

# INSTITUCIONES DE I+D Y PROGRESO TECNOLÓGICO EN LA HISTORIA DE ESPAÑA

José María Ortiz-Villajos  
Universidad Complutense de Madrid  
Dpto. de Historia e Instituciones Económicas-I  
[jmortizv@ccee.ucm.es](mailto:jmortizv@ccee.ucm.es)

## Introducción

El atraso histórico de España en el aspecto tecnológico tiene múltiples causas: sociales, políticas, culturales, económicas y empresariales. Este trabajo no pretende analizarlas todas: tan sólo aspira a mejorar nuestro conocimiento del proceso de modernización tecnológica de España; lo cual ayudará en parte a desentrañar las causas del atraso. Para comprender los procesos de innovación tecnológica, "desde hace poco más de una década, la herramienta de estudio que se está mostrando más eficaz es el modelo de Sistema Nacional de Innovación, que han popularizado Freeman, Nelson y Lundvall"<sup>1</sup>. Un Sistema Nacional de Innovación (SNI) se podría definir como el conjunto de elementos - instituciones- de un país que, relacionados entre sí, contribuyen a crear, difundir y aplicar nuevos conocimientos útiles para mejorar el proceso productivo<sup>2</sup>. Formalizar la estructura del SNI es de gran utilidad para descubrir y clasificar los elementos que contribuyen al progreso técnico de un país. En gran parte -aunque dependiendo del país y de la época-, los SNI no han sido resultado de una planificación premeditada, sino de un largo proceso histórico en que Estado y particulares han ido promoviendo diversas instituciones de investigación científica y técnica. Se puede decir que hasta mediados del siglo XX los gobiernos no han intervenido directamente en la configuración de un SNI, o de una política científica y tecnológica global. En la actualidad, en cambio, la planificación de las políticas científicas y tecnológicas tiene una gran relevancia, como muestra, por ejemplo, la reciente creación en España del Ministerio de Ciencia y Tecnología.

Aunque los antecedentes son antiguos, la configuración del Sistema Español de Innovación moderno es bastante reciente, y se puede considerar que está compuesto por cinco elementos<sup>3</sup>: 1) la inversión tecnológica empresarial, que a veces se traduce en departamentos o instituciones privadas de I+D; 2) el Sistema Público de Investigación y Desarrollo: Universidades y centros públicos de I+D; 3) las Administraciones, como responsables de las políticas científicas y tecnológicas; 4) las Infraestructuras de Soporte a la Innovación: entidades proveedoras de servicios de I+D a las empresas; y 5) el entorno en el que se desenvuelve la innovación, que está compuesto de muchos elementos, como el sistema educativo, la legislación sobre protección y ayuda a la tecnología, etcétera.

El surgimiento e integración de estos cinco elementos ha sido fruto de un lento proceso histórico -todavía no cuajado- en el que se han interrelacionado iniciativas privadas y estatales. Conocer cómo ha ido formándose el sistema de innovación de un país ayudará a

---

<sup>1</sup> Mulet (1998), p. 23. Nelson (ed.) (1993) recoge una serie de trabajos importantes sobre esta manera de enfocar el proceso de innovación tecnológica.

<sup>2</sup> Definición tomada de Mulet (1998), p. 24; basada, a la vez, en Nelson (ed.) (1993).

<sup>3</sup> Como ha señalado la Fundación Cotec, institución privada cuyo fin es promover la innovación tecnológica en la empresa española. Ver Cotec (1998), pp. 45 y ss., o Mulet (1998), p. 25.

comprender cómo se ha producido el progreso tecnológico y cuál ha sido la función e importancia de las distintas instituciones implicadas. Por este motivo, nos ha parecido útil esbozar el proceso histórico de formación del sistema español de innovación. Nos hemos fijado principalmente en las iniciativas públicas de apoyo a la ciencia y la tecnología; es decir, no hemos estudiado aquí el papel desempeñado por las instituciones privadas de I+D. Esta es una importante laguna del trabajo, ya que, al menos hasta el siglo XX, la innovación tecnológica ha sido fundamentalmente privada. No obstante, hay que resaltar que en España la iniciativa privada de promoción de la I+D ha tenido menos importancia que en otros países, por lo que el Estado ha tenido una especial relevancia en la institucionalización de estas actividades.

Junto con las instituciones de investigación científica y tecnológica (de I+D), las dedicadas a la educación técnica han sido también esenciales. Los dos tipos de instituciones están en el fundamento de la capacidad tecnológica de los países, y no se puede pensar que puedan desarrollarse las unas sin las otras. Ingenieros y técnicos de menor grado, sin dedicarse expresamente a la investigación, han sido esenciales en la incorporación de las nuevas tecnologías al proceso productivo. Muy probablemente, el influjo de ingenieros y técnicos sobre el desarrollo industrial de España ha sido, al menos hasta mediados del siglo XX, más decisivo que el de las instituciones de I+D, ya que gran parte de la tecnología utilizada en las empresas españolas ha sido importada. Si se quiere comprender el proceso español de modernización tecnológica, es esencial, por tanto, estudiar la contribución de las instituciones de educación técnica. En las páginas que siguen se harán algunas referencias al nacimiento de las escuelas de ingeniería en España, aunque será necesario un estudio mucho más profundo de esta cuestión.

Contemplar el proceso de innovación tecnológica como el producto de las relaciones entre una serie de instituciones dentro de un "sistema", puede ayudar a comprender el proceso, pero no permite advertir su complejidad histórica y la diversidad de elementos que lo integran. No hay que olvidar que las causantes principales del progreso tecnológico han sido multitud de invenciones e innovaciones, muchas veces anónimas, que no han surgido dentro de ningún "sistema". Es decir, que ocuparnos sólo en explicar como ha ido formándose el sistema de innovación desde el siglo XVIII hasta nuestros días -que es la finalidad del primer epígrafe del trabajo-, supone dejar al margen del análisis los causantes más importantes del progreso tecnológico. Por eso, en el segundo epígrafe, además de analizar el indicador de la inversión en I+D, se estudian las patentes registradas, que pueden servir para tener una idea de los resultados del esfuerzo de los diversos agentes implicados en la innovación tecnológica. La comparación con otros países permite comprobar cual ha sido el nivel tecnológico de España en la historia contemporánea y, por tanto, obtener algunas conclusiones sobre la efectividad del Sistema de Nacional de Innovación.

## **1. El proceso de formación de un sistema de innovación en España**

Aunque en España el Sistema de Innovación está todavía en proceso de afianzamiento, sus raíces son muy antiguas. Fueron los Borbones quienes tomaron las primeras medidas modernas en apoyo de la investigación científica y técnica. Lo hicieron desde principios del siglo XVIII, aunque fue durante el reinado de Carlos III cuando el impulso comenzó a ser más importante. El siglo XIX, aunque tuvo aportaciones significativas, se caracterizó por una débil preocupación estatal por la ciencia y la tecnología. Sería a partir del desastre de 1898 cuando se tomó conciencia del atraso

científico y tecnológico y, por tanto, cuando realmente comenzó -más bien, se recuperó- en España la preocupación por crear un sistema de investigación científica y técnica. Antes de la Guerra Civil se crearon algunas instituciones importantes, pero éstas insistieron más en la promoción de la ciencia básica que en la aplicada. Tras la Guerra Civil, el CSIC se convirtió en la institución fundamental. Progresivamente la investigación con fines industriales fue cobrando mayor fuerza, aunque su incidencia real sobre el mundo empresarial fue pequeña. La debilidad de la I+D empresarial ha sido una constante de la industria española a lo largo del siglo XX. Tras la interrupción provocada por la crisis política y económica de los años 70, en los años ochenta se iniciaron medidas de política científica que impulsaron un acercamiento a los niveles tecnológicos de los países más avanzados, de los que España se había mantenido alejada desde el siglo XIX. No obstante, la distancia todavía es muy grande. A conseguir acortarla está dirigida la reciente creación del Ministerio de Ciencia y Tecnología.

