

EL SISTEMA ESPAÑOL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA: EVALUACIÓN Y PERSPECTIVAS*

*(Palabras Clave: Investigación
y Desarrollo (I+D), Tecnología, España)*
*(Key Words: Research and
Development (R&D), Technology, Spain)*

José Emilio Navas López**

1. INTRODUCCIÓN

La investigación científica y el desarrollo tecnológico en España han sufrido a lo largo de bastantes décadas una serie de deficiencias históricas que han situado al país en una posición manifiestamente desfavorable, en cuanto a capacidad tecnológica y competitividad empresarial, respecto a los principales países de su entorno socioeconómico.

Sin embargo, a partir de la segunda mitad de los años ochenta, se ha empezado a desarrollar un esfuerzo importante para romper con esa situación, que tiene sus pilares básicos en dos hechos significativos: el diseño de un marco institucional para el sistema de ciencia y tecnología a nivel nacional y la incorporación de España como miembro de pleno derecho a la Unión Europea. Ambos factores van tener una incidencia decisiva en el impulso del conocimiento científico y tecnológico, hasta desembocar en la situación actual.

A la vista de estos planteamientos, el objetivo de este trabajo consiste en analizar la experiencia española en el desarrollo de su sistema de ciencia y tecnología a lo largo de los diez últimos años, la evaluación de la situación actual, así como las posibles perspectivas para el futuro más cercano, consecuentemente con los resultados conseguidos. Para ello, se hace una breve consideración de los antecedentes históricos y de las características actuales del sistema y del marco teórico acerca de los criterios que permiten identificar los logros alcanzados.

2. ANTECEDENTES DEL SISTEMA ESPAÑOL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Como se ha expuesto anteriormente, la investigación científica y el desarrollo tecnológico en España se han caracterizado tradicionalmente por una serie de graves carencias, debidas a distintos factores como pueden ser la falta de apoyo institucional y de iniciativa empresarial, la escasez de recursos o el aislamiento internacional. La síntesis más exacta de

(*) Original recibido en marzo de 1997 y revisado en julio de 1997.

(**) Catedrático de Organización de Empresas de la Universidad Complutense de Madrid.

esta situación sería la ausencia de estímulos y la escasez de instrumentos correctos para su desenvolvimiento más adecuado (Lafuente y Oro, 1992).

Salvo honrosas excepciones, como las que se consideran a continuación, la historia española en este campo no ha ofrecido datos para el optimismo, desenvolviéndose el sistema dentro de una atonía generalizada de la que parecía era difícil de escapar.

El primer organismo que se crea en este ámbito data de 1907 cuando se funda la Junta para la Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas, con el ánimo de fomentar el desarrollo científico y la movilidad de los investigadores. Este organismo es el origen de uno de los entes fundamentales del sistema español, como es el Consejo Superior de Investigaciones Científicas, creado en 1939, que aglutinó prácticamente toda la investigación pública realizada en el país en las siguientes décadas.

Dos hechos importantes aparecen a continuación: la creación de la Comisión Asesora de Investigación Científica y Técnica, en 1958, con el encargo de planificar y coordinar los recursos públicos en investigación, y el Fondo Nacional para el Desarrollo de la Investigación Científica y Técnica, en 1964, como instrumento presupuestario público para aportar recursos financieros al sistema.

Sin embargo, en todo este período y hasta fechas muy recientes, la actividad científica y tecnológica es muy reducida en el conjunto del país. Toda esta etapa muestra muy claramente las deficiencias del sistema, que desemboca en una situación de alta precariedad a principios de la década de los años 80. Las características básicas que definen la situación de este período se pueden resumir en los siguientes puntos:

- Esfuerzo insuficiente de las administraciones públicas para el fomento de la investigación.
- Desarticulación del sistema respecto a las actividades de todos los agentes sociales interesados, tanto públicos como privados.
- Carencia de programación finalista, con orientación definida hacia objetivos concretos e identificación de áreas prioritarias de actuación.

Esta situación empieza a modificarse en la segunda mitad de los años 80, el definirse una serie de instrumentos operativos que van a dar un impulso importante al sistema. A esta modificación no es ajena la incorporación española en 1986 a la entonces denominada Comunidad Económica Europea.

3. CARACTERÍSTICAS ACTUALES DEL SISTEMA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

En efecto, a partir de mediados de los años 80, se crean distintos instrumentos de orden jurídico, administrativo y económico que van a tratar de romper con las deficiencias históricas, antes apuntadas, y de acercarnos a los parámetros que en los países del entorno más cercano definen la situación en este campo. Las principales actuaciones desarrolladas son las que se analizan a continuación.

3.1. La Ley de la Ciencia

La primera actuación significativa la constituye la publicación en 1986 de la Ley de Fomento y Coordinación General de la Investigación Científica y Técnica (Ley 13/1986, de 14 de Abril), comúnmente conocida como Ley de la Ciencia, que constituye el marco normativo e instrumental que, por primera vez en la historia del país, sienta las bases para el desarrollo de una política científica y tecnológica a nivel nacional.

La ley determina la creación de nuevos mecanismos de actuación constituidos por varios órganos que garantizan la correcta participación del conjunto de agentes sociales, tanto públicos como privados, que configuran el sistema. De estos organismos, sin duda, el más importante es la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (CICYT). La ley le otorga la misión de la asignación de fondos públicos así como del fomento y la coordinación general de la investigación en España. Además, es la encargada de la elaboración, coordinación, evaluación y seguimiento del Plan Nacional de Investigación y Desarrollo (I+D).

3.2. El Plan Nacional de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico

El Plan Nacional de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico (PNICDT) es la figura central del sistema como mecanismo integrador de los esfuerzos de presupuestación, fomento y gestión tendentes a conseguir los objetivos básicos definidos por la CICYT. Los objetivos y las acciones a emprender, que tratan de resolver las deficiencias históricas del sistema, aparecen representados en la figura 1.

El plan globaliza el esfuerzo financiero dentro de la Administración en materia de investigación científica y técnica y comprende el conjunto de programas que se han de abordar, tanto por el sector público como por acuerdo con el sector privado, en función de los objetivos previstos para cada uno. En este sentido, el plan se convierte en el instrumento principal para el desarrollo de la investigación en las empresas, promoviendo la comunicación y las actuaciones concertadas entre éstas y los centros públicos de investigación.

