.

¹¹ Fuente: Senker, J. (1998).

RECUADRO N.º 4

FACTORES DE ÉXITO EN LAS RELACIONES ENTRE EMPRESAS Y SECTOR PÚBLICO DE INVESTIGACIÓN

¿Qué factores condicionan el éxito de la colaboración en I+D entre CPIs y empresas?



- Las relaciones deben estar basadas en la confianza mutua, el respeto y la flexibilidad.
- Deberá existir una comunicación fluida entre los actores principales que representan a cada parte.
- En la definición del acuerdo de colaboración deben quedar claramente establecidos:
 - Objetivos, funciones y expectativas de resultados de las partes involucradas.
 - Asignaciones de responsabilidad y personas clave en el desarrollo de las actividades.
 - Acuerdos previos sobre: Confidencialidad, Propiedad y Explotación de resultados.
 - Procedimientos para la aportación e intercambio de información
 - Procedimientos y reglas con los que se ejecutarán las tareas del proyecto, incluyendo los métodos para la resolución de conflictos.
 - Acuerdos sobre financiación, en cuanto a la aportación de las partes y el momento y forma en que tendrán lugar las mismas.
- Los proyectos deberán llevarse a cabo con rigor profesional, en lo referente a planificación temporal, cumplimiento con las entregas pre-establecidas y gestión financiera y las partes implicadas deberán tener una participación relativa destacada en todas las fases de dichos proyectos:
 - Definición del proyecto.
 - Planificación de recursos y actividades.
 - Ejecución de tareas.
 - Valoración de resultados.
 - Explotación de resultados.
- Los académicos del sector público deberán contar con un soporte estable en sus instituciones de origen, en cuanto a laboratorios, equipo investigador, becarios, etc., así como con la flexibilidad necesaria para que no se vean perjudicadas su carrera académica ni su retribución por la realización de este tipo de actividades.

Fuente: Elaboración propia, a partir de Modrego, et al. (1999)

Una vez analizadas las motivaciones, beneficios y barreras, este capítulo introductorio pretende exponer otros aspectos relacionados con la colaboración entre los sectores empresarial y público de investigación, que pueden considerarse de carácter más práctico, tales como: las formas en que puede establecerse la colaboración y los elementos (institucionales, legislativos, políticos, etc.) que establecen el marco necesario para que dicha colaboración pueda llevarse a cabo.

LAS FORMAS DE COLABORACIÓN Y EL MARCO ESTABLECIDO PARA LLEVARLA A CABO

Tal y como cabría esperar, al observar el conjunto tan amplio y complejo de motivaciones que llevan a la colaboración, ésta última no puede tener una expresión simple y poco diversificada en términos de mecanismos de interacción. Por el contrario, con el paso del tiempo, en paralelo con el fortalecimiento de las interacciones, éstas se han ido transformando, abriendo paso, a través de la simple subcontratación y/o compra de servicios, tecnologías y conocimiento por parte de las empresas a los CPIs, a nuevas relaciones de cooperación, establecimiento de alianzas y acuerdos a largo plazo para la generación cooperada de conocimientos científico-tecnológicos.

Una tipología de las relaciones entre estos dos sectores según el grado de formalización que éstas alcanzan, nos llevaría desde las relaciones personales informales, pasando por las formales con o sin intervención de terceros, y con objetivos específicos o no, hasta la creación de estructuras específicas permanentes, para llevar adelante actividades de I+D de forma cooperada.

Estas relaciones pueden tomar en la práctica, alguna de las formas siguientes:

- I+D cooperativa con proyectos co-financiados. (Financiación pública nacional y europea).
- I+D pública bajo contrato privado.
- Asesoría y apoyo tecnológico.
- Consultoría.
- Formación/cursos.
- Creación de empresas.
- Licencias de patentes.
- Movilidad/intercambio de personal.
- Servicios técnicos y ensayos.
- Prácticas de estudiantes en empresas.

Sin duda, detrás de muchos de los mecanismos antes descritos, se encuentra la utilización de la fórmula general de contratación por parte de las empresas de diferentes servicios de carácter científico-técnico a los organismos públicos de investigación. En la utilización de dicha fórmula ha servido de indudable apoyo el marco legal ofrecido por la Ley de Reforma Universitaria (LRU) de 1983, actualmente vigente. El recuadro a continuación refiere los principales aspectos de dicha Ley que se relacionan con la actividad de las universidades al servicio del sector empresarial.

RECUADRO N.º5 ARTÍCULO 11 DE LA LRU

LRU



Artículo 11. Los Departamentos y los Institutos Universitarios, y su profesorado a través de los mismos, podrán contratar con entidades públicas y privadas, o con personas físicas, la realización de trabajos de carácter científico, técnico o artístico, así como el desarrollo de cursos de especialización. Los Estatutos de las Universidades establecerán el procedimiento para la autorización de dichos contratos y los criterios para la afectación de los bienes e ingresos obtenidos.

Asimismo, existe una amplia gama de ayudas a la financiación de las actividades de I+D e innovación de las empresas, específicamente para la cooperación con las instituciones públicas de I+D y el aprovechamiento de los conocimientos acumulados en este sector. Algunos de los ejemplos que existen a escala autonómica, nacional y europea de ayudas para el desarrollo de actividades de I+D e innovación, con las cuales se facilita el intercambio de conocimientos con el sector público de investigación, pueden verse de forma resumida en la Documentación Anexa, que aparece al final de esta publicación¹². El lector podrá encontrar información acerca de diferentes instrumentos. A escala europea: los proyectos CRAFT, IDT, de demostración, integrados o las primas exploratorias. A nivel nacional: los proyectos coordinados, concertados, PETRI, cooperativos, las acciones IDE o MIT. A escala regional, las ayudas a PYMEs para el desarrollo de actividades de investigación y desarrollo y diversas actuaciones dentro del Plan Director de Innovación y Empleo de la CM.

¹² Fuente: Para elaborar el resumen presentado en la Tabla Anexa se utilizó la información disponible en: páginas Web de la Secretaría de Estado de Universidades, Investigación y Desarrollo (<http://www.seui.mec.es>) y la Oficina Española de Ciencia y Tecnología en Bruselas (<http://www.sost.cicyt.es>), y publicación sobre ayudas y servicios de IMADE (1999).

Además de las ayudas financieras, existen numerosas entidades que se encargan de facilitar las relaciones entre los agentes del SCTI, a nivel nacional y que tienen su expresión particular en el ámbito de la CM, entre las que se cuentan la Red OTRI-OTT, la Fundación Universidad Empresa (FUE) y la Red MadrI+D.

La Red OTRI/OTT es la estructura que el Plan Nacional de I+D ha creado como mecanismo de ayuda a la transferencia de resultados de investigación, para una mayor integración de los elementos del SCTI y, en particular, de las empresas y los CPIs. Las Oficinas de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) han sido constituidas en las Universidades, OPIs y Asociaciones de Investigación Industrial y por lo general prestan los siguientes servicios:

- Consulta de bancos de datos de conocimientos, infraestructura y oferta de I+D de sus respectivas instituciones.
- Identificación de los resultados generados por los grupos de investigación, evaluación de su potencial de transferencia y difusión entre las empresas.
- Colaboración y participación en la negociación de los contratos de investigación, asistencia técnica, asesoría, licencia de patentes, etc., entre sus grupos de investigación y las empresas.
- Gestión, con el apoyo de los servicios administrativos de su institución, de los contratos llevados a cabo.
- Información sobre los programas europeos de I+D, facilitando técnicamente la elaboración de los proyectos a presentar y gestionando la tramitación de los mismos.
- Colaboración en el intercambio de personal investigador entre las empresas y su institución, facilitando la información necesaria para que este pueda producirse.

Por su parte la FUE, a lo largo de sus 25 años de vida, ha desarrollado un gran número de actividades con el objetivo de fomentar las relaciones entre la Universidad y la Empresa. Para ello, actúa como centro de información y coordinación para las Universidades y Empresas que deseen establecer relaciones en áreas tales como la promoción de estudios de postgrado, contratos de investigación, programas de formación de prácticas, programas europeos, etc. En el entorno específico de la CM, la FUE y la Dirección General de Investigación, han puesto en marcha desde 1992 el SUMIT (Servicio de las Universidades de Madrid para la Información Tecnológica) con el objetivo de contribuir a la articulación del SCTI, mediante la gestión de su Sistema de Información Científica y Técnica, así como mediante la realización de actividades de difusión y formación relacionada con la innovación tecnológica, utilizando las posibilidades que brinda Internet.

Otro recurso interesante, del que pueden disponer los agentes del SCTI madrileño es el Sistema de Información y Promoción Tecnológica - MadrI+D, que es una red de CPIs y entidades privadas sin ánimo de lucro relacionadas con la investigación y la innovación, coordinada por la Dirección General de Investigación, en el marco del III Plan Regional de Investigación Científica e Innovación Tecnológica de la CM y de las políticas de innovación y desarrollo regional de la Unión Europea.

MadrI+D tiene como objetivo promover, por un lado, una imagen de Madrid como región innovadora acorde con su realidad e integradora de los distintos agentes del sistema regional de ciencia, tecnología, empresa y sociedad, y por otro, la explotación e internacionalización de los resultados de investigación y promoción de la innovación tecnológica.

El Sistema facilita, a través de diversas actuaciones en las que juega un papel fundamental el uso de las tecnologías de la información y las comunicaciones, la interrelación entre los CPIs y empresas. Las principales actividades del Sistema son:

- Centro Virtual de Apoyo a la Innovación. (<http://www.madrimasd.org>)
Supone la utilización de las tecnologías de la información como instrumento que permite acceder a los distintos servicios que se prestan en la Red. Constituye un escaparate al mundo de las actividades de los investigadores y empresas de la región.
Este Centro Virtual en la Web se soporta sobre las bases de datos de investigadores y empresas innovadoras de la CM, que tienen la condición de socios del Sistema, así como en otras bases de usuarios del mismo.

- Servicio de información y asesoramiento.
Facilita información personalizada, a través de la red de oficinas de los miembros del Sistema y por Internet, acerca de financiación, gestión y fiscalidad de las actividades de investigación e innovación, así como sobre comercialización, internalización y protección de los resultados de dichas actividades.
A través del Sistema de Información Activa proporciona información por correo electrónico, de acuerdo con los perfiles de los socios del sistema, sobre ayudas públicas, ofertas y demandas tecnológicas, búsqueda de socios, eventos, noticias y legislación sobre I+D.
- Comercialización e internacionalización de tecnología. Centro Europeo de Enlace para la Innovación.
Este Centro tiene como objeto la creación de un mercado regional de tecnología y, gestión de oferta y demanda tecnológica de la región de Madrid, en el marco de la Unión Europea.
- Creación de nuevas empresas de base tecnológica.
La promoción de una cultura favorable a la creación de empresas en el ámbito científico y tecnológico. Asesoramiento en la definición de planes de empresas, seguimiento en sus fases iniciales y búsqueda de financiación.
- Vigilancia tecnológica. Círculos de innovación.
Pretenden la realización de auditorías tecnológicas y asesoramiento sobre áreas tecnológicas concretas, inicialmente biotecnología y materiales, implicando a la comunidad científica en las estrategias de innovación de las empresas.
- V Programa Marco de I+D de la Unión Europea:
La oficina MadrI+D en Bruselas integrada en la oficina de la Comunidad de Madrid, es un lugar de apoyo para los investigadores y empresas de la región. A través de la oficina en Bruselas y de los miembros de la red se promueve la participación en proyectos europeos informando y asesorando en la búsqueda de socios y en la elaboración de propuestas.
- Redes regionales de innovación.
La participación en este tipo de redes supone el intercambio de buenas prácticas entre regiones europeas. En la actualidad se participa en las redes: Metrópoli, RIS-RITTS, Teleregión y RETI.
- Bolsa de recursos humanos para la investigación.
La creación y gestión de una bolsa de recursos humanos altamente cualificados, doctores, becarios de doctorado y profesionales en general, para su incorporación al mundo laboral.
- Publicaciones y otras actividades de difusión.
La promoción de la cultura de la innovación, y de los recursos y posibilidades de la CM, en el ámbito de la I+D e innovación tecnológica. Hay una revista periódica, MadrI+D con una tirada de 6.000 ejemplares en papel y una versión en formato electrónico.

Finalmente, caracterizando el marco en que han de desarrollarse las relaciones entre los sectores empresarial y público de investigación, habría que destacar el hecho de que los incentivos fiscales actuales para el desarrollo de actividades innovadoras, que pueden llegar a alcanzar un 60% de deducción en las cuotas, son particularmente interesantes para el caso en que dichas actividades sean concertadas o desarrolladas de forma conjunta con entidades del ámbito público, facilitando y estimulando los vínculos entre los dos sectores.

En el recientemente presentado Anteproyecto de Ley de Medidas Fiscales, Administrativas y del Orden Social (octubre, 1999), que complementa la política económica y de los Presupuestos Generales del Estado para el año 2000, destacan las medidas fiscales destinadas a estimular las actividades de I+D. Estas medidas, según el propio texto de dicho Anteproyecto de Ley, pretenden impulsar las inversiones en Investigación y Desarrollo que realicen las empresas, potenciando la anterior deducción en el Impuesto sobre Sociedades por dicho concepto. El siguiente recuadro presenta las modificaciones propuestas.

RECUADRO N.º 6

MEDIDAS FISCALES DE ESTÍMULO A LA I+D COOPERATIVA ENTRE CPIs Y EMPRESAS

Nuevos incentivos fiscales a la I+D

Modificaciones propuestas a la anterior deducción en el Impuesto sobre Sociedades:

- Se amplía el concepto de I+D, incluyendo "software" avanzado y desarrollo de prototipos.
- Se incrementan los porcentajes de deducción: el general será del 30 %, y, por el exceso sobre la media de gastos efectuados los dos años anteriores, se podrá deducir el 50 %. Hasta ahora, estos porcentajes eran del 20 % y el 40 %, respectivamente.
- La deducción anterior se incrementa en diez puntos adicionales por gastos de personal investigador y proyectos de investigación contratados con Universidades, OPIs y Centros de Innovación y Tecnología.
- Se incrementa el límite de cuota sobre el que se puede aplicar la deducción: podrá deducirse por todos los conceptos conjuntamente considerados (I+D, actividades exportadoras, bienes de interés cultural, formación profesional y trabajadores minusválidos) hasta el 45 % de la cuota (antes el 35 %), siempre que el importe de la deducción correspondiente a los gastos de I+D del ejercicio supere el 10 % de la cuota.
- Se permite por primera vez la deducción por gastos de innovación tecnológica en los siguientes supuestos: proyectos concertados con Universidades, diseño industrial e ingeniería de procesos de producción, gastos de adquisición de tecnología avanzada y gastos de certificación de normas de calidad. Los porcentajes de deducción son: el 10 % con carácter general, y el 15 % para proyectos concertados con Universidades, OPIs y Centros de Innovación.

Fuente: Anteproyecto de Ley de medidas Fiscales, Administrativas y del Orden Social o "Ley de Acompañamiento" de los Presupuestos Generales del Estado para el año 2000.

Presentación de los casos de éxito en las relaciones entre empresas y CPIs

Una vez hecha la introducción al tema de las relaciones entre CPIs y empresas de la CM, se van a presentar algunas experiencias en este terreno, que cada día gana más adeptos.

A continuación aparecen descritas 21 experiencias de colaboración en actividades de I+D e innovación, en las que participan, por el sector público de investigación de Madrid, cinco universidades, un instituto del CSIC, cuatro OPIs no dependientes del CSIC y un CT.

En cada una de ellas, el lector podrá encontrar una breve presentación de la entidad pública y del sector de actividad económica que se beneficia en la relación, con el objetivo de ubicar en el espacio económico e institucional al caso en cuestión¹³. Asimismo, la descripción de las experiencias está estructurada de forma tal que puedan conocerse los rasgos distintivos del grupo de investigación y la empresa que colaboran, la forma en que se gestó la colaboración, el objeto, diseño y desarrollo de la misma y sus resultados.

Con el objeto de facilitar una visión general de los casos y orientar su lectura, en la Tabla siguiente aparecen recogidas todas y cada una de las experiencias, en el orden en que están presentadas. Por otra parte, y con la finalidad de que el lector pueda realizar consultas o conocer más acerca de las instituciones participantes y los casos en sí mismos, al final del libro se presenta un Apéndice que recoge los datos de todos los miembros de la Red MadrI+D y la forma de contactar con los mismos.

¹³ La información correspondiente a los sectores económicos, instituciones y empresas, que figura en los recuadros, se obtuvo de las siguientes fuentes: Durán (1999), García Delgado (1999), CM (1997), COTEC (1999,a), Buesa y Molero (1999), páginas Web de cada institución y datos aportados por los participantes en cada caso presentado.

TABLA N.º 6 CUADRO RESUMEN DE LAS EXPERIENCIAS DE COLABORACIÓN ENTRE CPIs Y EMPRESAS, PRESENTADAS EN EL LIBRO

| <i>CPI</i> | <i>Empresas</i> | <i>Sector de Actividad Económica</i> | <i>Mecanismos utilizados para desarrollar la colaboración</i> |
|------------|--|--|--|
| UA | LOGITEL, S.L. | Electrónica y Comunicaciones: Electrónica Profesional | Desarrollo conjunto de actividades de I+D, bajo Contrato de Investigación Formación Práctica de estudiantes en la empresa |
| | ELY LILLY & Co. | Farmacia | Desarrollo conjunto de actividades de I+D, a través de Contratos de Investigación Concertados |
| UCM | CEPA, S.L. | Farmacia | Desarrollo conjunto de actividades de I+D, a través de Proyectos Concertados |
| | SMITHKLINE BEECHAM, S.A. | Farmacia | Desarrollo conjunto de actividades de I+D, a través de Acción PETRI |
| | ANTIBIÓTICOS, S.A. | Bioteología | Desarrollo conjunto de actividades de I+D, a través de Contratos de Investigación |
| | DANONE, S.A. | Alimentación: Lácteo | |
| | CSN ENRESA | Energético: Energía Nuclear | |
| FUE | ISOFOTON, S.A. | Energético: Energía Solar | Creación de empresa de base tecnológica |
| CEDEX | ASINEL, S.A. | Energético: Energía Eléctrica | Desarrollo conjunto de actividades de I+D, a través de Contratos de Investigación |
| | ENERTRON, S.A. ANTEC, S.A. | | |
| CSIC | PATENTES TALGO, S.A. | Transporte y Telecomunicaciones | |
| UPM | ELAPSA | Transporte Marítimo de Mercancías | Transferencia de tecnología, en el marco del Programa de Comercialización de Tecnologías de la CM |
| | MACROFITAS, S.L. AENA | Medio Ambiente | Transferencia de tecnología bajo licencia de patente |
| UNED | INGECIBER, S.A. | Servicios a Empresas: Ingeniería y Actividades Informáticas | Desarrollo conjunto de actividades de I+D, bajo Contrato de Investigación, con financiación privada y pública, esta última europea principalmente. Formación Práctica de estudiantes en la empresa |
| UCIIM | INAPCO, S.A. | Servicios a Empresas: Ingeniería e I+D | Desarrollo conjunto de actividades de I+D |
| CEM | Centro Tecnológico TEKNIKER | Servicios Tecnológicos a Empresas de la Industria Metalmeccánica | Proyectos de I+D Asistencia técnica |
| CETEMA | QUIMIGRANEL, S.A. | Comercialización de Productos Químicos, Biológicos y de Electrónica. | Asesoría, Consultoría y Servicios, por parte del ente público, en: Mejora de producto y proceso Sistemas ISO 9000 Organización y <i>software</i> |
| | Grupo INYSA | Electrónica y Comunicaciones | |
| | CASA | Aerospacial | Proyecto integrado del Plan Nacional de I+D |
| INTA | COPA AMÉRICA DESAFÍO ESPAÑOL, S.A. | Construcción Naval | Proyecto cooperativo de I+D, con financiación pública y privada. |
| UAM | SMITHKLINE BEECHAM, S.A. | Farmacia | Patrocinio de infraestructuras e instalaciones para la investigación científico-tecnológica. |
| CIEMAT | Diversos agentes sociales: empresas, administraciones públicas, gobiernos locales y regionales y asociaciones profesionales. | Energético | Formación y transferencia de personal Proyectos de I+D cooperativa Servicios de Metrología y Normalización Asesoría y Consultoría |

CASO: UA Y LOGITEL, S.L.

Entidades participantes en la colaboración:

- LOGÍSTICA Y TELECOMUNICACIÓN, S.L. (LOGITEL, S.L.)
- Departamento de Electrónica de la Escuela Politécnica - UA

Tipo de relación:

- Desarrollo conjunto de actividades de I+D, bajo Contrato de Investigación
- Formación
- Práctica de estudiantes en la empresa

La PYME madrileña **LOGITEL, S.L.** y el **Dpto. de Electrónica de la Escuela Politécnica de la UA** colaboran en actividades de investigación, a través de varios acuerdos de I+DT suscritos entre ambas instituciones, cuyos resultados son de potencial aplicación en sectores como el transporte ferroviario, la banca o la defensa.

El ente empresarial en este caso es LOGÍSTICA Y TELECOMUNICACIÓN, S.L. (LOGITEL, S.L.), empresa familiar con el 100% de su capital nacional, creada en 1991 y que adquiere la figura jurídica de empresa de responsabilidad limitada en 1992.

En sus inicios, su actividad empresarial como subcontratista estuvo relacionada con el mundo de la reparación y mantenimiento de equipos y sistemas de electrónica profesional y, actualmente, su actividad de negocio se centra con carácter general en la I+D de equipos y sistemas de electrónica profesional, su fabricación, instalación, servicio posventa y su mantenimiento. Por otra parte, y con carácter particular, realiza I+DT de sistemas de teleoperaciones (mando, supervisión, y control) para la explotación de redes de telecomunicaciones, servicio de tráfico ferroviario en ferrocarriles de tracción eléctrica, redes de distribución de energía, redes de distribución de aguas, y terminales financieros y medios de pago electrónico.

El promotor de LOGITEL pretendió aplicar la experiencia adquirida durante largos años como responsable de las áreas de Instalaciones, Mantenimiento y Servicio Posventa en la empresa más importante de radiocomunicaciones y redes de telecomunicaciones estratégicas que existió en España: TELETRA ESPAÑOLA, S.A.

Como resultado de su actividad, LOGITEL facturó en 1998 un total de 432 millones de ptas. y obtuvo unos beneficios de 21,3 millones de Ptas., siendo el gasto empleado en I+D de 110 millones de Ptas. Actualmente, cuenta con una plantilla de 40 empleados aproximadamente, de los cuales alrededor de 28 se dedican exclusivamente a actividades de I+D.

Por su parte, el grupo de investigación del Departamento de Electrónica de la Escuela Politécnica de la Universidad de Alcalá de Henares se creó en 1989 y en la actualidad cuenta con un total de 26 investigadores.

A lo largo de estos años este Departamento universitario se ha planteado proyectos diversos referidos a varios aspectos relacionados con el área de tecnología electrónica, tales como: sensores, tratamiento de señales, *hardware* para tratamiento de señales, visión artificial, instrumentación, control, electrónica de potencia, etc., lo que ha permitido que el colectivo de investigadores posea una importante formación en diferentes campos.

Desde su fundación, ha seguido una evolución muy positiva en los aspectos relacionados con la investigación, que se ha visto reflejada en su creciente participación en proyectos y en el incremento de sus publicaciones y ponencias en congresos. En el caso específico de los proyectos de I+D, estos han ido creciendo tanto en número como en financiación, lo cual puede dar una medida del grado de complejidad que han ido adquiriendo, así como de la mayor duración de los mismos. Las formas fundamentales de financiación utilizadas han sido las siguientes:

- Investigación bajo contrato, a través del Artículo 11 de la LRU.
Algunas de las empresas que han financiado los proyectos son: la francesa, SERI ELECTRONIQUE y las españolas ASTI y LOGITEL, S.A.
- Fondos de la propia UA.

Sector Económico:

Electrónica y Telecomunicaciones - Electrónica Profesional

El sector español de Electrónica y Telecomunicaciones es uno de los más importantes en la creación de riqueza nacional y con mayor peso específico en el conjunto de la economía.

En 1997, el mercado nacional interno supuso 4.898.715 millones de Ptas., con un incremento del 15,1% en relación con el año anterior. Se mantuvo un creciente ritmo inversor en actividades de I+D y la cifra de empleo creció un 5,7%, situándose en 205.574 personas.

El sector se divide en Consumo, Componentes Electrónicos, Electrónica Profesional y Telemática y, dentro del subsector de Electrónica Profesional, nos encontramos con las ramas de Defensa, Industrial, Electromedicina, Radiodifusión y TV, e Instrumentación y Equipos Didácticos.

La producción total de dicho subsector fue en 1998 de 125.436 millones de Ptas. frente a los 109.987 millones de 1997, observándose un mayor peso de la Electrónica Industrial, con el 53% del total del subsector, seguida de Defensa con un 29%, y con un crecimiento por parte de ambas alrededor de un 15% respecto del año anterior.

- Fondos FEDER.
- Plan Nacional de I+D, CICYT.
- Fondos MINER.
- Fundación Ramón Areces.
- ONCE.

Algunos de los proyectos más representativos que ha desarrollado este colectivo son:

- Silla motorizada para minusválidos controlada por voz y sistema electrónico de ayuda al guiado de dicha silla, utilizando integración multisensorial.
- Equipo electrónico para la experimentación sobre control y regulación de motores de corriente continua, que constituye una importante herramienta en el campo del control de motores y que cumple funciones didácticas.
- Sistema de gestión, supervisión y telemandos en seguridad para explotación de la infraestructura de electrificación y de sistemas de seguridad en vías ferroviarias. Descrito con amplitud posteriormente por ser el objeto de la cooperación en I+D con la empresa LOGITEL, S.L.
- Diversos proyectos sobre guiado de robots autónomos utilizando visión artificial y otros tipos de sensores.

En el caso que nos ocupa, la relación entre LOGITEL y el mencionado grupo de investigación de la UA, surge en respuesta a los nuevos retos tecnológicos que el mercado impuso a LOGITEL. Esta empresa comenzó a realizar proyectos de I+D tomando como base el profundo conocimiento que tenía sobre las necesidades de los clientes y sobre su posible resolución. De la evolución de estas surgía la posibilidad de desarrollar nuevos productos o sistemas, o simplemente la mejora o modificación de alguno de los productos suministrados que, en ocasiones, no eran atendidas por el contratista principal. Dichas necesidades se trasladaban directamente a las personas responsables de llevar a cabo el mantenimiento de LOGITEL y se les proponía la posibilidad de emprender el desarrollo de proyectos de I+D para encontrar soluciones a las mismas. Pero aceptar el reto de la innovación para satisfacer nuevas necesidades y, consecuentemente, la realización de proyectos de I+DT, suponía disponer de capital humano capacitado y asumir un alto coste y riesgo económico, conceptos propios de los proyectos de I+D.

La solución a esos problemas se buscó precisamente en el Departamento de Electrónica de la Escuela Politécnica de la UA, que disponía de un equipo docente prestigioso compuesto por catedráticos, doctores y profesores, capaces de pilotar este tipo de proyectos, además de becarios, que, bajo las órdenes, el control y supervisión de aquellos, podían trabajar y acometer los mismos con los ingenieros de la empresa. Por último, la colaboración con la Universidad permitía reducir costes e incurrir en menores riesgos tecnológicos y económicos.

Para la Universidad, la colaboración facilitaba el intercambio de conocimientos, con la consiguiente incidencia en el aspecto docente e investigador. De este modo, se pueden conocer mejor las necesidades de la industria, se buscan soluciones conjuntas y se intercambian experiencias, facilitando todo ello la investigación, la inserción de titulados en el mundo laboral y el traslado de las experiencias y nuevos conocimientos a la docencia.

La idea de la colaboración entre ambos centros partió del promotor y presidente de la Compañía LOGITEL, el Sr. Vicente Márquez, y del Catedrático de Universidad del área de Tecnología Electrónica del Departamento de Electrónica de la UA, el Sr. Manuel Mazo.

La conjunción entre la necesidad de innovación en LOGITEL y la cálida relación personal y profesional que mantienen el Departamento de Electrónica de la UA y el equipo directivo de la empresa ha dado lugar a que en la actualidad estén suscritos varios acuerdos de I+DT, con aplicación en el sector del transporte ferroviario, la banca y el mercado de la defensa.

Universidad de Alcalá de Henares —UA—

En 1977 renace la UA, ocupando actualmente una posición clave dentro de la organización educativa de la enseñanza superior en la CM.

En los últimos años ha seguido una línea de actuación encaminada a potenciar y desarrollar el nivel de investigación, a lo que ha contribuido de manera importante el gran aumento de la plantilla de profesores-investigadores, junto al crecimiento de los presupuestos dedicados a la investigación, que han pasado de aproximadamente 500 millones de Ptas. en el año 1990, a 1.854 millones en 1996.

La Universidad de Alcalá participa en multitud de proyectos con otros organismos e instituciones, entre los que se encuentran proyectos del Plan Nacional de I+D, proyectos subvencionados por las Comunidades Autónomas, contratos de los Programas de la Unión Europea y contratos con empresas públicas y privadas.

Retomando el aspecto cronológico, habría que remontarse a 1993, año en que LOGITEL emprendió un proyecto de I+D plurianual, que continúa hasta la fecha, y que comprende el desarrollo y posterior fabricación de un sistema innovador que contempla toda la gestión, supervisión y telemandos en seguridad de todos los dispositivos necesarios para la explotación de la infraestructura de electrificación y de otros sistemas de seguridad en vía, que permiten optimizar los recursos disponibles para una mejor gestión de la explotación del negocio de los ferrocarriles. El proyecto fue presentado al Ministerio de Industria y Energía en enero del año 1997, dentro del programa denominado Iniciativa ATYCA, habiendo sido calificado de interés y apoyado financieramente por dicho Departamento con cargo al presupuesto de los ejercicios 1997, 1998 y 1999. Igualmente sendas partes del mismo fueron presentadas en los años 1998 y 1999 a la Consejería de Educación y Cultura, Dirección General de Investigación, de la CM. Es en este marco donde se ha formalizado la relación entre LOGITEL y el grupo de la UA.

Se trata de un proyecto dinámico que no tiene horizonte temporal a corto ni medio plazo, ya que siempre existirá la necesidad de ir mejorando e integrando necesidades actuales y futuras, aunque los últimos desarrollos del proyecto original emprendido finalizarán en torno al año 2003. Todo el sistema se ha creado bajo la premisa de ayudar a la explotación, vinculando la aplicación a desarrollar con la operativa habitual del personal de explotación, y permitiendo integrar, de una manera coloquial y amigable, los procedimientos y normativa existente y simplificando la adaptación de la parte de campo sin interferir con el proceso normalmente establecido. El proyecto general, en su conjunto, está configurado por los siguientes subproyectos o sistemas:

- Subproyecto 1: Control y Gestión de Catenaria
 - Accionamiento hidráulico
 - Control distribuido en catenaria (Bus de catenaria)
 - Armario de aislamiento y comunicaciones
 - Cuadro de maniobra y gestión de estación y accionamiento de colaterales
 - Detector de tensión de Catenaria
 - Comunicaciones con diferentes centros de telemandos
 - Subsistemas de análisis de defectos y aislamiento de zona de avería
 - Subsistema detector de rotura de hilo de catenaria
- Subproyecto 2: Control y Gestión de Subestaciones
 - Equipo de comunicaciones entre subestaciones
 - Armario de protecciones
 - Gestor de protecciones
 - Detector de tensión de pórtico en fibra óptica
 - Analizador de catenaria en diálogo con los seccionadores
 - Control distribuido en subestaciones
- Subproyecto 3: Telemando y Supervisión Infraestructura Fija
 - Scada de infraestructura fija
 - Telemando de subestaciones
 - Telemando de catenaria
 - Telemando de la línea de 2.2 Kv.
 - Subsistema de comunicaciones (Router's, Party-line, difusores de datos, etc.)
- Subproyecto 4: Seguridad en la Infraestructura
 - Subsistema detector de ejes calientes y frenos bloqueados
 - Subsistema detector de planos en rueda
- Subproyecto 5: Control de Tráfico Ferroviario en Líneas de Media Densidad. Sistema Datatren
 - Subsistema de ayuda a la explotación con señales virtuales
 - Centro de ayuda a la explotación
 - Subsistema de órdenes y señales con las locomotoras
 - Subsistema de seguridad de tráfico en estaciones

En la gestación de la colaboración no se plantearon problemas dignos de mención, más que los que normalmente surgen a la hora de definir los proyectos, que en muchos casos se deben a la

falta de claridad por parte del propio operador, es decir, el usuario final, acerca de los objetivos a alcanzar y las prestaciones que debe cumplir el sistema, o al hecho de que los objetivos impuestos pueden llegar a ser inalcanzables desde el punto de vista económico o de viabilidad. Del mismo modo, a lo largo del desarrollo del proyecto tampoco han surgido dificultades, debido en gran medida a las constantes reuniones mantenidas entre los investigadores.