### **1.1. Antecedentes de la institucionalización de la I+D: siglos XVIII y XIX**

La preocupación por la promoción e institucionalización de la ciencia y la innovación tecnológica se originó en el siglo XVIII con la llegada de los Borbones. "En realidad, sus orígenes se pueden situar en el inicio del nuevo siglo, precisamente en 1700, cuando España aclamaba a un nuevo rey sobre su trono: Felipe de Borbón, nieto de Luis XIV de Francia"<sup>4</sup>. Los reyes de la nueva dinastía "se ocuparon personalmente de los asuntos de España, y esto era quizá lo que la nación más necesitaba"<sup>5</sup>, pues los últimos Austrias habían descuidado mucho la administración interna y habían agotado al país en guerras y conflictos exteriores. Con Felipe V y sus dos hijos -Fernando VI y Carlos III- España pudo progresar notablemente. Como explica Sánchez Ron, "muchas de las mejoras materiales que se produjeron tuvieron que ver más, naturalmente, con la técnica que con la ciencia"<sup>6</sup>. Esta actividad innovadora "alcanzó su momento culminante durante el reinado de Carlos III y comenzó a decrecer en el de Carlos IV"<sup>7</sup>. Precisamente desde el punto de vista de la promoción de las nuevas técnicas, una de las medidas más originales impulsadas por Carlos III (1759-1788) fue la creación de las Sociedades Económicas de Amigos del País:

La experiencia institucional más original y emblemática de estos años fue la generalización a todo el territorio español de las Sociedades Patrióticas o de Amigos del País, cuyo primer ejemplo fue la Vascongada, fundada en 1765, durante algunos años uno de los centros científicos más brillantes de la nación, y a la que siguieron otras en localidades como Zaragoza, Valencia, Mallorca, Gerona o Murcia<sup>8</sup>.

Una de las preocupaciones primordiales de estas Sociedades era la difusión de la ciencia y la tecnología, pues entonces comenzaba en España una conciencia de atraso con respecto a Gran Bretaña, de donde llegaban noticias de los extraordinarios efectos económicos de las innovaciones industriales. "Sus más ostensibles finalidades eran las de proteger y avivar la industria en general, educar las clases humildes y difundir la afición a

---

<sup>4</sup> Sánchez Ron (1999), p. 36.

<sup>5</sup> Sánchez Ron (1999), p. 37.

<sup>6</sup> Sánchez Ron (1999), p. 37.

<sup>7</sup> Sánchez Ron (1999), p. 36.

<sup>8</sup> Sánchez Ron (1999), p. 42.

las ciencias y artes en su aplicación a la industria y a la agricultura"<sup>9</sup>. Las Sociedades Económicas fueron las primeras que plantearon claramente la necesidad de una promoción e institucionalización de la investigación científica y técnica en España. Aunque las primeras instituciones de investigación propiamente dichas no llegaron hasta principios del siglo XX, es indudable que las Sociedades Económicas impulsaron con sus ideas e iniciativas el progreso científico y tecnológico. Así, por ejemplo, la Sociedad Vascongada de Amigos del País (que fue creada en Vergara en 1765 y sirvió de modelo a todas las demás), introdujo en España los estudios sobre el laboreo de minas y la metalurgia, "dando premios a los que introdujeran reformas en las ferrerías, publicando en los Extractos de sus Juntas generales muchas noticias y memorias sobre minas, minerales y oficinas metalúrgicas, así de España como del extranjero, pensionando alumnos que fuesen a estudiar la minería en los países más adelantados en esta industria, trayendo de Francia distinguidos profesores de física y química"<sup>10</sup>, entre los que se encontraban Francisco Chaveneau y Luis Proust.

No se puede pasar por alto que antes de las Sociedades Económicas existía en España el Cuerpo de Ingenieros Militares, creado por Felipe V en 1711. Los ingenieros militares fueron una vía importante de innovación tecnológica, así como de introducción de la tecnología extranjera en España hasta que comenzaron a aparecer las Sociedades Económicas y las escuelas civiles de Ingeniería a finales del siglo XVIII. Este Cuerpo no sólo cumplía funciones castrenses, sino que se encargó también de la construcción de caminos, canales, puertos y otras obras públicas. Los ingenieros militares proyectaron también la mayor parte de las Fábricas Reales, introducidas en España por Felipe V, y fueron los mejores científicos y técnicos de la España del siglo XVIII<sup>11</sup>.

Los ingenieros militares hicieron importantes aportaciones al progreso tecnológico a través del Colegio de Artillería de Segovia y de algunas escuelas de fabricación de hierro, entre las que destacaron las de Asturias y Galicia. El Real Colegio de Artillería fue fundado por Carlos III en 1762. Se instaló en el Alcázar de Segovia hasta el 6 de marzo de 1862, día en que un gran incendio lo destruyó casi por completo. Este Real Colegio destacó por su preocupación por la técnica y la ciencia. Por ejemplo, allí se hizo en 1792 la primera ascensión de un globo aerostático construido en España<sup>12</sup> (la primera ascensión libre de la historia de un globo de aire caliente se había llevado a cabo en Francia el 21 de noviembre de 1783). Pero el Real Colegio no sólo se dedicó a la innovación en las tácticas y técnicas de artillería militar, sino que también introdujo en España innovaciones científicas e industriales ligadas a la fabricación de armamento; atrajo importantes científicos extranjeros (entre los que destacó Louis Proust); impulsó la instalación de fundiciones y fábricas con técnicas modernas; y estuvo al tanto de lo que sucedía fuera de España en el campo industrial. Según los historiadores de esta institución, el Real

---

<sup>9</sup> Alonso Viguera (1944), p. 22.

<sup>10</sup> Maffei (1877), p. 2.

<sup>11</sup> El estudio de Capel, Sánchez y Moncada (1988) muestra la importancia que tuvo la formación científica y técnica de los ingenieros militares del siglo XVIII.

<sup>12</sup> "En noviembre de 1792 se realizaron en Segovia las primeras experiencias de un globo cautivo específicamente destinado a la observación militar. Los constructores y experimentadores de este aerostato fueron los oficiales del Real Colegio de Artillería bajo la dirección del capitán don Luis Proust, profesor de dicho centro. Se trataba del eminente químico francés Joseph Louis Proust, autor de la Ley de las proporciones constantes, que, durante el tiempo que residió en España fue también director del laboratorio del rey Carlos IV" (Warleta Carillo, 1984: 107). Anteriormente, Proust estuvo como profesor de Física, Química y Metalurgia del Seminario Patriótico de Vergara, como se ha dicho.

Colegio tuvo mucha influencia en la industrialización española<sup>13</sup>. No obstante, parece que las factorías militares -que utilizaron técnicas extranjeras innovadoras- fueron durante mucho tiempo "islotos" de desarrollo industrial en una España cuyos empresarios tardaron mucho en incorporar estas técnicas<sup>14</sup>.

Con el paso del tiempo, el estamento militar fue creando otros cuerpos e instituciones con funciones relacionadas con la promoción de la ciencia y la tecnología. El cuerpo de Ingenieros Cosmógrafos fue creado en 1796. Se trataba de un cuerpo militar en estrecha relación con el Observatorio de la Marina de Cádiz -fundado en 1753-, que en la segunda mitad del siglo XIX estaba adscrito al Ministerio de la Marina<sup>15</sup>. El cuerpo de Ingenieros de Armamento y Construcción, creado a raíz del incendio del Real Colegio de Artillería, sería otra institución muy relacionada con la industria armamentística y con gran preocupación por la innovación tecnológica.

El Estado -impulsado por las ideas de la Ilustración- fue, como se ve, el gran promotor de los comienzos del progreso tecnológico moderno en España mediante la creación de las Sociedades Económicas, la ingeniería militar y las Fábricas Reales que, aunque no tuvieron éxito por su falta de criterios económicos, sí promovieron la introducción de tecnologías extranjeras.

El siguiente paso también vino de la mano del Estado ilustrado: la creación de las escuelas de ingeniería civil. En 1770, Carlos III, a la vez que ponía de nuevo en marcha los arsenales de El Ferrol, La Carraca y Cartagena<sup>16</sup>, creó una Escuela para la enseñanza de la técnica naval. Esta Escuela la dirigió el francés Francisco Gautier, y de ella salieron los llamados "Hidráulicos Navales", precursores de los actuales ingenieros navales.