El plan se estructura en una serie de programas relacionados con áreas de interés científico y tecnológico. Dichos programas tienen objetivos propios y sirven de marco para la realización de un gran número de proyectos concretos realizados tanto por organismos públicos como por empresas o instituciones privadas. El plan agrupa los programas en los siguientes cuatro tipos:

- *Programas nacionales:* Atienden a objetivos de interés nacional y se relacionan con todas las fases del proceso científico-técnico, desde la investigación básica hasta el desarrollo industrial. Son elaborados, gestionados, evaluados y controlados por la CICYT y se financian a través del Fondo Nacional para el Desarrollo de la Investigación Científica y Técnica.
- *Programas sectoriales:* Atienden a materias de I+D propias de los distintos departamentos ministeriales y de otros organismos públicos de titularidad estatal y son ejecutados en todo o en parte por los departamentos ministeriales, quienes los someten al conocimiento y aprobación de la CICYT. Abarcan una o varias fases del proceso científico tecnológico.

**FIGURA 1:
OBJETIVOS Y ACCIONES DEL PLAN NACIONAL DE I+D**

Deficiencias históricas del Sistema	Objetivos Genéricos del Plan Nacional	Objetivos instrumentales	Acciones
Esfuerzo insuficiente	Fomento	Crecimiento del Sistema – A corto plazo – A medio plazo: Capitalización Movilización de recursos empresariales	Crecimiento del Sistema – A corto plazo. Presupuestos públicos – A medio plazo: Capitalización * Investigación básica: Promoción General del Conocimiento * Infraestructura * Formación de Personal Investigador Movilización de recursos empresariales – Proyectos Concertados
Desarticulaciones del Sistema	Coordinación	Coordinación – Ciencia Tecnológica Industria – Desarrollo nuevo marco institucional – Coordinación pública y apoyo participación española en Programas Internacionales	Coordinación – Ciencia Tecnológica Industria * OTRI/OTT * PETRI * Intercambios industrial-OPI * Proyectos Concertados – Desarrollo nuevo marco institucional – Desarrollo y seguimiento de Programas Internacionales
Carencia de Programación – Carácter no finalista de la investigación – Ausencia de prioridades	Programación	Programación – Concentración finalista	Programación – Investigación orientada – Programas Nacionales – Programas de CCAA

Fuente: Lafuente y Oro (1992, p.29)

- *Programas acordados con las Comunidades Autónomas*: son los que acuerdan las Comunidades Autónomas con la CICYT que se incluyan en el Plan Nacional, estando previstos en la propia programación de las comunidades, en función de su interés.
- *Proyectos integrados*: son proyectos definidos en determinadas áreas de interés estratégico, que requieren un gran esfuerzo interdisciplinar y/o responden a una problemática socio-económica específica.

Los instrumentos que maneja el plan giran en torno a la dotación de infraestructura científico-técnica de los equipos, la formación del personal investigador, la realización de proyectos de I+D, la constitución de equipos de investigación y la creación de sinergias para el desarrollo conjunto de distintas actividades por parte de todos los agentes sociales del país.

El I Plan Nacional se desarrolló durante el cuatrienio 1988-1991. En 1991, se aprobó el II Plan Nacional para el período 1992-95, y en 1995, el III Plan Nacional para el nuevo período 1996-1999, cuyos programas principales aparecen en la figura 2 (CICYT, 1996b).

**FIGURA 2:
EL III PLAN NACIONAL DE I+D (1996-99)**

PROGRAMAS NACIONALES	PROGRAMAS SECTORIALES
Área de Calidad de Vida y Recursos Naturales Biotemología Salud Tecnología de alimentos I + D agrario I + D en medio ambiente I + D sobre el clima Recursos hídricos Ciencia y tecnología marina Investigación en la antártica	Promoción General del Conocimiento (M. de Educación) Formación del Profesorado y Perfeccionamiento del personal Investigador (M. de Educación) I + D Agrario y Alimentario (M. de Agricultura) Fondo de Investigación Sanitaria (M. de Sanidad) Estudio de las Mujeres y del Género (M. de Asuntos Sociales)
Área de Tecnología de la Producción y las comunicaciones Tecnologías avanzadas de producción Investigación espacial Materiales Tecnologías de la información y las comunicaciones Telemática Tecnologías de procesos químicos	PROGRAMAS ACORDADOS CON LAS COMUNIDADES AUTÓNOMAS Química Fina (Generalidad de Cataluña)
Programas Horizontales y Especiales Fomento de la articulación del sistema de Ciencia-Tecnología-Industria (PACTI) Formación del personal investigador Física de altas energías Estudios sociales y económicos	PROYECTOS INTEGRADOS Tecnologías de la rehabilitación

3.3. El Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial

El Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI) es un organismo público, creado en 1977 con la colaboración del Banco Mundial, para estimular la investigación, el desarrollo y la innovación tecnológica de la industria nacional. Con la aparición de la Ley de la Ciencia, el CDTI se constituye, además, en la pieza clave para impulsar la participación de las empresas en el Plan Nacional y en las actividades internacionales de I+D.

La principal tarea que se le encomienda es la de dar apoyo financiero al desarrollo de proyectos tecnológicos que realicen las empresas, asumiendo, junto con el empresario, una parte del riesgo que necesariamente incorporan este tipo de proyectos. Pero además se le encomienda otras funciones como son: promocionar la explotación industrial de las tecnolo-

gías desarrolladas por las empresas, promover la colaboración entre industrias y centros de investigación o gestionar la participación de las empresas e instituciones españolas en los programas internacionales de I+D.