Todos los proyectos se han desarrollado a través de Contratos, vía Artículo 11 de la LRU, en los que se han contemplado aquellos aspectos relacionados con la propiedad y confidencialidad de los resultados, la contribución de cada participante, los mecanismos de comunicación entre universidad y empresa, la transferencia de los resultados de investigación de la empresa, así como todos los derechos de explotación. En lo que se refiere a la confidencialidad, los resultados solamente se podrán hacer públicos con el mutuo acuerdo de ambas partes.

Los plazos y objetivos previstos en la planificación del proyecto se han venido cumpliendo de manera satisfactoria y los productos finalizados y experimentados se vienen incorporando paulatinamente en la planta de RENFE.

En términos de resultados, puede anticiparse que una vez que finalice el proyecto en el año 2003, el montante total invertido por LOGITEL representará 482 millones de Ptas. y habrá supuesto la consolidación de una empresa 100% española, que dará empleo altamente cualificado a casi medio centenar de ingenieros en el campo de la I+D dentro de tecnologías de la información.

Son ya resultados económicos de este proyecto, la facturación a RENFE en 1998 de productos obtenidos a través del mismo, por valor de 240 millones de Ptas., estimándose la previsión de ventas para 1999, de 360 millones. La venta a RENFE supone, además, un obligado referente para la exportación que ahora puede iniciar LOGITEL.

La empresa tiene puestas grandes esperanzas en el futuro, muestra de ello es la cifra de negocios que aparece en el plan estratégico, que representa unas ventas integradas directas de más de 5.000 millones de Ptas. a lo largo de toda la vida del producto y unos beneficios por adquisición de tecnología que, aunque de difícil cuantificación económica, serán la base de la supervivencia de la empresa. El proyecto representa y representará para LOGITEL el corazón de su negocio, pues de él dependerá el 67% de las ventas del año 1999 y cifras que supondrán el 90% del negocio en el año 2001.

La finalización con éxito del proyecto, y su consiguiente industrialización e implantación operativa, supondrá un empleo inducido muy notable, aunque de difícil cuantificación, y posibilitará a otras empresas madrileñas (COBRA, SEMI, RADIOTRÓNICA, etc.) instalaciones de infraestructuras de ferrocarriles (telecomunicaciones, obra civil, instalaciones...) para el acceso al mercado interior y exterior.

Además de los resultados altamente satisfactorios propios de los proyectos desarrollados y actualmente ya industrializados y comercializados, hay que destacar aquellos referidos a los recursos humanos. En este sentido, cabe señalar que el 100% de los técnicos (ingenieros e ingenieros técnicos) que actualmente desarrollan su actividad en la empresa LOGITEL, (alrededor de 45), son titulados de la UA. Además, son numerosos los becarios que participan directamente en proyectos de investigación o que realizan períodos de prácticas en la empresa, superando la cifra de 24, y suponiendo una media de 4 becarios por año, de los cuales, muchos de ellos, actualmente desarrollan su actividad profesional en empresas del sector electrónico. Como en la mayoría de los casos expuestos en este libro, la colaboración entre el ente público de investigación y la empresa se ha consolidado y ofrece para ambos nuevas oportunidades en el ámbito científico-tecnológico y de la innovación. En esta experiencia, el nivel de colaboración entre el Dpto. de Electrónica de la UA y la empresa LOGITEL ha llegado a tal punto que, actualmente, se está gestionando la posibilidad de crear una Cátedra de Control Electrónico en el Transporte, en la que participarán la empresa y RENFE.

Desde la perspectiva de LOGITEL, los acuerdos de colaboración entre ambas instituciones han contribuido decisivamente a que esta empresa sea en la actualidad líder en España en la implantación de sistemas para las aplicaciones que demanda el transporte ferroviario de tracción eléctrica.

CASO: UA Y LILLY, S.A.

Entidades participantes en la colaboración:

- LILLY, S.A.
- Departamento de Química Orgánica - UA

Tipo de relación:

- Desarrollo conjunto de actividades de I+D, bajo Contrato de Investigación.

Este caso describe la experiencia de colaboración entre el **Grupo de Heterobetaínas del Dpto. de Química Orgánica de la UA**, y la **empresa farmacéutica Lilly, S.A.** La relación entre ambas entidades se remonta a mediados de los años ochenta y ha estado basada en el desarrollo conjunto de procesos de síntesis orgánica y productos de interés farmacéutico. Hasta el momento, ha dado lugar a cuatro patentes internacionales y a veinte publicaciones en las principales revistas internacionales del sector de la Química Orgánica, entre otros resultados. Ely Lilly & Company es una corporación farmacéutica global basada en la investigación, que se dedica a crear y suministrar remedios para la salud basados en productos farmacéuticos

innovadores.

A través de sus programas científicos internos y de múltiples colaboraciones de investigación en todo el mundo, la compañía está desarrollando soluciones para muchas de las necesidades mundiales más urgentes, desde el punto de vista sanitario. Por otra parte, y puesto que los productos desarrollados se dirigen a necesidades no cubiertas, frecuentemente reducen el coste de la enfermedad, revirtiendo en beneficios económicos para pacientes y proveedores.

Esta Corporación centra sus actividades de investigación, desarrollo, producción y comercialización en cinco áreas terapéuticas fundamentales: Neurociencias, Endocrinología, Enfermedades Infecciosas, Cardiovascular y Cáncer, habiendo desarrollado productos tan innovadores como: Prozac®, Zyprexa®, Evista®, HumaPlus®, Humatrope®, Gemzar®, Ceclor®.

A nivel mundial, LILLY emplea a más de 29.000 personas y vende sus medicamentos en 161 países. Cuenta con centros de investigación en Indianapolis (EE.UU.), Reino Unido, y Alemania, y lleva a cabo ensayos clínicos en más de treinta países. Durante 1999, el gasto que dedicará la compañía a I+D ascenderá a más de 1.700 millones de Dólares USA.

En España, cuenta con una fábrica de productos farmacéuticos situada en la localidad de Alcobendas (Madrid) y da empleo a 820 trabajadores. En el año 1998 la cifra de ventas en el mercado nacional de productos farmacéuticos éticos fue de 39.132 millones de Ptas. y se realizaron exportaciones a más de 74 países por un valor de más de 12.000 millones de Ptas. Las actividades de investigación que desarrolla la empresa en España se centran en los campos de investigación clínica e investigación básica en las áreas de Química Médica, para lo que cuenta con una plantilla de personal investigador de 66 titulados superiores. En 1998 se dedicaron más de 1.600 millones de Ptas. a labores de investigación, de los cuales 255 se invirtieron en colaboraciones exteriores con diferentes centros de I+D. El centro de investigación básica dedicado a Química Médica empleará, a finales de 1999, a 40 investigadores, 30 de los cuales son Doctores en Química Orgánica.

Parte de la estrategia del grupo empresarial de investigación implica la colaboración con distintos grupos de Centros Públicos de I+D, cuya selección por parte de LILLY se realiza en función de la calidad científica demostrada, así como del conocimiento y experiencia que dicho grupo posea en el campo en el que la empresa esté interesada.

Sector Económico:

Farmacia - Laboratorios Farmacéuticos

El sector farmacéutico constituye un subsector dentro de la industria química, denominado industria farmaquímica productora de materias primas y especialidades farmacéuticas para uso humano y animal, que representaba en 1997 aproximadamente el 17% de la producción total de la industria química.

La industria farmacéutica en España se caracteriza por su concentración progresiva en torno a grandes empresas de grupos multinacionales. Su actividad económica depende en gran medida de los acuerdos que establece con la Administración del Estado, ya que una elevada cuota de su mercado va destinada a la Sanidad Pública. Del total de empresas farmacéuticas en España, un 54,1% se consideran innovadoras, y dentro de la CM representan un 5% de la distribución sectorial del total de empresas innovadoras de la región.

En 1995, existían en España 329 laboratorios farmacéuticos censados, de los cuales el 39% se concentraban en la región de Madrid, ocupando el segundo lugar detrás de Cataluña, y representando entre ambas regiones el 87% de la actividad farmacéutica nacional.

Centrándonos en las empresas farmacéuticas cuya actividad principal es la producción de medicamentos y excluyendo aquellas especializadas en biotecnología, nos encontramos con un número de 98 empresas en la CM que representan el 30% a nivel nacional. Estas empresas concentran el 41,5% del empleo total nacional en el sector, y el 50% de la producción nacional.

El esfuerzo investigador de las empresas farmacéuticas en España va aumentando, aunque todavía no llega a los valores medios europeos. Respecto al gasto total nacional en I+D, la industria farmacéutica representa el 10,5% del total, lo que supone un gran esfuerzo tecnológico.

Es de destacar que más del 95% de este gasto se sufraga con fondos propios del sector empresarial y el tipo de investigación al que se destinan más recursos es a la investigación aplicada, alcanzando un 53%.

La colaboración con el sector público de investigación permite a la empresa realizar la investigación de una forma más dinámica y acortar los tiempos de desarrollo de la misma. Por esta razón, en los últimos 10 años ha mantenido colaboraciones con diversos grupos de Química Orgánica de las siguientes universidades: Alcalá, Complutense, Autónoma de Madrid, Autónoma de Barcelona, Oviedo, Valencia, Murcia, Alicante y San Pablo-CEU, así como con el Instituto de Química Médica del CSIC. Esta asidua colaboración con CPIs fue reconocida en 1985 con el premio de la FUE de Madrid a la empresa que más había destacado por su colaboración con la Universidad.

La labor de los últimos 10 años del grupo de investigación español de Química Médica, de la farmacéutica Lilly, se puede resumir en más de 60 trabajos de investigación publicados en revistas científicas especializadas (*Tetrahedron*, *Tetrahedron Letters*, *Journal of Organic Chemistry*, *Journal of Medicinal Chemistry*, *Bioorganic & Medicinal Chemistry*, *Synthesis*) y 16 patentes internacionales.

El Grupo de Heterobetaínas del Dpto. de Química Orgánica de la UA empezó a gestarse a partir de la incorporación del Prof. J. Álvarez-Builla a la Universidad en el curso 1981/82, y se constituyó con la incorporación, en 1985, de J. J. Vaquero y J. L. García Navío, entre otros profesores del Departamento, para crear un grupo de investigación coordinado, interdisciplinar y con una fuerte colaboración industrial en el campo de la Química de Fármacos. En la actualidad, el grupo cuenta con una media de más de 40 miembros dentro del Departamento, la mayor parte de los cuales son becarios de distintos niveles.

A lo largo de los años 1994/99, este grupo ha realizado 34 proyectos de investigación, por valor de 439 millones de Ptas., de los que un 18% correspondieron a proyectos vinculados a organismos oficiales y el resto a proyectos con empresas farmacéuticas. Como resultado de estos proyectos se han producido 2 capítulos de libro y 53 artículos, la mayoría publicados en revistas como: *Journal of Organic Chemistry*, *Organic Letters*, *Tetrahedron Asymmetry*, *Tetrahedron Letters* y *Tetrahedron*, así como en el *Journal of Medicinal Chemistry*, todas ellas de alta relevancia en los campos de Química Orgánica y Química Médica, y ello considerando solamente la producción del investigador principal. Asimismo, se han obtenido 5 patentes nacionales y 3 internacionales en el campo de la síntesis de productos farmacéuticos. Todo ello convierte a este grupo investigador en uno de los más relacionados con el sector industrial.

Actualmente, este colectivo de investigadores se ha adentrado en sectores de la Química de alto interés para el sector industrial farmacéutico, como son la síntesis en paralelo, la química combinatoria, la síntesis con microondas, o la síntesis de productos naturales, con lo que esperan abrir nuevos caminos y objetivos.

A partir de 1992, el Prof. J. Álvarez-Builla fue nombrado Director del Proyecto de la Planta Piloto de Química Fina de la Universidad de Alcalá, para el que ha contado con la colaboración de los Profs. E. García Calvo (Catedrático de Ingeniería Química) y Fernando Laborda (Catedrático de Microbiología). El edificio se inauguró en Mayo de 1998, y en la actualidad está desarrollando nuevas tecnologías químicas, biotecnologías y métodos de gestión de residuos, y está dando apoyo a numerosas industrias del sector farmacéutico.

La experiencia de colaboración que aquí se describe, entre la empresa Lilly, S.A. y la UA, es una de las pioneras en el ámbito de las relaciones entre CPIs y empresas. Dicha colaboración se gestó a partir del año 1984, a través de contactos entre los profesores E. Gálvez y J. Álvarez-Builla, por parte del Departamento de Química Orgánica de la Universidad, y la Dra. Isabel Fernández, entonces Directora de Investigación, y el Dr. J. Carlos Montilla, Director Técnico, por parte de la empresa. Ambas partes habían colaborado anteriormente en proyectos para otras empresas, y en el año 1984 sentaron las bases del primer convenio de colaboración sobre productos heterocíclicos de síntesis, con aplicación como posibles productos farmacéuticos.

Los dos investigadores de la Universidad tenían experiencia previa de colaboración con empresas farmacéuticas, específicamente con SMITH-KLINE y FAES, además de haber iniciado el año anterior un proyecto con LAFARQUIM sobre desarrollo de nuevos productos derivados de bencimidazol. La pretensión de ambos investigadores al incorporarse a la UA a comienzos de los ochenta, era organizar grupos de trabajo que compatibilizasen la investigación académica con

la colaboración industrial; sin embargo, los pasos iniciales fueron lentos debido a la falta de experiencia en colaboración Universidad-Empresa en España en esos momentos.

No obstante, los primeros contactos, basados en la presentación de las líneas de trabajo de los investigadores universitarios a la empresa, permitieron organizar un primer proyecto de investigación, dirigido a la "Síntesis de nuevas sales de Estiril Piridinio", una familia de productos con interés como antihelmínticos, con posible aplicación en el campo veterinario. En este primer proyecto fue decisivo el apoyo de la FUE de Madrid, cuya colaboración se concretó en asesoramiento legal, modelos de contrato, convocatorias de becas, administración, etc., constituyéndose, a partir de entonces, en un eslabón fundamental de la relación.

En los años siguientes, se sucedieron nuevos proyectos de colaboración, todos a través de la FUE madrileña, y en forma de Contratos Art. 11 LRU, sobre diferentes campos relacionados con la Química Heterocíclica. En el año 1985 se firmó uno sobre "Síntesis de Lactonas derivadas de Pirrol y otros Heterociclos", en 1986 otro sobre "Síntesis de Ácidos Heteroarilacéticos", y otro en 1987 sobre "Síntesis de Heteroarilmetilaminas".

El Grupo de Heterobetaínas siempre ha sido plenamente consciente de que los investigadores universitarios, dentro de su actividad profesional, deben generar nuevos conocimientos que sirvan de fuente de oportunidades para las empresas que se relacionan con ellos. Asimismo, la empresa ha de ser capaz de extraer nuevas aplicaciones a partir de los resultados de la investigación académica realizada en la Universidad. Por esta vía, los investigadores universitarios deben ser capaces de financiar parte de su investigación, cada vez más cara, y la empresa, que es la que mejor conoce las demandas del mercado, debe obtener nuevas posibilidades de desarrollo, nuevos procesos y nuevos productos que le permitan obtener una posición ventajosa frente a sus competidores.

Desde su creación, este grupo universitario ha trabajado en la Química de Sistemas Heterocíclicos Nitrogenados, con especial atención a productos de aplicación farmacéutica, y con esta orientación ha procurado siempre coordinarse con empresas del sector, con el objeto de que, si los investigadores generaban nuevos productos por síntesis orgánica que pudieran tener interés potencial como fármacos, la empresa pudiera suministrar el análisis farmacológico adecuado. Esta forma de trabajo complementario permitiría obtener, por una parte, resultados de interés en el campo de la Química de Fármacos y, por otra, suministraría a la empresa nuevos prototipos de los que deducir, en el futuro, nuevos fármacos.

La colaboración entre estas dos entidades siguió consolidándose con el acceso del Dr. Jesús Ezquerro a la Dirección de Investigación de la empresa, y con el crecimiento subsiguiente del grupo de investigación química de la misma en Madrid. A medida que los proyectos de la empresa crecían en importancia, la mayoría relacionados con síntesis de productos heterocíclicos de utilidad terapéutica, aumentaba la demanda de apoyo tecnológico y de contratación en ciertas áreas de investigación con grupos universitarios, demanda que en parte ha sido satisfecha por los investigadores de la UA. A partir de entonces, la colaboración ha ido creciendo y extendiéndose a otros investigadores de la Universidad en otros campos como la Farmacología Experimental donde, en los últimos años, el Prof. F. Zaragoza ha ido manteniendo una actividad creciente de colaboración.

La financiación de la empresa a los programas de investigación conjunta ha seguido una tendencia creciente, suponiendo hasta el año 1990 algo menos de 15 millones de Ptas. anuales, y a partir de entonces manteniéndose entre 25 y 30 millones de Ptas. por año.

La colaboración, por supuesto, no ha estado exenta de dificultades. En el comienzo de la relación, al ser mínima la experiencia existente de colaboración Universidad-Empresa, las dificultades institucionales fueron importantes. No existían modelos de contrato, los becarios de los contratos Art. 11 no eran considerados becarios por la Universidad, las patentes generadas no se valoraban como productos de la actividad investigadora, e incluso, el material inventariable adquirido con cargo a estos proyectos no se sabía a quién pertenecía. Asimismo, algunos sectores de la Universidad consideraban que este tipo de colaboraciones con la empresa significaba "vender la Universidad a las multinacionales". Afortunadamente, todo ello se ha ido solventando con la experiencia adquirida, y hoy en día no suelen existir dificultades de este tipo.

Como ya se ha señalado con anterioridad, la colaboración aquí descrita se ha basado en el desarrollo conjunto de procesos de síntesis orgánica y productos de interés farmacéutico. Cada año, las líneas de investigación son objeto de negociación entre las partes, de modo que se pueda sacar el mayor partido posible de la actividad que realiza el grupo universitario, para su aplicación a los proyectos que la empresa desarrolle. Los productos obtenidos hasta el momento han sido analizados farmacológicamente por los centros de investigación de la empresa en Londres y en Indianápolis (EE.UU.), así como, en algún caso, por investigadores universitarios especializados en alguna técnica precisa.

En algunos casos, el grupo de investigadores de la Universidad ha desarrollado nuevos procesos de síntesis que representan “cuellos de botella” para los investigadores de la empresa, y otras veces ha colaborado con ellos en la síntesis de productos finales destinados a análisis farmacológico. En cualquier caso, su papel ha reforzado la eficacia de los investigadores de Lilly S.A. que han visto multiplicados, a través de la colaboración, los resultados de sus proyectos.

En la negociación ha sido fundamental la participación de tres entes: la empresa, la universidad y el organismo gestor. Por una parte, la empresa, como demandante de un modelo de colaboración determinado, ha de estar motivada para la expansión de sus actividades de I+D a través de colaboraciones extramuros, como una forma de externalización parcial de sus actividades. Como organización, ha de estructurar sus proyectos en función de dicha colaboración extramuros, de manera que en un primer momento, las partes menos sensibles (en términos de confidencialidad), se realicen en mayor proporción en la Universidad, y que a medida que el proyecto vaya avanzando y la información se haga más importante desde un punto de vista estratégico, el trabajo se realice de una manera progresiva dentro de la empresa. Por otra parte, el grupo de investigación universitario debe contar con una masa crítica suficiente que garantice una renovación de ideas constante, además de una motivación intensa a la hora de colaborar con la empresa, o lo que es lo mismo, de dedicar parte de su esfuerzo a convertir nuevos conocimientos en aplicaciones.

Finalmente, el organismo gestor, representado en este caso por las fundaciones implicadas (FUE de Madrid y Fundación General de la UA), ha tenido un papel decisivo en el buen funcionamiento de la colaboración, desde su gestación. Durante los primeros diez años, la FUE prestó su apoyo y sus modelos de gestión a la colaboración, y posteriormente, con la organización de Fundaciones en todas las Universidades, ha sido la Fundación General de la UA la que ha continuado esta labor. Como norma general, cualquier organismo gestor que pretenda facilitar una relación Universidad-Empresa, requiere una asesoría jurídica que apoye a ambas partes, en especial al investigador académico que suele ser el peor informado, una administración ágil y flexible, y una base de información acerca de las ventajas y términos de la relación. Por ejemplo, es necesario que se informe a la empresa de los beneficios fiscales que supone colaborar con la Universidad, y al investigador del valor de su aporte en la colaboración, además de los costes que entraña esta para la Universidad, entre otros aspectos. Un aspecto interesante en esta relación ha sido el acuerdo establecido entre las partes acerca de la propiedad y confidencialidad de los resultados de los proyectos. Hasta el momento, los resultados generados o bien se han publicado y presentado en comunicaciones a congresos, previo consentimiento de la empresa, que generalmente no ha puesto ningún impedimento, o han dado lugar a una patente propiedad de la empresa, decisión que ésta ha de tomar en un plazo de aproximadamente seis meses. De manera general, los resultados de los proyectos implicados en la colaboración son tratados confidencialmente, lo que implica que los investigadores no pueden difundirlos sin permiso de la empresa.

Sin embargo, en los dos últimos años han existido ciertos problemas al respecto, debido a que la confidencialidad requerida en los resultados de los programas de desarrollo de la empresa ha chocado en ocasiones con la necesidad de defender en público la Tesis Doctoral de alguno de los investigadores implicados en la colaboración. El hecho de que en España la Tesis se defienda públicamente choca con la tradición anglosajona donde la defensa se realiza por medio de un examen frente a un tribunal, pero sin la presentación pública del trabajo. Esto, en cierta manera, frena a la empresa a la hora de implicar a los investigadores universitarios en sus proyectos estratégicos más importantes, donde la confidencialidad es primordial.

En otro orden de cosas debe señalarse que, en términos generales, un aspecto difícil para todo grupo universitario que colabora con empresas es la organización de la información del proyecto, la cual debe ser opaca para las personas ajenas al mismo, y transparente para la empresa. Esto requiere organizar una estructura de gestión de la información dentro del grupo de trabajo, segura y eficaz, que debe consistir en informes mensuales de resultados, reuniones regulares, y una buena comunicación por e-mail, o incluso video-conferencia en el caso de coordinación con varios equipos. De la misma manera, la utilización de bases de datos bien diseñadas, que contengan la información de los productos suministrados, es un recurso que en este caso ha resultado una herramienta de primer orden.

Por otra parte, es fundamental realizar un buen diseño del proyecto, para lo cual, lo habitual es que la fase exploratoria inicial se realice en el centro universitario y que, a medida que el proyecto avance y los resultados vayan estando más cercanos al mercado y, por ende, la información sea más "sensible", el trabajo se vaya trasladando a la empresa.

Con respecto a los resultados que, a lo largo de todos estos años de colaboración entre el Grupo de Heterobetaínas de la UA y la compañía Lilly S.A., se han generado como fruto de los proyectos desarrollados, pueden destacarse: cuatro patentes internacionales; la participación de 15 becarios, de los cuales nueve han leído la Tesis Doctoral; y la publicación de veinte trabajos en las principales revistas internacionales del sector de Química Orgánica. En términos económicos, la colaboración con el Grupo de Heterobetaínas ha supuesto una inversión para la empresa de más de 210 millones de Ptas. a lo largo de estos quince años y ha superado los 330 millones de Ptas., si se considera la colaboración global con la UA, en el mismo período. Por todo ello, la empresa ha recibido de la Universidad de Alcalá la medalla de "Empresa Colaboradora 1996" y ha recibido diplomas por la misma causa los años 1997 y 1998.

En términos de formación y transferencia de conocimiento, puede decirse que esta colaboración ha permitido que grupos de la UA hayan financiado parte de su investigación y de sus becas pre y postdoctorales, y que la empresa haya ido integrando conocimiento generado por los investigadores universitarios en su propio *know-how*, y en forma de patentes.

Para los investigadores de ambas partes, la oportunidad de realizar estos proyectos en colaboración se traduce en un enriquecimiento mutuo. En el caso de los universitarios, la relación les ha permitido conocer las demandas del mercado, que la empresa conoce muy bien, o las necesidades de control de la calidad del trabajo realizado y, adicionalmente, sus proyectos han abordado campos en los que ni siquiera hubieran reparado anteriormente. Para los investigadores de la empresa, el contacto con la Universidad ha significado frecuentemente la adquisición de nuevas tecnologías con mayor rapidez, así como la introducción en sus proyectos de los nuevos conceptos que aparecen continuamente en la investigación básica, como consecuencia de lo cual sus proyectos industriales han ganado en calidad tecnológica.

Entre la veintena de trabajos científicos publicados a partir de la colaboración entre Lilly S.A. y la UA, los más recientes son:

1. (S)-Ethyl 4,4-Dimethyl Pyroglutamate as a New "Quat" Chiral Auxiliary in Aldol Condensations.
J. Ezquerra, A. Rubio, J. Martín, J. L. García-Navío.
Tetrahedron: Asymmetry 1997, 8, 669.
2. Stereoselective Synthesis of 1,3,4-Substituted Tetrahydro- β -Carbolines from Indoles Based on Selective Transformations
J. Ezquerra, C. Pedregal, C. Lamas, A. Pastor, P. Álvarez, J. J. Vaquero.
Tetrahedron 1997, 53, 8237.
3. Suzuki-Type Cross-Coupling Reactions of 1-Benzyl-2-iodo-1*H*-benzimidazoles with Aryl Boronic Acids: A Regioselective Route to N-Alkylated 6-Alkoxy-2-1*H*-benzimidazoles
J. Ezquerra, C. Lamas, A. Pastor, J. L. García-Navío, J. J. Vaquero.
Tetrahedron 1997, 53, 12755.
4. New Enantioselective Approach to the Total Synthesis of (-)- α -Kainic Acid.
Rubio; J. Ezquerra; A. Escribano; M. J. Remuiñán; J. J. Vaquero
Tetrahedron Lett. 1998, 39, 2171.

5. A New Approach to the Synthesis of 2-Aminoimidazo[1,2-*a*]pyridine Derivatives Through Microwave-Assisted *N*-Alkylation of 2-Halopyridines
J. A. Vega; J. J. Vaquero; J. Álvarez-Builla; J. Ezquerra; C. Hamdouchi.
Tetrahedron, 1999, 55, 2317.
6. Short Synthesis and Anti-Rhinoviral Activity of Imidazo[1,2-*a*]Pyridines. The effect of Acyl Groups at 3-Position.
C. Hamdouchi; J. Ezquerra; J. A. Vega; J. J. Vaquero; J. Álvarez-Builla; B. A. Heinz.
Bioorg. Med. Chem. Lett. 1999, 9, 1391.

CASO: UCM Y CEPA

Entidades participantes en la colaboración:

- Compañía Española de Penicilina y Antibióticos, S.L. (CEPA)
- Departamento de Química Orgánica I de la Facultad de Ciencias Químicas - UCM

Tipo de relación:

- Desarrollo conjunto de actividades de I+D, a través de Proyectos Concertados.

La empresa farmacéutica **Compañía Española de Penicilina y Antibióticos, S.L. (CEPA)**, viene colaborando con el **Dpto. de Química Orgánica I de la Facultad de Ciencias Químicas de la UCM** desde 1996, en un proyecto conjunto sobre "Desarrollo de nuevos compuestos como agentes neuroprotectores". Gracias a esta interrelación toda la labor investigadora de los últimos años realizada por el grupo de la Universidad ha encontrado aplicación en la industria. La relación surgió a partir de que la empresa CEPA adquiriera una licencia de explotación de dos patentes que poseía el grupo de investigación de la UCM en este campo. La empresa, conocedora del gran potencial del grupo, acudió al mismo para trabajar conjuntamente en el proyecto de investigación que nos ocupa, que está previsto que perdure hasta el año 2002. Caracterizando brevemente a los participantes y comenzando por el ente empresarial, debe apuntarse que CEPA es una compañía fundada en 1949, perteneciente a la industria farmacéutica, que desde su fundación desarrolla tres actividades básicas: productiva, comercializadora y de I+D.

La actividad productiva se lleva a cabo en las instalaciones ubicadas en Alcobendas, donde fabrica especialidades en sus distintas formas farmacéuticas. Por su parte, la actividad comercializadora se concentra fundamentalmente en cuatro grandes áreas terapéuticas: gastrointestinal, cardiovascular, osteoporosis y antibióticos. Entre ambas actividades generan una cifra de negocios por encima de los 6.000 millones de Ptas., con un crecimiento superior al incremento medio general del mercado farmacéutico.

En el pasado mes de abril, CEPA fue adquirida en su totalidad por el grupo SCHWARZ PHARMA, con lo cual el grupo completa su presencia en los principales mercados farmacéuticos europeos.

CEPA destina en la actualidad el 4,2% de su volumen de negocio a gastos en I+D. La actividad investigadora que desarrolla centra su esfuerzo en dos áreas básicas: Metabolismo Óseo y Sistema Nervioso Central (SNC) y Desarrollo en proyectos galénico-farmacéuticos.

Los proyectos de investigación se llevan a cabo mediante acuerdos de Proyectos Concertados, que en la década de los 90 incluye, entre las entidades del sector público de investigación participantes, a las Universidades de Alcalá, Complutense de Madrid, Navarra y Salamanca. Los proyectos finalizados, así como los actualmente en curso, han sido incluidos dentro del Plan Nacional de I+D. Por otra parte, la actividad de I+D de la empresa está oficialmente reconocida por su integración dentro del Plan de Actuación Tecnológico Industrial (PATI), en la iniciativa ATYCA y en el plan PROFARMA.

El otro participante en esta colaboración, el ente público, es el grupo de investigación de la Facultad de Ciencias Químicas - UCM, que dirige la Dra. María Luz López Rodríguez. Este colectivo lleva ocho años trabajando en una línea de investigación dirigida hacia el diseño y desarrollo de nuevos agentes serotoninérgicos.

Los miembros que componen el equipo investigador poseen una amplia formación y experiencia en diversas áreas de conocimiento (modelización molecular y diseño de nuevos fármacos, síntesis orgánica y bioquímica), lo que les hace especialistas en el campo de la Química Médica.

Asimismo, dicho grupo colabora con diversos equipos de Farmacología, por lo que la investigación que se realiza es la propia de otros centros de investigación de laboratorios farmacéuticos. Prueba de ello ha sido la

Universidad Complutense de Madrid - UCM

La UCM es la Universidad más grande de España. Su actividad académica e investigadora es muy notable, y tiene establecida una amplia red de convenios nacionales e internacionales, numerosos contratos con empresas para proyectos de investigación y una fuerte participación en programas de movilidad académica de la Unión Europea.

Dentro de las universidades de la CM, ocupa el primer lugar en cuanto a recursos humanos dedicados a la I+D, concentrando el 41% de los mismos. En esta institución funcionan un total de 20 facultades y escuelas técnicas superiores, entre las que se cuentan: Cc. Biológicas; Cc. Económicas y Empresariales; Cc. Físicas; Cc. Geológicas; Cc. de la Información; Cc. Matemáticas; Cc. Químicas; Farmacia; Informática; Medicina y Veterinaria.