Aunque la Sociedad Vascongada de Amigos del País fue la primera institución que se preocupó por la enseñanza de las técnicas mineras, se puede decir que el comienzo de la ingeniería de minas fue en 1777, año en que se creó la Escuela de Minas de Almadén. Tras muchos años de "desaciertos y falta de recursos del Estado"<sup>17</sup>, que tenía en propiedad las minas de Almadén desde 1645, en 1777 -también bajo el reinado de Carlos III- fue nombrado director de estas minas el ingeniero alemán Enrique Cristóbal Storr. Se le encomendó la tarea "de enseñar a los jóvenes matemáticos que se le remitieran de estos reinos y de los de América, la geometría subterránea y la mineralogía"<sup>18</sup>. A pesar de la importancia económica de las minas españolas, la inversión estatal y el impulso de la enseñanza en este campo fueron muy tímidos. La Escuela comenzó con un solo profesor y una sola cátedra, y su verdadero desarrollo no llegaría hasta la segunda mitad del siglo XIX, cuando el estado y los empresarios dejaron de pensar en las minas de América y comenzaron a darse cuenta de la gran riqueza minera del subsuelo peninsular. La escasa atención a la formación de ingenieros de minas estuvo entre las causas principales de la

---

<sup>13</sup> Así se destaca en una interesante exposición sobre la historia y los logros científicos e industriales del Real Colegio instalada actualmente en el Alcázar de Segovia.

<sup>14</sup> El primer alto horno moderno fue instalado en 1829 por Manuel Agustín de Heredia en su empresa de fundición malagueña. La generalización de estas técnicas no se produjo hasta el último cuarto del siglo XIX.

<sup>15</sup> Carecemos de datos para evaluar cual fue la importancia y funciones concretas de los ingenieros cosmógrafos.

<sup>16</sup> "Quedando muy lejano el recuerdo penoso de aquellos tiempos de Carlos II, en que para realizar el comercio con Ultramar sólo se disponía del irisorio número de diez barcos, en tal estado que sólo podían hacerse a la mar con bonanza" (Alonso Viguera, 1944: 21).

<sup>17</sup> Maffei (1877), p. 8.

<sup>18</sup> Maffei (1877). p. 9.

incapacidad nacional para explotar las grandes riquezas de las minas de Río Tinto y otras, que hubieron de ser explotadas por compañías extranjeras:

Los extranjeros -especialmente franceses y británicos, pero también belgas y alemanes- han sido los grandes protagonistas del desarrollo minero español del último tercio del siglo XIX. Por una parte han aportado los recursos financieros que los autóctonos no se hallaban en condiciones de reunir. De otra, han introducido las técnicas y la organización del trabajo propias del medio industrial que era el suyo<sup>19</sup>.

En 1802 se creó la Escuela de Ingenieros de Caminos. Durante el siglo XVIII no hubo ningún cuerpo civil expresamente encargado de la construcción de caminos, canales o puertos, sino que fue una tarea llevada a cabo por los ingenieros militares. Tampoco hubo ningún órgano de la Administración encargado de la programación y planificación de las infraestructuras de comunicaciones y transportes del Estado. En esta situación, y siguiendo el ejemplo de las obras públicas francesas, "que, a lo largo de la centuria, dieron pasos de gigante bajo una administración centralizada, servida por un cuerpo técnico especialmente dedicado a dirigirlas"<sup>20</sup>, se fundó en España en 1799 el cuerpo de ingenieros de Caminos como órgano técnico de la Inspección General de Caminos y Canales. Pero esto no bastaba, sino que era necesario la creación de un equipo homogéneo y de buena formación técnica para que la Inspección y el Cuerpo recién creados pudieran llevar a cabo sus funciones. Para ello se abrió en noviembre de 1802 una escuela para la formación de ingenieros de caminos, y en julio de 1803 se promulgaron las ordenanzas por las que debía regirse. El gran impulsor de estas reformas fue Agustín de Betancourt<sup>21</sup>, que desde 1801 fue el nuevo Inspector general de Caminos en sustitución del conde de Guzmán. Betancourt también había impulsado previamente la creación del Gabinete de Máquinas, que se instaló en 1788 en el Palacio del Buen Retiro. Como director de aquella institución, Betancourt hizo de ella "el núcleo científico más interesante del país". Allí formó "una maravillosa colección de maquetas y planos de las más variadas máquinas hidráulicas e industriales, concebida como laboratorio y centro de experimentación de la futura Escuela de Caminos y Canales"<sup>22</sup>. Pero, como sucedió con tantas otras instituciones ilustradas, a lo largo del primer tercio del siglo XIX fue perdiendo empuje hasta que desapareció. Durante el primer tercio del siglo XIX la Escuela de Caminos se cerró y abrió en varias ocasiones por diversos avatares políticos. A finales de 1833 se restableció la Dirección General de Caminos y en 1834 la Escuela volvió a abrirse por tercera y definitiva vez.

Al amparo del Estado -impulsado por las ideas ilustradas y por la energía, influencia y prestigio de grandes personalidades como Jovellanos o Betancourt- iba naciendo en España un sistema institucional cuya función era dotar al Estado y a la sociedad de los resortes tecnológicos necesarios para que pudiera implantarse un sistema económico e industrial moderno. Sin embargo, el progreso en este sentido fue lento, con

---

<sup>19</sup> Nadal (1988b), p. 59.

<sup>20</sup> Sáenz Ridruejo (1990), p. 2.

<sup>21</sup> Mecánico formado en el extranjero que se hizo "famoso por haber revelado a la Academia de Ciencias de París, y por tanto al mundo entero, el secreto de la máquina de vapor de doble efecto, celosísimamente guardado por Watt y Boulton [sic]" (Nadal, 1988a, p. 19).

<sup>22</sup> Nadal (1988a), p. 19.

interrupciones de años, y con poca influencia sobre el mundo empresarial, que era el único capaz de hacer eficaces los esfuerzos tecnológicos y educativos del Estado. Las distintas escuelas técnicas iban formando "a cuenta gotas" una serie de técnicos que, a pesar de su bajo número, comenzaron a poner lentamente en movimiento el engranaje de infraestructuras y tecnologías que necesitaban la sociedad y las empresas para no quedarse descolgadas de los países europeos más avanzados, que ya llevaban varias décadas de ventaja. En Gran Bretaña no fueron los ingenieros ni los centros estatales los primeros impulsores de la Revolución Industrial, sino los inventores-artesanos y comerciantes. En España esto sólo fue posible en casos aislados, dado el bajo nivel educativo de la población: todavía a mediados del siglo XIX, el 70 por 100 de la población adulta era analfabeta. Por tanto, en España, el primer impulso hacia la modernidad técnica vino "desde arriba", es decir, por impulso del Estado, que fue formando un pequeño número de personas con elevados niveles de formación, entre los que se encontraban los ingenieros que salían de las incipientes escuelas.

Pero los esfuerzos innovadores de la Ilustración se quedaron a medio camino. Desde finales del siglo XVIII hasta la década de 1830 se produjo un largo paréntesis en el progreso industrial y tecnológico de España. Las guerras coloniales iniciadas a finales del XVIII, los graves problemas de la Hacienda y la invasión napoleónica paralizaron lo que parecía un incipiente pero firme proceso de desarrollo. Este largo paréntesis demuestra que el impulso modernizador proveniente del Estado todavía no había calado en la sociedad: tras la quiebra política y financiera del Estado ilustrado, desapareció la principal fuerza promotora de la innovación tecnológica. Aunque los gobernantes franceses, primero, y Fernando VII, después, siguieron impulsando la modernización, lo hicieron con un modelo distinto: más centralista, con menor proyección social. Además, la situación política y las guerras del primer tercio del siglo XIX pusieron el centro de atención político y social lejos de la preocupación por la ciencia y la tecnología.