En relación con las empresas, el CDTI presta su colaboración para la realización de los siguientes tipos de proyectos (CDTI, 1995):

- 1) *Proyectos concertados*: Se trata de proyectos de investigación precompetitivos que suponen un riesgo técnico elevado y cuyos resultados no son directamente comercializables. En general, se articulan en colaboración con un centro público de investigación.
- 2) *Proyectos de desarrollo tecnológico*: Se trata de proyectos que involucran un riesgo técnico medio y que implican el desarrollo de nuevos procesos y/o productos de cara a su comercialización.
- 3) *Proyectos de innovación tecnológica*: Son proyectos industriales que persiguen la adaptación e incorporación a las empresas de nuevas tecnologías o de tecnologías ya existentes. Presentan un bajo riesgo técnico y un corto período de maduración.
- 4) *Proyectos de promoción tecnológica*: Son proyectos destinados a prestar ayuda financiera a las empresas españolas que, habiendo desarrollado una tecnología novedosa, desean comercializarla en el exterior.

Para apoyar y fomentar la realización de estos tipos de proyectos de investigación, el CDTI cuenta con las siguientes modalidades de financiación (CDTI, 1995):

- 1) *Créditos sin interés*: El objetivo de esta modalidad es suministrar financiación a largo plazo, sin coste financiero, y resulta apropiada para proyectos de alto riesgo técnico y larga duración. Incluye la cláusula de riesgo técnico que determina que, en caso de que el proyecto no se desarrolle con éxito, la empresa queda exenta de devolver la totalidad de la cantidad prestada.
- 2) *Créditos privilegiados*: Créditos a interés inferior al de mercado, en los que también se incluye la cláusula de riesgo técnico. Es la modalidad más habitual.
- 3) *Créditos subordinados*: Para proyectos de alto interés tecnológico y alto riesgo técnico y comercial, y que necesiten una financiación a largo plazo. La amortización se realiza mediante cuotas que están ligadas al cash-flow que se genere.
- 4) *Créditos subsidiados*: Para proyectos que impliquen bajo riesgo tecnológico, corto período de desarrollo y claras posibilidades de introducción de productos definidos en el mercado. Se aplican siempre en colaboración con una entidad financiera y subvenciona una parte del tipo de interés ordinario.

Para cubrir las necesidades financieras de las empresas españolas que participan en los programas internacionales, también aparecen los llamados créditos de prefinanciación. Se

trata de créditos privilegiados, en los que el CDTI no asume el riesgo técnico y el plazo de amortización se corresponde con el cobro por parte de la empresa de la ayuda internacional.

3.4. Las Oficinas de Transferencia de Resultados de Investigación

La Red de Oficinas de Transferencia de Resultados de Investigación (Red OTRI) es la estructura que el Plan Nacional ha creado para poner en práctica los mecanismos e instrumentos de transferencia de tecnología necesarios para una mayor integración de los elementos del sistema de ciencia, tecnología e industria y, en concreto, las empresas y los centros públicos de investigación españoles. Las OTRIS empezaron a constituirse en los últimos años de la década de los 80 para prestar, entre otros, los siguientes servicios (CICYT, 1989):

- Disponen de un banco de datos de conocimientos, infraestructura y oferta de I+D de su respectiva Universidad o Institución.
- Identifican los resultados transferibles generados por los grupos de investigadores activos y los difunden entre las empresas.
- Facilitan la transferencia de dichos resultados a las empresas, o en su caso, la correcta asimilación de tecnologías foráneas.
- Colaboran en el intercambio de personal entre las empresas y los organismos públicos de investigación.

La Oficina de Transferencia de Tecnología (OTT), perteneciente a la Secretaría General del Plan Nacional de I+D, es la encargada de coordinar y potenciar toda la Red OTRI. A principios de 1997, se habían creado 91 OTRIS, entre universidades públicas y privadas, centros públicos de investigación y asociaciones sectoriales de investigación.

3.5. Los Programas Marco de la Unión Europea

El atraso tecnológico que sufren la mayoría de los países europeos respecto a Estados Unidos y Japón, ha llevado a plantearse a la propia Unión Europea (UE) la posibilidad de desarrollar, de forma conjunta entre sus países miembros, una serie de programas en el campo de la ciencia y la tecnología al objeto de paliar este atraso.

Lo que se pretende con estos programas es optimizar los recursos que se pueden dedicar a las actividades de I+D, evitando solapamientos en el esfuerzo de cada uno de los países, con el objetivo último de fortalecer la base científica y tecnológica de las industrias europeas para hacerlas más competitivas. Para ello se exige que en cada proyecto figuren centros y/o empresas de al menos dos países comunitarios.

El instrumento central que domina el sistema es el Programa Marco Comunitario, que es un documento que establece las grandes líneas de investigación, define prioridades y fija dotaciones presupuestarias. Constituye el punto de arranque de la mayor parte de las acciones comunitarias en I+D.

En concordancia con las diversas modalidades de investigación, la UE utiliza diversos tipos de contratos a la hora de financiar los proyectos (CICYT, 1990):

- 1) *Contrato de costes totales o compartidos*: Es el tipo de contrato habitual con industrias, en el que la UE aporta normalmente un 50% del presupuesto, que incluye la totalidad de los costes relacionados, tanto directa como indirectamente, con el proyecto.
- 2) *Contrato de costes marginales*: Es la modalidad habitual de contrato con Universidades y centros públicos de investigación. En este caso, el presupuesto del proyecto se prepara contando tan sólo aquellos gastos que no están cubiertos en el funcionamiento habitual del centro. La aportación de la UE en este caso suele alcanzar la totalidad del presupuesto.
- 3) *Contrato de asociación*: Es un tipo reservado a proyectos de gran escala y amplia duración: para estos casos la UE nombra un Comité de Gestión responsable de la marcha del proyecto, en el que suelen intervenir grandes empresas (por ejemplo, energía nuclear).

Como se puede observar en la figura 3, los Programas Marco son quinquenales y tienen una determinada dotación económica, a partir de la cual se conceden las ayudas financieras. La cuantía de esta dotación revela la importancia que en cada momento se le concede a la promoción de la I+D comunitaria. En este sentido, el actual Programa Marco significa un paso hacia adelante muy importante en relación con los anteriores.

**FIGURA 3:
LOS PROGRAMAS MARCO DE LA UNIÓN EUROPEA**

	DURACIÓN	DOTACIÓN (millones Ecus)
I Programa Marco	1983-1987	4.000
II Programa Marco	1987-1991	5.400
III Programa Marco	1990-1994	5.700
IV Programa Marco	1994-1998	12.300

El actual IV Programa Marco 1994-98 incide principalmente en el desarrollo de investigaciones dentro del campo de las tecnologías de la información, industriales, del medio ambiente, energía, ciencias de la vida, transporte e investigación socioeconómica.