Del total de fondos del III Plan Nacional de I+D para Proyectos de Investigación destinados a la región de Madrid, esta universidad ha recibido el 12%. Asimismo, registra el 7,8% de las participaciones en Proyectos Tecnológicos, y obtiene el 4,7% de las subvenciones del CDTI del total regional. En cuanto a la investigación contratada, el volumen de recursos es similar, en términos absolutos, al destinado a los Proyectos de Investigación.

Desagregando por facultades, destaca el papel de la Física y Química en los Proyectos de Investigación, la facultad de Medicina en la investigación contratada, y la facultad de Farmacia, con un mayor equilibrio entre proyectos y contratos.

colaboración en dos proyectos concertados con la compañía CEPA, relativos a moléculas con actividad sobre los receptores serotoninérgicos, ambos dentro del PACTI del Plan Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico.

Durante los últimos cinco años se han realizado importantes avances en el conocimiento del receptor 5-HT_{1A}, debido a que se han sintetizado numerosos ligandos de dicho receptor con diferentes niveles de actividad intrínseca, que han tenido gran relevancia en el conocimiento de su función neurobiológica. Esto ha llevado a que durante este período los miembros de este equipo hayan publicado 55 trabajos en revistas internacionales de reconocido prestigio, y hayan obtenido siete patentes de invención, dos de ellas internacionales.

Como ya se ha señalado anteriormente, la idea de la colaboración partió de la propia empresa interesada en el desarrollo de nuevos ansiolíticos, y motivada por los resultados obtenidos en dicho campo por el equipo de la UCM, reflejados a través de publicaciones y patentes. Estas últimas protegían algunos productos que parecían tener interés terapéutico. En concreto, se pretendía llevar a cabo un proyecto de investigación encaminado al diseño, síntesis y caracterización farmacológica de moléculas con actividad en los receptores serotoninérgicos. Dicho proyecto se formalizó a través de la firma de un primer contrato acogido al Artículo 11 de la LRU, cuya duración prevista era de dos años, desde diciembre de 1996 hasta diciembre del 1998. Los resultados obtenidos en este primer contrato de investigación dieron lugar a un segundo contrato de tres años de duración (1999-2002), dirigido al desarrollo de nuevos agentes con utilidad en procesos neurodegenerativos o de isquemia cerebral. En la actualidad, colabora también en el desarrollo de dicho Proyecto el Instituto Pluridisciplinar de la UCM y el Departamento de Farmacología de la Facultad de Medicina de la Universidad de Navarra.

La colaboración contó con un diseño riguroso, quedando especificados en ambos contratos: los miembros del equipo de investigación que iban a participar, los objetivos y la metodología a realizar, los períodos de tiempo establecidos, así como las responsabilidades que debían asumir ambas partes. Igualmente, se establecieron acuerdos referidos a la apropiación y confidencialidad de los resultados derivados de patentes de invención, *know-how* y tecnología en general, que se desarrollaron durante la ejecución del proyecto, quedando pactado que los mismos serían de propiedad exclusiva de CEPA y que cuando los investigadores de la Universidad desearan utilizarlos para su publicación como artículos, presentación de conferencias, etc., deberían solicitar la conformidad de CEPA por escrito.

Para llevar a cabo la negociación se contó con la ayuda de la OTRI de la Universidad, y con la participación, tanto del investigador responsable del equipo de la UCM como del director de I+D de la compañía CEPA.

En lo que respecta a la organización y desarrollo del proyecto, puede decirse que primó la coordinación entre las partes, pues durante el transcurso del mismo se celebraron numerosas reuniones semestrales, en las que participaron el equipo de la Universidad junto con los representantes de los laboratorios CEPA. El objetivo principal de dichas reuniones era llevar a cabo un seguimiento periódico del progreso del proyecto y así poder estudiar y evaluar los resultados obtenidos y, dependiendo de estos últimos, en algunos casos, modificar los objetivos iniciales propuestos. Asimismo, se entregaron a los laboratorios CEPA informes trimestrales y anuales tanto de los resultados obtenidos como del plan de trabajo previsto.

Finalmente habría que destacar que los objetivos del proyecto se han cumplido de forma satisfactoria en su totalidad, ya que se han identificado nuevos compuestos con posible utilidad en el tratamiento de trastornos del SNC como la ansiedad o la depresión.

CASO: UCM Y SMITHKLINE BEECHAM, S. A.

Entidades participantes en la colaboración:

- SMITHKLINE BEECHAM, S. A..
- Departamento de Microbiología II de la Facultad de Farmacia - UCM

Tipo de relación:

- Desarrollo conjunto de actividades de I+D, a través de una Acción PETRI

La multinacional farmacéutica **SMITHKLINE BEECHAM, S. A.** y el **Departamento de Microbiología II de la Facultad de Farmacia de la UCM** han colaborado en varias ocasiones en actividades de I+D, principalmente a través de intercambio de personal investigador en ambas direcciones, y en el caso concreto de la experiencia que aquí se describe, a través de una Acción PETRI.

El ente empresarial que toma parte en esta relación es la prestigiosa SMITHKLINE BEECHAM, S. A. (SB), compañía dedicada a la investigación, desarrollo, producción y comercialización de productos farmacéuticos, que ocupa una posición de liderazgo en el sector farmacéutico español, tanto en el terreno de las especialidades farmacéuticas de prescripción como de especialidades farmacéuticas publicitarias.

Esta empresa cuenta con más de 1.000 empleados distribuidos por toda la geografía nacional y delegaciones comerciales en las principales ciudades españolas. En 1998 alcanzó una facturación de 43.526,421 millones de Ptas., de los cuales destinó a gastos de I+D un 6,08%. Como parte del esfuerzo investigador que SB realiza en el ámbito español, en 1992 se inauguró un Centro de Investigación Básica en Tres Cantos, posiblemente el más avanzado de su género en todo el país, cuyas funciones principales son el descubrimiento de nuevas entidades moleculares, procedentes de fermentaciones de microorganismos, con actividades farmacológicas, y el estudio de la regulación genética y bioquímica de la producción de metabolitos secundarios por *Streptomyces*.

Dentro del *screening* de metabolitos microbianos, el Centro de Tres Cantos trabaja en distintas áreas terapéuticas: enfermedades cardiopulmonares; procesos inflamatorios y de reparación de tejidos; agentes antibióticos (antibacterianos, antifúngicos y antivirales); y SNC.

SB colabora de forma activa con sociedades científicas y asociaciones profesionales, además de tener acuerdos con las principales instituciones académicas y CPIs del país. Entre otras formas de relación con el sector público de investigación, la empresa ha participado en programas de formación de personal investigador y en proyectos PETRI.

Como contraparte en el lado público, SB ha tenido en este caso a un grupo de investigación perteneciente al Departamento de Microbiología II de la Facultad de Farmacia - UCM, el cual desarrolla su trabajo dentro del campo de la Biotecnología, a través de las siguientes líneas de investigación:

- Análisis funcional de los genes descubiertos en la secuenciación del genoma de levadura: desarrollo de pruebas fenotípicas para su utilización a gran escala sobre colecciones mutantes.
- Pared celular y morfogénesis de levaduras.
- Rutas de transducción de señales en levaduras.
- Biotecnología de levaduras: expresión heteróloga, procesos de fermentación y recuperación de productos.

Este grupo cuenta ya con una tradición de interacción con el sector empresarial, habiendo colaborado también con la multinacional GLAXOWELLCOME S.A., así como mantenido acuerdos por parte de algunos investigadores del departamento con compañías como JANSSEN, LILLY, y PFIZER.

Las colaboraciones de este Departamento de la UCM con la industria farmacéutica se iniciaron hace más de 10 años gracias a la labor del Prof. César Nombela, quien siempre ha tratado de acercar la investigación académica a la resolución de problemas concretos. En algunos casos, personas de responsabilidad en dichas industrias habían sido colaboradores de este departamento o incluso se habían formado en el mismo, por lo que conocían ampliamente las

capacidades de investigación y los conocimientos disponibles en este grupo de investigación, favoreciéndose de este modo el establecimiento de acuerdos para desarrollar de modo cooperativo actividades de I+D. En otros casos el contacto se ha establecido desde las empresas hacia el departamento, dado que el tipo de investigación y la amplia experiencia en biología molecular de hongos del grupo investigador, está muy cercano a la industria farmacéutica con intereses en la búsqueda de nuevos antimicrobianos. Todo ello ha facilitado la comunicación de los investigadores del Departamento con los grupos industriales.

En la experiencia concreta que aquí se describe, la idea de colaborar con SB partió del grupo de investigación en el afán por buscar una industria que explotara comercialmente su sistema de expresión heteróloga, por la vía, quizá, de la ampliación de la patente que el grupo había desarrollado. Se pensó en esta compañía por encontrarse llevando a cabo un programa de *screening* para el que necesitaban obtener proteínas en gran cantidad para realizar sus ensayos. Al dirigirse el grupo a la empresa, coincidió con que esta deseaba desarrollar sistemas de expresión en la especie de levadura *pichia*, por lo que el interés fue recíproco. Aquí cabría resaltar el hecho de que la relación del Departamento con otros centros de investigación de industrias farmacéuticas en España, sobre todo multinacionales, favoreció el que se conocieran sus intereses industriales y, por tanto, fuera posible acceder a una empresa como SB. Ante todo, el grupo de investigación tenía muy clara la propuesta a realizar. Se trataba de transferir una tecnología concreta, unos resultados de investigación que ya habían sido obtenidos y que únicamente se pretendían transferir al ámbito industrial, adecuándolos a los intereses de la empresa, aprovechando así esta vía para establecer una colaboración más estrecha con el grupo de investigación de SB. Tras reuniones con el responsable de investigación en microbiología del Centro de Tres Cantos, se decidió la fórmula PETRI como la más adecuada.

Una vez discutida la propuesta, el grupo de investigación elaboró el proyecto que fue aceptado por SB y se formalizó un convenio entre ambas partes en relación con el desarrollo, la confidencialidad de los resultados, la propiedad intelectual, los derechos de explotación, etc. Por parte del Departamento participaron en la negociación el Prof. César Nombela y la Dra. M^a Molina Martín, investigadora responsable del proyecto, y del lado de la empresa el responsable de investigación en microbiología José M^a Sánchez-Puelles, para la propuesta científica y la gestión empresarial, el Director del Centro Stephen W. Elson y el Gerente de Administración y Recursos en I+D, Carlos Bellver.

Durante el transcurso del proyecto, el grupo de investigación de la UCM desarrolló la mayor parte del trabajo experimental, mientras que la contribución de SB fue tanto la realización de parte de este trabajo, como la utilización de una planta piloto, la discusión de resultados y la aportación de material fungible (genotecas y material de biología molecular). Además, con cargo a dicho proyecto, se contrató a un Doctor, que previamente había disfrutado de una beca en SB.

La comunicación entre las partes fue siempre muy fluida y se llevó a cabo a través de reuniones periódicas y seminarios para conocer el desarrollo del proyecto y discutirlo. Permanentemente se establecieron conversaciones telefónicas o se utilizó el correo electrónico, para el intercambio de información.

En opinión de los participantes, no puede decirse que se presentaran dificultades que fueran más allá de las propias de cualquier proyecto de investigación, incluyendo ciertos cambios en las líneas de interés de la empresa durante el mismo, que llevaron a cambios en las aproximaciones o enfoques utilizados.

Finalmente, se lograron los objetivos previstos y actualmente los resultados están siendo estudiados por la empresa y por otra compañía, dedicada a la comercialización de sistemas de expresión, para evaluar las posibilidades de utilización y/o explotación comercial. También, como resultado del proyecto se presentó una Tesina de Licenciatura y en breve se leerá una Tesis Doctoral con algunos de los resultados que no requieren confidencialidad.

En este caso, la empresa quiso hacer expreso su alto grado de satisfacción con la colaboración. Con esta finalidad, elaboró un informe tras la finalización del proyecto destacando dicha satisfacción, principalmente en cuanto a la concreción del proyecto y la fluida comunicación

entre ambos grupos, que resultó ser un elemento clave para alcanzar los objetivos propuestos. Por su parte, y partiendo de su experiencia colaboradora, el grupo de investigación destaca algunos puntos cruciales en las relaciones con la empresa. En primer lugar, es fundamental la adaptación a sus esquemas de trabajo. De ahí la importancia de la rapidez en la resolución de proyectos con financiación pública, ya que si el período transcurrido desde la propuesta del proyecto hasta la concesión del mismo es largo, como ocurrió en este caso, puede llegar a ser un problema para los intereses empresariales, que generalmente son cambiantes y reclaman resultados rápidos. Un segundo punto clave para la colaboración es la información, ya que es fundamental difundir las posibilidades que ofrecen los grupos académicos, del mismo modo que las empresas deben dar a conocer sus necesidades e intereses.

CASO: UCM Y ANTIBIÓTICOS, S.A.

Entidades participantes en la colaboración:

- ANTIBIÓTICOS, S.A.
- Departamento de Bioquímica y Biología Molecular I de la Facultad de Ciencias Biológicas - UCM

Tipo de relación:

- Desarrollo conjunto de actividades de I+D, a través de Contrato de Investigación

La empresa **ANTIBIÓTICOS, S.A.** y el **Dpto. de Bioquímica y Biología Molecular I de la Facultad de Ciencias Biológicas de la UCM** han venido colaborando en el desarrollo de actividades de I+D a lo largo de más de cinco años. En el caso que aquí se expone, estas dos entidades colaboraron en un proyecto cuyo objetivo era la mejora de la producción de antibióticos sintéticos.

Tratando de hacer una caracterización de cada uno de los participantes, podría decirse que **ANTIBIÓTICOS, S.A.** es una empresa de biotecnología perteneciente al grupo multinacional italiano Montedison, centrada principalmente en la fabricación de principios activos para la industria farmacéutica y productos químicos para la salud y alimentación. La empresa ocupa el primer lugar en el *ranking* mundial en el mercado especializado de las cefalosporinas y el segundo en el campo de las penicilinas. En la actualidad posee tres plantas de producción en Europa, dos de ellas situadas en Italia (Settimo Torinese y Ródano) y una en España (León). Además, posee una factoría en China dedicada a la producción de formas estériles, estando prevista en el año 2000 la finalización de una nueva factoría de fermentación en ese país, así como oficinas comerciales en los cinco continentes.

La factoría de **ANTIBIÓTICOS** en León está dedicada principalmente a la producción de penicilinas y sus derivados, con un emplazamiento de 120.000 m², una capacidad de fermentación instalada de 3000 m³, unos 698 empleados directos y una facturación en el año 1997 de 25.000 millones de Ptas.

Esta planta se encuentra totalmente integrada desde la fermentación, extracción y transformación a los diferentes derivados semisintéticos, está homologada por las principales agencias regulatorias nacionales, europeas e internacionales (FDA), exporta su producción a más de 50 países y cuenta con la acreditación ISO 9001 en todos sus procesos y productos.

Para el desarrollo de sus actividades de I+D, **ANTIBIÓTICOS** cuenta con tres centros de investigación repartidos en sus tres factorías, con aproximadamente 200 personas, de las cuales el 50% son titulados superiores, en todas las áreas desde la microbiología, ingeniería genética y fermentación hasta la química sintética, enzimología, ingeniería y análisis.

En particular, el centro de I+D de León, que cuenta con 85 personas (35 titulados superiores), está dedicado principalmente a la mejora de los procesos de fermentación y síntesis de penicilinas junto al desarrollo de nuevos productos de próxima implantación en la empresa. Sus principales líneas de investigación son actualmente: Mejora de cepas mediante técnicas clásicas, Ingeniería genética de microorganismos productores de b-lactámicos y enzimas, Tecnología de fermentación, Procesos de síntesis enzimática, Ingeniería de proteínas e ingeniería metabólica, Optimización de procesos de síntesis de b-lactámicos y Desarrollo de nuevas fermentaciones en el campo de la Vitaminas (carotenoides).

La empresa **ANTIBIÓTICOS** posee contratos o acuerdos de colaboración con centros de investigación en todo el mundo como por ejemplo el M.I.T. en Boston, la Universidad de León - INBIOTECH, la Universidad de Sevilla, GENETIKA en Rusia, la Universidad de Génova, la Universidad Complutense, el Centro de Investigaciones Biológicas y el Instituto de Catálisis, en el CSIC y la Universidad de Almería, entre otros.

Sector Económico: Biotecnología

El sector biotecnológico de la CM representa aproximadamente el 30% del sector biotecnológico español, con un tamaño aproximado de 30 empresas y más de 2.500 trabajadores, lo que indica una alta concentración geográfica de las empresas y entidades del sector.

Una manifestación de la relevancia de la región de Madrid dentro de este sector, es el hecho de que el número de proyectos concedidos en el Plan Nacional de Biotecnología a la misma supone un 42% del total nacional.

Puede decirse que la CM cuenta con una oferta biotecnológica de calidad, sustentada por excelentes grupos de investigación y numerosas infraestructuras y, sin embargo, esta industria opera básicamente en el mercado nacional, siendo muy moderada su actividad exportadora.

Como rasgo distintivo de este sector, se observa que la cooperación tecnológica entre las empresas del mismo viene siendo muy intensa en los últimos años, a través de alianzas estratégicas que se establecen principalmente por razones tecnológicas y de mercado.

Esta entidad tiene una amplia participación en diversos proyectos europeos como el EUROFUNG (genética de hongos) o el MONET (redes neuronales) y nacionales sobre fermentación, genética de hongos, vitaminas, etc., recibiendo, por tanto, financiación de la UE, los programas de la CICYT, el CDTI o fondos FEDER nacionales y regionales.

Con respecto al grupo de investigación de la UCM, cabría señalar que el mismo pertenece a la Sección Departamental de Bioquímica y Biología Molecular I de la Facultad de Ciencias Biológicas y trabaja, dentro del área de enzimología, en la producción, purificación y caracterización de enzimas implicadas en procesos industriales.

Su experiencia investigadora se remonta a los años setenta, fecha en la cual se inició en diferentes aspectos del metabolismo lipídico, para centrarse a partir de 1985 en la enzimología básica primero, y aplicada después.

Desde el año 1987, este grupo ha mantenido una relación estrecha con el sector empresarial, participando en proyectos de investigación con diferentes empresas, entre las que podemos destacar EXPLOSIVOS RIOTINTO, REPSOL DERIVADOS S.A, y ANTIBIÓTICOS S.A. Como ya se ha dicho, con esta última viene colaborando desde hace más de cinco años en diversos proyectos, tales como: "Producción, estudios cinéticos y estructurales de b-lactam acilasas. Producción y caracterización de D-amino ácido oxidasas", a través de un Proyecto PETRI, e "Hidrólisis de penicilinas naturales por penicilina V acilasa de *Streptomyces lavendulae* en la producción industrial de 6-APA", proyecto concedido por la CICYT en el que la empresa participa como EPO. Por último, han solicitado un proyecto con Fondos FEDER, con el fin de mejorar la producción de 6-APA en la factoría que la empresa tiene en León, que es el caso que nos ocupa.

En este caso concreto de cooperación entre la UCM y ANTIBIÓTICOS S.A., fue la empresa quien tomó la iniciativa, acudiendo al Equipo investigador dirigido por la Dra. D^a Carmen Acebal Sarabia del Dpto. de Bioquímica y Biología Molecular, pues conocía la actividad que desarrollaba el grupo, a través de varios Doctores del Departamento que habían entrado a formar parte de su plantilla. En concreto, la empresa buscaba un grupo de investigación especialista en enzimología, con el cual trabajar en la mejora de la producción de antibióticos semisintéticos.

La negociación se llevó a cabo a través de distintas reuniones entre los investigadores de la empresa relacionados con los puntos a desarrollar, el Director del Departamento de I+D de la misma y las investigadoras a cargo del grupo de investigación de la Universidad. Como resultado de esta negociación, se concretó la relación a través de un Proyecto de Investigación financiado por ANTIBIÓTICOS, a través de un contrato, amparado en el Artículo 11 de la LRU. En este caso, los acuerdos establecidos entre ambos grupos en lo concerniente a la apropiación y confidencialidad de los resultados, que se especificaron en el contrato, suponían la propiedad compartida de los resultados.

Con posterioridad, se fueron firmando de forma continuada varios convenios con duraciones aproximadas de 2 ó 3 años cada uno, que reflejan el alto grado de satisfacción que se obtuvo con la cooperación.

A este éxito ha contribuido el hecho de que la colaboración siempre ha estado marcada por una intensa comunicación entre ambas partes, a través de reuniones periódicas de trabajo y contactos continuos por la vía telefónica, el fax o el correo electrónico.

El resultado final, más tangible, de la colaboración ha sido la mejora de los procesos productivos de la empresa, con la consiguiente repercusión económica futura para la misma. Por el lado más intangible, esta colaboración continuada ha dado como fruto la formación científica de no pocos investigadores dentro de la UCM, lo que ha permitido el desarrollo de diversas Tesinas y Tesis Doctorales.

CASO: UCM Y DANONE, S.A.

Entidades participantes en la colaboración:

- DANONE, S.A.
- Departamento de Nutrición y Bromatología I de la Facultad de Farmacia - UCM

Tipo de relación:

- Desarrollo conjunto de actividades de I+D, a través de Contratos de Investigación

El **Dpto. de Nutrición y Bromatología I de la Facultad de Farmacia de la UCM** colabora con la empresa **DANONE, S.A.** a través del Artículo 11 de la LRU desde 1993, realizando diversos estudios en la esfera de la nutrición. Estos estudios han tenido un alcance considerable al incluir, además de los aspectos meramente nutricionales, otros de carácter inmunológico, sanitario y funcional.

La empresa **DANONE, S.A.** se dedica a la elaboración de productos lácteos frescos, (yoghourt, leches fermentadas, quesos frescos y postres lácteos). Cuenta con un crecimiento constante que queda reflejado en sus datos económicos. En 1997 la empresa facturó 99.263 millones de Ptas., alcanzando en 1998 los 111.067 millones, mientras que el beneficio neto pasó de 8.855 millones de Ptas. en 1997 a 11.350 millones en 1998. En cuanto al gasto en I+D, en 1998 fue de 881 millones de Ptas., 95 millones más que el año anterior, que representa el 7,76% de los beneficios.

Por su parte, el grupo de investigación perteneciente al Dpto. de Nutrición y Bromatología I de la Facultad de Farmacia - UCM, que dirige la Dra. Ana María Requejo Marcos, ha realizado múltiples proyectos de investigación, publicaciones y comunicaciones a congresos, nacionales e internacionales, dirigido Tesis Doctorales y Memorias de Licenciatura y ha obtenido varios

premios. En la trayectoria de su actividad investigadora cuenta con numerosas experiencias de colaboración con el sector empresarial, algunas de las cuales implican a empresas tales como: LILLY, S.A., KELLOGG'S, FRUDESA, ROCHE, MERCK, CAMPOFRÍO, CYANAMID IBÉRICA, S.A. y WHITEHALL, además de la propia DANONE.

Los inicios de la colaboración entre el grupo de investigación de la UCM y DANONE, partieron de una idea del Ayuntamiento de Madrid. Esta entidad, ante la necesidad de aclararle a la población ciertas ideas sobre nutrición infantil, acudió al grupo de la UCM, conocido por su prestigio científico, para abordar una investigación en esta problemática. Posteriormente, se requirió la incorporación de DANONE para que financiara el estudio, y la empresa, interesada también en solucionar este problema, aceptó.

De esta forma, se aborda un primer proyecto de investigación titulado: "Estado nutritivo y hábitos alimentarios de varios colectivos de escolares españoles. Adecuación de la dieta proporcionada en los comedores de los centros a la cobertura de sus necesidades nutricionales" (1993-94), encaminado a analizar los problemas nutricionales de la población infantil para dar pautas de mejora. Después de este primer contacto, la empresa propuso la realización de otros estudios que resultaban de interés:

- "Efectos nutricionales e inmunológicos de la ingesta de yoghurt en sujetos sanos y pacientes con anorexia nerviosa" (1993-96) estudiando la mejora nutricional e inmunológica de sujetos normales y con anorexia nerviosa al suplementar su dieta con yoghurt.
- "Hábitos alimentarios y estado nutricional de diversos colectivos de mayores. Diferencias sanitarias, funcionales y nutricionales en función de su consumo de lácteos" (1994-1995), para profundizar en la problemática nutricional de las personas de edad avanzada.

Sector Económico: Alimentación - Lácteo

En 1995, las empresas del sector alimentación en Madrid suponían el 6% de la producción bruta y el 7% de la ocupación de la industria alimentaria española, un peso relativamente pequeño que se explica por la falta de especialización de la CM en este sector, debido a la escasez de materias primas, lo que la convierte en una región importadora de productos alimentarios. No obstante, su reducido tamaño dentro del total nacional no impide que exista una importante industria alimentaria en Madrid como consecuencia de las peculiaridades de la región y de la ubicación de las oficinas centrales de las empresas alimentarias, que hicieron que en 1995 significara el 10% del empleo industrial y el 11% del valor añadido industrial, en esta región.

Dentro del sector alimentación, el subsector lácteo se caracteriza por una mayor presencia de empresas medianas con elevados niveles de mecanización y por tanto de productividad. En 1995 su peso era de un 10% del VAB de la industria alimenticia regional, y un 6% del empleo. Las grandes empresas de este subsector cuentan con una cobertura de ventas nacional y su principal línea de productos es la leche envasada.

La madurez del mercado en el subsector lácteo, provoca una intensidad competitiva elevada que hace que las empresas diversifiquen en nuevos productos, para lo cual intensifican la realización de actividades de I+D que se centran en la CM principalmente en mejoras de calidad e innovación de productos. En el desarrollo de estas actividades de I+D tiene especial importancia la potenciación de acuerdos con CPIs.

- “Efecto de la suplementación con un lácteo fermentado con *Bifidobacterium bifidum* sobre el tránsito intestinal, estado nutritivo y capacidad funcional de un colectivo de mujeres de edad avanzada” (1997-98) analizando la modificación del tránsito intestinal de ancianos en función de que tomaran yoghurt convencional o con *Bifidobacterium bifidum*.

Para formalizar la relación entre las dos entidades, se estableció un Convenio Universidad-Empresa a través de la OTRI. En este marco, tanto el objeto, como el diseño y el desarrollo de la colaboración fueron muy satisfactorios para ambas partes.

En cuanto a los acuerdos con respecto a la apropiación y confidencialidad de los resultados, aunque la propiedad de los mismos es de la empresa, los investigadores han publicado aquellos que han considerado interesantes, no sin antes ponerlo en conocimiento de la empresa y citándola en los agradecimientos por su patrocinio económico.

Fruto directo de la colaboración ha sido la mejora de determinados productos para su adecuada adaptación a las condiciones del mercado desde un punto de vista nutricional, y una mayor divulgación de aspectos relacionados con la salud.

En opinión de los participantes el trabajo conjunto ha sido muy beneficioso. En el caso del ente público, ha permitido que los nutricionistas del equipo de la UCM dispongan de información de primera mano para la implementación de proyectos. Asimismo, ha contribuido al desarrollo de su capacidad innovadora y a la determinación de públicos con necesidades concretas sobre las que trabajar. Un caso muy claro es el del desayuno en los niños, por ejemplo.

En lo que se refiere a la empresa, su grado de satisfacción ha sido elevado por varios motivos: por su contribución a la consecución de una labor científica dentro del marco de colaboración Universidad-Empresa, por los resultados de interés científico obtenidos para su utilización ética en el negocio y por su contribución a una labor de interés social en el marco de las instituciones.

A pesar de su alto grado de satisfacción, las entidades involucradas en la experiencia que aquí se presenta hacen algunas sugerencias sobre aspectos que consideran mejorables. En particular, consideran que la divulgación de los resultados de los estudios podría ser más amplia, para trascender a toda la población y que esta labor, indudablemente costosa, necesita la colaboración de la Administración y de los Medios de Comunicación.

CASO: UCM, CSN Y ENRESA

Entidades participantes en la colaboración:

- Consejo de Seguridad Nuclear (CSN)
- Empresa Nacional de Residuos Radiactivos, S.A. (ENRESA)
- Departamento de Geofísica y Meteorología de la Facultad de C.C. Físicas - UCM
- Departamento de Geodinámica de la Facultad de C.C. Geológicas - UCM

Tipo de relación:

- Desarrollo conjunto de actividades de I+D, a través de Contratos de Investigación.

Entre 1995 y 1998, los **Departamentos de Geofísica y Meteorología de la Facultad de Ciencias Físicas y de Geodinámica de la Facultad de Ciencias Geológicas de la UCM** desarrollaron un proyecto conjunto de investigación en colaboración con el **Consejo de Seguridad Nuclear y ENRESA**, en torno a la seguridad tanto de instalaciones nucleares, como de almacenamientos de residuos radiactivos.

Para hacer una somera caracterización del conjunto de entidades participantes, puede comenzarse por el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), ente de derecho público, independiente de la Administración Central del Estado, con personalidad jurídica y patrimonio propio, cuyo objetivo fundamental es garantizar la protección de los trabajadores, del público y del medio ambiente frente a los riesgos derivados de las radiaciones ionizantes. Con esta finalidad, la Ley de Creación del CSN (15/1980, de 22 de abril) le asigna, entre otras, funciones relacionadas con el licenciamiento y control de las instalaciones nucleares y radiactivas.

Las prioridades en el desarrollo de estas funciones son asegurar, por una parte, que los explotadores de las instalaciones toman las medidas adecuadas para prevenir accidentes y por otra, que el impacto del funcionamiento normal de las instalaciones sea plenamente aceptable y que, en caso de accidente, existan las medidas adecuadas para limitar sus consecuencias. El desempeño de estas funciones hace necesario disponer de la competencia científica y técnica y los medios adecuados, que permitan un estricto control de la seguridad de las instalaciones, por lo que la propia Ley de creación del CSN, le asigna la función de: *“Establecer planes de investigación en materias de seguridad nuclear y protección radiológica y recabar información sobre el desarrollo de los mismos.”*

Algunas cifras que permiten completar la caracterización del CSN serían que tiene una plantilla de aproximadamente 500 personas y cuenta con un presupuesto anual de unos 4.500 millones de Ptas. Con respecto a las actividades de I+D, podría señalarse que durante 1998 ha invertido 351.468.000 Ptas. en su programa de investigación, correspondiendo aproximadamente el 31% a Protección Radiológica y el resto a Seguridad Nuclear, lo que supone un notable incremento respecto a los 205,5 millones de Ptas. presupuestados en 1996.

Con respecto a la temática de Seguridad Nuclear, es necesario realizar estudios que reduzcan la incertidumbre asociada a la determinación de la peligrosidad y el riesgo sísmico en el diseño de instalaciones, por su gran incidencia en la seguridad de las mismas. Por esta razón, en los últimos años el CSN ha apoyado una línea de investigación encaminada a mejorar el diseño sísmico de las nuevas instalaciones y a reevaluar las existentes mediante: el desarrollo de investigaciones adecuadas para una mejor definición de estructuras asociadas a tectónica reciente, el desarrollo de metodologías de análisis paleosísmicos, la estimación de alternativas para la definición de la compartimentación sismotectónica, y la determinación de los parámetros básicos para estimar la peligrosidad y el riesgo sísmico, elaborando bases de datos.

En esta línea se han desarrollado cuatro proyectos: DAÑOS, DATAción, SEGMENTACIÓN DE FALLAS y SIGMA. Este último es el objeto de atención en la experiencia de colaboración que aquí se describe.

Otro de los entes implicados en el proyecto SIGMA es la empresa pública ENRESA. Esta entidad tiene encomendada la gestión de los residuos radiactivos generados por los procesos industriales, fundamentalmente

Sector Económico: Energético - Nuclear

En España hay siete centrales nucleares que cuentan con un total de nueve reactores. Dentro de las centrales nucleares de agua ligera a presión (PWR), la más antigua es José Cabrera, que comenzó a funcionar en 1968, seguida de Almaraz, Ascó, Vandellós II, y por último Trillo, que fue la última en ponerse en funcionamiento en España, en 1988. En cuanto a las centrales de agua de ebullición (BWR), la más antigua es la de Santa María de Garoña, de 1970, seguida de Cofrentes, de 1984. En 1998 la producción nuclear se situó en 59.002 GWh, un 6,7% por encima de la del año anterior, lo que supuso el 37,15% de la producción bruta total del sistema eléctrico peninsular, dos puntos superior a la del año anterior.

las centrales nucleares, la investigación y los derivados de la actividad sanitaria. Este mandato, que procede de un Real Decreto de creación de ENRESA de 4 de julio de 1984, le faculta para establecer las líneas de actuación necesarias para garantizar soluciones reales, viables, seguras y aceptables para los residuos radiactivos.