La escasa innovación industrial se afianzó como característica de la economía española. Por ello, durante la primera mitad del siglo XIX, el Estado fue el que siguió tomando la iniciativa en la promoción del progreso tecnológico. En 1809 José Bonaparte creó en Madrid el Conservatorio de Artes, copiándolo del que ya existía en París. Pronto desapareció, pero en 1824 volvió a aparecer con el mismo nombre. Según la Real Orden por la que se creaba, los fines del Conservatorio eran:

Dar garantías al inventor; proporcionar al obrero instrucción; promover y acelerar el progreso industrial; enseñar prácticamente las aplicaciones necesarias; perfeccionar las operaciones fabriles; despertar el gusto a la invención de los utensilios propios para el perfeccionamiento de las artes; mejorar las operaciones industriales, tanto en las artes y oficios como en la agricultura<sup>23</sup>.

El Conservatorio de Artes tenía una finalidad eminentemente práctica, de consulta y apoyo a los industriales. Constaba de dos departamentos: uno para depósito de todo tipo de máquinas y otro como taller de construcciones. "Por R. O. de 28 de septiembre de 1824 pasaron al Conservatorio las máquinas de hilar y cardar que existían en las fábricas paradas de Guadalajara y bastantes particulares hicieron asimismo cesión a dicho Centro de las que

---

<sup>23</sup> Citado por Alonso Viguera (1944), p. 23.

poseían. Otra R. O. de 10 de noviembre dispuso que la Secretaría de Estado entregara también al Conservatorio los aparatos existentes en el antiguo Gabinete<sup>24</sup>. Al crearse el Conservatorio de Artes también se dispuso que todos los que quisieran instalar una nueva industria debían consultar al director de este establecimiento sobre las máquinas que debían utilizar. No parece que esta normativa fuera muy eficaz, y con ella se pone de manifiesto el afán regulador y protector del Estado español sobre la vida económica. Es cierto que estas medidas pudieron ser positivas para alentar u obligar a los fabricantes a incorporar mejoras técnicas; pero si lo que se aconsejaba era la utilización de la maquinaria imperante en la España de entonces, muy bien pudieron ser una forma de aumentar nuestro atraso con respecto a los países más avanzados, que, además, estaban en un proceso de innovación constante<sup>25</sup>.

Más útiles fueron otras medidas relativas a la educación científica y técnica: en 1825 el Conservatorio implantó las enseñanzas de Aritmética, Geometría, Mecánica, Física y Delineación. Al año siguiente introdujo también la enseñanza de la Química. Además, con el objetivo de acelerar la difusión de las artes industriales, patrocinó en 1826 la primera Exposición de los productos de la industria española, y organizó otras exposiciones de este tipo en años posteriores. El ejemplo del Conservatorio de Artes de Madrid cundió en otras provincias. En 1827 la Junta de Comercio de Barcelona estableció estudios técnicos de maquinaria, relojería y otras técnicas. Barcelona, de acuerdo con su mayor tradición y fuerza industrial, era la provincia más avanzada en cuanto al apoyo institucional al progreso técnico de su industria. Además, la iniciativa privada era la principal promotora de este apoyo, y a que la Junta de Comercio era un organismo creado por los propios empresarios catalanes, lo que hacía que fuera mucho más práctico. De hecho, su apoyo al progreso técnico era anterior a la creación por parte del Estado del Conservatorio de Artes, según explica Alonso Viguera:

Ya en 1803 dicha Junta de Comercio procuró desarrollar las enseñanzas químicas, cabiéndole el honor de que en sus clases se verificaran los primeros ensayos de luz de gas, que tuvieron lugar en la cátedra que regentaba el distinguido químico D. José Roura, más tarde Director de la Escuela Industrial Barcelonesa; y en 1808 y 1815, respectivamente, las enseñanzas de Maquinaria práctica y Física experimental<sup>26</sup>.

En Valencia también se abrió en 1827 otro centro científico-industrial -promovido por la Sociedad Económica- parecido al Conservatorio de Artes. En otras ciudades<sup>27</sup> fueron surgiendo centros similares, funcionando todos bajo la dirección del Conservatorio de Artes de Madrid. El Gobierno era consciente del notable atraso que España tenía en ciencias aplicadas. Por ese motivo, además de crear el Conservatorio de Artes, el 6 de abril de 1829

---

<sup>24</sup> Alonso Viguera (1944), pp. 23-24. Las Fábricas Reales de Guadalajara estaban cerradas desde hacía años, pues se habían planteado sin criterios económicos y supusieron un gran despilfarro de recursos. Es bastante dudoso que las máquinas cedidas al Conservatorio, tanto por las Fábricas Reales como por particulares, estuvieran al nivel de desarrollo tecnológico de las modernas fábricas de Gran Bretaña y de otros países europeos. No parece, por tanto, que estas primeras medidas tomadas por el nuevo organismo fueran un impulso eficaz para el desarrollo tecnológico.

<sup>25</sup> Los gráficos 5 y 6 (al final de este trabajo), que recogen la evolución histórica del número de patentes por habitante en nueve países, pueden servir como referencia del grado de atraso tecnológico de España en la época contemporánea.

<sup>26</sup> Alonso Viguera (1944), p. 24.

<sup>27</sup> Oviedo, Sevilla, Zaragoza, Cádiz, Murcia, Badajoz y Burgos.



dictó una Real Orden por la que se comprometía a dedicar una partida presupuestaria para que algunos españoles pudieran ir como pensionados al extranjero para estudiar las técnicas industriales. Estas "becas" se dotaron con 12.000 reales cada una<sup>28</sup>.

Otra muestra del esfuerzo estatal de la década de 1820 por crear un marco institucional moderno para el desarrollo de la industria, fue la promulgación en 1826 de una ley de patentes, que garantizaba por primera vez en la historia de España<sup>29</sup> el derecho de propiedad privada sobre los inventos. Esta ley fue decisiva para crear un clima de confianza que estimuló la actividad inventiva, aspecto importante del progreso tecnológico e industrial. No obstante, el número medio de patentes solicitadas anualmente hasta 1841 - tan sólo 13- indica la casi inexistente tradición inventiva en nuestro país. En Inglaterra, por ejemplo, se solicitaron de 1826 a 1841 una media de 230 patentes anuales; y en Francia el número era todavía mayor. Además, a partir de mediados del siglo XIX, la proporción de patentes extranjeras registradas en España fue cada vez más importante, tendencia que se acentuó en la segunda mitad del siglo XIX<sup>30</sup>. En relación con la modernización del marco institucional, otro hito que contribuyó a normalizar y dar confianza a las actividades comerciales e industriales, fue la promulgación del Real Decreto de 20 de noviembre de 1850 sobre la protección de las marcas de fábrica y de comercio<sup>31</sup>.

Otro aspecto que volvió a impulsarse de nuevo a partir de mediados del siglo XIX fue la educación técnica. El 4 de septiembre de 1850 el Ministro de Comercio, Instrucción y Obras Públicas, Manuel de Seijas Lozano, promulgó un Real Decreto por el que se establecía un plan orgánico para la enseñanza industrial en todos sus grados. Por este Real Decreto se establecía que las enseñanzas industriales se organizarían en tres grados: Elemental, que se impartiría en los Institutos de 1ª clase; de Ampliación, impartido en las Escuelas Industriales de Barcelona, Sevilla y Vergara -que se creaban en ese momento-; y el grado Superior, cuyos estudios sólo podrían seguirse en el Real Instituto Industrial, creado en Madrid por el mismo Real Decreto. Comenzaba de esta manera la primera escuela de Ingeniería Industrial que supuso un impulso importante para el progreso tecnológico español, debido a la importancia que estos ingenieros tuvieron en muchas empresas industriales.