3.6. Otras actuaciones en el marco de la Unión Europea

El sistema de ciencia y tecnología dentro del marco de la UE se completa, evidentemente, con otras actuaciones que, desde puntos de vista dispares y con fines muy concretos, diseñan el esquema de la actividad comunitaria en este ámbito.

Entre ellas destaca el Centro Común de Investigaciones, que con laboratorios en distintos países desarrolla proyectos propios de investigación financiados íntegramente por la UE, el Programa SPRINT para el fomento de la transferencia de tecnología entre las pequeñas empresas, actuaciones en el campo de la educación y la formación y programas específicos para el sector del carbón y del acero.

Todo ello, diseña un amplio y complejo entramado de actuaciones tendentes a favorecer las actuaciones de las empresas y organismos de investigación europeos en el campo de la ciencia y la tecnología.

3.7. Otras actuaciones internacionales

Dentro del resto de las actuaciones internacionales a las que tiene acceso el estado español, destacan dos de un interés especial: el Programa EUREKA, como programa europeo supracomunitario que integra a todos los países de la Europa occidental, y el Programa CYTED, en el que participan todos los países latinoamericanos.

Los objetivos del Programa EUREKA, creado en 1985, son similares a los de los Programas-Marco si bien, al objeto de evitar solapamientos en sus actuaciones respectivas, en EUREKA se pueden encontrar dos matices diferenciales: son proyectos muy grandes, que generalmente incluyen a empresas o instituciones de varios países, y tienen una finalidad mucho más práctica, pues sus resultados deben ser más directamente explotables.

Por su parte, el Programa CYTED (Ciencia y Tecnología para el Desarrollo), respecto a los países de América Latina, busca potenciar el desarrollo económico a través de la ciencia y la tecnología, no solo mediante el fomento de proyectos de investigación comunes (denominado IBEROEKA, extrapolando la fórmula europea a latinoamérica), sino también a partir de la creación de redes temáticas, impulsoras de la cooperación internacional de los países participantes.

4. CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Para poder llevar a cabo un análisis de los resultados de la experiencia española en ciencia y tecnología es preciso acudir a un marco teórico de referencia que identifique los criterios básicos de dicha evaluación.

A este respecto, es preciso señalar que en este ámbito conviene diferenciar dos corrientes que afectan a la evaluación: el flujo de inputs, como elementos que se incorporan al sistema para potenciar su desarrollo, y el flujo de outputs, como resultantes del proceso seguido que ponen de manifiesto la efectividad del sistema.

4.1. Criterios de evaluación del input

En relación al flujo de inputs, dos indicadores se revelan como los más adecuados para medir el esfuerzo que se introduce en el sistema: el gasto en actividades de I+D y el equipo humano comprometido con el mismo (OCDE, 1981; COTEC, 1995).

Para la evaluación del gasto, es preciso diferenciar dos conceptos:

- *Gastos internos o intramuros*: son aquellos que se realizan dentro del país, independientemente del origen de los fondos financieros utilizados. Para su cálculo hay que computar todos los gastos de personal, gastos de capital y otros gastos corrientes, siempre que estén directamente relacionados con las actividades de I+D. Explican los gastos realmente ejecutados en el país en I+D.
- *Gastos externos o extramuros*: son aquellos financiados por el país, independientemente de donde se realizan. Su cálculo, en relación con los internos, añade los gastos ejecutados fuera del país y excluye los financiados por el exterior. Explican el esfuerzo financiero realizado por el país en I+D.

El ratio que habitualmente se suele utilizar para establecer las comparaciones internacionales de gastos es: gasto interno bruto/producto interior bruto.

Respecto a la medición del equipo humano, hay que considerar todo el personal empleado directamente en actividades de I+D, más las personas que suministran servicios directamente relacionados con la I+D, como técnicos auxiliares, gerentes o administrativos.

Sin embargo, para el cálculo del equipo humano es preciso establecer la equivalencia en dedicación plena (EDP), por persona y año, determinado a partir del número de personas que, en función de su dedicación temporal, es equivalente a una persona en dedicación a tiempo completo.

Asimismo, hay que distinguir entre investigadores propiamente dichos, definidos como las personas que trabajan en la creación o concepción de los nuevos conocimientos, y el resto del personal, dedicado a tareas auxiliares de la investigación.

Con estas consideraciones, se definen los siguientes indicadores: número de investigadores EDP por 1.000 unidades de población activa (UPA) y número de personas EDP dedicadas a la I+D por 1.000 UPA. Como es obvio, el indicador más importante es el primero.

4.2. Criterios de evaluación del output

Para medir la efectividad de un sistema de ciencia y tecnología no basta con valorar el esfuerzo realizado en I+D, tanto en gasto como en personal, sino que parece conveniente establecer algunos criterios que pongan de manifiesto los resultados conseguidos a partir de dicho esfuerzo.

Sin duda, aparecen dificultades para la valoración del resultado de la I+D, porque éste puede tener muy distintas manifestaciones en el sistema socioeconómico. Debido a ello, las

fuentes estadísticas para su medición tienen orígenes bien distintos. A pesar de estos problemas, se pueden proponer, entre otros, los siguientes indicadores (OCDE, 1981; COTEC, 1995):

- *Patentes*: valora el nuevo conocimiento obtenido, aplicable a su explotación industrial y comercial, que es susceptible de protección jurídica. El indicador sería el número de patentes por año solicitadas en el país y/o en el extranjero.
- *Comercio internacional de productos tecnológicos*: mide el nivel de intercambio entre países de bienes y servicios basados en la tecnología. A este respecto, hay que distinguir entre productos tecnológicos propiamente dichos (tecnología no incorporada) y productos de alto contenido tecnológico (tecnología incorporada). Los ratios más utilizados en el comercio internacional son: el índice de cobertura de la balanza tecnológica (tecnología no incorporada) y el índice de cobertura de los productos intensivos en I+D (tecnología incorporada).
- *Conocimiento científico*: determina el potencial científico desarrollado, medido a través del número de publicaciones en libros, revistas y cualquier otro formato, de carácter eminentemente científico. Sin embargo, en su valoración no basta el número de trabajos aparecidos sino que es preciso tener en cuenta los índices de impacto y de citaciones de las distintas publicaciones (Ayala, 1995; Gómez y Bordons, 1996).
- *Impacto en la economía*: evalúa la influencia que la tecnología pueda tener en los distintos aspectos económicos del país. Debido a su amplia diversidad, presenta importantes problemas para su medición, si bien se podrían citar, a título de ejemplo, los siguientes indicadores: índices de productividad del sistema, número de innovaciones introducidas por las empresas o tipos de tecnologías disponibles en el país.