ENRESA cuenta actualmente con una plantilla de 293 empleados y un presupuesto anual de 17.000 millones de Ptas., de las cuales se destinan a los presupuestos de I+D una cantidad aproximada de 1.300 millones de Ptas. al año.

Por la parte académica, formaron parte del grupo de investigación que participó en este proyecto, tanto miembros del Departamento de Geofísica y Meteorología de la Facultad de Ciencias Físicas, como del Departamento de Geodinámica de la Facultad de Ciencias Geológicas, de la UCM, bajo la dirección del Dr. D. Miguel Herraiz Sarachaga, perteneciente al primer departamento citado.

El grupo se componía principalmente de físicos, especialistas en sismología y geólogos formados en geodinámica externa y neotectónica. Ambos colectivos (físicos y geólogos) tenían expertos en informática que diseñaron programas para el análisis de datos y la resolución de problemas específicos del proyecto. Prácticamente la totalidad de los componentes tenían una amplia experiencia investigadora, desarrollada en proyectos nacionales e internacionales, además de haber colaborado con empresas o instituciones de diferentes ámbitos, tales como el INTA.

Antes de la realización de este proyecto ya existía experiencia previa de colaboración entre el CSN, ENRESA y la UCM, a través del mismo equipo investigador. En concreto, durante los años 1991-1993, se participó en dos estudios para el CSN: la "Evaluación de la Información obtenida con la red de Vigilancia Sísmica del Centro de Almacenamiento de El Cabril" y la "Evaluación de las acciones sísmicas de diseño aplicables al emplazamiento de la Fábrica de Uranio de Andújar". También se había colaborado con el CSN en materia de asesoramiento para posibles líneas de investigación, conferencias, seminarios, etc. Por otra parte, algunos miembros del equipo investigador colaboraron en el Proyecto "Hidrobap", subvencionado entre ENRESA y el CSN.

En la experiencia concreta que aquí se describe, la colaboración tuvo como objetivo un proyecto de investigación, el Proyecto SIGMA, en el que se conjugaban aspectos teóricos con un contenido práctico de gran interés para las Instituciones contratantes. Este proyecto nació de la necesidad de cubrir el conocimiento preciso del estado de esfuerzos tectónicos actual y reciente (Mioceno Superior) en la Península Ibérica, aportando los datos básicos de mayor importancia para profundizar en la consideración de la peligrosidad sísmica de emplazamientos y poder acotar objetivamente los márgenes de las incertidumbres asociadas. Los resultados del proyecto contribuirían de esta forma, a la mejora de los análisis de la seguridad, tanto en la reevaluación sísmica de todo tipo de instalaciones nucleares, como en los resultados de seguridad de almacenamientos de residuos radiactivos.

La relación se formalizó mediante sendos Contratos realizados al amparo de Convenios Marco de Colaboración existentes con anterioridad y que facilitaron mucho la resolución de los aspectos formales. La negociación correspondiente a estos contratos se llevó directamente entre los investigadores de la UCM y las otras dos instituciones, contando en todo momento con la asesoría, para los aspectos legales y administrativos, de la OTRI de la UCM y de las Asesorías Jurídicas del CSN y ENRESA.

La propiedad intelectual de los datos y resultados quedó en manos del CSN y ENRESA, permaneciendo abiertos los cauces para su uso por parte de los investigadores en artículos, conferencias y publicaciones.

Debido al interés común en el proyecto, tanto por parte del CSN como de ENRESA, el mismo fue cofinanciado por los dos organismos. Con respecto a su duración, esta se limitó a poco más de dos años, ante la necesidad planteada por ENRESA de disponer de los resultados en un plazo muy corto y dadas las previsiones presupuestarias de ambos organismos, teniendo que realizar el equipo investigador un gran esfuerzo para alcanzar los objetivos propuestos.

Por lo que respecta a la organización del proyecto, cabría señalar que el seguimiento del mismo se realizó mediante informes trimestrales, anuales y finales, reuniones periódicas y

presentaciones en Jornadas, organizadas por las Instituciones participantes, acerca de sus actividades de I+D.

En esta experiencia pueden destacarse resultados de muy diversa índole. En primer lugar, como resultados más directos:

- la formación de 6 Bases de Datos con información sísmica, geológica, estructural y bibliográfica;
- la elaboración de dos programas informáticos: uno para el análisis de los datos de poblaciones de fallas (Programa Cratos) y otro para el cálculo de mecanismos focales individuales (Programa MF97);
- el trazado, entre otros, de los Mapas de Esfuerzos Recientes y Actuales, Mecanismos Focales de 156 Seísmos, y Zonificación del Régimen de Esfuerzos;
- la redacción de 10 volúmenes que contenían en soporte de papel y en CD-ROM, los datos y los resultados correspondientes a las diferentes zonas en que fue dividida la Península Ibérica para la realización de un estudio pormenorizado; así como
- un Informe Final conteniendo toda la información utilizada y una síntesis del estado de esfuerzos en toda la Península Ibérica.

En segundo lugar, deben destacarse los resultados de carácter científico o académico. En este caso, se llevó a cabo la presentación de los resultados obtenidos a lo largo del Proyecto en 13 Reuniones y Congresos, 8 de ellos de carácter internacional. Asimismo, se redactó un Volumen Descriptivo del Proyecto, editado por el CSN para su difusión entre los especialistas, así como un artículo para su publicación en una revista internacional especializada (actualmente en proceso de revisión).

Finalmente, como resultados intangibles, cabe destacar la formación de un equipo interdisciplinar que, aunque se disolvió al finalizar el proyecto, contribuyó al intercambio de experiencias y conocimientos, además de la adquisición de nuevas técnicas de trabajo en el campo de la tectónica, que fueron transmitidos al CSN, a ENRESA y a otros grupos de investigación.

CASO: ISOFOTÓN

Entidades participantes:

- Instituto de Energía Solar (IES) - UPM
- Fundación Universidad-Empresa (FUE) de la UPM

Tipo de relación:

- Creación de empresa de base tecnológica (*Spin-Off Académica*): ISOFOTON, S.A.

A continuación se presenta un caso de creación de empresa de base tecnológica, a partir de un resultado de investigación del ámbito académico. En concreto, se trata de la empresa **ISOFOTON, S.A.**, un *spin-off* que, tras pasar por importantes dificultades financieras, ha logrado sobrevivir y mantenerse, ocupando actualmente el primer lugar del mercado español de sistemas de energía solar fotovoltaica. Este es un interesante ejemplo de lo que significará, en no mucho tiempo, el surgimiento de una nueva generación de empresas tecnológicas en el campo energético.

La empresa española ISOFOTON, dedicada a la fabricación y distribución de sistemas solares térmicos y fotovoltaicos, se crea en 1981 a partir de los resultados de una Tesis Doctoral que dirigió el investigador Antonio Luque. Desde su origen, ha centrado su actividad en el campo de la energía solar, siendo pionera en la fabricación de células y módulos fotovoltaicos.

En 1997 ISOFOTON era el segundo fabricante en España de células solares, con una cuota del 40%, y el tercero europeo, con el 10%. En los últimos años ha experimentado un alto crecimiento, pasando de facturar 715 millones de ptas. en 1996 a tener unas ventas previstas de 3.500 millones para 1999, de las cuales el 73% se destinan al mercado de exportación.

En este momento, con una plantilla de 150 trabajadores, cuenta con dos plantas de producción en Málaga, y con más de 30 sucursales y delegaciones, repartidas por todo el mundo.

Desde el comienzo de su actividad, ISOFOTON ha ejecutado multitud de proyectos, tanto a nivel nacional como internacional, existiendo más de 200.000 módulos instalados operativos marca ISOFOTON.

Por su parte, el Instituto de Energía Solar (IES) es un centro integrado en la UPM, dedicado a actividades de I+D en Energía Solar Fotovoltaica. Se creó en 1979 a partir del anterior Laboratorio de Semiconductores (LS), fundado en 1969, y se confirmó como Instituto Universitario en 1993.

Actualmente, con un presupuesto de unos 350 millones de Ptas. y una plantilla de 40 empleados, cuenta con un edificio propio en la Ciudad Universitaria de Madrid, parcialmente alimentado por módulos fotovoltaicos armónicamente integrados.

Mantiene una fuerte colaboración con la industria fotovoltaica u optoelectrónica mundial, especialmente con la española y la europea, aunque también tiene suscritos contratos con dos empresas americanas y una japonesa. Además, lleva a cabo proyectos de investigación, tanto nacionales como europeos, con Universidades y Centros de Investigación.

La mayor parte de la financiación de sus proyectos la obtiene de la Unión Europea, alrededor del 65% y, en menor medida, de programas nacionales o de convocatorias y acciones específicas de otras Instituciones Públicas.

La experiencia investigadora del IES/LS en el tema de células solares bifaciales comienza en 1975 y, será un año después, en 1976, cuando el investigador Antonio Luque inventa y patenta las "células bifaciales", a nivel nacional y americano.

A partir de este estudio, el IES lanza un programa de considerable alcance, el Programa Fronteras de la Ciencia, financiado básicamente por la entonces CAYCIT (hoy CICYT), y por ayuda americana, dirigido al desarrollo de dichas células bifaciales. En un primer momento se usaron tres tecnologías diferentes que dieron lugar a prototipos de distintas

Sector Económico:

Energético – Energía Solar

España, por su privilegiada situación y climatología, se ve particularmente favorecida respecto al resto de los países de Europa en cuanto a energía solar, ya que, sobre cada metro cuadrado de su suelo, inciden al año unos 1.500 KWh de energía.

La energía solar puede aprovecharse directamente, o bien ser convertida, por ejemplo, en electricidad y, entre sus múltiples usos están: la calefacción doméstica, la refrigeración, el calentamiento, la destilación, la generación de energía, la fotosíntesis, los hornos solares, las cocinas, la evaporación, el acondicionamiento de aire, el control de heladas, el secado, etc.

La energía solar entra dentro de la energía de régimen especial, cuya producción en 1998 fue de 27.770 millones de KWh, un 14,2% de la generación total de electricidad en España. De dicha producción, 5.000 millones de KWh (18%) fueron de origen hidroeléctrico, eólico y solar.

Las fuentes renovables (eólica, biomasa, hidráulica y solar) aportan tan sólo el 7,5% de la energía consumida en España, y particularmente, la solar es aún más insignificante.

prestaciones, entre las cuales, finalmente se decidió industrializar una de ellas en función del coste esperado de fabricación y de sus prestaciones.

Para la consecución del objetivo de industrializar la producción de las “células solares bifaciales”, Antonio Luque creyó conveniente crear un *spin-off*, es decir una empresa desde la Universidad, pues, aunque ya se habían desarrollado y ensayado en laboratorio, aún no existía ningún procedimiento industrial para su fabricación. De este modo, y en colaboración con su hermano Alberto, comenzó la búsqueda de posibles accionistas con quienes fundar la empresa ISOFOTON, en la cual finalmente participaron la mayor parte de los miembros del IES, la Fundación General de la UPM (FUE-UPM), una organización pública de capital riesgo perteneciente al INI, y unos quince accionistas malagueños que aportarían la mayoría del capital (40 millones de Ptas.). Una vez creada, ISOFOTON firmó un contrato con el IES para la industrialización de su tecnología.

Las “células solares bifaciales” fueron un rotundo éxito técnico, como demuestra el hecho de que, en aproximadamente dos años, se tuviera en la calle un producto totalmente nuevo con soluciones muy originales. Sin embargo, la evolución del mercado y las ventas no fueron suficientes para lograr los objetivos previstos, y la empresa acabó teniendo pérdidas. De hecho éste fue el destino de la totalidad de las empresas fotovoltaicas mundiales, ya que el mercado mundial en 1981 fue sólo de 4 MWp.

Para sufragar las pérdidas ISOFOTON dio entrada a nuevos socios, de manera que llegó a contar entre su accionariado con BANCAYA, perteneciente al Banco de Vizcaya, ABENGOA, SOPREA, ALCATEL, que desarrolló la capacidad comercial e introdujo nuevos cambios tecnológicos que dieron lugar a nuevos aumentos de la productividad, y más tarde SEVILLANA DE ELECTRICIDAD. Sin embargo, y a pesar de este esfuerzo, la empresa no logró las ventas suficientes como para eliminar los resultados negativos con los que contaba, y esto llevó a las empresas que conformaban el accionariado a desinvertir, dejando a ISOFOTON, S.A. únicamente en manos de SOPREA, que durante varios años la gestionó y apoyó financieramente para poder mantenerla de forma operativa.

En 1997, SOPREA vendió su participación al grupo financiero privado BERGE, el cual ratificó al equipo humano que había gestionado y dirigido el futuro técnico y comercial de ISOFOTON durante la época de SOPREA. Mediante una adecuada gestión y un profundo saneamiento de su situación financiera, logró que la empresa obtuviera beneficios y consiguió un espectacular crecimiento.

Hoy en día, ISOFOTON es una empresa de tamaño intermedio en el sector a nivel mundial, con fuerte presencia internacional y con una elevada actividad en I+D. Por el hecho de haber surgido del sector público de investigación, cuenta con una gran capacidad de interacción con

el mundo de la investigación, tanto público como privado, que queda reflejado en el alto grado de colaboración que mantiene con laboratorios de todo el mundo, especialmente con el IES. En concreto ha participado en varios proyectos europeos, generalmente de coordinador, como son: “Venetian Store”, “PV Mobi”, “Película delgada”, y “Potabilización de agua”.

Para finalizar, debe señalarse que la mayoría de los competidores de ISOFOTON, S.A. son empresas filiales de grandes consorcios, tales como SIEMENS, BP AMOCO, SHELL, KYOCERA, o SANYO, que han estado o están soportando pérdidas durante largos períodos, porque tienen la certeza de que la electricidad fotovoltaica será un componente importante de la cesta eléctrica del siglo XXI, y quieren estar presentes en el sector.

Fundación Universidad-Empresa - FUE

La Fundación Universidad Empresa es creada en 1973 por la Cámara de Comercio e Industria de Madrid, con el fin de actuar como un organismo de interfaz entre la empresa y la universidad.

Actualmente actúa como centro de información y coordinación para las Universidades y Empresas madrileñas que deseen establecer relaciones en áreas tales como la promoción de estudios de postgrado, contratos de investigación, programas de formación de prácticas, y programas europeos entre otros. En lo que respecta a contratos de investigación desarrollados a través del artículo 11 de la LRU, hasta la fecha ha gestionado más de 2.000, por un importe de aproximadamente 13.000 millones de ptas.

El Patronato de la FUE está compuesto por doce representantes empresariales de la Cámara de Comercio e Industria y por los doce rectores de las Universidades Públicas y Privadas de Madrid.

CASO: CEDEX Y ASINEL, S.A., ENERTRÓN, S.A. Y ANTEC, S.A.

Entidades participantes en la colaboración:

- ASINEL, S.A.
- ENERTRON, S.A.
- ANTEC, S.A.
- Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX)

Tipo de relación:

- Desarrollo conjunto de actividades de I+D, a través de Contratos de Investigación

Entre 1994 y 1998 se desarrolló dentro de la empresa **ASINEL, S.A.** el Proyecto AMAS500, con el que se pretendía diseñar y construir el primer sistema SMES (Superconducting Magnet Energy Storage: Almacenamiento de Energía en Bobina Superconductora) desarrollado en España, así como su aplicación en el control de las oscilaciones de la red eléctrica para mejorar la calidad del suministro. Este proyecto, que estuvo patrocinado por IBERDROLA, UNIÓN FENOSA Y RED ELÉCTRICA, contó con la colaboración de un gran número de entidades, entre las que destacan las empresas, **ENERTRÓN, S.A.** y **ANTEC, S.A.** y el centro de investigación **CEDEX**. La relación entre este CPI y algunas de las empresas participantes en el proyecto, constituye la experiencia que se da a conocer con este caso.

La PYME madrileña ASINEL, S.A. es propiedad de la Asociación Española de la Industria Eléctrica (UNESA) y se dedica a la realización de ensayos de material eléctrico, transformadores, torres de alta tensión etc., para lo que cuenta con una plantilla de alrededor de 80 empleados. Para la consecución del proyecto que pretendía llevar a cabo, esto es, la construcción de un sistema SMES, requería de un socio con amplia experiencia en sistemas de electricidad de potencia y en superconductividad, razón por la cual contactó con el CEDEX. Este centro ya había desarrollado en los últimos diez años numerosos trabajos de I+D en áreas relacionadas con la generación y almacenamiento de energía eléctrica, superconductividad aplicada y sistemas de tracción y señalización ferroviaria, colaborando en todos ellos con diversas empresas.

A lo largo de 1993 se fue gestando la colaboración y se delimitaron las tareas a desarrollar por cada una de las instituciones. El CEDEX, además de ocuparse de las cuestiones puramente técnicas, asesoraría a ASINEL en la selección de las empresas que fabricarían los equipos.

Teniendo en consideración que uno de los objetivos principales del proyecto era que el equipo se fabricara íntegramente en España, aunque se establecieron contactos con algunas empresas extranjeras, las empresas finalmente seleccionadas fueron nacionales. Para la fabricación del convertidor electrónico, se eligió a la madrileña ENERTRON, S.A., una PYME dedicada a la construcción de equipos de electrónica de potencia, con 40 empleados y una gran experiencia en la participación en proyectos de I+D, principalmente con las compañías eléctricas. Para la fabricación de la bobina superconductora fue elegida la bilbaína ANTEC, S.A., empresa dedicada a la fabricación de electroimanes y frenos eléctricos, que en los últimos años ha participado en el desarrollo de imanes superconductores para el Centro Europeo de Investigación Nuclear (CERN) sito en Ginebra (Suiza). Ambas empresas ya habían trabajado anteriormente con el CEDEX, principalmente ANTEC, habiendo demostrado sobradamente su capacidad para colaborar en el proyecto. El objetivo concreto del Proyecto era el diseño y construcción de un "Sistema de Almacenamiento de Energía en Bobina Superconductora", constituido básicamente por tres elementos: la bobina superconductora, el criostato que la alberga y el convertidor electrónico que gestiona la transferencia de energía almacenada a la red.

El papel del CEDEX consistió en la simulación y diseño de los convertidores de potencia que transfieren a la red eléctrica la energía almacenada, así como en el diseño de las bobinas superconductoras. Para ello, planteó inicialmente la necesidad de construir un primer

Sector Económico: Energético - Eléctrico

El sector eléctrico español está inmerso en un proceso de liberalización que comenzó con la entrada en vigor el 1 de enero de 1998 de la nueva Ley del Sector Eléctrico, que pretende acotar la actuación del Estado, introducir la competencia entre las empresas, facilitar la libertad de instalación en las actividades de generación y comercialización, así como garantizar el acceso de terceros a las redes.

En 1998 la producción bruta de energía eléctrica en el marco peninsular fue de 158.843 GWh, registrando un crecimiento prácticamente nulo respecto al año anterior (0,9%), que ha dado lugar a una absorción del incremento de la demanda anual a través de mayores importaciones y de más energía adquirida al régimen especial. Desagregando por energías, el Carbón ha seguido siendo la fuente principal de producción de electricidad en España, con un 37,9% del total, seguida de la Nuclear, con el 37,1%. Por su parte, la Hidroeléctrica supuso el 21,4% del total, y el Fuel-Gas el 3,6%.

La demanda bruta peninsular se situó en 1998 en 172.672 GWh, un 6,5% por encima del año anterior, y casi tres puntos por encima del incremento registrado en el año 97 con respecto al 96.

prototipo a escala reducida en el que se probaría la bondad de los diseños realizados antes de abordar la construcción definitiva del equipo. De esta manera, durante el primer año del proyecto, se diseñó y construyó un convertidor electrónico de 50 Kw y una bobina superconductora de 25 KJ de energía almacenada, como primer paso para llegar a los parámetros nominales del equipo definitivo, que eran de una potencia de 0.5 Mw y una energía almacenada de 1 MJ.

El convertidor electrónico diseñado fue previamente simulado por ordenador en el CEDEX mediante el simulador SABERÓ, que constituye una de las herramientas más avanzadas en este campo y que ya había sido utilizado con anterioridad. La topología seleccionada fue la de un CSI (Current Source Inverter), por considerarla la más adecuada para alimentar a una bobina de gran inductancia, como es la bobina superconductora. Los resultados de la simulación fueron muy alentadores, dándose paso al dimensionamiento y construcción del primer prototipo de 50 Kw. Los resultados obtenidos con este primer prototipo fueron excelentes y, además, al compararlos con los previamente simulados, se comprobó una enorme similitud entre ambos. Estos primeros ensayos sirvieron, por tanto, no sólo para comprobar el buen funcionamiento del prototipo, sino también para validar las simulaciones realizadas como una excelente herramienta en el diseño del equipo. De este modo, se tenía una seguridad mucho mayor de que la predicción que se haría mediante las simulaciones del comportamiento del convertidor definitivo de 0.5 Mw resultaría muy cercana al comportamiento final del mismo, aspecto que pudo comprobarse una vez construido el convertidor definitivo.

A partir del diseño y simulación de los convertidores realizados en el CEDEX, la empresa ENERTRÓN construyó los convertidores de potencia de 50 y 500 Kw, siendo la primera vez que se desarrollaban y construían en España. La colaboración entre el CEDEX y esta empresa fue muy fluida y el intercambio de conocimientos muy enriquecedor para ambas partes. Asimismo, presentaron conjuntamente ponencias en Congresos Internacionales relativas a este diseño. Las dos bobinas superconductoras de 25 KJ y 1 MJ fueron diseñadas en el CEDEX a partir de su cálculo mediante métodos de elementos finitos. El Grupo de Superconductividad del CEDEX había trabajado en años anteriores en el diseño de imanes superconductores para el acelerador de partículas LHC del CERN, alcanzando un nivel de conocimientos suficiente como para abordar este Proyecto. A partir de este diseño la empresa ANTEC de Bilbao fabricó dos bobinas superconductoras de 25 KJ y 1 MJ, las primeras realizadas en España de este tipo. El equipo del CEDEX asesoró de forma continua a ANTEC S.A., durante la fabricación de las bobinas, así como en la selección de los componentes (principalmente el hilo superconductor) y las gestiones para su adquisición.

Finalmente, el grupo del CEDEX participó de forma muy activa durante el año 1998 en las pruebas de ambos sistemas en ASINEL S.A., prestando asistencia técnica al personal de la empresa, principalmente en la puesta a punto del convertidor de 0.5 Mw, ya que al tratarse de un equipo tan novedoso fue imprescindible la presencia continua del equipo diseñador en la resolución de los numerosos problemas que se presentaron durante los primeros ensayos.

Actualmente el sistema de SMES está listo para su instalación en un nudo de la red eléctrica para la compensación de las oscilaciones de potencia, y corresponde a los patrocinadores del Proyecto la decisión de prorrogarlo para la instalación en una unidad móvil del sistema SMES, su traslado a un nudo concreto de la red y los ensayos de control de potencia.

En términos generales, la colaboración entre el CEDEX y las tres empresas fue excelente durante todo el desarrollo del proyecto, estableciéndose una estrecha y fluida relación entre todo el personal investigador.

Por otra parte, y debido al alto grado de innovación del proyecto, el nivel de formación adquirido por los participantes de todos los

Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas —CEDEX—

El CEDEX es un organismo autónomo adscrito orgánicamente al Ministerio de Fomento y funcionalmente a los Ministerios de Fomento y de Medio Ambiente, que fue creado en 1957.

Sus Centros y Laboratorios proporcionan asistencia técnica de alto nivel, investigación aplicada y desarrollo tecnológico en las tareas propias del sector de la ingeniería civil: puertos y costas; hidráulica de aguas continentales; carreteras, estructuras y materiales; geotecnia; técnicas aplicadas a la ingeniería civil; medio ambiente; y estudios históricos de las obras públicas.

Para ello dedican aproximadamente el 70% de sus recursos a la asistencia técnica y el 30% restante a investigación aplicada y desarrollo, actividades de transferencia de tecnología y otras actuaciones de información técnica y científica.

El CEDEX tiene una importante presencia en el panorama científico-técnico nacional e internacional, destacando su trabajo para diversas administraciones, instituciones públicas y empresas privadas.

organismos implicados ha sido muy satisfactorio, permitiéndole a las tres empresas mejorar notablemente su capacidad innovadora. En particular, ANTEC participa actualmente de forma activa en la construcción de imanes superconductores para el CERN, habiendo firmado recientemente un importante contrato para la fabricación de los mismos.

El estrecho vínculo existente entre las entidades participantes también se pone de manifiesto en la realización de numerosas presentaciones conjuntas en Congresos de reconocido prestigio, que han contribuido a dar una imagen muy positiva de la capacidad tecnológica que tiene España en esta área. Entre los artículos y ponencias presentadas a Congresos Internacionales, en los cuales han participado personal del CEDEX y de las empresas antes citadas, se pueden resaltar los siguientes:

1. "Comparative Study and Simulation of Optimal Converter Topologies for SMES Systems". Iglesias, I. J., Acero, J., Bautista, A.
IEEE Transactions on Applied Superconductivity, Vol.5, Nº 2 June 1997. (pp. 254-257)
2. "Comparative Study between six and twelve pulse current converters for SMES systems". Iglesias, I. J., Acero, J., Bautista, A., Visiers, M.
Proceedings of the 6th European Conference on Power Electronics and Applications EPE'95, Sept 1995, Vol. 2 (pp. 552-557)
3. "Experimental results of a SMES fed by a current source inverter". Iglesias, I. J., Bautista, A., Visiers, M.
IEEE Transactions on Applied Superconductivity, Vol.7, Nº 2 June 1995. (pp. 861-864)
4. "Modulation and Control of Current Source Converters for High Dynamic Performance of Induction Motors" I. Iglesias, H. Zelaya de la Parra, O. González, J.M. Solana & J. Tamarit.
Proceedings of the 7th European Conference on Power Electronics and Applications. Sept 1997. Vol 3 (pp. 3.756-3.761)
5. "Desing, manufacturing and cold test of a Superconducting Coil and its Cryostat for SMES Applications". L. García-Tabarés, *et al.*
IEEE Transactions on Applied Superconductivity, Vol 7 No 2, June 1997 (pp. 853-856)

CASO: CSIC Y TALGO, S.A.

Entidades participantes en la colaboración:

- Patentes TALGO, S.A.
- Instituto de Automática Industrial (IAI) - CSIC

Tipo de relación:

- Desarrollo conjunto de actividades de I+D, a través de Contratos de Investigación

La empresa española **Patentes TALGO, S.A.** contrató en 1995 los servicios del **Instituto de Automática Industrial (IAI) del CSIC**, para el desarrollo conjunto de un proyecto de investigación encaminado a la mejora de los sistemas de control de las rodaduras de los vehículos ferroviarios. El proyecto, denominado "SIGMA" (Sistema de Inspección de Grietas en ruedas de trenes en Marcha lenta), dio lugar a una patente conjunta, cuyos derechos de explotación comercial pertenecen a la empresa TALGO. El equipo resultante ya se encuentra en fase de explotación y ha supuesto un importante paso adelante en la localización de defectos en las bandas de rodadura de las ruedas de los vehículos ferroviarios, con el consiguiente aumento de su seguridad y confort.

Patentes TALGO, S.A. nace en 1942 con el objetivo de aportar nuevas soluciones para el diseño y la operación comercial de los vehículos ferroviarios. Actualmente es una empresa de ingeniería empeñada en la innovación, que opera sobre todas las fases del producto ferroviario y, en concreto en el diseño, fabricación y mantenimiento, de la amplia gama de trenes y vehículos TALGO, así como de los ejes TALGO con sistema automático de cambio de la distancia entre ruedas para vagones de mercancías. Adicionalmente, realiza una actividad semejante en el

desarrollo y comercialización de equipos de taller de diseño avanzado, para el control y el mantenimiento de las rodaduras de los vehículos ferroviarios.

Las líneas prioritarias de la actividad de TALGO se centran en la mejora de los productos mediante la realización de todas las fases de su ciclo tecnológico, la optimización de los niveles de seguridad, confort y fiabilidad para los viajeros, la búsqueda de soluciones eficaces, sencillas y económicamente rentables para la operación ferroviaria, y la aplicación de técnicas avanzadas de mantenimiento preventivo propias del sector aeronáutico.

A 31 de diciembre de 1996, el número de viajeros transportados por los trenes TALGO en todo el mundo ascendía a los 80 millones, de los cuales más de 9 correspondían a trayectos internacionales.

La facturación de 1998 fue de 15.200 millones de Ptas. obteniéndose un beneficio bruto de 800 millones, cifra a la que contribuyó la exportación del 65% de las ventas. En la actualidad la empresa cuenta con unos 950 trabajadores.

Su perfil innovador le permite mantenerse a la cabeza de la tecnología ferroviaria, gracias al alto porcentaje de sus ingresos invertidos en actividades de I+D, que en 1998 supuso el 12,8%, y que este año se prevé que se sitúe en el 18%. En este campo mantiene frecuentes colaboraciones con otras empresas y OPIs, entre los que se encuentra el CSIC, con quien ha desarrollado distintos proyectos.

En concreto, para el Proyecto SIGMA que nos ocupa en este caso, TALGO colaboró con el IAI del CSIC, que es un Instituto orientado a la obtención de nuevas tecnologías en el campo de la automatización de procesos y sistemas avanzados. El IAI se encuentra notablemente implicado en la difusión de conocimientos mediante acciones de intercambio, formación, asesoramiento y estimulación, además de colaborar asiduamente con empresas, a través de proyectos competitivos que buscan la resolución de un problema concreto, o bien a través de proyectos de innovación industrial, que son proyectos a corto plazo cuyo objetivo es la obtención o mejora de un producto o proceso.

Sector Económico: Transporte y Comunicaciones

El sector transporte y comunicaciones tiene mucha relevancia en la CM, principalmente por la interrelación que mantiene con el resto de sectores, y porque aporta el 7,4% del total del VAB regional. Dentro de este sector, el subsector transportes supone el 64% de la producción total.

En cuanto al empleo generado por el sector, la aportación del mismo es de 160.000 empleos aproximadamente, equivalente al 9% de la población ocupada regional. Por subsectores, destaca el transporte terrestre con 85.000 empleos, actividades anexas al transporte con 21.000 y transporte aéreo 17.000 empleos. Además entre 1985 y 1997 el ritmo de creación de empleo del sector se ha situado en el 40%, lo que supone un 6% por encima del crecimiento medio del empleo regional.

Dentro del subsector transportes, prácticamente las únicas empresas que desarrollan tecnología propia son las ferroviarias, entre las que destaca TALGO, cuyo producto de alta tecnología ha sido comercializado en EE.UU. y Alemania, y su tecnología ha sido licenciada en Japón.

En 1997 el volumen de viajeros en los ferrocarriles españoles (RENFE Y FEVE) fue de 497.939, de los cuales, un 79,2% viajó con RENFE. El número de viajeros por Km fue de 17.852, correspondiéndole a RENFE el 92,7%. En cuanto al tráfico de mercancías, el volumen se situó este año en 28.993.000 toneladas, de las cuales RENFE transportó un total de 25.399.

Con relación a la accidentalidad en el transporte ferroviario, hay que destacar que el número de accidentes entre 1992 y 1997 se redujo en más de 50, y la tendencia continúa a la baja.