Con la Ley de Instrucción Pública de 1857, conocida como "Ley Moyano" se confirió a las Escuelas Industriales de Barcelona, Gijón, Sevilla, Valencia y Vergara la facultad de impartir las enseñanzas del grado Superior; es decir, se convirtieron en centros donde también se podía obtener el título de ingeniero industrial. Sin embargo, como en otros aspectos, la efectividad de estas medidas fue mucho más pequeña de lo previsto, ya que, realmente, la única Escuela Industrial que tuvo continuidad -por ser la única que obtuvo el apoyo financiero de la Diputación- fue la de Barcelona: desde 1867 a 1899 -año en que se creó la Escuela de Ingenieros Industriales de Bilbao- fue la única escuela de España donde

---

<sup>28</sup> La información obtenida del Presupuesto del Estado de 1860 puede servir para tener una referencia de la importancia real de esta medida: el artículo 7º del capítulo 25 del presupuesto de ese año -correspondiente a Enseñanza Superior y Profesional- indica que se destinaron 24.000 reales para dos pensionados del Real Instituto Industrial -el sucesor del Conservatorio de Artes-, y 32.000 reales para dos pensionados de la Escuela de Ingenieros Agrónomos. Como se ve, el gasto presupuestado para estas partidas era exiguo y denotaba el escaso interés estatal por realizar un verdadero esfuerzo en la promoción de la innovación tecnológica.

<sup>29</sup> Aunque hubo algún intento fallido previo (Ver Sáiz, 1995).

<sup>30</sup> Sobre esto se puede consultar Sáiz (1999), pp. 142 y ss, y Ortiz-Villajos (1999), capítulos 2 y 5.

<sup>31</sup> Ver Ortiz-Villajos (1999), p. 60.

podía obtenerse este título, ya que -por motivos presupuestarios- el Gobierno cerró en 1867 el Real Instituto Industrial de Madrid; y con él la escuela de ingeniería, que no se reabría hasta 1901.

Otras escuelas de ingeniería fueron creándose en aquellos años, como la Escuela de Ingenieros de Montes, en 1835, o la Escuela Central de Agricultura -donde se formarían ingenieros agrónomos y peritos agrícolas-, en 1855. Hubo que esperar hasta las primeras décadas del siglo XX para ver surgir otras escuelas tan importantes para el desarrollo económico como la Escuela de Ingenieros de Telecomunicaciones o la de Ingenieros Aeronáuticos. Pero, hasta mediados del siglo XX no se produjo una decidida expansión de los estudios de ingeniería en España. En la segunda mitad del siglo XIX, los ingenieros que tuvieron mayor importancia para el desarrollo económico fueron los industriales, pues, como muestra el estudio de Alonso Viguera (1944), muchas de las mayores y más innovadoras empresas españolas del siglo XIX tuvieron al frente o como director de producción algún ingeniero industrial. Sin embargo, en relación con otros países, el número de ingenieros industriales españoles fue muy escaso: si el apoyo a estos estudios hubiera sido más decidido y constante, el progreso tecnológico e económico de España habría sido, sin duda, más firme y rápido.

## **1.2. La lenta formación de un sistema de innovación en España: el siglo XX**

Las instituciones que se acaban de referir fueron surgiendo desde el siglo XVIII y a lo largo del XIX sin una planificación general. Como hemos visto, junto con las científicas, el Estado también promovió instituciones de educación técnica. A la vez, corporaciones locales públicas y privadas -como la Junta de Comercio de Barcelona- fueron creando otras instituciones educativas y técnicas dirigidas a promover el desarrollo tecnológico. Junto con esas iniciativas, empresas y empresarios de muy diversa índole produjeron e importaron mejoras tecnológicas que contribuyeron a aumentar el nivel técnico de la industria española. Como en todos los países, al menos hasta mediados del siglo XX, esta multitud de innovaciones empresariales privadas -muchas veces desconocidas- fueron las más importantes para el progreso tecnológico.

Muchas de las mejoras tecnológicas de nuestra industria durante el siglo XIX y la primera mitad del XX vinieron de la mano de ingenieros formados en las escuelas de ingeniería. Otras procedieron del exterior a través de contratos de transferencia tecnológica, de incorporación de técnicos extranjeros, o de acuerdos de licencia de patentes. Empresas e inventores también patentaron nuevas tecnologías inventadas por ellos mismos. Pero hay que recordar que una gran parte de las patentes registradas en España fueron solicitadas por extranjeros -empresas e individuos-, lo que pone de manifiesto nuestra dependencia de la tecnología exterior. Además, las patentes solicitadas por individuos y empresas nacionales fueron predominantemente de sectores de baja complejidad tecnológica, por lo que la dependencia era especialmente importante en las tecnologías más avanzadas<sup>32</sup>. En España no existían departamentos de Investigación y Desarrollo dentro de las empresas, al contrario de lo que ocurría en Alemania y en otros países desde el último cuarto del siglo XIX. Esta es quizá la causa más importante de nuestro atraso tecnológico, ya que desde aquella época cada vez era más necesario tener conocimientos científicos y capital abundante para el desarrollo de las nuevas tecnologías de la segunda revolución industrial.

---

<sup>32</sup> En Ortiz-Villajos (1999), capítulo 8, se recoge un amplio estudio sobre las patentes extranjeras registradas en España entre 1882 y 1935.

Falta todavía un estudio profundo del esfuerzo privado de I+D en España desde finales del siglo XIX. El estudio sería árduo, pues sin duda hubo numerosos pequeños focos innovadores -sobre todo en sectores de baja complejidad tecnológica- en empresas distribuidas por todo el territorio nacional. En otra ocasión acometeremos ese estudio. Ahora queremos hacer un breve repaso del proceso de institucionalización de la investigación científica y técnica producido a lo largo del siglo XX.

En Alemania y Estados Unidos, las instituciones de investigación aplicada que aparecieron a partir de mediados del siglo XIX fueron primordialmente privadas. Surgieron, sobre todo, en el seno de las grandes empresas industriales, aunque en Estados Unidos también tuvieron gran importancia las consultoras dedicadas a dar servicios de investigación a las empresas. El papel del Estado en la creación de instituciones de investigación aplicada no sería importante hasta los años de la I Guerra Mundial; y las políticas de ciencia y tecnología no surgirían hasta la II Guerra Mundial, primero en Estados Unidos<sup>33</sup>. En España, fue también durante el primer tercio del siglo XX cuando aparecieron las primeras instituciones estatales dirigidas a promover la investigación, aunque tuvieron una actividad escasa y poca relación con la industria. Es cierto que también hubo iniciativas privadas, sin embargo, por lo general surgieron en ámbitos académicos. Entre ellas, cabe destacar el Instituto Químico de Sarriá<sup>34</sup>. Las empresas industriales se implicaron poco en el impulso de la I+D; más bien buscaron la importación de tecnología a través de acuerdos con compañías extranjeras. En este sentido es paradigmático el caso de la Sociedad Española de Construcción Naval, que obtuvo toda su tecnología moderna de la Vickers inglesa<sup>35</sup>. Esto no quiere decir que no hubiera I+D privada española: la hubo, pero no de forma institucionalizada. Surgieron algunos grandes inventores -como Leonardo Torres Quevedo y Juan de La Cierva-, pero sus inventos no tuvieron una aplicación industrial en España. Algunos de ellos, en cambio, sí se pusieron en práctica en otros países.

La pérdida de Cuba y Filipinas en 1898 causó una profunda conmoción en la sociedad española. Los ámbitos intelectuales iniciaron entonces una reflexión sobre las causas de la derrota: el llamado movimiento "regeneracionista" trató de impulsar la renovación de España en muchos ámbitos, como el cultural, el científico y el económico. El 26 de octubre de 1898, Santiago Ramón y Cajal publicó en *El Liberal* un artículo en el que, entre otras cosas, decía: "Hemos caído ante los Estados Unidos por ignorantes y por débiles, que hasta negábamos su ciencia y su fuerza. Es preciso, pues, regenerarse por el trabajo y el estudio"<sup>36</sup>. Fueron muchas las personalidades que identificaron el atraso científico español como una de las causas principales del fracaso:

El problema de la educación científica en España se ha planteado como necesidad apremiante inmediatamente después de la pérdida de los últimos restos de nuestro poderío colonial<sup>37</sup>.

[Cuando los jóvenes españoles educados científicamente] entren en la lucha de la vida, en la industria, en el estudio y en la preparación de los progresos humanos, no

---

<sup>33</sup> Sanz Menéndez (1997), capítulo 2.

<sup>34</sup> Puig Raposo y López García (1992).

<sup>35</sup> Ver Lozano Courtier (1997) o Romero González y Houpt (1998).

<sup>36</sup> Citado por Sánchez Ron (1999), p. 174.