Ciertamente, es difícil valorar cual de estos indicadores pone mejor de manifiesto los resultados del desarrollo tecnológico, por lo que habrá que limitarse a utilizar unos u otros en función de la información disponible o de los objetivos de la evaluación.

5. EVALUACIÓN DEL SISTEMA ESPAÑOL

A partir de los criterios anteriores es posible llevar a cabo una evaluación más adecuada del sistema de ciencia y tecnología español en los últimos años. Siguiendo con esta propuesta, es preciso diferenciar la evaluación de las corrientes de inputs y outputs del sistema.

5.1. Evaluación del input

Como se acaba de exponer, los indicadores de medición del input estiman el esfuerzo nacional realizado para impulsar el sistema. En el caso español, se puede evaluar no solo mediante el análisis del gasto total y del personal dedicado a actividades de I+D, sino también por la actividad desempeñada por los distintos organismos que conforman el sistema nacio-

nal. Ello incluye necesariamente las posibilidades de participación a escala internacional en ciencia y tecnología.

Se ha tomado, en general, el año 1987 como punto de partida del análisis, por ser el momento en el que empieza a configurarse el moderno sistema de ciencia y tecnología español, tal como se ha expuesto con anterioridad. En relación con la evaluación del gasto total y del equipo humano dedicado a tareas de I+D, los datos de los últimos años aparecen recogidos en la figura 4.

**FIGURA 4:
EVOLUCIÓN DEL GASTO Y DEL EQUIPO HUMANO EN I+D**

Año	Gasto I + D (millones pesetas)	Gasto I + D/ PIB (%)	Nº Investigadores (EDP)	Nº Invest./ Poblac. Act. (%)	Número Personas (EDP)	Nº Person./ Pob. Act. (%)
1.987	230.509	0,64	26.462	1,8	48.103	3,3
1.988	287.689	0,72	31.170	2,1	54.337	3,7
1.989	339.324	0,75	32.812	2,2	58.024	3,9
1.990	425.829	0,85	37.534	2,5	64.582	4,3
1.991	479.372	0,87	40.476	2,7	67.446	4,4
1.992	539.919	0,92	41.421	2,7	72.822	4,8
1.993	557.403	0,91	42.999	2,8	75.734	4,8
1.994	548.154	0,85	47.481(*)	3,1(*)	79.509	5,1
1.995	557.910(*)	0,80(*)				
1.996	563.490(*)	0,77(*)				

(*) Estimaciones

Fuente: INE (1997)

Con respecto a estos datos, se puede decir que su valoración es dispar. Los indicadores de gasto muestran una evolución muy favorable desde el inicio del período hasta 1992, momento en el que se rompe la tendencia y se inicia un período de ralentización, cuando no de decaimiento, respecto al gasto realizado.

En efecto, la casi inmejorable evolución del gasto en los primeros años, se ve truncada a partir de 1993, con incrementos cada vez menores en las cifras absolutas de gasto, lo cual se traduce en reducciones del esfuerzo relativo del país en términos de porcentaje sobre PIB.

Este comportamiento, ciertamente nada deseable, puede ser debido, entre otros factores, a la crisis económica que azota el país durante esos años, la falta de prioridad política en el fomento de las actividades de I+D, el recorte en los gastos públicos para hacer frente a problemas de déficit presupuestario y las reducciones de gasto empresariales como vía de salida de la crisis. Ello hace que, incluso, el gasto nacional en 1994 sea inferior en términos absolutos al del ejercicio anterior.

Las estimaciones para los años 1995 y 1996 llevan a planteamientos bastante pesimistas que confirman la tendencia decreciente del esfuerzo nacional, iniciada en 1993. Esta situación debe ser reconducida urgentemente, hecho que se espera empiece a ocurrir a partir de 1997, para entrar en una nueva fase de crecimiento del esfuerzo relativo en I+D.

Comentario especial merece la distribución del gasto entre el sector público y el sector privado, que en la década pasada era sustentado mayoritariamente (alrededor de un 60%) por el ámbito público. La tendencia ha ido encaminada hacia un equilibrio entre los esfuerzos público y privado ya que, a mediados de la década de los noventa se puede considerar que el conjunto empresarial aporta un esfuerzo que gira en torno al 50% del total (Cotec, 1997a, p.146).

Respecto a la evolución de los investigadores y personal general dedicado a tareas de I+D, no se puede decir lo mismo que del gasto, ya que las tasas de crecimiento han seguido evolucionando muy positivamente durante todo el período analizado. En especial, el número de investigadores alcanza una tasa de crecimiento muy considerable de casi el 80%, al cabo de siete años. El crecimiento del personal dedicado a I+D, en este mismo período, es del 65%. Ello parece indicar que el esfuerzo en formación del personal investigador realizado en los primeros años de vigencia del Plan Nacional empieza a dar sus frutos.

Utilizaremos también como indicador de los flujos incorporados al sistema, la labor realizada por el CDTI desde su creación. La figura 5 proporciona los datos respecto al número de proyectos desarrollados y el volumen de recursos financieros movilizados. Se puede comprobar que, tras unos inicios ciertamente poco afortunados, a partir del año 1983, comienza una fase de consolidación, mantenida desde entonces, que le ha llevado a movilizar en este período más de medio billón de pesetas, con una aportación media cercana al 40% de los presupuestos de los proyectos. De acuerdo con estos datos, la actuación del centro puede considerarse como correcta, en los últimos años.