En el momento en que se gesta la colaboración, IAI-TALGO, esta empresa ya había desarrollado y comercializado equipos para el control y el mantenimiento de las rodaduras ferroviarias, tales como los *“Equipos para la medida dinámica de los parámetros de las rodaduras”*, los *“Tornos de foso”*, etc., y se plantea entonces la necesidad de desarrollar un nuevo equipo para la detección dinámica de defectos superficiales y fisuras en las ruedas de los vehículos. Siendo conocedora de las líneas de investigación del IAI y de su potencial para apoyar técnicamente un proyecto de estas características, acordaron trabajar conjuntamente en el desarrollo del mismo.

La colaboración se formalizó mediante la redacción de un contrato de investigación por parte de representantes del Instituto y miembros de las Direcciones Técnica y Administrativa de TALGO, en el que se fijaron los términos y el alcance de la misma. Se estableció un plan de trabajo con la distribución de tareas, responsabilidades y plazos para cada uno de los actores y, por su parte, los investigadores de ambas instituciones configuraron las especificaciones del desarrollo del proyecto.

El IAI se responsabilizó del desarrollo y puesta a punto del dispositivo electrónico y de las técnicas de procesamiento y comunicación de los resultados de las inspecciones, mientras que TALGO aportó la iniciativa del desarrollo, su experiencia y conocimientos técnicos para el desarrollo de equipos para el ferrocarril, la implantación práctica de los equipos en la vía, los sistemas de acondicionamiento y la gestión informática de los resultados para la realización de las operaciones de mantenimiento.

La ubicación de ambas instituciones en la CM facilitó en todo momento la relación laboral y personal entre las partes, al permitir el contacto permanente de los investigadores durante todas las fases del desarrollo del proyecto.

Esta colaboración finalmente se materializó en el equipo denominado *“DSR”*, que ha sido patentado conjuntamente por TALGO y el IAI, con la cesión en exclusiva a TALGO de los derechos de explotación comercial en el campo de la detección de defectos superficiales en las ruedas de los vehículos ferroviarios, y con el compromiso por parte del IAI de no realizar publicación alguna sin su consentimiento expreso.

Consejo Superior de Investigaciones Científicas —CSIC—

El CSIC es un organismo público de investigación, autónomo, de carácter multisectorial y multidisciplinar, adscrito al Ministerio de Educación y Cultura, con personalidad jurídica y patrimonio propio.

Está implantado en todo el territorio nacional y colabora con los distintos niveles de las administraciones (estatal, autonómica y local), con las instituciones de investigación (universidades, organismos públicos y privados de investigación) y con los agentes sociales y económicos, nacionales o extranjeros, en el desarrollo de proyectos de investigación.

El CSIC es uno de los CPIs más relevantes de la CM, con una concentración de más de un tercio de los recursos humanos dedicados a la I+D en la región, distribuidos en más de 40 centros e institutos.

Entre 1988 y 1995 llevó a cabo 581 Proyectos de Investigación del Plan Nacional de I+D, por un valor de 7.141,6 millones de Ptas., lo que supuso el 63% de los fondos percibidos por la Comunidad en este concepto y realizó 56 Proyectos Tecnológicos del CDTI por un importe de 463 millones de Ptas., representando el 16,4% del total de fondos. Asimismo, entre 1988 y 1996 los centros del CSIC localizados en Madrid realizaron 2.154 contratos con empresas por valor de 10.505,4 millones de Ptas.

El equipo se ha integrado perfectamente dentro de las necesidades de dotación de los talleres de mantenimiento ferroviario, así como del equipamiento de los sistemas de control de rodaduras que comercializa la empresa, y ya son varios los que se van a instalar próximamente, destacando entre ellos el que se montará en los talleres de Atocha - RENFE, que controlará las ruedas de los trenes de Alta Velocidad de la línea Madrid-Valencia.

Con el desarrollo del nuevo equipo se ha logrado un importante adelanto en lo que respecta a la prevención de degradaciones en las ruedas de los vehículos, ya que el tipo de análisis que realiza resulta muy laborioso de ejecutar con los métodos tradicionales y no suele estar incluido en las rutinas clásicas del mantenimiento. Hay que recordar que esta cuestión fue muy debatida tras el accidente ocurrido en Alemania a un tren ICE de Alta Velocidad en Junio de 1998, ya que algunas versiones apuntan a que la causa original del mismo podría haber estado en un defecto de una rueda.

El proyecto ha sido financiado en su totalidad por TALGO, quien también se encarga de la promoción internacional del equipo, así como de los costes derivados de la misma. Por su parte el CSIC lleva a cabo el control tecnológico del sistema.

El balance final de la colaboración ha sido muy positivo para ambas partes, tanto por el desarrollo técnico obtenido, cuyo interés se extiende al sector ferroviario mundial, como por la estrecha relación que se ha establecido entre los investigadores, siendo de destacar que los problemas técnicos que han surgido a lo largo del desarrollo han sido mínimos y se han resuelto de manera satisfactoria.

Una empresa como TALGO, que apuesta constantemente por la innovación dentro del desarrollo del ciclo tecnológico integral de sus productos, en el que se incluye el mantenimiento preventivo de los trenes para conseguir un mayor confort, seguridad y fiabilidad para los viajeros, ha de contar con equipos y sistemas avanzados con los que presentar ofertas competitivas, y la mejor forma de conseguirlo es colaborar con instituciones como el CSIC, que cuentan con muchos años de experiencia en investigación.

CASOS: UPM

La participación de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) en esta publicación va a estar dirigida a exponer dos experiencias derivadas directamente de las actividades que la OTRI tiene encomendadas, en lo que se refiere a la colaboración de esta Universidad con el sector empresarial.

Para caracterizar de modo general la colaboración de la UPM con empresas, baste decir que durante 1998 se registraron en la Oficina de Recursos Externos de esta Universidad unos 185 contratos realizados directamente con empresas, tanto nacionales como extranjeras, (sin considerar los realizados con empresas a través del IV Programa Marco de la UE), que alcanzaron un volumen de contratación de aproximadamente 500 millones de Ptas. Esta gran diversidad ha hecho que no resulte fácil la elección de unos casos representativos para ejemplificar la actividad de la institución en este libro.

En términos generales, las colaboraciones antes descritas se distinguen por tener un valor medio de la contratación de unos 2,7 millones de Ptas., lo que indica que se trata de contratos de pequeña duración y, por tanto, de bajo riesgo tecnológico, y por tratarse en casi el 45% de los casos de asesorías y prestación de servicios técnicos, con poca o ninguna actividad en I+D. En suma, estos datos dejan entrever que las empresas en general son bastante reticentes a involucrarse en proyectos de alto contenido tecnológico, lo que obliga a las Universidades y, en este caso particular, a la OTRI de la UPM, a llevar a cabo una intensa actividad en torno a la transferencia de tecnologías en ella desarrolladas, hacia el sector productivo.

A continuación se pasan a describir dos casos de colaboración de la UPM con distintas empresas. En el primer caso, se trata de un ejemplo de los resultados obtenidos en esta Universidad en la implementación del Programa de Comercialización de Tecnologías de la CM,

específicamente la transferencia en el campo de las Tecnologías Avanzadas de la Producción y Materiales. En el segundo caso, se trata de una transferencia de tecnología a partir de la concesión de una licencia de patente, en el ámbito medioambiental, para su explotación nacional e internacional.

Transferencia Tecnológica en la UPM

La UPM ha lanzado desde su OTRI distintas actividades tendentes a conseguir un mayor acercamiento entre la Universidad y la empresa, fundamentadas en la difusión de las capacidades de sus grupos de investigación. Esta difusión de actividades tecnológicas, recursos y servicios técnicos puestos al servicio del sector productivo, puede hacerse de dos formas distintas: como una difusión orientada por la oferta, que es la más usual, u orientada a la demanda, la cual, aunque es más importante desde el punto de vista industrial, resulta más complicada de poner en práctica, al requerir recursos humanos especializados que, fundamentalmente, sepan explotar y detectar la demanda y los mercados a ajustar con la oferta universitaria y, por qué no, orientar la oferta hacia ella.

En definitiva se han puesto en práctica las siguientes líneas de trabajo:

1. Actividades de comercialización tecnológica, tanto desde la oferta como desde la demanda, desarrolladas en base a los siguientes objetivos: valorar las tecnologías producidas en los laboratorios, tanto desde el punto de vista técnico como del mercado, y realizar marketing tecnológico orientado al sector concreto de interés.
2. Programas de protección de resultados generados en los laboratorios, tanto desde el punto de vista industrial, como del registro de la propiedad intelectual, cuyos objetivos se centran en motivar a profesores e investigadores en esta temática, y fomentar la transferencia de resultados bajo licencia al sector productivo. Además, dado el proceso de globalización de los mercados, se ha puesto un énfasis especial en la protección internacional.

CASO: LA COMERCIALIZACIÓN DE TECNOLOGÍAS EN LA UPM

El Proyecto de Comercialización de Tecnologías promovido por la CM comenzó en 1998 y ha continuado a lo largo de 1999. Su objetivo es introducir en el mercado tecnologías desarrolladas por grupos de investigación de los CPIs. En el caso de la UPM, se ha trabajado en una primera fase en las áreas de Biotecnología, Tecnologías Avanzadas de la Producción y Materiales. Desde el punto de vista metodológico, este programa se ha basado en las siguientes actuaciones, coordinadas por la OTRI de esta Universidad:

- Jornadas de presentación del proyecto a los investigadores que trabajan en estas áreas.
- Entrevistas personales con los investigadores que manifestaron interés en participar en el proyecto, al objeto de conocer en profundidad los trabajos que realizan.
- Clasificación de las tecnologías de acuerdo con su potencial de comercialización a corto plazo, según una metodología preestablecida.
- Elaboración de fichas comerciales de las tecnologías comercializables para presentarlas a las empresas.
- Búsqueda de empresas potencialmente interesadas en dichas tecnologías.
- Envío de las fichas comerciales a las empresas identificadas.

Los resultados preliminares de este proyecto en la UPM, han sido los siguientes:

- En las áreas de Tecnologías Avanzadas de la Producción y Materiales: 23 entrevistas realizadas, 37 tecnologías identificadas y 9 tecnologías clasificadas como comercializables a corto plazo.
- En al área de Biotecnología: 6 entrevistas realizadas, 8 tecnologías identificadas y 2 tecnologías clasificadas como comercializables a corto plazo.

En este marco, y a modo de ejemplo, se describe el caso de comercialización, perteneciente al área de Tecnologías de la Producción y Materiales y que tiene su origen en el Grupo de Dispositivos Magnéticos del Departamento de Física Aplicada a las Tecnologías de la Información de la ETSI Telecomunicación.

Entidades participantes en la colaboración:

- ELECTRÓNICA APLICADA SANZ, S.A. (ELAPSA)
- Departamento de Física Aplicada a las Tecnologías de la Información de la ETSI Telecomunicación - UPM
- **Tipo de relación:**
- Programa de Comercialización de Tecnologías de la CM

El grupo de la UPM posee una larga tradición investigadora en el campo de los sensores, habiendo estudiado y desarrollado una larga variedad de sensores magnéticos. La tecnología que se incorporó a este proyecto de comercialización fue la de un sensor magnetométrico para control de tráfico de aeronaves en pista.

Los sensores magnetométricos son dispositivos capaces de detectar campos magnéticos muy débiles, como los creados por objetos con partes ferromagnéticas en movimiento. Esta cualidad les permite ser utilizados para controlar el movimiento rodado de cualquier tipo de vehículo, siendo posible, además, su clasificación y una medida estimada de su velocidad y dirección.

En la actualidad existe un prototipo totalmente desarrollado de sensor magnetométrico que incorpora un sistema de autocalibración y compensación del campo magnético terrestre y que ha sido probado en los aeropuertos de Santiago de Compostela y de Madrid (Barajas). El dispositivo admite órdenes como puesta a cero, autocalibrado, etc. y genera señales de nivel, tanto analógicas como digitales, que, en su uso para control de tráfico de aviones en tierra, permiten, tras su adecuado tratamiento, determinar el tipo de avión detectado. Igualmente, es

Sector Económico:

Transporte marítimo de mercancías

El tráfico total portuario de mercancías, ascendía en 1998 a 301.817.242 Tm, un 3,97% más que el año anterior. Esta cifra incluía el transporte marítimo de cabotaje, el transporte marítimo exterior, la pesca fresca, y los productos petrolíferos, entre otros. En cuanto a estos últimos, el tráfico portuario se situó en 5.085.043 Tm, un 3,39% por encima de 1997.

capaz de captar campos débiles de frecuencias específicas, lo que posibilita la codificación para diferenciar el paso, por ejemplo, de vehículos autorizados o no autorizados. Su diseño permite la conexión en red para control de aparcamientos y tráfico rodado, siendo su tamaño muy reducido (como un paquete de cigarrillos), lo que facilita su instalación y/o sustitución en caso necesario.

Encontrándose la tecnología del sensor magnetométrico en este estado de desarrollo, como parte de las actuaciones del programa de comercialización, la ficha comercial del mismo fue enviada a un cierto número de empresas. Varias mostraron interés en contactar con el grupo, pero fue la empresa ELAPSA la que mejor valoró, en función de sus líneas de negocio, las posibilidades de comercialización del "sensor magnético de medida de densidades en líquidos" desarrollado por el grupo de investigación, a partir del sensor magnetométrico.

Según previsiones de la propuesta de ELAPSA, el sensor se utilizará en depósitos de carga de barcos de transporte, tanto petroleros como de sustancias químicas, y se instalará en la tubería de carga/descarga de los mismos. Por esta razón deberá modificarse su diseño ya que actualmente está adaptado para sumergirse en el fluido.

El grupo de investigación de la Universidad se ha comprometido a desarrollar un prototipo con las características de rango de medida, precisión, etc. solicitado por ELAPSA antes de junio de 1999, y la empresa va a ser la que se encargue de su comercialización.

Como fruto de la práctica de comercialización, la empresa y el grupo de investigación están estudiando, tanto comercialmente como técnicamente, otras aplicaciones como un sensor de medida de interfases entre dos líquidos.

Como resumen final del programa de Comercialización de Tecnologías se puede afirmar que tanto la OTRI como los investigadores participantes han aprendido a orientar sus resultados al mercado. Esto no significa, sin embargo, que el camino hasta la explotación comercial de los resultados no presente escollos, específicamente a la hora de acometer la fase final de la comercialización. Es en el *marketing* de las tecnologías cuando surgen los principales inconvenientes, debido quizá a la falta de experiencia comercial y la ausencia de personal para llevar a cabo la tarea dentro de las instituciones académicas.

CASO: LA TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA BAJO LICENCIA EN LA UPM

Entidades participantes en la colaboración:

- Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea (AENA)
- MACROFITAS, S.L.
- Departamento de Producción Vegetal de la E.T.S.I. Agrónomos - UPM

Tipo de relación:

- Transferencia de tecnología bajo licencia de patente

El **Departamento de Producción Vegetal de la E.T.S.I. Agrónomos de la UPM** desarrolló un proyecto de investigación consistente en un "Procedimiento de depuración de aguas residuales y vertidos contaminantes". Este proyecto dio lugar a una patente que ha sido licenciada a **AENA** para su explotación en España y a la empresa **MACROFITAS S.L.**, en el ámbito internacional.

Los datos correspondientes a la patente licenciada en el caso que nos ocupa son:

- **TÍTULO DE LA PATENTE P9700706:**

Procedimiento de depuración de aguas residuales y vertidos contaminantes en base a cultivos de macrofitas emergentes convertidas en flotantes.

- **Titularidad:** UPM

- **Fecha solicitud en España:** 4/4/97

- **Fecha concesión en España:** 19/1/99

- **Fecha solicitud PCT:** 2/4/98

- **Inventor:** Jesús Fernández González, Dpto. Producción Vegetal: Botánica y protección vegetal, ETSI Agrónomos.

Las empresas interesadas en la patente son, por una parte AENA, y MACROFITAS S.L., una PYME creada en enero de 1999 con el objeto de explotar la patente a nivel internacional.

Sector Económico: Medio Ambiente

Las principales actividades características del sector medioambiental son: la protección del medio ambiente atmosférico y el clima, la gestión de los recursos y el tratamiento de las aguas dulces, la gestión de las aguas residuales, la gestión de los residuos, la protección del suelo y aguas subterráneas, la protección de la biodiversidad y el paisaje, y la reducción de ruidos y vibraciones.

En las actividades de gestión de aguas, protección de biodiversidad y residuos, se concentran cerca del 88% de las inversiones del sector, lo que significa que es en estas áreas donde se producen más innovaciones.

La faceta de innovación tecnológica del sector de medio ambiente en la CM es pequeña debido, entre otros factores, a que la industria de la región no presenta graves problemas globales de contaminación y a que el reducido tamaño de la Comunidad facilita la ordenación de los recursos. Ante estos factores, Madrid cuenta con una situación de adelanto respecto a otras comunidades en cuanto a protección medio ambiental.

Centrándonos en las aguas residuales urbanas, en 1994 la carga contaminante total nacional estimada ascendía a 85 millones de habitantes equivalentes, de los cuales un 45% correspondía a población de hecho, un 14% a población estacional, y un 41% a contaminación industrial y ganadera. La distribución de la carga contaminante en la CM alcanzó un valor del 14,4% del total nacional.

Con respecto al Grupo de investigación del Departamento de Producción Vegetal de la E.T.S.I. Agrónomos, liderado por el Prof. Fernández, cabe destacar entre sus líneas de investigación, la depuración biológica de aguas residuales; la producción de biomasa como alternativa energética y los cultivos alternativos no alimentarios. En estas áreas de investigación, el grupo tiene experiencia de colaboración con varias empresas, entre las que se cuenta AENA. Con esta última y algunas PYMEs suministradoras de la misma, ha venido colaborando en temas relacionados con la calidad de aguas residuales a través de plantas.

De ahí que AENA, conocedora, a través de contactos con el profesor responsable del proyecto, de las actividades de este grupo y de su patente P9700706, le propusiera realizar un proyecto consistente en la aplicación del sistema FMF (desarrollado previamente por el grupo de la UPM) a la depuración de aguas residuales del Aeropuerto Madrid-Barajas mediante la instalación de una planta piloto.

La colaboración se materializó en un contrato con fecha de mayo de 1997, en el que la empresa se comprometía a subvencionar un prototipo, y en el caso de que el proyecto concluyera con éxito, se le concedería a AENA una licencia de uso del sistema sin coste adicional en los aeropuertos nacionales, además de prioridad para extender la patente a otros países, corriendo la empresa con los costes de ello. La duración de la licencia era la de vigencia de la patente.

Antes de la finalización del plazo para extender la protección internacional de la patente (12 meses desde la solicitud en España), un grupo de empresarios constituyó la empresa MACROFITAS, S.L., con la finalidad de explotar comercialmente la patente a nivel internacional, fuera del ámbito de los aeropuertos españoles que quedaba reservado a AENA. MACROFITAS propuso hacerse cargo de los costes de protección

internacional de la patente a cambio de poder comercializarla en los países en los que eligiera extender la protección y, además, compensar a la UPM con una regalía en función de los beneficios por ventas.

Esta propuesta finalmente se reguló a través de un contrato de licencia de explotación en exclusiva por un período de seis años renovables, en el que se indicaban los compromisos de cada parte y se hacía una estimación de los costes de la patente y los beneficios por ventas esperados durante la vigencia del contrato. La patente se extendió a través de un PCT a EE.UU. y a los países sujetos al convenio de Patente Europea.

Las dificultades más importantes en la elaboración del acuerdo, se presentaron en la preparación del contrato de explotación, que no estuvo exenta de puntos de discusión a la hora de estimar los costes de la patente, la valoración de la demanda del mercado y el acuerdo de la regalía.

En esta experiencia debe destacarse que la extensión de la patente vía PCT y Patente Europea se hizo de manera directa, sin un agente intermediario hasta el inicio de la fase nacional en cada país, lo que redujo enormemente los costes. Los participantes sugieren la factibilidad de esta práctica, pues dado el caso de que se necesitara algún tipo de asesoramiento, se puede recurrir a los examinadores de la Oficina Española de Patentes y Marcas (OEPM) o a cualquiera de sus delegaciones.

Otro aspecto relevante, que el caso ha permitido poner de manifiesto, es el interés que tiene el examen detenido del resultado del Informe de Búsqueda o Informe sobre el Estado de la Técnica, que emite la OEPM, cuando se trata de buscar acuerdos de licencia de patentes. Si este informe es muy negativo, pueden ocurrir dos cosas: que la patente carezca de novedad o que el examinador haya interpretado erróneamente el objeto de la invención, en cuyo caso habría que justificarlo y continuar con los trámites de protección. En el caso de que la patente carezca de novedad, se debe renunciar a su concesión.

Los resultados tangibles de la colaboración han sido las contraprestaciones y regalías conforme a los contratos suscritos, además de un éxito total para AENA en la demostración de la planta piloto, con resultados mejores de los esperados. Asimismo, se ha podido implantar un sistema de depuración de aguas muy rentable.

En todo momento ha habido una excelente comunicación entre investigador-OTRI-empresa, que ha generado confianza y ha favorecido la posibilidad de futuras colaboraciones. De esta forma se ha creado un nexo entre la entidad pública de investigación y AENA, que ya está emprendiendo nuevas actuaciones de cara a mejorar el sistema y a la búsqueda de nuevas aplicaciones

CASO: UNED E INGECIBER, S.A.

Entidades participantes en la colaboración:

- INGECIBER, S.A.
- Departamento de Ingeniería de Construcción y Fabricación de la E.T.S. de Ingenieros Industriales - UNED

Tipo de relación:

- Formación
- Proyectos de I+D
- Prácticas de estudiantes en la empresa

La empresa **INGECIBER, S.A.**, y el **Departamento de Ingeniería de Construcción y Fabricación de la E.T.S. de Ingenieros Industriales de la UNED** mantienen una estrecha colaboración

desde 1989 en formación, proyectos de I+D, prácticas de estudiantes y estudios de Doctorado, basada en una interacción muy directa entre los investigadores de ambas instituciones.

Los antecedentes de esta relación se remontan a los años setenta, fecha en la que el Director General de INGECIBER, Miguel A. Moreno, y el profesor de "Análisis de Estructuras y Métodos Numéricos" de la E.T.S.I. Industrial - UNED, Juan José Benito, trabajaron juntos en la empresa INITEC y, en concreto, en el Proyecto de la Central Nuclear de Valdehills II. A partir de ese momento, se estableció entre ellos una estrecha relación tanto a nivel profesional como personal, que perduró aún después de que M.A. Moreno causara baja en la empresa en 1986 y fundara INGECIBER, junto a otros compañeros.

INGECIBER S.A. es una PYME española creada en 1986, con el objetivo de aplicar las tecnologías emergentes en el momento, denominadas Ingeniería Asistida por Ordenador. Cuenta con 18 empleados y en los últimos años ha tenido un crecimiento de un 20%, con una facturación en 1998 de 300 millones de Ptas.

Las actividades fundamentales que realiza son la distribución y soporte técnico del programa de Elementos Finitos - ANSYS, la formación y los servicios de ingeniería. Por su parte, J. J. Benito comenzó su actividad en la Universidad como Profesor Encargado de Curso, a dedicación parcial, en el año 1982 y, en 1987, por aplicación de la Ley de Incompatibilidades, tuvo que solicitar la excedencia en INITEC para entrar en régimen de dedicación completa en la E.T.S.I Industrial de la UNED, como Profesor Titular Interino.

La UNED utiliza la radio como uno de los instrumentos (televisión, videoconferencia, multimedia, etc.) para actualizar y transmitir sus enseñanzas universitarias a distancia y fue, a través de este medio, donde se iniciaron las colaboraciones entre la Universidad y la empresa, del caso que nos ocupa. El primer contacto tuvo lugar en 1989, cuando M. A. Moreno fue invitado a participar en el programa titulado "Modelos numéricos en la mecánica del sólido deformable", dentro de RNE-Radio 3, en relación con la asignatura impartida por el profesor J.J. Benito de "Análisis de Estructuras y Métodos Numéricos".

Sector Económico:

Servicios a empresas - Ingeniería y Actividades Informáticas

Madrid se caracteriza por tener una abundante oferta de servicios a empresas, muy superior a la mayoría de las regiones españolas y bastante similar a la de los países más avanzados.

Los servicios a empresas en la Comunidad de Madrid constituyen un amplio y heterogéneo grupo de actividades: publicidad, actividades informáticas, I+D, asesoramiento jurídico, asesoramiento económico, investigación de mercados, arquitectura e ingeniería, otros servicios técnicos, selección de personal, seguridad e investigación privada, limpieza de edificios, fotografía y otros servicios profesionales. Algunas de estas actividades, como las informáticas, el asesoramiento económico o los servicios de ingeniería, han contribuido muy decisivamente a la consolidación del sector.

Esta oferta es mucho mayor en Madrid que en otras regiones españolas, debido a la concentración de grandes firmas y multinacionales de diferentes sectores. Los servicios a las empresas constituyen actualmente una de las principales ramas de la economía madrileña, habiendo crecido por encima de la media de otras actividades. En 1996, las empresas del sector generaron una producción bruta de 2,5 billones de Ptas., y en este mismo año el número de empleados se situó en torno a las 875.000 personas.

La región de Madrid destaca por tener una cuota del 22,1% del empleo total nacional en el sector, seguida por Cataluña con un 20,5%, frente a una participación de sólo el 13,7% del empleo nacional, si se analiza el conjunto de los sectores económicos.

Servicios Informáticos

Los servicios informáticos poseen una participación muy considerable tanto en valor añadido como en empleo, representando en 1996 el 14% en el VAB a coste de los factores y el 14% del empleo del subsector Servicios a empresas en Madrid.

Este sector abarca mantenimiento de hardware, otros servicios informáticos (mantenimiento de software, consultoría, formación, desarrollo de software a medida, outsourcing, etc.) y servicios de valor añadido, y en 1995, de los 350.387 millones de Ptas. que supuso en el ámbito nacional, el 21,8% correspondió a mantenimiento de hardware, el 55,6% a otros servicios y el 22,6% a servicios de valor añadido. Dentro de la CM, las principales áreas de actividad de las empresas del sector informático se centran en el desarrollo de software, con un 56,75% de las empresas, y los servicios de consultoría informática, que desarrollan el 21,62% de las mismas. Los clientes a los que van dirigidos los servicios informáticos son muy variados, aunque destacan especialmente los Organismos de la Administración con un 40,54%, la Banca con un 32,43% y las grandes empresas con un 27,02%.

Servicios de Ingeniería

Los servicios de arquitectura e ingeniería representaban en 1996 el 15% en el valor añadido bruto a coste de los factores y el 13% del empleo del subsector Servicios a empresas en Madrid. Estos servicios se agrupan en torno a las profesiones de abogados, economistas, ingenieros y la actividad de publicidad, actividades con una gran participación, tanto en valor añadido como en empleo, al tiempo que sus productividades del trabajo se sitúan entre las más altas de todos los servicios a empresas.

Desde entonces se sucedieron las colaboraciones en distintos programas de características similares, y fueron surgiendo nuevas ideas en torno a otro tipo de actividades, en el ámbito docente.

INGECIBER invitó a participar al profesor J. J. Benito en distintos Seminarios, como el de Análisis Dinámico en 1991 y, a partir del Curso de Verano celebrado en Ávila en 1992, titulado "Teoría y aplicación práctica del Método de los Elementos Finitos (MEF)", surgió el propósito de abarcar áreas más amplias de colaboración y, en concreto, proyectos conjuntos de I+D. Actualmente las colaboraciones entre ambas instituciones se dirigen en tres direcciones: Formación, Proyectos de I+D y Prácticas de estudiantes. Algunas de estas colaboraciones se detallan a continuación:

Formación:

- Seminarios: Seminario de Aplicación del MEF en INGENCIBER, S.A.:
 - Análisis Dinámico (1991-1999).
 - Análisis no lineales (1993-1999).
- Cursos de Verano de la UNED (Ávila):
 - "Teoría y aplicación práctica del MEF" (1992-1994).
 - "Dinámica y Control de estructuras" (1995-1996).
 - "Normativa Europea en estructuras metálicas. Eurocódigo 3" (1998-1999).
- Cursos de otoño UNED-Centro Asociado de Ávila: "Teoría y aplicación práctica del MEF" (1995).
 - Cursos de primavera UNED-Centro Asociado de Segovia: "Normativa Europea en estructuras metálicas. Eurocódigo 3" (Abril 1997).
- Cursos de postgrado UNED-FUE:
 - "Curso de Especialización Superior en Teoría y Aplicación Práctica del MEF y Simulación" (Anual desde el Curso 1994-95).
 - "Curso de Experto Universitario en Plásticos y Cauchos". Como profesores de la asignatura "Aplicación del MEF en el diseño de piezas de plástico" en las ediciones II(Curso 1997-98), III(Curso 1998-99), IV (Curso 1999-00).

Proyectos de I+D:

- Proyecto Europeo - ESPRIT 2626: "Autocode" (Automatic Code Design).
- Proyecto Europeo - PASO: "Sistema Inteligente para el chequeo automático con normas de diseño".

En ambos Proyectos, la Unión Europea costeó todos los gastos por parte de las Universidades, y un máximo del 50% de los gastos de INGENCIBER.

- Contrato de cooperación en las áreas del MEF e Ingeniería del Software, julio 1992 a Enero 1993. (colaboración alumnos de la ETSII).

En este caso INGENCIBER corrió con todos los gastos de los participantes a través de becas.
- Proyecto Europeo - COST. "European Concerted Action Project on the Control of Semi-rigid behaviour of Civil Engineering Connections: Working Group 6 Numerical Simulation. Working Group 2 Steel and Composite".

Universidad Nacional de Educación a Distancia - UNED

La UNED, con veintisiete años de antigüedad, es hoy en día una institución consolidada, con una implantación en todo el territorio español que garantiza el derecho a la educación superior a todos los ciudadanos. Cuenta con un prestigio científico y docente que puede ser comparable con las más importantes universidades españolas y, debido a su carácter estatal y a la flexibilidad de la metodología a distancia, mantiene un importante papel en el intercambio científico con universidades e instituciones culturales de otros países, además de ser un medio idóneo para que estudiantes extranjeros accedan a la enseñanza superior española.

- La Unión Europea costeó los gastos externos tanto de la Universidad como de la empresa. CIVILFEM. Colaboración del profesor Juan José Benito como asesor técnico. En este último caso la financiación ha sido a través de Artículo 11 de la LRU.

Prácticas de estudiantes:

Acuerdo de cooperación en tareas de formación en las áreas del MEF e Ingeniería del Software.

CASO: UCIIM E INAPCO, S.A.**Entidades participantes en la colaboración:**

- Ingeniería, Aprovisionamiento y Cofabricación, S.A. (INAPCO)
- Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Automática (DIEEA) - UCIIM

Tipo de relación:

- Desarrollo conjunto de actividades de I+D

En este caso se describe la relación de cooperación que por espacio de casi cinco años vienen manteniendo la PYME **Ingeniería, Aprovisionamiento y Cofabricación, S.A. (INAPCO)**, que se dedica, en una de sus actividades, al control de equipos y bancos de pruebas industriales, con el **Departamento de Ingeniería Eléctrica Electrónica y Automática (DIEEA) de la Universidad Carlos III de Madrid**. En esta descripción se tratan de sintetizar los aspectos que, desde el punto de vista de la relación Universidad-Empresa resultan más significativos. Así, más que analizar los pormenores técnicos del desarrollo del proyecto, se trata de exponer brevemente la evolución de una relación que, hasta el momento, ha dado satisfactorios frutos para ambas partes.

La empresa INAPCO se funda en 1989 por un grupo de profesionales de la ingeniería procedentes de diversos sectores empresariales. Dispone de oficinas y laboratorio de investigación propios, y su personal realiza las actividades de desarrollo y gestión de proyectos de alta densidad tecnológica, desarrollo de actividades I+D amén de la gerencia de dichas actividades en sus facetas financieras, comerciales y administración. Sus áreas de actuación se centran en la consultoría en ingeniería naval para Armadores y Astilleros, y en la ingeniería industrial para compañías e instalaciones petrolíferas.