<sup>37</sup> José Rodríguez Carracido (1909), citado por Sánchez Ron (1999), p. 175.

se contentarán con lo que han aprendido, sino que, estimulados por la competencia, encontrarán nuevos caminos para el progreso. Conseguirán, pues, no sólo mejorar lo que ya conocen, sino buscar nuevos descubrimientos científicos, que más tarde, representados en la vida industrial y en la producción, abrirán los nuevos mercados, producirán las nuevas riquezas y harán poderosa a la nación que así haya sabido prepararse para la lucha<sup>38</sup>.

El ejemplo que ponía Segismundo Moret en 1908 era Alemania, donde "el progreso científico ha desarrollado la vida industrial en potencia que parece fabulosa". Estas ideas fueron las impulsoras de las primeras instituciones públicas españolas dirigidas a la promoción de la investigación científica. El esfuerzo más importante se dirigió a la promoción de la ciencia básica, aunque no faltaron algunas iniciativas en relación con la ciencia aplicada. En todo caso, unas y otras se llevaron a cabo a una escala muy inferior a la necesaria y, sobre todo, tuvieron muy escaso eco en la empresa privada, que no se implicó con esas iniciativas estatales para impulsar la innovación tecnológica.

"El origen de la institucionalización de la investigación en España está en la Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas (JAE) nacida en 1907"<sup>39</sup>. Se trataba de "una institución autónoma aunque dependiente del Ministerio de Instrucción Pública, e inspirada en la ideología que caracterizaba a la Institución Libre de Enseñanza"<sup>40</sup>. El presidente de la Junta fue Santiago Ramón y Cajal, que se mantuvo en el cargo hasta su fallecimiento en 1934. Su secretario fue José Castillejo, catedrático de Derecho Romano, quien fue su núcleo vertebrador. "En los centros de física, química, matemáticas, ciencias naturales y biomédicas, al igual que en los de humanidades, que creó o ayudó a mantener la Junta, investigaron los mejores cerebros de la ciencia española de la época"<sup>41</sup>. Fue, sin duda, la institución científica española más importante del primer tercio del siglo XX. Era la que tenía un mayor presupuesto, que fue empleado para crear y apoyar laboratorios de investigación, y para enviar pensionados -becarios- a centros extranjeros. De hecho, la notoriedad y el presupuesto de la JAE crearon suspicacias entre las universidades españolas, que protestaron por la situación de privilegio de la Junta, y solicitaron al Gobierno una mayor atención a la investigación universitaria. Sin entrar en esas cuestiones<sup>42</sup>, lo que aquí conviene resaltar es que la Junta se centró sobre todo en el apoyo a la investigación científica básica, donde alcanzó una notable relevancia; pero no se dedicó directamente a la investigación aplicada. Es cierto que la Junta fomentó la ciencia aplicada, y fue una de las principales promotoras de la primera institución específica de este tipo -la FNICER, creada en 1931-, pero su relación con la industria fue mínima, ya que no era esa su finalidad, por lo que no hizo una contribución directa al progreso tecnológico de la economía española.

Realmente, el apoyo público a la investigación fue anterior a la JAE, aunque después estuvo muy vinculado a ella. En 1904, el Gobierno había creado el Centro de

---

<sup>38</sup> Palabras de Segismundo Moret -político liberal que llegó a ser presidente del Gobierno en 1906- en la inauguración del primer Congreso de la Asociación Española para el Progreso de las Ciencias (1908), de la que era presidente (citado por Sánchez Ron, 1999: 175-176).

<sup>39</sup> López García (1993), pp. 19-20.

<sup>40</sup> Sánchez Ron (1999), p. 177.

<sup>41</sup> Sánchez Ron (1999), p. 178.

<sup>42</sup> Una explicación de las críticas que recibió la Junta desde el ámbito universitario puede obtenerse en Sánchez Ron (1999), pp. 182-199.

Ensayos de Aeronáutica, "para la realización de los ensayos de los aparatos de navegación aérea y para dirigir las maniobras de motores a distancia, inventados por el Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos D. Leonardo Torres Quevedo"<sup>43</sup>. En 1907 se creó el Laboratorio de Mecánica Aplicada -que en 1911 cambió su nombre por el de Laboratorio de Automática- como centro de apoyo al Centro de Ensayos de Aeronáutica, y también para "dedicarse al estudio y construcción de máquinas y aparatos científicos para diversas aplicaciones industriales, así como para la enseñanza e investigación"<sup>44</sup>. Eran estos unos centros sostenidos con fondos públicos, pero dirigidos a apoyar los proyectos de un solo investigador, por mucho que fuera de gran prestigio. Torres Quevedo era consciente de la debilidad investigadora española, que se traducía en la carencia de los medios y aparatos imprescindibles para ensayos y experimentos en muchos centros públicos y privados de todo tipo. Por este motivo, en 1909 propuso a la JAE -de la que era vocal- "una idea completamente innovadora"<sup>45</sup>: "fundar una asociación de talleres y laboratorios del Estado, que se ocupe principalmente en construir material científico y facilitar medios de realizar aquellos estudios experimentales que se juzguen de interés"<sup>46</sup>. En junio de 1910 el ministro de Instrucción Pública autorizaba la creación de la Asociación de Laboratorios, a la que en 1911 se unió como elemento esencial el Laboratorio de Automática, antes citado. La Asociación construyó en los años siguientes aparatos científicos para diversas instituciones, pero no tuvo prácticamente relación con la industria. En 1911 el Ministerio de Instrucción Pública creó el Instituto de Material Científico, que tuvo más importancia que la Asociación, aunque su fin era similar. Este Instituto pervivió hasta 1936, aunque su labor la continuó a partir de 1939 el Instituto "Torres Quevedo" de Material Científico del CSIC.

En 1931, al amparo de la Junta de Ampliación de Estudios y del Gobierno Republicano, surgió la Fundación Nacional para Investigaciones Científicas y Ensayos de Reformas (FNICER). Esta fundación fue propiamente la primera institución estatal creada con la idea de establecer en España un sistema de investigación aplicada, con el claro objetivo del desarrollo industrial. Pero no había hecho más que comenzar sus actividades, cuando se desató la Guerra Civil, por lo que las aportaciones de la FNICER no fueron significativas.

Tras la Guerra Civil, el nuevo Estado reinició la política de investigación científica y tecnológica con la creación del CSIC en 1939. Como sucedió en el ámbito industrial con el INI, el Estado se convirtió a través del CSIC en el principal responsable e impulsor de la política científica y tecnológica. Esta opción estuvo motivada tanto por la ideología estatista e intervencionista del nuevo régimen, como por la debilidad de la investigación privada y universitaria. El CSIC heredó las instalaciones y la tradición investigadora de la JAE y la FNICER, aunque se esforzó en dejar clara la ruptura ideológica con esas instituciones. Sin valorar su eficacia o su importancia con respecto a instituciones similares de otros países, el CSIC ha sido la institución española de investigación más importante de la segunda mitad del siglo XX. Con el paso de los años fue creando institutos y patronatos, que pueden dividirse en dos grandes ámbitos: "el CSIC científico dedicado a la investigación

---

<sup>43</sup> Citado por Sánchez Ron (1999), p. 164.

<sup>44</sup> Sánchez Ron (1999), p. 164.

<sup>45</sup> Sánchez Ron (1999), p. 164.

<sup>46</sup> Intervención de Torres Quevedo ante la Comisión Directiva de la JAE, el 2 de enero de 1909 (citado por Sánchez Ron, 1999: 165).

básica o académica y el CSIC tecnológico, centrado en actividades de desarrollo tecnológico industrial<sup>47</sup>. El aspecto tecnológico del CSIC se organizó en torno al Patronato Juan de la Cierva (PJC), que fue desde mediados de los años 40 la institución más importante del Consejo, ya que llegó a absorber "aproximadamente la mitad de los recursos totales del CSIC"<sup>48</sup>. El PJC se centró "en actividades de desarrollo tecnológico industrial, con una fuerte colaboración con la industria (el INI y las asociaciones sectoriales) [...] y acabaría representando, junto con algunas empresas dependientes del INI, la base del desarrollo tecnológico concebido como fundamento del crecimiento industrial"<sup>49</sup>. Esta fue, quizá, la diferencia más importante del CSIC con respecto a la JAE: la importancia que dio a la investigación tecnológica industrial. No obstante, cabe dudar sobre la eficacia del PJC en la promoción de la innovación tecnológica, ya que sus actividades se pusieron, sobre todo, al servicio del INI y del ideal autárquico de Suanzes.