**FIGURA 5:
ACTUACIONES DEL CDTI**

	1978-83	1984-93	1994	1995	1996	TOTAL
Nº Proyectos aprobados	184	2.302	361	361	365	3.573
Inversión total (millones ptas)	8.625	336.631	52.694	50.907	57.000	505.857
Contribución CDTI (mill. ptas)	4.658	127.814	18.724	18.734	20.489	190.417

Fuente: CDTI (1996, 1997)

En relación con la Red OTRI, los datos de la figura 6, ponen de manifiesto una cierta debilidad respecto a la importancia de la actividad desarrollada, debida probablemente tanto a la juventud de la iniciativa como a la falta de tradición existente en este tipo de colaboraciones. Aunque se advierte un cierto dinamismo respecto a la propia creación de oficinas, hasta alcanzar 91, a comienzos de 1997, las expectativas respecto a su funcionamiento real parecen no haberse alcanzado totalmente. Respecto a los datos de 1994, es de destacar la importancia relativa que los proyectos de I+D tienen en relación al total de fondos movilizados.

FIGURA 6:
CONTRATOS GESTIONADOS POR LA RED OTRI EN 1994

NATURALEZA	NÚMERO	IMPORTE
I + D	2.436	13.518
Apoyo técnico	1.765	4.139
Acuerdos colaboradores	622	2.178
Formación	1.558	3.521
Prestación servicios	4.623	1.973
TOTAL	11.004	25.330

Fuente: CICYT (1996a)

La participación en proyectos internacionales también debe ser considerada parte del esfuerzo nacional en ciencia y tecnología ya que abre nuevas vías de participación a los agentes sociales y económicos españoles. Sin duda, la participación más relevante que debe resaltarse es en los Programas Marco comunitarios debido a la importancia y al volumen de recursos que en ellos se maneja.

La participación española en el I Programa Marco es irrelevante debido a las dos siguientes circunstancias: la incorporación tardía de España a las Comunidades Europeas respecto a la fecha de inicio del programa y el agotamiento de los fondos financieros disponibles bastante antes de la finalización del mismo. Ello hizo que hasta la puesta en marcha del II Programa Marco no aparecieran posibilidades reales de que las instituciones españolas empezaran a colaborar con el resto de sus socios europeos. Los datos globales de la participación española en los últimos años están en la figura 7.

Las cifras absolutas respecto a retornos conseguidos y número de proyectos en los que España ha participado se puede considerar importante, pero teniendo en cuenta que la contribución española a la financiación de la UE (cuando estaba compuesta por 12 miembros) estaba alrededor del 7-8%, la cifra alcanzada de retornos presupuestarios por las entidades nacionales es claramente insuficiente en esta materia. Sin embargo, tanto el número de proyectos con participantes españoles como el volumen de fondos conseguidos han aumentado porcentualmente en los últimos años.

FIGURA 7:
PARTICIPACIÓN ESPAÑOLA EN LOS PROGRAMAS MARCO DE LA UE

	II PROGRAMA MARCO	III PROGRAMA MARCO	IV PROGRAMA MARCO (1)
Financiación total (miles ECUS)	3.575.250	4.798.700	246.600
Retornos España (miles ECUS)	199.000	303.900	14.800
Porcentaje de retornos españoles	5,5	6,3	6,0
Total proyectos	4.487	7.456	977
Proyectos con participación española	983	2.015	374
Porcentaje participación española	21,9	27,0	38,0

(1) Solo para 1996 en proyectos gestionados por el CDTI

Fuente: CICYT (1996b), CDTI (1997)

Del resto de los programas internacionales los más relevantes son EUREKA e IBEROEKA. Los datos más significativos de cada uno de estos programas aparecen representados en la figura 8. Ciertamente hay una disparidad manifiesta en las cifras de uno y otro programa, pues mientras el volumen del primero es realmente espectacular, el del segundo es bastante modesto, debido tanto a la juventud del programa como al menor potencial de los países participantes.

El análisis de la participación española en EUREKA es mejor que la de los Programas Marco ya que las cifras relativas representan porcentajes superiores, al ser mayor el número de países participantes. Es de destacar el considerable número de proyectos liderados por el representante español, que alcanza casi el 10% del número total de proyectos. Respecto a IBEROEKA, la posición es de claro dominio en relación al resto de los socios latinoamericanos debido, sin duda, al mayor potencial económico e industrial que representa España respecto al resto de los países participantes.

FIGURA 8:
PARTICIPACIÓN ESPAÑOLA EN LOS PROGRAMAS EUREKA E IBEROEKA HASTA 1996

	EUREKA			IBEROEKA		
	Partic. total	Partic. española	% partic. española	partic. total	Partic. española	% partic. española
Número proyectos	1.268	275	21,7	65	64	98
Inversión total(1)	2,03(2)	95.989	5,0	12.960	8.600	66
Nº organizaciones	5.000	350	7,0	207	110	53
Proyectos liderados		117	9,2		63	97

(1) Millones de pta. (2) Billones de pta. / Fuente: CDTI (1996, 1997)

5.2. Evaluación del output

Utilizando los indicadores anteriormente expuestos, vamos a tratar de analizar el resultado que ofrece el sistema de ciencia y tecnología español en sus distintas manifestaciones. La primera hace referencia al nivel alcanzado de protección del conocimiento obtenido mediante el sistema de patentes. Los datos aparecen en la figura 9.

**FIGURA 9:
EVOLUCIÓN DE LAS PATENTES**

	PATENTES SOLICITADAS EN ESPAÑA	PATENTES SOLICITADAS/ MILLÓN HABITANTES	PATENTES ESPAÑOLAS EN EUROPA (%)
1.986	1.652	42,8	0,2
1.987	1.741	45,0	0,3
1.988	1.832	47,2	0,3
1.989	2.118	54,5	0,4
1.990	2.218	56,9	0,4
1.991	2.156	55,2	0,4
1.992	2.053	52,5	0,5
1.993	2.165	55,4	0,5
1.994	2.136	54,6	0,5

Fuente: COTEC (1996)

Evidentemente, la figura 9 muestra una tendencia positiva en cuanto a la evolución de las patentes solicitadas por agentes nacionales, tanto a nivel local como europeo, que incrementa significativamente la tasa de patentes interna por habitante y que hace doblar la participación relativa respecto del conjunto de países europeos. Sin embargo, si se compara esta última cifra con el peso relativo de la economía española en el concierto europeo, dicha participación es notablemente exigua.