Además, la empresa apuesta por la investigación en nuevas tecnologías aplicadas a la industria, trabajando actualmente en proyectos de simulación con equipos estándar de alta velocidad, y en desarrollo de *software* de cálculo, medida y control. En estas áreas de futuro, la firma aglutina a profesionales de experiencia reconocida, actuando como directores de los proyectos en ejecución, y en colaboración con Universidades y Centros de Investigación.

En el último año INAPCO ha dedicado, sobre una facturación de 150 millones de Ptas., un 10% de sus ingresos a I+D, en línea con las empresas más avanzadas en proyectos de investigación. Ante la necesidad de la empresa de adoptar las tradicionales herramientas de control de sistemas mecánicos, neumáticos y electrónicos, utilizados en Defensa, a las nuevas tecnologías de comunicación y control de sistemas industriales, y a sabiendas de que estas nuevas tecnologías se desarrollan básicamente en entornos académicos, INAPCO solicitó los servicios de la UCIIM, dirigiéndose directamente al grupo de investigación del DIEEA, dirigido por el Prof. Dr. Emilio Olías Ruiz, que cuenta con personal altamente cualificado y con una probada y reconocida experiencia en el área de Electrónica de Potencia.

Por lo que respecta al grupo de investigación de la UCIIM, la experiencia previa adquirida en el desarrollo de proyectos conjuntos con el sector industrial ha contribuido notablemente al buen entendimiento entre ambos equipos técnicos.

Los inicios de la colaboración se remontan a 1995, fecha en que INAPCO contacta con el Grupo de Investigación de Electrónica de Potencia para solicitar su colaboración en la sustitución de cuatro sistemas de entrada/salida de datos de una serie de bancos de control de un sistema de Defensa. La aportación de la UCIIM consistiría básicamente en el desarrollo de *hardware*, *software* de gestión, instalación y puesta en marcha.

Algo después, INAPCO comienza el desarrollo del proyecto EBAS "Equipo Base de Análisis y Simulación para control en sistemas mecánicos, neumáticos y electrónicos de baja y alta frecuencia", también proveniente de una licitación del Ministerio de Defensa. Este nuevo proyecto constituye la base de la colaboración entre la UCIIM e INAPCO hasta la fecha.

Concretamente, en julio de 1998, ambas entidades suscriben un contrato cuyo objeto es la realización de un estudio preliminar en materia de

Sector Económico: Servicios a Empresas
—Ingeniería e I+D—

Los servicios de I+D se encargan de la innovación pura y cuentan con unos resultados altamente productivos. Son servicios que con muy poco empleo generan un considerable valor añadido fruto de altas, aunque decrecientes, productividades.

En 1996 estos servicios suponían en la CM el 3% del VAB al coste de los factores y el 2% del empleo, localizando el capital humano más escaso y caro dentro de los servicios a empresas.

“Protocolos de Comunicaciones y Control de Sistemas Industriales”. El equipo investigador de la UCIIM interviene en el proyecto en una primera fase, que pasa por la recopilación de datos y documentación de protocolos existentes, así como el análisis y la selección de sistemas de adquisición y transmisión de datos. Este acercamiento inicial abre las puertas a la participación de la UCIIM en la continuación del proyecto y anima a las partes a trabajar conjuntamente en tareas de mayor envergadura.

Fruto de la satisfacción por los resultados obtenidos por el equipo investigador de la Universidad, y en base a la mutua confianza existente entre ambas instituciones, en septiembre del mismo año emprenden una nueva colaboración en el marco del proyecto EBAS cuyo objeto es el “Desarrollo de un prototipo *Hardware/Software* normalizado para el análisis y simulación

de funciones de control en equipamientos de aplicación, entre otros, a sistemas auxiliares de adiestramiento para sistemas de armas”. Se trata, en esta ocasión, de utilizar los resultados obtenidos en el estudio preliminar para definir y desarrollar un *hardware* de comunicación, un *software* de simulación, así como un equipo virtual de control industrial específico.

Actualmente el proyecto se encuentra en una fase avanzada de su desarrollo, y ha contado con la financiación de la CM. Las tareas definidas hasta la fecha se han cumplido con bastante exactitud, excepto el período de pruebas finales del equipo de control, que estaba planificado finalizar en la primera semana de septiembre, y sin embargo todavía no se encuentra concluido, debido a la complejidad de los ajustes que han de realizarse y a que las condiciones de prueba han debido adaptarse a las rigurosas agendas de la unidad militar, que ha puesto a disposición del equipo técnico en estas últimas semanas el personal necesario para verificar los controles de una forma completa. Quizá en las próximas semanas se encuentre totalmente finalizado y se pueda abordar la segunda fase del proyecto.

Uno de los objetivos de esta colaboración, que es la formación y experiencia práctica para una futura incorporación al mercado laboral, se está cumpliendo plenamente, y en estos momentos dos investigadores del equipo de la UCIIM pasan a incorporarse al sector empresarial, habiendo aprovechado los conocimientos adquiridos a lo largo de su participación en el desarrollo del proyecto.

Además de cumplirse todos los objetivos marcados en el inicio del proyecto, según se ha ido desarrollando se han podido comprobar nuevos resultados no previstos inicialmente, relacionados con una mejor imagen del equipo, por la calidad del trabajo realizado y de los resultados obtenidos.

En este caso, hay que destacar el esfuerzo realizado por todos los participantes en el proyecto, que ha permitido abordar la solución de un problema de gran complejidad, al que se añaden las dificultades, por una parte, de la relación con organismos, dependencias y parques de Unidades Militares que deben continuar las labores del “día a día” y a la vez, integrar y probar los nuevos desarrollos, y por otra, el tener que realizar la mayoría de los esfuerzos, precisamente en el entorno e instalaciones del usuario.

No obstante, a pesar de la dificultad que supone la integración de desarrollos de orden académico y de investigación con los entornos industriales, la experiencia parece demostrar que los resultados animan a mantener y fomentar este tipo de colaboraciones en el futuro, pues indican que existe una simbiosis entre la UCIIM e INAPCO que, especialmente en el ámbito de aplicaciones en entorno militar, está resultando muy provechosa para ambas partes.

UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID

—UCIIM—

La UCIIM inicia su andadura en Septiembre de 1989 impulsada por el Gobierno de la Comunidad Autónoma con el fin de contribuir al equilibrio territorial en la oferta de educación superior, con un firme propósito de excelencia docente e investigadora como servicio público y como elemento dinamizador socio-económico en la zona Sur de Madrid. Dispone de tres campus sites en Getafe (Ciencias Sociales y Jurídicas, Humanidades, Periodismo y Documentación), Leganés (Escuela Politécnica Superior) y Colmenarejo (que ha iniciado sus actividades en Octubre de 1999). Como señas distintivas de la Universidad desde la perspectiva de las actividades de Investigación, Desarrollo e Innovación señalaríamos:

1. Profesorado permanente a tiempo completo, que se traduce en un alto nivel investigador tanto desde el punto de vista de resultados como de captación de recursos económicos a través de programas regionales, nacionales y europeos así como mediante contratos con entidades privadas y empresas y que en el año 1999 han representado un total de 1400 millones de pesetas.
2. Potenciación de una estructura de interfaz (OTRI) altamente cualificada desde la división administrativa, técnica y de comercialización de resultados, que se ha traducido en un catálogo de oferta tecnológica (identificación y fortalezas de grupos de investigación) y una gran actividad de relación y aproximación al tejido empresarial.
3. Consolidación de 17 Institutos Universitarios como ejes de investigación en áreas diversas (jurídicas, económicas, tecnológicas y humanidades) de los que 3 han adquirido el reconocimiento de Institutos LRU.
4. Desde la perspectiva de la formación especializada, cabe destacar el importante papel de las actividades de Tercer Ciclo y Postgrado tanto desde el punto de vista cuantitativo como cualitativo.
5. Compromiso institucional por la evaluación de las actividades de investigación de los Departamentos e Institutos Universitarios en el marco de un Programa de Calidad Global. La Universidad obtuvo un Premio de Calidad de la Comunidad de Madrid en su edición de 1998.
6. Infraestructuras académicas y de investigación de un alto nivel tanto en equipamientos como en servicios.

El equipo investigador de la UCIIM ha manifestado su satisfacción por haber tenido la oportunidad de aplicar tecnologías avanzadas a problemas existentes en la industria, permitiendo la evolución de sistemas que en algún caso pueden rozar la obsolescencia, hacia su utilización con equipamientos más modernos, sin repercusión e incluso con mejora de los costes asociados de mantenimiento, dado que las soluciones que se plantean se basan en sistemas abiertos y actuales. Asimismo, resalta el papel enriquecedor de la empresa en el *saber-hacer* universitario cuando un equipo de investigación trabaja en un entorno de desarrollos a largo plazo, pero con acotación en costes y tiempos. En algunas ocasiones, incluso, se han intercambiado los papeles entre ambas partes, llegándose a una identificación del trabajo por parte de ambos como si de un solo grupo técnico se tratase.

Una de las enseñanzas que este caso ha permitido extraer es que la base de una buena colaboración entre universidad y empresa, en muchos casos, está en empezar colaborando en tareas concretas y de corta duración, tales como estudios de viabilidad. Durante estas primeras fases, que no suelen superar los seis meses, la empresa tiene la oportunidad de, sin comprometer demasiados recursos, ir conociendo al equipo investigador de la Universidad, creándose un clima de confianza mutua en un entorno con un escaso riesgo inicial. Finalmente, aunque para la empresa privada en principio contar con la Universidad pueda suponer inconvenientes en cuanto a costes, o inexperiencia empresarial, y a la Universidad le suponga esfuerzos adicionales a los propios de su actividad principal que es la enseñanza, ejemplos como este proyecto indican que a medio y largo plazo son más los beneficios obtenidos que los inconvenientes apuntados.

La empresa considera esta experiencia de colaboración como muy provechosa. Desde su perspectiva, la relación mutua ha sido muy productiva, aportando cada parte sus capacidades diferenciadoras para poder llevar a buen término este tipo de proyectos de relativa larga duración, que ninguna de las partes por separado habría sido capaz de abordar. En este caso, las capacidades complementarias de los participantes pueden resumirse como:

INAPCO: Capacidad de gestión; Experiencia en dirección de proyectos; Programación a largo plazo; Experiencia en sistemas de control clásicos; Capacidad en relaciones humanas; Capacidad financiera; y Experiencia en asunción de riesgos empresariales.

UCIIM: Muy buena cualificación académica; Gran formación en últimas tecnologías; Capacidad investigadora; Actitud positiva ante retos tecnológicos; Buen espíritu para trabajo en equipo; y Buena adaptación al entorno empresarial.

CASO: CEM Y TEKNIKER

Entidades participantes:

- Centro Tecnológico TEKNIKER
- Laboratorio de Metrología Dimensional - Centro Español de Metrología (CEM)

Tipo de relación:

- Proyectos de I+D
- Asistencia técnica

El **Centro Tecnológico TEKNIKER** colabora desde 1993 con el **CEM** en el desarrollo de proyectos de investigación conjuntos y en asistencia técnica, habiéndose logrado resultados muy satisfactorios tanto a nivel nacional como europeo.

TEKNIKER es un Centro Tecnológico privado situado en Eibar (Guipúzcoa), fundado en 1981, que tiene como objetivo primordial contribuir a la mejora de la competitividad del tejido industrial a través de la transferencia de tecnología, generada o asimilada, a las empresas o a las nuevas iniciativas empresariales.

TEKNIKER está especializado en las denominadas Tecnologías de Fabricación, concepto que engloba toda la problemática del ciclo de vida del producto desde su concepción y diseño, hasta el fin de su utilidad. Desde un punto de vista sectorial, la demanda de este centro proviene de la Industria Metalmeccánica y, más concretamente, de los sectores Auxiliar de Automoción y Máquina-Herramienta. Sus líneas prioritarias de actuación son las siguientes:

- Procesos de producción: Tecnologías de superficies, recubrimientos PVD y tratamientos termoquímicos novedosos; Mecanizado convencional por arranque de viruta a alta velocidad, desatendido, en seco, con mínima cantidad de lubricante-refrigerante; y Conformado por deformación plástica, alargamiento de la vida de los útiles mediante tratamientos y recubrimientos superficiales.
- Sistemas de fabricación: Racionalización del proceso de diseño (preparación del trabajo asistido por ordenador, estimación de costos y generación de ofertas); Organización de la producción (planificación a capacidad finita, gestión del mantenimiento, mantenimiento predictivo y autocontrol de calidad); Gestión de la información en planta; sistemas de fabricación flexible (diseño y gestión automatizada de sistemas y células) e Introducción de las TICs en los talleres.
- Diseño y construcción de prototipos: Nuevos conceptos de máquinas-herramienta de alta velocidad, reconfigurables, ultraprecisas, de electroerosión ultraprecisas y de arquitectura paralela (hexápodos); Máquinas de medir dimensiones y ángulos mediante interferometría láser; y Microsistemas.

Durante 1997 TEKNIKER obtuvo unos ingresos que ascendían a 1.493 millones de Ptas. Este Centro cuenta con una plantilla de 109 empleados, de los cuales 40 pertenecen al Departamento de Mecatrónica e Ingeniería de Precisión, colectivo que ha colaborado con el CEM en todos los proyectos desarrollados hasta la fecha y que posee una oficina técnica, un laboratorio de electrónica y un taller de montaje de prototipos.

Por su parte, el grupo de investigación del CEM pertenece al Laboratorio de Metrología Dimensional, dentro del Área de Longitud, al que le corresponde la diseminación de la unidad de longitud, el metro, hasta los primeros patrones materializados de alto nivel, tanto "a cantos" (bloques patrón), como "a trazos" (reglas a trazos). El laboratorio cuenta con equipos de medición de altísima precisión, algunos de ellos diseñados y contruidos totalmente en España.

La colaboración entre los grupos de investigación del CEM y TEKNIKER comenzó en 1993 y se ha centrado en cuatro experiencias distintas: Proyecto de Investigación para el diseño y desarrollo de un "Comparador Interferométrico Láser", entre 1993 y 1995.

Sector Económico: Servicios Tecnológicos a Empresas —Centros Tecnológicos—

La misión de los Centros de Innovación y Tecnología consiste en contribuir al desarrollo y fortalecimiento de la capacidad competitiva de las empresas que actúan en el territorio español en el ámbito de la tecnología y la innovación. Para tal fin deberán llevar a cabo las siguientes funciones: la atención a las necesidades tecnológicas de las entidades y empresas que lo requieran; el desarrollo de proyectos de investigación y desarrollo tecnológico; la prestación de asistencia y servicios tecnológicos, tales como calidad, organización de la producción, formación, información, documentación, difusión, legislación, diseño o medio ambiente; la colaboración en la transferencia de resultados de investigación entre los CPIs y las empresas; el fomento y desarrollo de investigación cooperativa entre empresas; y cualquier otra actividad cuyo resultado sea mejorar el nivel tecnológico de las empresas radicadas en España y lograr una posición más favorable de las mismas en los mercados.

Los centros tecnológicos son una de las infraestructuras de soporte con mayor incidencia en la innovación en España, y mantienen una distribución territorial muy desigual, estando notablemente desarrollados en las regiones de Valencia, País Vasco y Castilla-León.

Proyecto de Investigación consistente en el desarrollo de un “Generador de Ángulos”. Fabricación de la “Mesa Goniométrica”, a partir de un diseño alemán ya existente, en 1994. Asistencia técnica de TEKNIKER al CEM en el Proyecto Europeo “Large Artefacts”, consistente en el desarrollo y comprobación de un patrón para la calibración de máquinas de medición por coordenadas, entre 1994 y 1998.

En todos los casos la propuesta de colaboración surgió del CEM a través de una licitación pública, mediante concurso y contrato, y siempre consistieron en Proyectos de Investigación, excepto en el caso de la Mesa Goniométrica, que se refería exclusivamente a una fabricación. Las razones directas que llevaron al establecimiento de las relaciones en cada uno de los casos fueron, en el Comparador Interferométrico Láser y el Generador de Ángulos, el hecho de que el CEM disponía de unas especificaciones y requería de su desarrollo y fabricación. Para la Mesa Goniométrica, disponía de un diseño alemán que únicamente requería ser desarrollado. Por último, la asistencia técnica prestada por TEKNIKER en el Proyecto Europeo surgió de la necesidad del CEM de contar con especialistas en la fabricación de equipos de precisión. La gestación de la colaboración en el caso de los Proyectos de Investigación cooperativa, se desarrolló sin ningún tipo de problema que fuera más allá de los meramente burocráticos derivados de un concurso, y del reto técnico que suponen este tipo de proyectos. Únicamente en el Proyecto Europeo, el proveedor de uno de los equipos se retrasó en el suministro, y se hizo necesario solicitar la ampliación del plazo de entrega del concurso.

Al inicio de cada una de estas relaciones de cooperación se llevó a cabo una división de tareas entre los grupos de investigación de ambos centros, correspondiéndole al CEM la labor de colaborar en el estudio previo de viabilidad que tuvo lugar en el caso del Comparador Interferométrico Láser y del Generador de Ángulos, de elaborar las especificaciones y de asesorar en la fase de ingeniería. Se establecían reuniones técnicas periódicas y una vez finalizada la fase de ingeniería y previa a la fase de fabricación, tenía siempre lugar la presentación del desarrollo.

Con respecto a la apropiación y confidencialidad de los resultados industriales, se acordó que estos serían propiedad exclusiva del cliente, es decir, del CEM.

La relación entre el CEM y TEKNIKER a lo largo de estos años ha conseguido elevar el potencial tecnológico español, involucrando a la industria española en la fabricación de componentes de muy alta precisión y potenciando la capacidad de realizar instrumentación de altas prestaciones. Se ha conseguido que en la actualidad España disponga de uno de los comparadores interferométricos láser más precisos de Europa, (confirmado en base a intercomparaciones realizadas por el CEM), y con el proyecto europeo se ha obtenido una metodología para calibrar grandes tridimensionales.

Finalmente, se ha logrado consolidar una estrecha relación entre los investigadores del CEM y del Departamento de Mecatrónica de TEKNIKER, estableciéndose unos canales de comunicación

sumamente estables, que han permitido la adquisición de un *know-how* en el desarrollo de equipos de ultraprecisión. Prueba de ello es que actualmente TEKNIKER está realizando dos asistencias técnicas para el CEM tendentes a desarrollar nuevos instrumentos. Concretamente, se trata de un estudio de viabilidad de sistemas de calibración de patrones para nanometrología, y otro tendente a mejorar la capacidad del Comparador Interferométrico Láser. Además, están trabajando, junto a otras instituciones, en la construcción de la futura Asociación Española de Ingeniería de Precisión y Nanometrología.

Centro Español de Metrología - CEM -

El CEM es un organismo autónomo dependiente del Ministerio de Fomento, responsable de la organización metrológica en España.

Sus competencias son: la custodia y conservación de los patrones nacionales de las unidades de medida; el establecimiento de las cadenas oficiales de calibración; el ejercicio de las funciones de la Administración General del Estado en materia de metrología legal; la ejecución de proyectos de investigación y desarrollo en el ámbito metrológico; y la formación de especialistas en Metrología.

Para llevar a cabo estos cometidos, el CEM cuenta con unas instalaciones y laboratorios ubicados en la localidad de Tres Cantos (Madrid), en los que trabajan 120 personas.

CASO: CETEMA Y QUIMIGRANEL E INYSA

Entidades participantes en la colaboración:

- CETEMA
- QUIMIGRANEL, S.A.
- Grupo INYSA

Tipo de relación:

- Asesoría, Consultoría y Servicios, en temas de:
- Mejora de Producto y Proceso;
- Sistemas ISO 9000; y
- Organización y Software

A continuación se presentan dos experiencias de colaboración mantenidas por el **Centro Tecnológico de Madrid, CETEMA**, con el sector empresarial. El primer caso se refiere a la empresa **QUIMIGRANEL, S.A.**, donde la colaboración tuvo como objeto la implantación de un proceso de “Innovación Continua” en las áreas de Calidad, Informatización, y Gestión Medioambiental. El segundo caso, por su parte, se refiere al Grupo **INYSA** con el que se estableció la relación para implantar un Sistema de Calidad en cada una de las empresas del Grupo.

El CETEMA participa asiduamente en programas nacionales e internacionales de redes de cooperación tecnológica, de manera individual o en colaboración con asociaciones empresariales, universidades u otros centros tecnológicos, con el fin de homogeneizar criterios, satisfacer necesidades comunes de las empresas y establecer canales de información tecnológicos de carácter vertical u horizontal. Esto lo hace a través de la Iniciativa ATYCA del Ministerio de Industria y Energía, o de los programas existentes en el ámbito regional y de la Unión Europea.

En los casos que se relatan a continuación, ambas empresas acudieron al CETEMA en busca de soluciones a necesidades concretas que requerían ser resueltas. En el caso del Grupo INYSA, el contacto tuvo lugar durante la presentación de una jornada realizada en CETEMA sobre Calidad, y en el de QUIMIGRANEL, cliente asiduo de CETEMA, la empresa se dirigió directamente al centro a través de una llamada telefónica.

A partir de este momento, CETEMA realizó una visita a las instalaciones de las empresas, y tras

analizar su situación y los objetivos de futuro que pretendían cada una de ellas, estudió la posibilidad de afrontar estas necesidades con servicios y recursos propios. Desde un primer momento, la colaboración se planteó de una manera contractual, concretándose en una propuesta detallada donde aparecía reflejado el alcance de las acciones a realizar, las necesidades de recursos y el coste económico. Las empresas, tras recibir las propuestas del CETEMA, las analizaron y las compararon con las de otros proveedores de servicios, quedándose finalmente con la solución aportada por el Centro Tecnológico.

En ambos casos la idea de la ejecución del proyecto, así como el inicio de las negociaciones con CETEMA, partió de la Gerencia de las empresas, quienes posteriormente nombraron a otros interlocutores para que se hicieran cargo del desarrollo del mismo. En concreto, en el caso de QUIMIGRANEL, para cada una de las fases se eligieron como interlocutores a aquellas personas que más tarde pasarían a ser los responsables del proyecto dentro de la empresa y que catalizarían el proceso de toma de decisiones.

El CETEMA se ocupó del desarrollo del proyecto desde el punto de vista técnico, además de asesorar ante posibles desviaciones, mientras que los responsables por la parte empresarial estuvieron a cargo de la puesta en marcha de los sistemas desarrollados, la coordinación de la asignación de recursos desde la empresa, el seguimiento del proyecto desde el punto de vista interno, y la interlocución entre el CETEMA y la Gerencia de la empresa.

Centro Tecnológico de Madrid, S.A.

—CETEMA—

El Centro Tecnológico de Madrid S.A. (CETEMA) es una compañía con capital público, participada por el Instituto Madrileño de Desarrollo (IMADE) de la Comunidad de Madrid, el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), la Confederación Empresarial de Madrid (CEIM) y la Universidad Politécnica de Madrid (UPM).

La misión de CETEMA es contribuir al desarrollo económico de la región, mediante la prestación de servicios que respondan a las necesidades técnicas y organizativas de las PYMEs industriales de Madrid, que pueden solicitar la prestación de los siguientes servicios:

- Mejora de producto y proceso: Mejora de procesos de fabricación. Análisis y documentación de proceso; Mejora de productos; y Asistencia a la acreditación de laboratorios.
- Sistemas ISO 9000: Sistemas de la calidad; y Sistema de gestión medioambiental.
- Organización y Software: Diagnósticos y análisis sectoriales; Optimización de la organización e informática; y Diseño e implantación de servicios telemáticos.

La comunicación fue muy fluida en todo momento, desarrollándose a través de reuniones periódicas definidas en los planes del proyecto, y de contactos frecuentes por medio de correo electrónico. Por otra parte, en ningún momento se plantearon dificultades que fueran más allá de aquellas asociadas al desarrollo en paralelo del proyecto y la actividad de la empresa, que en algunos casos alargó los plazos previstos inicialmente.

En términos generales, el grado de satisfacción de las empresas en ambas relaciones ha sido muy alto, según se deduce de los resultados de las encuestas de valoración realizadas tras la culminación de las colaboraciones.

A continuación se presentan los aspectos puramente técnicos de cada una de las colaboraciones:

QUIMIGRANEL, S.A. es una empresa fundada en 1964 y constituida en 1971, cuyo campo de actividad principal se centra en la importación y distribución de productos químicos, biológicos y de electrónica, para lo cual se organiza en tres unidades de negocio que abarcan los campos de Calidad, Informatización y Gestión Medioambiental.

En la actualidad cuenta con un capital social de 225 millones de Ptas., un total de 2.700 clientes en toda España, y una cifra de negocios que en 1997 alcanzó los 3.394,972 millones de Ptas. Dispone de una plantilla de 55 personas de las cuales 26 son directivos y titulados, así como medios de transporte tanto propios como subcontratados.

Desde 1982 la empresa posee una estructura internacional con una filial en Portugal, donde trabajan 21 empleados y cuyas ventas en 1997 superaron los 1.300 millones de Ptas., y otra en Marruecos, que opera desde 1991, con 6 empleados y unas ventas en 1997 de aproximadamente 125 millones de Ptas.

La colaboración con CETEMA surge de la necesidad de la empresa de incorporar innovaciones progresivas en las áreas críticas de su actividad que le permitan ajustarse al ritmo de las exigencias de los mercados y de la evolución organizativa de la empresa. De este modo, el proyecto va encaminado a la implantación dentro de la empresa de un proceso de "Innovación Continua", estructurado en tres fases atendiendo al momento temporal de su desarrollo: Mejora de la calidad, Mejora de los Sistemas de Información, y Reducción del impacto ambiental.

A continuación se detallan las distintas fases del proceso de "Innovación Continua", resaltando en cada una de ellas las necesidades y objetivos perseguidos por la empresa, y la solución aportada por CETEMA:

1. Mejora de la Calidad:

En esta primera fase se pretende dar solución a las siguientes necesidades de la empresa: contar con una documentación de calidad, reforzar su imagen en el mercado, y mejorar la satisfacción de los requisitos de clientes y accionistas. Para ello, los objetivos perseguidos consistían en el establecimiento de sistemas de trabajo; tratamiento de incidencias y reclamaciones de clientes; formación de personal; Calidad de servicio al cliente; Calidad de los servicios de subcontratistas; y obtención del Certificado ISO 9002. De este modo, el CETEMA aportó las siguientes soluciones:

- Planificación y nombramiento de responsable de la calidad.
- Definición de una política de calidad.
- Definición de un Manual de la Calidad y Procedimientos de Calidad.
- Implantación del Sistema de Calidad.
- Realización de auditoría interna para analizar la efectividad de las acciones puestas en marcha.
- Solicitud y concesión de Certificación por AENOR.
- Mantenimiento y mejora del sistema adaptándolo a las nuevas necesidades de la organización y el mercado.

2. Mejora de los Sistemas de Información:

QUIMIGRANEL contaba con el problema de la obsolescencia tecnológica de sus sistemas de tratamiento de la información, por lo que requería unos sistemas más eficaces y fiables que le permitieran, además, reducir tiempos. En este sentido, CETEMA aportó la siguiente solución:

- Identificación de los procesos y las actividades asociadas a los sistemas informáticos.
- Identificación de necesidades de tratamiento de la información.
- Identificación de cambios organizativos y de procesos.
- Diseño del Sistema *hardware/software* y comunicaciones.
- Elaboración de un cuaderno de cargas para selección de *software* que satisficiera las necesidades
- Selección, implantación y formación en el manejo del *software*.
- Elaboración de procedimientos de trabajo.

3. Reducción del Impacto Ambiental:

En esta última fase del proceso, la empresa requería reforzar su imagen en el mercado además de lograr satisfacer las necesidades de clientes y accionistas. Para ello debía realizarse una definición clara de la reglamentación aplicable; un análisis del impacto ambiental a través de una revisión inicial; el establecimiento de una política y de programas asociados a la reducción del impacto ambiental; y la obtención del Certificado ISO 14001. En este caso, la solución aportada por el CETEMA consistió en los siguientes puntos:

- Planificación y nombramiento de un responsable de gestión medioambiental.
- Identificación de los aspectos medioambientales y evaluación del impacto y relevancia de los mismos.
- Análisis y evaluación de la política, estructura organizativa, responsabilidades, prácticas, situaciones de riesgo, procedimientos y recursos de la empresa.
- Definición de una política medioambiental.
- Definición del Manual y los Procedimientos de Gestión Medioambiental.
- Implantación del Sistema.
- Realización de auditoría interna para analizar la efectividad de las acciones puestas en marcha.
- Solicitud y concesión de Certificación por AENOR.
- Mantenimiento y mejora del Sistema mediante su adaptación a las nuevas necesidades de la organización y el mercado.

Finalmente, y como fruto del desarrollo de este proyecto de colaboración entre QUIMIGRANEL y CETEMA, se han obtenido numerosas mejoras en la organización y desarrollo de las actividades de la empresa, que se detallan a continuación:

- Mejoras en la organización de la compañía.
- Motivación de los empleados hacia la mejora de la calidad y la reducción de los efectos sobre el medio ambiente.
- Reducción de costes por minimización de material de deshecho.
- Minimización del riesgo y ganancia de mayor seguridad legal a través de documentación completa.
- Certificación del Sistema de Aseguramiento de la Calidad según ISO 9002.
- Certificación del Sistema de Gestión Medioambiental según ISO 14001.
- Mejora de la imagen corporativa, la publicidad de la empresa y la aceptación del cliente.
- Cambios organizativos orientados a la autonomía de las unidades operativas de cara a agilizar el servicio al cliente, a través de la integración de asistencia a clientes y compras en la unidad.
- Formalización de las funciones y responsabilidades del personal.
- Agilización del proceso de preparación de pedidos en almacenes, gracias a la conexión informática entre oficinas y almacén.

La segunda experiencia a describir se refiere al Grupo INYSA. Este Grupo, integrado por las empresas INYSA, PIEZOCRISTAL, SEÑALIZACION Y CONTROL Y LANBDA ANTENAS, centra su actividad de negocio en la Tecnología de la Información y de las Comunicaciones y en los Nuevos Materiales. Su relación con el CETEMA perseguía como finalidad la implantación de un Sistema de Calidad dentro de las distintas empresas.

La colaboración tiene lugar en un momento en el que la empresa INYSA pone en marcha una serie de acciones de reingeniería organizativa tendentes a aumentar su competitividad y eficacia, pasando de ser una única empresa con varias secciones productivas, a convertirse en un grupo de empresas independientes especializadas en el servicio al cliente. Así, INYSA se convertirá en la unidad de Gestión, contando con el apoyo de las siguientes unidades productivas: PIEZOCRISTAL, LAMBDA ANTENAS, SEÑALIZACIÓN Y CONTROL. Este proceso de transformación hacia la orientación al cliente, debía ser complementado con la introducción en cada una de las unidades del Grupo, de un Sistema de Aseguramiento de la Calidad especializado.

El proceso se desarrolló de forma gradual, comenzando por la implementación del Sistema de Calidad en la unidad más madura desde el punto de vista organizativo, y continuando, una vez certificada esta, por el resto de las unidades, de modo que pudieran beneficiarse de las experiencias y resultados de rodaje de las anteriores. Para obtener sinergias en el proyecto global, se desarrollaron específicamente aquellos procedimientos asociados a los procesos más críticos de la empresa, y se utilizaron esquemas semejantes en los procesos horizontales.

El proyecto comenzó por delimitar claramente las necesidades y objetivos perseguidos por las empresas. Se requería definir e implantar un Sistema de Calidad, la Certificación ISO, y los siguientes objetivos específicos: la empresa PIEZOCRISTAL buscaba la Sistematización del Control y tratamiento de fallos; INYSA, la mejora del servicio al cliente (gestión de pedidos); y SEÑALIZACIÓN Y CONTROL, y LAMBDA ANTENAS, la mejora y organización de los procesos de fabricación y control de calidad.