El INI y el PJC heredaron otra interesante iniciativa de innovación industrial, que tenía que ver con la tradición industrialista y tecnológica del Ejército. Ya se ha hablado del antiguo interés de los ingenieros militares por la innovación tecnológica. Esta tradición estaba relacionada con la tecnología militar, pero había tenido una repercusión -tanto directa como indirecta- sobre la industria. Directa, porque desde el siglo XVIII, el Ejército y la Armada fueron creando sus propias fábricas de armamento, y en el primer tercio del siglo XX la mayor parte de la producción armamentística se hacía en fábricas militares<sup>50</sup>. Indirecta, porque de las mejoras tecnológicas introducidas por los militares se benefició también la industria privada. A la vez, como sucedió con los arsenales de Cartagena, El Ferrol y La Carraca (Cádiz), algunas de esas plantas de producción fueron dadas en concesión a la industria privada. Además, el Ejército llevó a cabo desde 1915 un amplio estudio sobre el estado de la industria privada en España a través de unas comisiones de movilización industrial, que se impulsaron desde los años de la I Guerra Mundial para conocer la capacidad y distribución geográfica de la industria española, en vistas a una posible entrada en el conflicto internacional<sup>51</sup>. La inspiración para estas comisiones provino de las políticas e instituciones creadas en aquellos años en los países beligerantes, que tenían el objetivo de movilizar toda la industria nacional para abastecer las necesidades militares provocadas por la Gran Guerra: la primera guerra moderna, que implicó una enorme demanda de material, en cantidades hasta entonces desconocidas. Gobiernos, ejércitos y empresarios de los países beligerantes crearon organismos para coordinar la producción bélica. Las necesidades de acelerar la producción, impulsaron la generalización en Europa de las formas más modernas de organización industrial que ya estaban afianzadas en Estados Unidos, como los métodos tayloristas y la cadena de montaje. Desde el punto de vista de la institucionalización de la I+D, es particularmente interesante el caso británico:

La inversión en investigación científica y técnica, uno de los tradicionales puntos débiles de la industria británica, recibió un fuerte impulso con la creación en 1916

---

<sup>47</sup> Sanz Menéndez (1997), p. 125.

<sup>48</sup> Sanz Menéndez (1997), p. 150.

<sup>49</sup> Sanz Menéndez (1997), p. 125.

<sup>50</sup> "El sector de armamento en España estaba casi exclusivamente encomendado a las fábricas estatales de dirección y personal militar" (San Román, 1999: 108)

<sup>51</sup> Sobre la naturaleza y logros de estas comisiones, ver San Román (1999), pp. 107-117.

del Departamento de Investigación Científica e Industrial, cuya contribución se mostró decisiva para el estudio, diseño y fabricación de nuevas armas y equipos<sup>52</sup>.

Este Departamento "llegó a concentrar bajo su autoridad los fondos para la investigación universitaria e industrial, pero no consiguió articularlas"<sup>53</sup>; es decir, aunque no se puede decir que fuera la primera institución que llevó a cabo una política general de ciencia y tecnología, sí fue el primer precedente significativo de un sistema que comenzaría de hecho en Estados Unidos durante la II Guerra Mundial. En las comisiones de movilización españolas, "los ingenieros militares habían cultivado el gusto por la tecnología y la preocupación por la aplicación militar de los desarrollos industriales"<sup>54</sup>. No obstante, aunque insistieron en la necesidad de una mayor inversión tecnológica en la industria, no consiguieron más que constatar el atraso industrial y tecnológico español: "Somos pobres, muy pobres, industrialmente considerados"<sup>55</sup>. Pero, ni introdujeron en España las nuevas formas de organización industrial, ni crearon instituciones similares al Departamento de Investigación Científica e Industrial británico. No obstante, el profundo análisis de la situación industrial española llevado a cabo por los ingenieros militares, sirvió de base para futuras actuaciones públicas de política industrial, principalmente para la creación del Instituto Nacional de Industria en 1941<sup>56</sup>.

De hecho, algunos militares involucrados en las comisiones de movilización -como Juan Antonio Suanzes y Joaquín Planell- tuvieron un gran protagonismo en la política tecnológica e industrial franquista. "Estos ingenieros militares, creadores del INI y responsables de la industria nacional durante muchos años, llevaron al CSIC las preocupaciones que se derivaban de la necesidad de solucionar problemas tecnológicos concretos"<sup>57</sup>. Así, el INI -es decir, Juan Antonio Suanzes- tuvo una importante influencia en la potenciación del Patronato Juan de la Cierva del CISC. Las iniciativas llevadas a cabo conjuntamente entre el PJC y el INI son el primer claro intento llevado a cabo en España de una política de innovación tecnológica dirigida a la industria. No obstante, sus resultados no pueden compararse a los de otros países, como Estados Unidos, Alemania o Gran Bretaña, ya que en éstos el Estado actuó como catalizador de una importante y preexistente actividad privada de I+D, mientras que en España fue el Estado el que trató de crear una I+D que no existía. Además, esa I+D se aplicó en empresas públicas, muchas veces con fines autárquicos y objetivos cercanos a la utopía.

Durante los años cuarenta y cincuenta el CSIC fue la institución dominante en la coordinación y ejecución de la investigación científica y tecnológica española; sin embargo, a finales de la autarquía fueron apareciendo otros organismos de I+D dependientes de diversos ministerios, que comenzaron a competir con el CSIC. Entre ellos, los más importantes fueron el Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias (INIA), el Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA) y la Junta de Energía Nuclear (JEN). De esta

---

<sup>52</sup> Fatjó (1998), p. 79.

<sup>53</sup> Sanz Menéndez (1997), p. 65.

<sup>54</sup> Sanz Menéndez (1997), p. 150.

<sup>55</sup> Palabras de un informe de Pérez Urruti (1924), citado por San Román (1999), p. 114.

<sup>56</sup> Según mantiene San Román (1999), p. 114: "Para explicar ese atraso, los militares recurrieron a una serie de factores entre los que cabe citar tres por su frecuente aparición: la propiedad extranjera de las materias primas, la equivocada ubicación de la industria española y su pequeña escala de operaciones. Estas tres obsesiones fueron heredadas sin solución de continuidad por el INI".

<sup>57</sup> Sanz Menéndez (1997), p. 150.

forma, a finales de los años cincuenta comenzaba a plantearse un problema serio de coordinación de las actividades nacionales de I+D, ya que el CSIC no estaba realizando esta función: una de sus atribuciones, según la ley fundacional de 1939. El nuevo gobierno de 1957 impulsó una importante modernización en el funcionamiento de la administración del Estado. Además del profundo cambio económico que supuso el Plan de Estabilización de 1959, también introdujo cambios radicales en la dirección de la política científica. Los nuevos ministros, técnicamente bien preparados, sustituyeron a los militares en la dirección de las políticas de I+D. Se creó la Comisión Asesora de Investigación Científica y Técnica (CAICYT), dependiente del Ministerio de la subsecretaría de la Presidencia, con el fin de ordenar y coordinar -a través de la determinación de objetivos y de medios presupuestarios- el notable número de centros de I+D que habían ido apareciendo en los últimos años. Este fue el primer paso dado en España hacia "la construcción de la idea moderna de política científica, como planificación y programación"<sup>58</sup> por parte del Estado, más que como creación directa de centros de investigación estatales:

La creación de la Comisión Asesora no afectó directamente a la organización de los centros, competencia de los diversos ministerios o del CSIC, sino, solamente, a la distribución de competencias y a la estructura de la toma de decisiones para la definición de objetivos y programas científico-técnicos prioritarios, así como a la asignación de los nuevos, pero siempre escasos, recursos<sup>59</sup>.