También, respecto a la tasa interna, habría que considerar la evolución de los porcentajes de patentes solicitadas en cada país por residentes y no residentes del mismo, para tener una visión más completa de este indicador. En este sentido, el porcentaje de patentes solicitadas por residentes españoles respecto al total de patentes solicitadas en el país es considerablemente bajo OEPM (1996).

En cuanto al comercio internacional de productos con base tecnológica, los indicadores propuestos, que miden respectivamente la tasa de cobertura de la balanza tecnológica propiamente dicha y la tasa de cobertura del intercambio de productos de alta tecnología (PAT), se representan en la figura 10.

**FIGURA 10:
EVOLUCIÓN DEL COMERCIO INTERNACIONAL DE
PRODUCTOS TECNOLÓGICOS (1)**

	IMPORTAC. TECNOLOGÍA	EXPORTAC. TECNOLOGÍA	TASA COBERTURA TECNOLOGÍA	IMPORTAC. PAT	EXPORTAC. PAT	TASA COBERTURA PAT
1.987	795,6	143,6	18,0	16.568	9.706	58,6
1.988	1.168,2	154,3	13,2	21.446	12.025	56,1
1.989	1.460,4	262,2	18,0	27.288	14.910	54,6
1.990	1.715,6	315,4	18,4	28.235	17.174	60,8
1.991	1.841,2	518,4	28,2	30.318	19.996	66,0
1.992	2.449,9	611,2	24,9	30.664	21.279	69,4
1.993	1.647,0	765,1	46,5	25.730	20.755	80,7
1.994				29.111	25.498	87,6

(1) millones de ECUS

Fuente: COTEC (1997a)

Las cifras proporcionan una tendencia claramente positiva en la recuperación de ambas tasas de cobertura. Ciertamente, la corriente de productos de alta tecnología muestra un mayor dinamismo, si bien, la balanza tecnológica, que debe ser considerado el indicador más importante, presenta una tasa de cobertura muy reducida respecto del nivel que pudiera estimarse satisfactorio.

Un análisis más completo de la tasa de cobertura de la balanza tecnológica debe incidir en el tipo de transacciones que componen las respectivas corrientes de pagos e ingresos, evaluando el peso relativo de cada uno de ellos, por ejemplo, patentes, marcas, diseños, know-how o asistencia técnica, así como en los países de origen y destino de las corrientes de pagos e ingresos, respectivamente.

El tercer indicador que se va a utilizar para medir el output del sistema es la evolución de la producción científica española medida a través del número de publicaciones de carácter científico realizadas por autores españoles. Para analizar dicha evolución, se estiman las cuotas relativas correspondientes a la producción científica española respecto del total mundial así como de otros países significativos, tal como aparece en la figura 11.

Los resultados en este campo se pueden considerar altamente favorables ya que, no solo a nivel mundial sino prácticamente en casi todos los casos, se dobla la participación relativa de la ciencia española respecto a los principales países de nuestro entorno, al cabo de diez años.

No basta, evidentemente, la evaluación del número de publicaciones para apreciar el resultado de la ciencia española si se olvidan criterios de calidad científica. Ayala (1995) presenta un interesante trabajo en el que mide niveles de impacto de determinados artículos publicados y citados, obteniendo también resultados muy favorables para la ciencia española.

**FIGURA 11:
PORCENTAJES DE PRODUCCIÓN CIENTÍFICA ESPAÑOLA
RESPECTO DE OTROS PAÍSES**

	1.984	1.987	1.990	1.993
España/Todo el mundo	0,9	1,2	1,6	2,0
España/Francia	19,7	23,6	30,1	36,2
España/Alemania	15,7	18,3	23,2	28,8
España/Italia	39,6	50,6	56,1	60,2
España/Reino Unidos	13,1	16,6	20,6	22,6
España/Estados Unidos	2,5	3,4	4,3	5,3

Fuente: Ayala (1995), CICYT (1996a)

6. PERSPECTIVAS DEL SISTEMA ESPAÑOL

A la vista del análisis realizado de evaluación de las corrientes de inputs y outputs del sistema español de ciencia y tecnología es posible concretar algunas ideas que ayuden a interpretar el futuro más cercano.

En una primera aproximación global, se podría concluir que si bien se han realizado indudables progresos a lo largo de la última década, tanto respecto al fomento de actividades básicas para el impulso del sistema como en relación a los resultados alcanzados, ello solamente representa el inicio de un buen camino en el que siguen apareciendo insuficiencias y debilidades.

Bien es cierto que la situación de partida (primera mitad de los años ochenta) ofrecía pocas muestras de optimismo. Desde el punto de vista del input incorporado al sistema, todos los indicadores han crecido considerablemente desde entonces, si bien, a partir de 1993 se nota una cierta ralentización respecto del esfuerzo nacional en I+D, de la que es preciso salir en los próximos años. Basta comparar los datos nacionales con los de los principales países (figura 12) de nuestro entorno para entender la situación.

Comparando los datos de las figuras 4 y 12, se observa una manifiesta posición de inferioridad de nuestro país en relación con aquellos que deben servir de punto de referencia en este aspecto. El nivel de esfuerzo nacional, tanto en gasto como en personal dedicado a I+D, es claramente insuficiente cuando se compara internacionalmente. Sin embargo, la situación era mucho más dramática si se establecen las comparaciones en la primera mitad de los años 80. Ello quiere decir que se ha avanzado considerablemente, aunque aún quede bastante camino por recorrer.