De este modo, las soluciones aportadas por CETEMA pueden explicarse atendiendo a la siguiente estructura:

- En cuanto a las fases comunes en todas las empresas del Grupo, se llevaron a cabo las siguientes acciones:
 - Planificación y nombramiento de responsable de la calidad.
 - Definición de una política de calidad.
 - Definición de Manual de la Calidad y Procedimientos de Calidad.
 - Implantación del Sistema de Calidad.
 - Realización de auditoría interna para analizar la efectividad de las acciones puestas en marcha.
 - Solicitud y concesión de Certificación por la Cámara de Comercio.
 - Mantenimiento y mejora del Sistema adaptándolo a las nuevas necesidades de la organización y el mercado.
- Los documentos de contenido similar para todas las empresas, fueron los siguientes:
 - Planificación de la calidad y revisión del sistema.
 - Auditorías de calidad.
 - Formación y adiestramiento.
 - Acciones correctoras y preventivas.
 - Control de productos no conformes
- Y los documentos de contenido específico, fueron:
 - Revisión del contrato.
 - Control del proceso.
 - Compras, recepción e inspección de suministros.
 - Manipulación, almacenamiento, embalaje, conservación y entrega.
 - Estados de verificación.
 - Control de la documentación y de los registros.

Para finalizar se exponen a continuación los beneficios que ha supuesto para el Grupo la realización de este proyecto por parte del CETEMA:

- Actividades de Control y Mejora de Calidad más enfocadas al producto.
- Reducción de costes al plantear el proyecto desde el punto de vista del grupo: procedimientos horizontales similares, procedimientos asociados al producto y al proceso muy particularizados.
- Certificación del Sistema de Aseguramiento de la Calidad según ISO 9002.
- Mejora de la imagen corporativa, la publicidad de la empresa y la aceptación del cliente.
- Consolidación de su posición en el mercado en cada una de las líneas de producto.
- Acceso a nuevos mercados.

CASO: INTA Y CASA

Entidades participantes en la colaboración:

- Construcciones Aeronáuticas, S.A. (CASA)
- INTA

Tipo de relación:

- Proyecto Integrado del Plan Nacional de I+D

Este caso describe la colaboración entre el **Instituto de Técnica Aeroespacial (INTA)**, y la empresa **Construcciones Aeronáuticas, S.A. (CASA)**, en el desarrollo del Proyecto MINISAT 01, el primer minisatélite diseñado, construido y operado en España, que fue lanzado con éxito el 21 de Abril de 1997.

En 1990 se inicia en el INTA el *Programa de Minisatélites*, perteneciente al Plan Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico, con soporte del CDTI, e impulsado y apoyado por el Ministerio de Defensa, cuyo fin es lograr que el sector aerospacial español adquiera las capacidades necesarias para diseñar, fabricar, integrar y operar un sistema espacial completo. Con este programa se perseguía, en particular, la construcción y el desarrollo de una plataforma estándar multiuso de bajo coste, como resultado de lo cual surgió el MINISAT. Este último consiste en un minisatélite tan eficaz como los grandes y con las mismas prestaciones, que permite a pequeños y medianos países tener acceso a misiones espaciales a nivel de sistema, con un coste asequible a sus economías.

La misión MINISAT 01 está compuesta por un minisatélite en órbita baja con tres instrumentos científicos: EURD, LEGRI y CPLM, desarrollados en colaboración entre Universidades e Institutos Científicos españoles, entre los que se encuentra el INTA, y extranjeros, además de incluir un experimento tecnológico, ETRV, desarrollado por la empresa CASA.

El INTA es el centro español por excelencia para el desarrollo de tecnologías aerospaciales. Se ha caracterizado por llevar a cabo una política de aproximación de sus investigaciones y desarrollos, no sólo al sector aerospacial, sino también al resto del tejido industrial, lo que le ha llevado a participar en la resolución de un sinfín de problemas tecnológicos de las más variadas actividades industriales, además de continuar con su tradicional investigación de calidad en el campo aerospacial.

El propósito de esta institución es mantener una continua actualización de los objetivos institucionales para situar al sector aerospacial español en el contexto europeo, con el objetivo de potenciar la capacidad científica, tecnológica y de gestión, de forma que pueda asumir el papel dinamizador de la actividad industrial del sector, a través del cumplimiento de los siguientes cometidos:

- Mantener y potenciar programas de investigación y desarrollo tecnológico, propios o realizados en colaboración con otros centros nacionales o europeos, que permitan elevar el nivel tecnológico de la industria aerospacial española, con especial énfasis en la pequeña y mediana empresa.
- Disponer de la capacidad necesaria para gestionar programas aeronáuticos y espaciales de interés nacional, encomendados por la Administración, y en particular por el Ministerio de Defensa.
- Prestar servicios de calidad basados en instalaciones singulares de experimentación y ensayo, fomentando la transferencia de tecnología avanzada y ofreciendo un eficaz apoyo al sector de la pequeña y mediana empresa que facilite su proyección internacional.

El programa MINISAT 01, como ya se ha dicho anteriormente, es un proyecto integrado del Plan Nacional de I+D Tecnológico, cuya magnitud y complejidad hizo que su período de gestión fuera necesariamente prolongado y complejo. Por este motivo, y con el objeto de coordinar todos los recursos humanos y económicos que se precisaban para realizar el proyecto y evitar desviaciones importantes

Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial - INTA

El INTA es un organismo público de investigación dependiente de la Secretaría de Estado de la Defensa, creado en 1942.

Sus actividades se centran principalmente en el desarrollo de tecnologías aerospaciales, aunque también mantiene una política de aproximación de sus investigaciones y desarrollos al resto del tejido industrial.

Esta entidad se ha distinguido por su continuidad en la ejecución de una investigación de alta calidad en temas aerospaciales y en los campos con ellos relacionados. Dicha investigación tiene por finalidad apoyar, impulsar y desarrollar la política científica y tecnológica española en lo relativo al sector aeronáutico y espacial, difundiendo sus resultados entre la comunidad de especialistas y contribuyendo a fortalecer el tejido industrial español. Todo ello sin perder de referencia su calidad de centro tecnológico de las Fuerzas Armadas Españolas.

del calendario previsto, se estableció una organización industrial acordada entre el INTA, el CDTI y la CICYT, y una Comisión de Seguimiento, que vigilara el cumplimiento de los objetivos. Uno de los objetivos fundamentales del MINISAT 01, aparte de los científicos propios, era la capacitación del sector aerospacial español para la realización de sistemas completos, una vez que ya se había adquirido la experiencia necesaria a nivel de subsistema en otros proyectos nacionales e internacionales.

Desde el principio del proyecto, el INTA se constituyó como el cliente y gestor del programa completo, así como el responsable de la Carga Útil, del Segmento Terreno y de algunos subsistemas de la Plataforma del Satélite. El conocimiento que tenía acerca de las empresas del sector aerospacial, así como sus relaciones con el CDTI, le llevó a seleccionar a CASA como la empresa idónea para realizar la tarea de contratista principal del desarrollo, integración y ensayos del Módulo de Servicios o plataforma del MINISAT 01, específicamente a su División Espacio.

Construcciones Aeronáuticas, S.A., es la primera compañía del sector aeronáutico español, cuyas líneas de actividad fundamentales son: Aviones, Mantenimiento y Espacio. Cuenta con una plantilla de más de 7.000 trabajadores, una facturación de 167.747 millones de Ptas., y una inversión en I+D de 19.970 millones de Ptas. Además, su gestión comercial está orientada a la exportación, alcanzando un porcentaje anual del 90% de su cifra de negocio.

La División Espacio, además de colaborar en distintos programas de la Agencia Espacial Europea, lo hace en programas de satélites militares y minisatélites del Ministerio de Defensa, y participa en programas para el desarrollo de nuevas tecnologías promovidas por el CDTI y la Sociedad Estatal de Participaciones Industriales (SEPI) a nivel nacional, y por la Unión Europea, en el ámbito internacional.

En las fases iniciales del proyecto, se creó un grupo integrado de personal de varias empresas dirigido, participado y coordinado por el INTA, en el que se plantearon las bases y el diseño preliminar (Fase B) para el proyecto.

En las fases posteriores, el INTA mantuvo con CASA una relación contractual, igual que con las demás empresas, con el objeto de entregar al final del proyecto de desarrollo, un satélite integrado y funcionando, listo para ser lanzado, que debía cumplir con todas las especificaciones establecidas. Este trabajo requirió una intensa participación del INTA a nivel de Ingeniería de Sistemas para coordinar el proceso de desarrollo y fabricación de todos los equipos que lo integran.

A lo largo del desarrollo del programa, la colaboración y relación entre INTA y CASA fue muy estrecha. Se mantuvieron reuniones periódicas e incluso se crearon grupos integrados para tareas específicas.

En lo que respecta a los aspectos de propiedad de los resultados del proyecto, tanto la propiedad intelectual del diseño, como la documentación y los demás aspectos relacionados con el programa MINISAT 01 corresponden al INTA como cliente del mismo.

El resultado de la colaboración ha sido el desarrollo de un sistema, el MINISAT 01, que dos años y medio después de su lanzamiento continúa funcionando satisfactoriamente, aunque en un principio fue diseñado con una vida útil de dos años, y proporcionando valiosos datos a los equipos científicos.

Con respecto a la relación establecida con el sector empresarial, cabría destacar el alto grado de satisfacción de ambas partes, pues además de los buenos resultados científicos obtenidos de la misión, actualmente se puede afirmar que el sector aerospacial español está capacitado para acometer la realización, desde las fases iniciales de concepción y diseño, pasando por la fabricación y ensayo, hasta la operación en órbita de un sistema espacial completo.

Sector Económico: Aerospacial

El sector aerospacial se ha caracterizado por ser usuario y motor de nuevas tecnologías. Los proyectos que se llevan a cabo en este sector suelen ser de gran dimensión, por lo que requieren la utilización de técnicas de gestión avanzadas y una alta frecuencia y calidad de la comunicación entre distintos equipos. Dado el carácter innovador del sector aerospacial, la incorporación de nuevas tecnologías, materiales, diseños, ensayos, etc., a los nuevos desarrollos, obliga a una continua labor de investigación en estos temas, que debido al alto coste que representan, difícilmente puede llevarse a cabo exclusivamente en las empresas del sector. Esto ha motivado, en todos los países del entorno español, un progresivo acercamiento entre los centros de investigación y la industria aerospacial, que ha multiplicado vínculos y conexiones, muy especialmente con la pequeña y mediana empresa.

CASO: INTA Y COPA AMÉRICA DESAFÍO ESPAÑOL, S.A.

Entidades participantes en la colaboración:

- Copa América Desafío Español, S.A.
- Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA)

Tipo de relación:

- Proyecto Cooperativo de I+D, con financiación pública y privada

Esta experiencia describe la colaboración que, entre el **INTA** y la **empresa Copa América Desafío Español, S.A. (CADE)**, viene desarrollándose desde 1990. La relación surgió como consecuencia de la primera participación española en la Copa América en San Diego 1992, y se ha mantenido a través de las sucesivas ediciones de este evento deportivo.

Las reglas de la competición de la Copa América exigen que el diseño, construcción y manejo del barco de cada equipo se realice, exclusivamente, con medios del país que lo representa, no pudiendo recibir apoyo técnico de otro país a partir de dos años antes de disputarse la regata. De este modo, cada país participante aplica lo más avanzado de su tecnología en el diseño y construcción del barco.

El programa de participación en este evento, iniciado en 1996 bajo la dirección técnica de CADE, está orientado al diseño, construcción y explotación del barco español participante en la Copa América 2000. Para ello cuenta con un presupuesto aproximado de 3.000 millones de Ptas., en su mayor parte financiados por empresas, bancos y entidades privadas, y una inversión en I+D de 320 millones de Ptas., financiados por la CICYT.

Desde el momento en que se lanzó el primer Desafío Español (San Diego '92), la Oficina Técnica de CADE, responsable del diseño del barco, pensó en aglutinar a los centros de investigación punteros en todo el ámbito de tecnologías aplicables. Inicialmente se puso en contacto con el INTA para la realización de ensayos en túnel aerodinámico y a partir de la edición de 1995, la colaboración se extendió al campo de la Dinámica de Fluidos Computacional, participando el INTA ya no sólo en la realización de ensayos de apéndices, sino también en el diseño de los mismos. En la presente edición, la colaboración se ha mantenido en ambos campos técnicos, y además el INTA ha llevado a cabo la gestión del programa de I+D.

El grupo investigador del INTA que participa en este proyecto, pertenece a dos áreas científico-técnicas: Aerodinámica Experimental y Dinámica de Fluidos, ambas dependientes de la División Aerodinámica.

COPA AMÉRICA

El 25 de octubre de 1999 comenzó la 30 edición de la Copa América, la primera regata tecnológica del mundo, en aguas de Auckland (Nueva Zelanda).

Nacida en 1851 con el nombre de "Copa de las Cien Guineas", como mero enfrentamiento entre aristócratas ingleses, constituye el acontecimiento más antiguo de la historia del deporte.

Se trata de una competición en la que el componente deportivo ha cedido primacía al aspecto tecnológico, conduciendo a los países participantes a exponer en cada edición, y ante el resto del mundo, sus avances más revolucionarios en sistemas de navegación, utilización de nuevos materiales y diseño de unas embarcaciones cada vez más aerodinámicas.

En el año 1983 el desafío australiano consiguió romper la absoluta supremacía estadounidense, depositarios de la copa desde la primera edición en el siglo XIX, empleando en el diseño del barco tecnología aeronáutica. Desde dicha fecha, todos los participantes vienen utilizando este tipo de tecnología en sus diseños.

Por su parte, el Área de Aerodinámica Experimental inició en 1950 su actividad de investigación en la experimentación en túneles aerodinámicos, parte esencial del proceso de diseño aerodinámico, y actualmente dispone de una gran capacidad de experimentación aerodinámica tanto en el campo aeroespacial (aviones y misiles) como en la ingeniería en general (vehículos, barcos, edificios, estructuras, etc.). En particular, los investigadores participantes en este proyecto cuentan con once años de experiencia en la realización de ensayos en túneles aerodinámicos de medidas de fuerzas, presiones y visualización de flujos en diferentes configuraciones.

Por otra parte, el Área de Dinámica de Fluidos lleva a cabo una intensa actividad de investigación en el campo del cálculo aerodinámico, que permite estudiar mediante procedimientos numéricos el efecto de las corrientes fluidodinámicas, normalmente aire y agua, sobre los objetos expuestos a ellas, y los investigadores implicados en la colaboración, tienen una experiencia media de diez años en la utilización de herramientas para el cálculo, análisis y diseño aerodinámico de distintas configuraciones aeronáuticas y no aeronáuticas, mediante el uso de códigos, tanto comerciales como de desarrollo propio.

En su conjunto, el grupo que participa en este proyecto viene colaborando tradicionalmente con varias empresas en las Áreas de

Ensayos Aerodinámicos y de Dinámica de Fluidos, entre las que cabe destacar: CASA, EXPAL, BAZAN, AENA, IBERIA, DRAGADOS, HUARTE, TALGO, NISSAN, y SEAT.

La colaboración que actualmente se desarrolla, se planteó como un proyecto a tres años (1996-1999) financiado por la CICYT y gestionado por el INTA, que subcontrataría los trabajos a las distintas instituciones participantes. Dichas instituciones fueron inicialmente la Oficina Técnica de CADE, el CEHIPAR, la Universidad de Zaragoza, la Universidad de Valencia, el CIMNE, y el INTA. La distribución del trabajo entre los participantes fue la siguiente: la Oficina Técnica del CADE se encargaría del diseño general del barco y de la dirección técnica del proyecto; el CEHIPAR realizaría todos los ensayos en canal; la Universidad de Zaragoza se encargaría de los cálculos estructurales; el INTA de los ensayos en túnel y la Universidad de Valencia de la preparación física de los tripulantes. En cuanto a las simulaciones numéricas, existían tres posibilidades: CEHIPAR, CIMNE e INTA, por lo cual se estableció una primera fase de validación de resultados, como consecuencia de la cual quedó el INTA como único encargado de realizar estas simulaciones. A partir de 1997 se consideró que la preparación física no debía integrarse en un proyecto de I+D, por lo que a partir de dicha fecha dejó de participar la Universidad de Valencia.

El Área de Dinámica de Fluidos del INTA, previo estudio de un programa de simulación de regata que establece los diferentes momentos y configuraciones de la carrera, tiempo y posición del barco en cada momento, diseña varias geometrías, modelos físicos teóricos (generalmente tres), con métodos de cálculo utilizados habitualmente en la investigación aeronáutica. Estos modelos, diseñados simultáneamente y dependientes siempre del tipo de flujo, ya sea laminar o turbulento, van a determinar el aspecto final del barco, debiendo pasar antes la reválida definitiva, su ensayo en el túnel aerodinámico del INTA y las pruebas en mar abierto.

Examinadas estas pruebas, se elige el modelo que más posibilidades tiene de lograr los objetivos marcados (la victoria en la regata) y comienza a construirse el barco.

Durante el desarrollo del proyecto se estableció una Comisión Paritaria INTA-CADE para su seguimiento. En todo momento las relaciones entre las distintas instituciones fue muy satisfactoria, manteniéndose una continua y fluida comunicación entre los participantes, a través de conversaciones telefónicas, fax, e-mail, y reuniones, cuando se consideraron necesarias, y además, hubo un intercambio de datos y de equipos informáticos.

Respecto a la apropiación y confidencialidad de los resultados, inicialmente se acordó que cada participante sería el propietario de sus propios resultados, comprometiéndose a mantener la confidencialidad de los mismos hasta la finalización de la regata.

El resultado de la colaboración ha sido la construcción de un velero tipo IAAC de nombre "Bravo España", que actualmente está compitiendo en aguas de Auckland (Nueva Zelanda), junto a otros once barcos procedentes de EE.UU., Italia, Francia, Australia, Suiza, Japón, y Nueva Zelanda, hasta el momento con prometedores resultados. Asimismo, se han desarrollado diversos códigos para su utilización en el proyecto.

Dentro del INTA se ha visto fortalecida la colaboración entre las dos áreas participantes en el proyecto, el Área de Aerodinámica Experimental y la de Dinámica de Fluidos, que además ha permitido mejorar los códigos de simulación y las técnicas de ensayo en túnel. Por otra parte, la colaboración con CEHIPAR ha permitido el intercambio de resultados y técnicas de ensayos adaptadas a cada medio en particular (aire-agua) y la colaboración con CADE ha contribuido a aumentar los conocimientos en el campo del diseño naval. Cabe señalar también, la participación en un curso sobre "Resistencia de cuerpos sumergidos a alta velocidad" y una presentación en el IV Congreso Internacional de Métodos Numéricos para la Ingeniería (Sevilla 1999), con cargo al proyecto, además de la adquisición de equipos y códigos dentro del INTA. En términos generales, la satisfacción de la empresa ha sido muy alta, ya que se han cumplido todos los plazos fijados y el barco está respondiendo satisfactoriamente a las expectativas previstas.

CASO: UAM, FGUAM Y SMITHKLINE BEECHAM, S.A.

Entidades participantes en la colaboración:

- Universidad Autónoma de Madrid - UAM
- Fundación General de la UAM - FGUAM
- SMITHKLINE BEECHMAN, S.A.

Tipo de relación:

- Patrocinio de infraestructuras e instalaciones para investigación

La multinacional farmacéutica **Smithkline Beecham, S.A.**, a la que ya se ha hecho referencia en este libro por su relación con la UCM, y el **Departamento de Farmacología Terapéutica de la Facultad de Medicina de la UAM**, han colaborado durante los últimos diez años en distintas actividades de I+D, con especial incidencia en la realización de ensayos clínicos en voluntarios sanos (fase 1) de productos de la firma. En la experiencia que aquí se describe, la empresa y la Universidad, aunaron esfuerzos para la creación de una nueva Unidad de Ensayos Clínicos, en el Campus de Medicina de la UAM.

La experiencia de colaboración entre SB y la UAM se ha ido fortaleciendo a lo largo del tiempo a través de distintas colaboraciones en programas de formación de personal investigador y en proyectos de I+D con los Departamentos de Inmunología UAM-Hospital de la Princesa y de Biología Molecular y de Farmacología Terapéutica.

En lo que respecta a la experiencia que se relata en este libro, la colaboración ha tenido lugar con el grupo de investigación de Farmacología Clínica de la UAM que dirige y coordina el Dr. Pedro Sánchez, Catedrático de Farmacología, y el Dr. Jesús Frías, que está integrado por 10 investigadores y el personal de apoyo necesario para llevar a cabo los distintos ensayos clínicos con voluntarios sanos (fase 1).

La producción científica de este grupo de investigación universitario le sitúa entre los principales equipos nacionales en su especialidad, lo que queda refrendado con los siguientes datos: 65 ensayos clínicos, 40 publicaciones internacionales y 20 nacionales, más de 60 comunicaciones a distintos Congresos internacionales y 40 a Congresos nacionales.

Por otra parte, el equipo mantiene estrechas relaciones con las principales empresas farmacéuticas del país.

La colaboración del Dpto. de Farmacología de la UAM con la empresa SB se remonta al inicio de las actividades de este grupo de investigación, hacia el año 1989, tratando siempre de acercar la labor investigadora a las necesidades de la industria y siendo un exponente claro de lo que debe ser la investigación aplicada al servicio de problemas concretos. En 1997 este grupo de investigación se encontraba ante la imposibilidad de atender la demanda empresarial debido a las instalaciones de que disponía el Departamento de Farmacología, ya que numerosos ensayos eran rechazados o, en el mejor de los casos, retrasados por causa de la escasez de camas y servicios complementarios de la Unidad de Ensayos Clínicos. Por esta razón, en octubre de este mismo año acudió a SB, y tuvo lugar una reunión entre los responsables del Departamento y el Grupo con la dirección de SB y, en particular, con la figura del Sr. Eduardo Rovira Rovira, entonces Presidente de la empresa y de la Fundación SB. Se le presentó a la empresa un Proyecto completo y detallado de lo que debería ser la nueva Unidad de Ensayos Clínicos, dotada de los más modernos y sofisticados medios y diseñada a la medida de las actividades del Grupo. La empresa supo recibir el reto y, conocida la experiencia del equipo universitario y el apoyo explícito de las más altas instancias académicas, se volcó en la iniciativa, prestando su experiencia e inyectando la aportación inicial de fondos necesaria para la puesta en marcha del Proyecto: la construcción de un nuevo

Universidad Autónoma de Madrid - UAM

La UAM tiene un tamaño intermedio, con respecto al resto de Universidades del país, contando en 1999 con un total de 35.723 alumnos matriculados, y 2.055 Profesores.

Desde su fundación, ha apoyado de manera activa la formación de grupos de investigadores que han destacado en áreas de investigación avanzada, logrando un merecido reconocimiento tanto a escala nacional como internacional. De hecho, según diversos índices de productividad científica, la UAM ocupa el primer puesto en el ámbito nacional en ciencias experimentales y biomedicina.

Mantener una importante actividad investigadora requiere una política decidida de apoyo a las iniciativas de los investigadores de calidad contrastada, una búsqueda continua de oportunidades de colaboración con el sector empresarial y una inversión económica importante en infraestructuras científicas.

La UAM está llevando a cabo varios proyectos en este sentido, como por ejemplo, la construcción de un acelerador de iones que permita estudiar materiales de relevancia en terrenos que van de la arqueología a la microelectrónica, pasando por el patrimonio artístico o los implantes en biomedicina. Asimismo, para el futuro inmediato se está planificando la construcción de instalaciones científicas de gran importancia, entre las que destacan un laboratorio de luz sincrotrón, un centro de ciencia y tecnología de alimentos, un nuevo edificio para el Centro de Biología Molecular y un Instituto Interdisciplinar de Materiales Moleculares.

edificio en el Campus de Medicina de la UAM, gestionada por la FGUAM, con la cofinanciación de la empresa y con otras aportaciones y en terrenos cedidos por la UAM.

Cerradas las negociaciones en diciembre de 1997, entre la empresa y la FGUAM, se procedió a la discusión del Proyecto en Junta de Gobierno de la UAM que, a principios de 1998, aprobó la iniciativa y dio luz verde a la misma, con la firma del correspondiente Acuerdo Marco con SB y la cesión efectiva de los terrenos. En ese momento, la FGUAM, asumió el papel de Promotora e inicia los trámites para la adjudicación del Proyecto de edificación y la selección de la empresa contratista, inspirada en todo momento en los principios de transparencia y publicidad, si bien, utilizando instrumentos de Derecho Privado, dada su naturaleza jurídica.

La agilidad en la puesta en marcha del Proyecto fue una de las claves de su éxito, además del puntual cumplimiento de los plazos acordados y la calidad de la construcción. El grupo de investigación y la FGUAM vigilaron en todo momento la marcha de las obras que se iniciaron en septiembre de 1998 y quedaron concluidas un año después. Durante el período de construcción del Edificio, se mantuvo una estrecha comunicación con los responsables de SB que fueron informados puntualmente de la marcha de las obras.

Como resultado final del Proyecto, se ha obtenido dos años después de su inicio, un nuevo edificio para la UAM, moderno y funcional en el que el Grupo de Farmacología Clínica podrá realizar, en mejores condiciones, los pertinentes ensayos en fase 1, con voluntarios sanos,

solicitados por las empresas farmacéuticas. Asimismo, la ampliación del número de camas permitirá incrementar el número anual de ensayos de manera significativa, con el subsiguiente beneficio para la actividad investigadora del grupo. Por su parte, SB ha obtenido un innegable beneficio de imagen como consecuencia directa del patrocinio del Edificio y, en el futuro, gozará de un trato preferente a la hora de realizar ensayos clínicos con la UAM.

Las dificultades que se plantearon durante las distintas fases del Proyecto, en gran parte, vinieron motivadas por lo novedoso y original del mismo y por la necesidad de hablar el mismo lenguaje agentes tan dispares, inicialmente, como una multinacional farmacéutica, una Universidad Pública y una Fundación dependiente de dicha Universidad, pero sometida al Derecho Privado. Por otra parte, surgieron algunos problemas como consecuencia de la dificultad que supone coordinar distintos equipos dependientes de las Instituciones participantes. Sin embargo, esos y otros pequeños obstáculos fueron superados gracias a la buena predisposición de todos cuantos participaron en el mismo.

En el momento en que se prepara esta publicación, se prevé que en breve tendrá lugar la inauguración oficial del Edificio y de la Unidad de Ensayos Clínicos, a la que asistirá, como invitado, el Presidente de la CM, lo que habrá supuesto la realización de un proyecto pionero en la búsqueda de nuevas formas de fortalecer las relaciones entre la Universidad y la Empresa, mediante la utilización de instrumentos ágiles y eficaces como las Fundaciones Universitarias.

Sector Farmacéutico

Según los estudios realizados por el Círculo de Innovación en Biotecnología de la CM, en el sector farmacéutico español existen actualmente dos tendencias: una apoyada desde la Administración, tendente a la producción y comercialización de medicamentos genéricos, fármacos fuera de patente que no llevan aparejados los costes de investigación y desarrollo; y otra basada en la investigación de fármacos realmente innovadores en nuevas áreas tales como el tratamiento de Alzheimer o el Sida.

Ante las presiones de las administraciones públicas para reducir la factura farmacéutica (en España, el gasto público en medicamentos superó los 850.000 millones de Ptas. en 1997), el sector se ha inclinado por la producción de medicamentos genéricos y ha acelerado el proceso de concentración.

En el área de producción de medicamentos genéricos, son los pequeños y medianos laboratorios quienes están ganando posiciones, mientras que en la producción de medicamentos innovadores, destacan las grandes compañías.

Investigar, desarrollar y poner en el mercado un nuevo fármaco puede costar entre 40.000 y 65.000 millones de Ptas. y, sin embargo, las inversiones en investigación farmacéutica en Europa se han cuadruplicado en la última década y en concreto en España, las compañías destinan a este fin el 5% de su facturación, es decir, 50.000 millones, de unas ventas totales de un billón de Ptas.

En la actualidad, los principales laboratorios dedican gran parte de sus esfuerzos a la biotecnología, donde el coste de la investigación es muy elevado. Sin embargo, la rentabilidad obtenida si hay éxito crece en progresión geométrica, lo que hace que las tasas de crecimiento anuales de las inversiones en este campo superen el 20 ó 25 %.

CASO: CIEMAT

Entidades participantes en la relación:

- Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT)
- Diferentes agentes sociales, tales como: empresas, administraciones públicas, órganos de gobierno local y regional y asociaciones profesionales.

Tipo de relación:

- Formación y transferencia de personal
- Proyectos de I+D cooperativa
- Servicios de Metrología y Normalización
- Asesoría y consultoría

En este caso se exponen diferentes ejemplos de transferencias tecnológicas desde el CIEMAT al entorno socioeconómico.

Aunque esta entidad cuenta con numerosas experiencias de transferencia tecnológica en

cualquiera de los campos científico - tecnológicos donde desarrolla su actividad (Combustibles fósiles, Fisión nuclear, Fusión nuclear, Energías renovables y Calidad ambiental), esta presentación se circunscribe al ámbito de las Energías Renovables.

Desde 1984, año en que comenzaron las actividades del Departamento de Energías Renovables en el CIEMAT, éste ha hecho un aporte considerable a la sociedad en cuatro direcciones fundamentales:

1. Transferencia directa de personal cualificado.

Alrededor de 40 titulados, que suponen aproximadamente el 40% del personal titulado que ha trabajado en el Departamento, pasaron a trabajar en otras instituciones. Un 14% entró a formar parte de empresas especializadas en energías renovables, un 8% en empresas eléctricas 8%, un 25% en otras empresas, un 36% en Universidades y un 17% en organismos oficiales.

2. Formación de personal.

Unas 1.500 personas han recibido formación en las diferentes tecnologías de aprovechamiento de energías renovables. De ellas, más de 400 lo han sido en energía solar térmica y más de 150 en energía solar fotovoltaica, en energía solar para la edificación y en biomasa. Por su parte, en energía eólica se han formado más de 100 personas y aproximadamente unas 250 en gestión energética y generalidades en energías renovables.

Alrededor de 30 profesionales realizaron sus Tesis Doctorales o Proyectos Fin de Carrera en el CIEMAT, o fueron dirigidos por expertos del centro, en estos trabajos.

Asimismo, el CIEMAT ha promovido la inclusión de las tecnologías de energías renovables en los planes de estudio de diversas titulaciones académicas y ha elaborado la documentación escrita adaptada al campo profesional específico, requerida para dicha labor docente.

Como resultado de toda esta labor, puede estimarse que más de un 60% del personal de industrias y organismos involucrados en el desarrollo actual de las energías renovables en España, ha iniciado su formación en este campo en el CIEMAT.

3. Transferencia directa de tecnología.

En el campo de la Energía Eólica, se han obtenido resultados tales como:

- Metodología de evaluación y ensayos de aerogeneradores.
- Cálculo y diseño de palas de aerogeneradores.

Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas - CIEMAT

El CIEMAT es un OPI adscrito al Ministerio de Industria y Energía, a través de la Secretaría de Estado de Industria y Energía, cuya misión es promover y llevar a cabo proyectos de investigación y desarrollos tecnológicos en el campo de la energía. Sus acciones deben situarse en la vanguardia internacional de la ciencia y la tecnología y mantenerse en estrecha relación con otros grupos investigadores de objetivos similares.

En su calidad de centro de investigación tecnológico, debe ser el eslabón entre la investigación básica, realizada principalmente en el mundo académico, y la industria nacional, por lo que los resultados deben ser susceptibles de transferirse a la industria para generar en ella los conocimientos necesarios, que garanticen la adquisición e incorporación de tecnología de la manera más rentable posible y con el mínimo impacto ambiental. Además, el CIEMAT debe tener la capacidad de actuar como asesor de las autoridades nacionales en temas de tecnología y estrategia energética.

En el CIEMAT trabajan en la actualidad unas 1.400 personas, desarrollando proyectos, tanto de orientación a la generación de conocimiento como a la demanda del mercado, en las siguientes líneas:

- Mejora de la eficiencia y calidad ambiental de los Combustibles Fósiles.
- Progreso en la seguridad de la energía de Fisión Nuclear.
- Demostración del papel de la Fusión Nuclear como alternativa energética de futuro.
- Incremento de la competitividad de las Energías Renovables en el mercado energético.
- Contribución a la implantación de objetivos de Calidad Ambiental industrialmente compatibles y de las soluciones técnicas necesarias.