FIGURA 12:
INDICADORES INTERNACIONALES DE ESFUERZO EN I+D

PAÍSES	Gastol+D/PIB		Personall+D(EDP)/1000UPA	
	1.992	1.993	1.991	1.992
Francia	2,40	2,41	12,0	12,2
Alemania	2,50	2,48	13,2	12,5
Italia	1,31	1,30	5,8	5,8
Reino Unido	2,18	2,19	9,5	9,7
Japón	3,00	2,93	14,0	14,3
Estados Unidos	2,81	2,72		
Unión Europea	1,96	1,96	9,4	9,3
OCDE	2,28	2,24		

Fuente: INE (1997)

Las previsiones del III Plan Nacional establecen, en un escenario normal, alcanzar la cifra del 1% de gasto en I+D/PIB en 1999. A la vista de las estimaciones de los últimos años, este objetivo parece difícilmente alcanzable, salvo un cambio radical en la tendencia del indicador. Si se tiene en cuenta que este mismo nivel de gasto ya se consideraba como objetivo en el I Plan Nacional para alcanzarse en 1991, la conclusión no puede ser muy halagüeña. Se va a perder casi una década para conseguir el mismo objetivo, aún en caso de alcanzarse.

Para ello y a pesar de todo, es preciso seguir desarrollando la base del propio sistema para resolver esta situación y continuar por la senda correcta en el impulso del esfuerzo en I+D. En este sentido, parece conveniente prestar atención a las siguientes líneas de actuación:

- Renovada prioridad política en el impulso de los mecanismos jurídicos, administrativos y presupuestarios para la realización de actividades de I+D.
- Mayor participación de las organizaciones empresariales en el esfuerzo nacional en I+D, como entes primarios que deben desarrollar el sistema.
- Mayor permeabilidad en la transmisión de la ciencia y la tecnología entre los distintos agentes sociales del país.

Respecto a los resultados se pueden establecer conclusiones y perspectivas similares. Se ha avanzado considerablemente aunque los resultados tienen todavía un amplio margen para la mejora. Quizás, en este punto, es preciso resaltar la conveniencia de una mayor interrelación entre el sistema de ciencia y tecnología con la industria y la sociedad, en general. Sería deseable una mayor vinculación del esfuerzo básico con la realidad, para que aquél se convierta en soporte del incremento de la competitividad empresarial y el bienestar social del país.

El proceso de acumulación del progreso científico y tecnológico es, por su misma esencia, largo y costoso. No se consigue en un breve plazo de tiempo. La tradición, la cultura y la experiencia del país juegan un papel decisivo en dicho proceso y el cambio se produce lentamente. Sin embargo, además de estos factores, el éxito viene unido a otras cuestiones básicas: dotación de infraestructuras científicas, formación de los recursos humanos y prioridad, por parte de todos los agentes sociales y de forma interrelacionada, a la realización de actividades de desarrollo tecnológico.

En la medida que el país sea capaz de responder a estos retos, se puede abrir un horizonte de esperanza hacia el futuro. El camino ya está iniciado. El desarrollo científico y tecnológico es una de las vías para conseguir un aumento no solo de la capacidad competitiva empresarial sino de la calidad de vida del conjunto de la sociedad.

BIBLIOGRAFÍA

- AYALA, F. (1995): "La Ciencia Española en la Última Década", *Política Científica*, nº 43, Mayo, pp. 5-12.
- CDTI (1995): "Tipología de Proyectos y Créditos CDTI", Ministerio de Industria y Energía, Madrid.
- CDTI (1996): "Memoria 1995", Ministerio de Industria y Energía, Madrid.
- CDTI (1997): *Noticias CDTI*, nº 54, Marzo, p. 1-12.
- CICYT (1989): "Red OTRI-OTT", Ministerio de Educación y Ciencia, Madrid.
- CICYT (1990): "Los Programas de I+D de la Comunidad Europea", Ministerio de Educación y Ciencia, Madrid.
- CICYT (1996a): "Memoria de Actividades del Plan Nacional de I+D en 1994", Ministerio de Educación y Ciencia, Madrid.
- CICYT (1996b): "III Plan Nacional de I+D", Ministerio de Educación y Ciencia, Madrid.
- COTEC (1995): "Información Estadística en Ciencia, Tecnología e Innovación", Fundación COTEC para la Innovación Tecnológica, Madrid.
- COTEC (1996): "Informe COTEC 1996. Tecnología e Innovación en España", Fundación COTEC para la Innovación Tecnológica, Madrid.
- COTEC (1997a): "Informe COTEC 1997. Tecnología e Innovación en España", Fundación COTEC para la Innovación Tecnológica, Madrid.
- COTEC (1997b): "Documento para el Debate sobre el Sistema Español de Innovación", Fundación COTEC para la Innovación Tecnológica, Madrid.
- GÓMEZ, I. y BORDONS, M. (1996): "Limitaciones en el Uso de los Indicadores Bibliométricos para la Evaluación Científica", *Política Científica*, nº 46, Diciembre, pp. 21-26.
- INE (1997): "Estadística sobre las Actividades en Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico (I+D). Indicadores Básicos 1994", Instituto Nacional de Estadística, Madrid.
- LAFUENTE, A. y ORO, L.A. (1992): "El Sistema Español de Ciencia y Tecnología en el Marco Internacional. Evolución y Perspectivas", Fundesco, Madrid.
- OCDE (1981): "La Medición de las Actividades Científicas y Técnicas. Manual de Frascati", Ministerio de Industria y Energía, Madrid.
- OEPM (1996): "Memoria 95", Oficina Española de Patentes y Marcas, Madrid.

RESUMEN

El desarrollo de la ciencia y la tecnología ha sido algo tradicionalmente olvidado en España. Sin embargo, a partir de la segunda mitad de los años 80, ha comenzado una nueva etapa de impulso del sistema de ciencia y tecnología que persigue acercar nuestro comportamiento a los de los países de nuestro entorno más cercano.

El diseño de un marco institucional, la definición de nuevos instrumentos de apoyo y la entrada en la Unión Europea han contribuido decisivamente al proceso inicial. Aunque todavía permanecen insuficiencias e incertidumbres, el camino iniciado parece correcto.

ABSTRACT

The development of science and technology has been traditionally neglected in Spain. Therefore, during the second half of the 80's, a new phase in the development of the science and technology system began. The objective is to approach the behavior of western countries and, in particular, Europe.

The new institutional framework, the new support instruments and the incorporation of Spain into the E.U., has contributed well to the initial process. There are shortages and uncertainties, but this seems the right way.