En 1998, la actividad científico-tecnológica del centro siguió la siguiente distribución de los recursos: investigación básica (15%), investigación aplicada (21%), desarrollo tecnológico (33%), ensayos (18%) y servicios (13%).

Algunas de las empresas a las que han sido transferidos estos resultados son: MADE, MOLINOS EBRO y SEAWEST.

En el campo de la Energía Solar Fotovoltaica, han sido realizados:

- Diseño de modelos, procedimientos de ensayo y calibración y estudio de rendimientos de componentes y sistemas fotovoltaicos.
- Programas de dimensionado y simulación de sistemas fotovoltaicos.
- Monitorización y evaluación de centrales fotovoltaicas.
- Diseño de un reactor de preparación de lámina delgada con aplicación en la fabricación de dispositivos policristalinos .

Un número importante de empresas, tanto nacionales como extranjeras, se ha beneficiado de estos resultados, como por ejemplo: UNIÓN FENOSA, COMPAÑÍA SEVILLANA DE ELECTRICIDAD, ATERSA, ISOFOTON, BP SOLAR, ENERTROM, IBERDROLA, ERW, NUKEN, SIEMENS, TOTAL, FOTOWAT, NESTE y TUDOR.

En el campo de la Energía Solar en la Edificación, los resultados a destacar son:

- Métodos de diseño y programas de simulación y cálculo.
- Técnicas de caracterización energética de componentes en edificios.
- Evaluación del comportamiento energético de los edificios en condiciones reales.

Dichos resultados se han transferido a entidades tales como: las empresas CRISTALERÍA ESPAÑOLA y UNIÓN FENOSA, las Oficinas Técnicas de los Colegios de Arquitectos y algunos órganos de gobierno de Comunidades Autónomas como la Junta de Andalucía, la Junta de Castilla y León y el Gobierno Foral de Navarra.

En el campo de la Energía de la Biomasa, se han desarrollado:

- Gasificador en lecho fijo con corrientes paralelas.
- Prototipos de equipos e instalaciones de plantas de briquetado.
- *Know-how* de combustión en lecho fluido.

Entre otros ejemplos, las empresas UNIÓN FENOSA, ENDESA, GASBI y BRIHER, han sido receptoras de estos desarrollos tecnológicos.

Por último, en el campo de la Energía Solar Térmica, se han obtenido:

- Tecnología de fabricación de heliostatos.
- Diseño de receptor solar.
- Sistemas de control de heliostatos.
- Diseño de colectores cilindro parabólicos.
- Tecnología de destoxificación solar fotocatalítica.

En este campo algunas de las entidades beneficiadas han sido: las empresas ASINEL, ABENGOA, EISA (DISEL) y PSI de Suiza y el Ayuntamiento del Ejido.

4. Otras actividades.

- El CIEMAT lleva a cabo una importante labor en los temas de metrología y normalización en el campo de las energías renovables. Ejemplo de esta actividad son:
 - su Laboratorio de Ensayos y Medidas de Energía Solar Fotovoltaica, como centro acreditado y de referencia nacional de medidas, calibraciones y normalización de dispositivos y componentes fotovoltaicos,
 - su trabajo como representante español en diferentes Comités Internacionales de redacción de normas y estándares de aerogeneradores, tales como: la Agencia Internacional de la Energía (AIE), el Centro Español de Normativa Eléctrica (CENELEC), y el Instituto de Estudios Catalanes (IEC),
 - su participación en la elaboración de la norma “Certificación Energética de Edificios en Viviendas de Protección Oficial”.

- El CIEMAT ha desarrollado y transferido las metodologías de evaluación de recursos de energías renovables a diversas instituciones.
En el caso de los recursos eólicos, entre estas instituciones figuran: Diputación General de Aragón, Gobierno de Canarias, Gobierno Foral de Navarra, Xunta de Galicia, Comunidad de Murcia, ENDESA, MADE, REPSOL, Investigaciones Petrolíferas y Desarrollos Eólicos.
En el campo de los recursos solares, pueden mencionarse: Comunidad de Madrid, Comunidad de Murcia, Diputación General de Aragón y Junta de Andalucía.
Finalmente, para los recursos de biomasa residual, agrícola y forestal, las instituciones beneficiarias han sido: Junta de Castilla y León y CIRCE- Aragón.
- El CIEMAT es centro de consulta y asesoramiento en Energías Renovables para: Centros oficiales y Organismos de las Administración; Empresas de Ingeniería; Compañías Eléctricas; Fabricantes e Instaladores; Medios de comunicación y Usuarios.

Bibliografía

- Alcaide, J. (1999): EVOLUCIÓN DE LAS MACROMAGNITUDES DE LA ECONOMÍA DE LA COMUNIDAD DE MADRID (1983-1997), en Estructura Económica de Madrid. Ed. Civitas, Madrid.
- Buesa, M. y J. Molero (1999): INNOVACIÓN Y COMPETITIVIDAD EN MADRID. *Papeles de Economía Española, Economía de las Comunidades Autónomas*, N°. 18, 1999.
- CM (1997): LA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA EN TRECE SECTORES DE LA COMUNIDAD DE MADRID. Ed. MadrI+D, Madrid.
- CM (1998): INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN LA COMUNIDAD DE MADRID. TRES ESTUDIOS SOBRE LOS RECURSOS, PRODUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE LA ACTIVIDAD CIENTÍFICA MADRILEÑA. Ed. MadrI+D, Madrid.
- CM (1999): ANUARIO ESTADÍSTICO DE LA CM, 1998-1999. Consejería de Hacienda de la Comunidad de Madrid, Instituto de Estadística.
- Comisión Europea (1999): MAPA DE LA INNOVACIÓN EN EUROPA *Innovación & Transferencia de Tecnología*. N° Especial, Oct./ 1999 (pp. 6 y 7)
- COTEC (1999, a): INFORME ANUAL: TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN EN ESPAÑA.
- COTEC (1999, b): RELACIONES DE LA EMPRESA CON EL SISTEMA PÚBLICO DE I+D.
- Durán, A. (1999): GEOGRAFÍA DE LA INNOVACIÓN: CIENCIA, TECNOLOGÍA Y TERRITORIO EN ESPAÑA. Ed. Los libros de la catarata, Madrid.
- García Delgado, J.L (1999): ESTRUCTURA ECONÓMICA DE MADRID. Ed. Civitas, Madrid.
- IMADE (1999): GUÍA DE AYUDAS Y SERVICIOS AL DESARROLLO. De. Consejería de Economía y Empleo, CM. Madrid.
- INE, Publicaciones varias:
- ESPAÑA EN CIFRAS - 1998. (<http://www.ine.es/escif/escif.es.htm>)
 - INFORMACIÓN ESTADÍSTICA: I+D - 1997. (<http://www.ine.es/daco/industria.htm>)
 - RENOVACIÓN DEL PADRÓN MUNICIPAL DE HABITANTES, A 1/5/1996. (<http://www.ine.es/htdocs/inre/inre51/muni2896.htm>)
 - ENCUESTA SOBRE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA EN LAS EMPRESAS - 1996. Madrid, 1998.
 - CONTABILIDAD REGIONAL DE ESPAÑA - 1996.
- Modrego, A., *et al.* (1999): EVALUACIÓN DEL PROGRAMA PETRI. INFORME FINAL. Instituto "Flores de Lemus" de Estudios Avanzados en Economía. UCIIIM.
- OECD (1998): TRENDS IN UNIVERSITY-INDUSTRY RESEARCH PARTNERSHIPS, *STI Review*, 23.
- Senker, J. (1998): RATIONALE FOR PARTNERSHIPS: BUILDING NATIONAL INNOVATION SYSTEMS. *STI Review*, 23
- Velarde, M. (1999): LA ESTRUCTURA SECTORIAL DE LA COMUNIDAD DE MADRID. UNA VISIÓN DE CONJUNTO. *Papeles de Economía Española, Economía de las Comunidades Autónomas*, n°. 18, 1999.
- Williams, D. and D. Rank (1998): MEASURING THE ECONOMIC BENEFITS OF R&D: THE CURRENT STATE OF THE ART. *Research Evaluation*, vol. 7, no. 1. (pp. 17-30)

Tabla anexa

TABLA ANEXA

ALGUNOS EJEMPLOS DE AYUDAS A LA FINANCIACIÓN DE LA I+D E INNOVACIÓN, ASOCIADAS A LA COLABORACIÓN CON EL SECTOR PÚBLICO DE INVESTIGACIÓN

| Instru- mento | Descripción y Programas o Áreas Científicas incluidas | Participantes/ Beneficiarios | Modalidad de financiación |
|---------------------------|--|---|---|
| CRAFT | Permite a consorcios integrados por PYMEs buscar una solución a sus problemas tecnológicos, o subcontratar su resolución, a terceras entidades, 'Ejecutores de I+D', que serán normalmente CPIs o empresas con capacidad suficiente de I+D. Los proyectos consistirán en un desarrollo tecnológico o validación de un resultado de I+D para PYMEs que no tienen capacidad tecnológica para hacerlo por sí solas. <i>Todos los Programas Temáticos y el de Innovación.</i> | Mínimo 3 PYMEs independientes entre sí (de 2 Estados Miembros de la UE o de un Estado Miembro y otro Asociado) que participen como contratistas, y un 'Ejecutor de I+D' como subcontratista. Se subvenciona hasta el 50% del coste total del proyecto. El coste total elegible debe estar entre 300.000 y 2 millones de euros y | como mínimo, el 40% debe ser subcontratación a los 'Ejecutores de I+D' a los que se financia el 100% de sus costes elegibles. Costes elegibles: personal, equipos, fungibles, informática, viajes y dietas, subcontratación, protección de los conocimientos, otros costes específicos al proyecto y gastos generales, así como la subcontratación de la coordinación. |
| Proyectos IDT | Proyectos destinados a la adquisición de nuevos conocimientos que puedan ser útiles para crear nuevos productos o mejorar notablemente productos, procedimientos o servicios ya existentes o para responder a las necesidades de las políticas comunitarias. <i>Todos los Programas Temáticos y los de Innovación y Cooperación con Terceros Países.</i> | Como mínimo 2 entidades jurídicas (pueden ser entidades del sector público de investigación) independientes entre sí de dos Estados miembros o asociados a la UE. | Se subvenciona hasta el 50% del coste total del proyecto o el 100% de los costes adicionales. |
| Proyectos de Demostración | Tienen como finalidad demostrar la viabilidad de nuevas tecnologías que ofrezcan ventajas potenciales desde el punto de vista económico; pero que no puedan comercializarse directamente. <i>Todos los Programas Temáticos.</i> | Cualquier entidad jurídica de un Estado miembro o asociado a la UE. Aquí pueden formar consorcio varias entidades, pertenecientes, entre otros, a los sectores empresarial y público de investigación. | Se subvenciona hasta el 35% del coste total del proyecto o el 100% de los costes adicionales. |
| Proyectos Integrados | Proyectos que incluyen una parte de investigación y desarrollo tecnológico (adquisición de nuevos conocimientos para crear y/o mejorar nuevos productos, procedimientos o servicios) y otra parte de demostración (demostrar la viabilidad de esos nuevos productos, procedimientos o servicios, sus ventajas económicas, etc.). <i>Todos los Programas Temáticos.</i> | Cualquier entidad jurídica de un Estado miembro o asociado a la UE. Aquí pueden formar consorcio varias entidades, pertenecientes, entre otros, a los sectores empresarial y público de investigación. | Se subvenciona entre el 35 y el 50% del coste total del proyecto (la parte de IDT va al 50% y la de demostración al 35%) o el 100% de los costes adicionales. |
| Primas Exploratorias | Permiten a las PYME llevar a cabo la preparación o fase exploratoria de un proyecto que se presentará posteriormente al V PM (CRAFT, de I+D, de demostración o integrado). En una prima exploratoria se pueden incluir: estudios de viabilidad y validación, elaboración de la propuesta, estudios de mercado y búsqueda de socios. <i>Todos los Programas Temáticos y el de Innovación.</i> | Mínimo 2 PYMEs independientes de 2 Estados Miembros de la UE o de uno miembro y otro Asociado, que vayan a presentar una propuesta al VPM y que no hayan recibido ninguna prima exploratoria en el V PM. | Se subvenciona el 75% del coste total elegible, siendo la contribución máxima comunitaria de 22.500 Euros. Costes elegibles: personal, subcontratación, viajes y dietas, informática y gastos generales. |

¹ Programas V PROGRAMA MARCO (1998-2002): I. I+D (Programas temáticos): Calidad de vida y recursos vivos; Sociedad de la Información; Crecimiento competitivo y sostenible; Medio ambiente y desarrollo sostenible y Energía; II.COOPERACIÓN INTERNACIONAL; III.INNOVACIÓN Y PYMEs; IV.MEJORA DEL POTENCIAL HUMANO; V.INVESTIGACIÓN SOCIOECONÓMICA.

TABLA ANEXA

ALGUNOS EJEMPLOS DE AYUDAS A LA FINANCIACIÓN DE LA I+D E INNOVACIÓN, ASOCIADAS A LA COLABORACIÓN CON EL SECTOR PÚBLICO DE INVESTIGACIÓN (CONTINUACIÓN)

| Instru- mento | Finalidad y Programas o Áreas Científicas incluidas | Participantes/ Beneficiarios | Modalidad de financiación |
|--|--|---|--|
| <p>Ámbito Regional (autonómico)</p> <p>Plan Director de Innovación y Empleo de la CM</p> <p>Ayudas a PYMEs de la CM en Proyectos de I+DT</p> | <p>Ayudas para el desarrollo de dos tipos de Proyectos:</p> <ul style="list-style-type: none"> Investigación Industrial y/o Precompetitiva (IIP) Se considera investigación industrial, aquella que tiene por objeto la adquisición de nuevos conocimientos que resulten de utilidad para la creación de nuevos productos, procesos o servicios, o que contribuyan a mejorar los existentes. Investigación y Desarrollo Tecnológico (I+DT) Estos proyectos se refieren a la materialización de los resultados de la investigación industrial en un plano, esquema o diseño de productos, procesos o servicios nuevos, modificados o mejorados, destinados a su venta o su utilización, incluida la creación de un primer prototipo no comercializable. | <p>Empresas que ejerzan su actividad y realicen el proyecto objeto de la ayuda en el ámbito territorial de la CM.</p> | <p>Se subvenciona hasta el 50% de los gastos subvencionables en el caso de los Proyectos IIP y, hasta el 25%, en el caso de los de I+DT.</p> <p>Costes subvencionables:</p> <ul style="list-style-type: none"> Personal. Costes de instrumental, materiales y locales utilizados en exclusiva para proyectos de investigación. Servicios de asesoría externa y similares. Gastos generales suplementarios directamente derivados de la actividad de I+D. Otros gastos de funcionamiento derivados de la actividad de I+D. |
| | <p>Ayudas para realizar proyectos de investigación y desarrollo tecnológico, con el objeto de incentivar la capacidad de innovación de las PYMEs de la región. Serán objeto de apoyo especial los proyectos en los que se cuente con la colaboración de CPIs.</p> <p><i>No hay limitaciones temáticas, pero se prestará atención especial a los proyectos en: tecnologías medioambientales, de la información y de las comunicaciones, de los materiales y biotecnología.</i></p> | <p><i>PYMEs o agrupaciones de éstas, entendiéndose por tales la definición que de las mismas recogen las directrices comunitarias vigentes.</i></p> | <p>Se subvenciona hasta el 60% del presupuesto total del proyecto.</p> <p>Costes subvencionables:</p> <ul style="list-style-type: none"> Personal. Adquisición y utilización de instalaciones, equipos, instrumentos, aparatos y demás material inventariable, destinados solo al proyecto. Otros gastos de funcionamiento (materiales, suministros y productos similares) directamente derivados de la actividad de investigación. Servicios de asesoría y similares utilizados solamente para este proyecto, incluida la investigación, los conocimientos técnicos, las patentes, etc. y adquiridos a fuentes externas. Gastos generales suplementarios del proyecto. |

TABLA ANEXA

ALGUNOS EJEMPLOS DE AYUDAS A LA FINANCIACIÓN DE LA I+D E INNOVACIÓN, ASOCIADAS A LA COLABORACIÓN CON EL SECTOR PÚBLICO DE INVESTIGACIÓN (CONTINUACIÓN)

| Instru- mento | Finalidad y Programas o Áreas Científicas incluidas | Participantes/ Beneficiarios | Modalidad de financiación | |
|------------------|--|--|--|---|
| Ámbito Nacional | Proyectos Coordinados ² | Proyectos de I+D donde participan, al menos, 2 empresas independientes, junto con un Centro de Investigación o un Centro de Innovación y Tecnología (CIT). El objetivo es fomentar la realización de actividades conjuntas de I+D entre entidades de los sectores público y privado. <i>Los proyectos pertenecerán a las áreas de: Sociedad de la información; Transporte y sus infraestructuras; Biotecnología y Salud y Farmacia.</i> | Solicita la entidad colaboradora (Centro de Investigación o CIT que actuará como "coordinador del proyecto") y reciben fondos esta y todos los demás participantes en el consorcio, ya sean Centros de Investigación, CITs o Empresas. | Subvenciones, que se ajustarán a: <ul style="list-style-type: none"> • Empresas: cantidad máxima subvencionable - 35% del coste total de su participación en el proyecto. • CIT: cantidad máxima subvencionable - 50% del coste total de su participación en el proyecto. • Centros de Investigación: hasta el 100% de los costes marginales de su participación, excluidos, los costes de personal fijo vinculado a los mismos. |
| | Proyectos Concentrados ² | Proyectos concertados de investigación y desarrollo industrial de empresas con Universidades y CPIs, dirigidos a fomentar la I+D cooperativa. <i>Los Proyectos pertenecerán a las áreas de: Biotecnología; Alimentos; Agrario; Medio Ambiente; Clima; Recursos Hídricos; C y T Marinas; Antártida, Tecnologías Avanzadas de la Producción; Materiales; TICs; Telemática; Procesos Químicos; Salud; Espacio y Física de Altas Energías.</i> | Empresas que, para realizar un proyecto de investigación y desarrollo industrial que se encuadre en alguno de los objetivos citados, lleguen a un acuerdo contractual con un CPI. | Ayudas reembolsables, sujetas a que la cuantía de la financiación pública, aisladamente o en concurrencia con otras subvenciones o ayudas de entes públicos, nacionales o internacionales, pueda exceder el 50 % del presupuesto total del proyecto. En el caso de PYMES, la ayuda podrá incrementarse en un 10 % adicional. |
| | Proyectos PETRI ² | Ayudas a proyectos o líneas de investigación en curso, de carácter básico u orientado que han dado lugar a resultados científicos con posible aplicación industrial y precisan de una dotación económica complementaria para obtener resultados potencialmente transferibles a una empresa o sector industrial que muestre interés en los mismos, pudiendo contar con el concurso de un Centro Tecnológico (CT). <i>Programas del PN I+D.</i> | Personas físicas con capacidad investigadora, dependientes de CPIs. Para la modalidad en que interviene un CT, se deberá presentar la solicitud conjuntamente con el responsable de la realización del proyecto en dicha entidad. Ambas entidades (CPIs y CTs), recibirán los fondos. | Subvenciones, destinadas a financiar, total o parcialmente, los gastos marginales del desarrollo del proyecto. La subvención se complementará con las aportaciones de la empresa o empresas interesadas. Gastos marginales: <ul style="list-style-type: none"> • Contratación de nuevo personal para el proyecto, excluyendo la financiación de personal con relación laboral ya establecida. • Costes directos (inventariable, fungible y viajes) vinculados al desarrollo del proyecto, excluyendo costes indirectos, amortizaciones y gastos generales de mantenimiento. |
| | Proyectos Cooperativos ² | Proyectos cooperativos de investigación y desarrollo industrial de empresas con centros de innovación y tecnología (CIT), denominación más actualizada de los CT. | Empresas que, para realizar un proyecto de investigación y desarrollo industrial, lleguen a un acuerdo contractual con un CIT. | Ayudas reembolsables, sujetas a que la cuantía de la financiación pública, aisladamente o en concurrencia con otras subvenciones o ayudas, nacionales o internacionales, pueda exceder el 50 % del presupuesto total del proyecto. En el caso de PYMES, la ayuda podrá incrementarse en un 10 % adicional. |
| | Acciones IDE ² | Ayudas para la contratación temporal, por parte de empresas, de doctores de reciente graduación; que, en un futuro, podrían llegar a incorporarse a las mismas con carácter estable. La contratación deberá realizarse por el período mínimo de un año y los doctores deberán asignarse a tareas innovadoras acordes con su preparación y titulación. <i>Programas del PN I+D.</i> | Solicitan las ayudas las empresas, en particular PYMES, que deseen iniciar un proceso innovador, reforzar una línea innovadora existente o impulsar nuevas actividades innovadoras. La contratación del doctor será por un año como mínimo y por una cuantía anual bruta de al menos 4.450.000 Ptas., incluyendo la Seguridad Social. | Subvenciones para la empresa por cada doctor contratado durante el período de un año por valor de 3.000.000 Ptas. Podrá otorgarse una nueva ayuda por valor de 1.500.000 Ptas., en el caso en que la empresa y el doctor decidan ampliar la duración del contrato por un segundo año. |
| | Acciones MIT ² | Ayudas para fomentar la movilidad de investigadores y tecnólogos entre los ámbitos científico, tecnológico y empresarial y, en particular, entre CPIs, CIT, y empresas, a través de becas destinadas a la formación mediante la movilidad de una persona, dentro del territorio nacional, desde su centro de origen (CPI) a un centro de acogida (CIT, empresas y entidades públicas empresariales), en el cual el beneficiario realiza una estancia y desarrolla un plan de trabajo específico. <i>Programas del PN I+D.</i> | Modalidad de Formación F1: Becas para trabajos de licenciatura o proyectos fin de carrera, destinadas a licenciados, o estudiantes de último curso de escuelas técnicas superiores, con el fin de realizar estos trabajos en una empresa o CIT. Los peticionarios de las becas serán los CPIs. Modalidad de Formación F2: Becas para tesis doctorales, destinadas a licenciados o titulados de nivel equivalente que propongan un proyecto para la realización de su tesis doctoral en un departamento de I+D, o análogo, de una empresa o CIT. | Modalidad F1: La cuantía de las becas será de 350.000 Ptas. El abono de las becas se efectuará directamente al CPI peticionario, que las entregará a los beneficiarios. Modalidad F2: La cuantía de las becas será de 110.000 Ptas. brutas mensuales durante la primera y segunda anualidad y de 120.000 Ptas. durante las anualidades tercera y cuarta. Además, la dotación cubrirá los precios públicos de los cursos de doctorado, un seguro de accidentes corporales y un seguro de asistencia médica. |

² En el marco del Programa Nacional de Fomento de la Articulación del Sistema de Ciencia-Tecnología-Industria (PACTI), del Plan Nacional de I+D.

Apéndice

APÉNDICE

| <i>Miembros del Sistema MadrI+D</i> | <i>Datos de Contacto:</i> | | |
|---|---------------------------|--------------|--------------------------------|
| | <i>Teléfono</i> | <i>Fax</i> | <i>e-mail</i> |
| Cámara de Comercio e Industria de Madrid | 91 538 36 47 | 91 538 37 18 | ate1@camaramadrid.es |
| CEDEX | 91 335 74 79 | 91 335 72 22 | apastor@cedex.es |
| Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas..... | 91 335 74 00 | | |
| CEIM..... | 91 411 53 17 | 91 562 75 37 | ccosta@ceim.es |
| Confederación de Empresarios de Madrid | | | |
| CEM..... | 91 807 47 47 | 91 807 48 07 | jmbernabe@mfom.es |
| Centro Español de Metrología | | | |
| CIEMAT | 91 346 63 62 | 91 346 60 79 | claver@ciemmat.es |
| Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas | | | |
| CETEMA..... | 91 301 36 90 | 91 331 54 72 | agarcia@uno.cetema.es |
| Centro Tecnológico de Madrid | | | |
| CSIC..... | 91 585 53 01 | 91 585 52 87 | OTT@Fresno.CSIC.es |
| Consejo Superior de Investigaciones Científicas | | | |
| FUE..... | 91 663 68 57 | 91 663 67 83 | fuesotillo@mad.servicom.es |
| Fundación Universidad-Empresa | | | |
| INTA | 91 580 18 34 | 91 520 19 39 | dolzf@inta.es |
| Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial | | | |
| ISCIII..... | 91 387 78 27 | 91 387 78 32 | jmedrano@isciii.es |
| Instituto de Salud Carlos III de Madrid | | | |
| ITGE..... | 91 349 59 35 | 91 442 62 16 | antonio.castellano@itge.mma.es |
| Instituto Tecnológico Geominero de España | | | |
| UA..... | 91 885 45 61 | 91 885 45 44 | otriuah@uah.alcala.es |
| Universidad de Alcalá..... | 91 885 45 68 | 91 885 45 45 | |
| | 91 885 51 22 | 91 885 45 84 | |
| | 91 885 48 98 | | |
| UAM..... | 91 397 52 72 | 91 397 41 23 | antonio.verde@fguam.es |
| Universidad Autónoma de Madrid | | | |
| UCIIM..... | 91 624 99 27 | 91 624 99 30 | virapa@pa.uc3m.es |
| Universidad Carlos III de Madrid | | | |
| Universidad Pontificia de Comillas..... | 91 540 61 55 | 91 541 58 12 | investigacion@otri.upco.es |
| UCM..... | 91 394 63 71 | 91 394 63 82 | otri@eucmax.sim.ucm.es |
| Universidad Complutense de Madrid | 91 394 63 74 | | |
| | 91 394 63 76 | | |
| UNED..... | 91 398 74 36 | 91 398 74 96 | Golle@bm.uned.es |
| Universidad Nacional de Educación a Distancia | | | |
| UPM..... | 91 336 61 92 | 91.535.27.56 | meneses@vi.upm.es |
| Universidad Politécnica de Madrid | 91 336 59 64 | | otri1@vi.upm.es |
| | | | otri2@vi.upm.es |
| URJC..... | 91 665 51 32 | 91 665 50 93 | e.otero@rct.urjc.es |
| Universidad Rey Juan Carlos | | | |

Listado de acrónimos

| | |
|----------------|--|
| AENA | AEROPUERTOS ESPAÑOLES Y NAVEGACIÓN AÉREA |
| AENOR | ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN |
| ATYCA | APOYO A LA TECNOLOGÍA, A LA SEGURIDAD Y LA CALIDAD INDUSTRIAL (INICIATIVA) |
| CDTI | CENTRO DE DESARROLLO TECNOLÓGICO E INDUSTRIAL (MINER) |
| CEDEX | CENTRO DE ESTUDIOS Y EXPERIMENTACIÓN DE OBRAS PÚBLICAS |
| CEHIPAR | CANAL DE EXPERIENCIAS HIDRODINÁMICAS DE EL PARDO |
| CEIM | CONFEDERACIÓN DE EMPRESARIOS DE MADRID |
| CEM | CENTRO ESPAÑOL DE METROLOGÍA |
| CERN | CENTRO EUROPEO DE INVESTIGACIÓN NUCLEAR |
| CETEMA | CENTRO TECNOLÓGICO DE MADRID, S.A. |
| CICYT | COMISIÓN INTERMINISTERIAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA |
| CIEMAT | CENTRO DE INVESTIGACIONES ENERGÉTICAS, MEDIOAMBIENTALES Y TECNOLÓGICAS |
| CIT | CENTRO DE INNOVACIÓN Y TECNOLOGÍA |
| CM | COMUNIDAD DE MADRID |
| COTEC | FUNDACIÓN COTEC PARA LA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA |
| CPI | CENTRO PÚBLICO DE INVESTIGACIÓN |
| CRAFT | COOPERATIVE RESEARCH ACTION FOR TECHNOLOGY |
| CSIC | CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS |
| CSN | CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR |
| CT | CENTRO TECNOLÓGICO |
| CYT | CIENCIA Y TECNOLOGÍA |
| EDP | EQUIVALENCIA A DEDICACIÓN PLENA |
| EPO | ENTE PROMOTOR OBSERVADOR |
| ETSI | ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA |
| FEDER | FONDOS ESTRUCTURALES DE DESARROLLO REGIONAL |
| FGUAM | FUNDACIÓN GENERAL DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MADRID |
| FUE | FUNDACIÓN UNIVERSIDAD-EMPRESA |
| I+D | INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO |
| IDT | INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO |
| IES | INSTITUTO DE ENERGÍA SOLAR |
| IIP | INVESTIGACIÓN INDUSTRIAL Y/O PRECOMPETITIVA |
| IMADE | INSTITUTO MADRILEÑO PARA EL DESARROLLO |
| INE | INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA |
| INI | INSTITUTO NACIONAL DE INDUSTRIA |
| INTA | INSTITUTO NACIONAL DE TÉCNICA AEROESPACIAL |
| ISCIII | INSTITUTO DE SALUD CARLOS III |
| ITGE | INSTITUTO TECNOLÓGICO Y GEOMINERO DE ESPAÑA |
| LRU | LEY DE REFORMA UNIVERSITARIA |
| MINER | MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGÍA |
| MIT | MOVILIDAD DE INVESTIGADORES Y TECNÓLOGOS |
| OCDE | ORGANIZACIÓN PARA LA COOPERACIÓN Y EL DESARROLLO ECONÓMICO |
| OCM | CONSEJO DE GOBIERNO DE LA COMUNIDAD DE MADRID |
| OEPM | OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS |
| OPI | ORGANISMO PÚBLICO DE INVESTIGACIÓN |
| OTRI | OFICINA DE TRANSFERENCIA DE RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN |
| OTT | OFICINA DE TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA |
| PACTI | PROGRAMA NACIONAL DE FOMENTO DE LA ARTICULACIÓN DEL SISTEMA CIENCIA-TECNOLOGÍA-INDUSTRIA |
| PATI | PLAN DE ACTUACIÓN TECNOLÓGICA INDUSTRIAL |
| PCT | TRATADO DE COOPERACIÓN EN MATERIA DE PATENTES |
| PETRI | PROGRAMA DE ESTÍMULO A LA TRANSFERENCIA DE RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN |
| PIB | PRODUCTO INTERIOR BRUTO |
| PIBCF | PIB AL COSTE DE LOS FACTORES |
| PIBPM | PIB AL PRECIO DE MERCADO |

| | |
|---------------|---|
| PN I+D | PLAN NACIONAL DE I+D |
| PYME | PEQUEÑA Y MEDIANA EMPRESA |
| RETI | RED DE REGIONES INNOVADORAS EN EUROPA |
| RIS | REGIONAL INNOVATION STRATEGIES |
| RITTS | REGIONAL INNOVATION AND TECHNOLOGY TRANSFER STRATEGIES |
| SCI | SCIENCE CITATION INDEX |
| SCTI | SISTEMA DE CIENCIA-TECNOLOGÍA-INNOVACIÓN |
| SUMIT | SERVICIO DE LAS UNIVERSIDADES DE MADRID PARA LA INFORMACIÓN TECNOLÓGICA |
| TIC | TECNOLOGÍA DE LA INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES |
| UA | UNIVERSIDAD DE ALCALÁ DE HENARES |
| UAM | UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MADRID |
| UCIIM | UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID |
| UCM | UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID |
| UE | UNIÓN EUROPEA |
| UNED | UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN A DISTANCIA |
| UPM | UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID |
| URJC | UNIVERSIDAD REY JUAN CARLOS |
| VAB | VALOR AÑADIDO BRUTO |

**TÍTULOS PUBLICADOS
POR LA DIRECCIÓN GENERAL
DE INVESTIGACIÓN**

1. La innovación tecnológica en trece sectores de la Comunidad de Madrid
2. Cooperación tecnológica entre centros públicos de investigación y empresa
3. Investigación y desarrollo en la Comunidad de Madrid
4. Madrid, Centro de Investigación e Innovación

Publicación especial

PRICIT:
III Plan Regional de Investigación
Científica e Innovación Tecnológica
2000-2003

Disponibles en Internet
<http://www.madrimasd.org>

PVP: 2.000 Ptas.