En los años sesenta, la creciente preocupación por la política científica se tradujo en la creación de otra serie de organismos. En 1961 se crearon las Asociaciones de Investigación para estimular el desarrollo de la investigación en la industria. Estas asociaciones debían desarrollar "programas de investigación de interés común para las empresas de un sector, de cuyos resultados se pudieran beneficiar todas las empresas interesadas en desarrollar investigación cooperativa"<sup>60</sup>. Entre 1962 y 1980 se crearon 29 asociaciones de este tipo, la mayoría de las cuales tuvieron una notable actividad. La creación de la Comisaría del Plan de Desarrollo en 1962, aunque sin estar ligada directamente a la política científica, tuvo una importante incidencia sobre ella, ya que tomó importantes iniciativas para impulsar la I+D industrial. En 1963 se reorganizó la política científica y tecnológica, con la creación de la Comisión Delegada del Gobierno para Política Científica, cuyo fin era mejorar la coordinación y colaboración entre los ministerios implicados en la investigación científica y técnica. Esta Comisión se situaba por encima de la CAICYT, que quedaba como órgano consultivo, "y aparecía como una respuesta a las primeras críticas [procedentes de la OCDE] sobre la falta de eficiencia de los organismos responsables de la política científica en España"<sup>61</sup>.

La reorganización de la política científica y técnica no había supuesto, de hecho, un cambio significativo en la situación real de la I+D en España: en 1964 los gastos en I+D seguían suponiendo en torno al 0,2% del PIB, muy por debajo de la mayor parte de los

---

<sup>58</sup> Sanz Menéndez (1997), p. 135.

<sup>59</sup> Sanz Menéndez (1997), p. 135.

<sup>60</sup> Sanz Menéndez (1997), pp. 136-37: "El PJC intentó crear asociaciones según el modelo británico, y de hecho el instituto del Hierro y el Acero fue una asociación hasta que se creó ENSIDESA, que absorbió buena parte del Instituto".

<sup>61</sup> Sanz Menéndez (1997), p. 138.



países de la OCDE. Esta situación se explicaba por la poca importancia del gasto empresarial en I+D ("las tres cuartas partes del gasto español en I+D se realizaban en el sector público"<sup>62</sup>), junto con la escasez del gasto público en este capítulo (que representaba el 1,5% del presupuesto en 1964, mientras que, por ejemplo, en Estados Unidos era del 13,1%). Si a esto se añade el pequeño tamaño relativo del sector público español (el 15% del PIB), se comprende todavía más el abismo que separaba a España de los países más avanzados en este aspecto, y las críticas que comenzó a recibir nuestro país en los informes de la OCDE. Precisamente, estas críticas o llamadas de atención fueron en parte las causantes de algunas medidas dirigidas a incrementar los gastos en I+D, como, por ejemplo, la creación en 1964 del Fondo Nacional para la Investigación científica, "con el fin de disponer de recursos excepcionales destinados a impulsar y estimular acciones combinadas de investigación científica que no pudieran ser atendidas con los medios regulares de financiamiento de los centros de investigación"<sup>63</sup>. A la vez, los Planes de Desarrollo introdujeron un capítulo sobre "desarrollo y programación de las actividades de I+D". El primer plan estuvo en vigor entre 1964 y 1967, pero lo cierto es que el esfuerzo nacional en I+D permaneció prácticamente estancado: "Aunque entre 1964 y 1967 se reflejaba un aumento del esfuerzo hasta 0,29% del PIB, esto se atribuía más a una mala contabilidad en el año de origen que a un aumento real"<sup>64</sup>. Hubo algunas otras medidas reformistas, pero no pasaron de los aspectos nominales, como el cambio de nombre del ministerio de Educación por el de Educación y Ciencia en 1966: el porcentaje del gasto de I+D sobre el PIB siguió estancado hasta los años 80.

Según Sanz Menéndez, "la explicación más sólida de la debilidad científica y técnica y de la frágil voluntad política de los sucesivos gobiernos está relacionada con la escasez de la base fiscal del Estado, derivada de la carencia de un sistema impositivo moderno construido sobre impuestos directos, progresivos y generales"<sup>65</sup>. Pero esto es tan sólo una parte de la verdad; la otra parte -quizá más decisiva- era la extraordinaria debilidad de la investigación científica y técnica privada, que en otros países era la parte más importante del gasto en I+D. Precisamente, el II Plan de Desarrollo (1968-1971) buscó aumentar los gastos en investigación y "estimular la expansión de la investigación en las empresas privadas [...] por medio de la fórmula de los Planes Concertados de Investigación, un mecanismo por medio del cual el Estado participaba financieramente en proyectos de I+D de las empresas, asumiendo hasta un 50 por ciento de sus costes"<sup>66</sup>. Esta medida contribuyó a "facilitar iniciativas de investigación en las empresas, aunque se ha señalado que la colaboración entre empresas y centros de investigación en general favoreció unos contactos basados en la subcontratación de servicios"<sup>67</sup>.

Por otro lado, la importancia de las políticas desarrollistas, que perseguían el crecimiento económico de España, hizo que los escasos recursos dirigidos a la investigación se dirigieran cada vez más a gastos de I+D industrial, en detrimento de la investigación básica. Las protestas de los científicos estaban justificadas en la medida en que el apoyo público directo debe estar más dirigido a la investigación básica, mientras que la aplicada

---

<sup>62</sup> Sanz Menéndez (1997), p. 138.

<sup>63</sup> Artículo 1 del Decreto de 16 de octubre de 1964, citado por Sanz Menéndez (1997), p. 140.

<sup>64</sup> Sanz Menéndez (1997), p. 142.

<sup>65</sup> Sanz Menéndez (1997), p. 143.

<sup>66</sup> Sanz Menéndez (1997), p. 143.

<sup>67</sup> Sanz Menéndez (1997), p. 144.

debe estar sobre todo a cargo de las empresas. La debilidad fiscal del Estado, estaba en la base de este problema, algo que destacó el informe de la OCDE de 1971, que siguió insistiendo en que a pesar de la importancia que se daba a la política de investigación en el II Plan de Desarrollo, ésta "ha permanecido en estado de declaración de intenciones y no ha sido seguido de ninguna aplicación concreta"<sup>68</sup>. El III Plan de Desarrollo (1972-1975), aunque fijó el objetivo de que los gastos de I+D alcanzaran la cifra del 2% del PIB en 1980 (justo la cifra que se ha fijado como objetivo el actual Gobierno para el año 2004), se dio de bruces con la crisis del petróleo, por lo que en 1975 el gasto en I+D no superaba todavía el 0,3% del PIB. La suspensión del IV Plan de Desarrollo (1976-1979), que pretendía reforzar la política científica y tecnológica e incrementar los gastos de investigación, "colocó a la investigación científica y técnica española al borde del caos, justo antes de haber conseguido unas cotas mínimas para despegar"<sup>69</sup>.

Durante la transición a la democracia, las políticas de ciencia y tecnología recibieron poca atención, pero desde finales de los años setenta comenzaron a observarse algunos progresos. Uno de ellos fue la creación en 1978 del Centro de Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI), que con el tiempo alcanzaría una notable relevancia como impulsor de la innovación tecnológica empresarial. En 1982 el gobierno de la UCD redactó un proyecto de Ley de Investigación Científica y Técnica, que ponía de manifiesto una más firme preocupación por las políticas de I+D. Sin embargo, el gobierno socialista paralizó su aprobación, y tardó cuatro años en retomar el asunto: en 1986 fue aprobada la Ley de Fomento y Coordinación General de la Investigación Científica y Técnica, conocida como Ley de la Ciencia. Esta ley establecía un plan sistemático de coordinación y apoyo público a la ciencia y la tecnología. Sin embargo, si nos fijamos en el gasto en I+D, habría que concluir que no significó un salto cuantitativo considerable: en 1986, el porcentaje de gasto español en I+D (público y privado) era el 0,61%; y en la actualidad es el 0,86%. Si tenemos en cuenta que en 1975 era el 0,3%, parece claro que el lento proceso de acercamiento a los niveles europeos de esfuerzo tecnológico se inició más bien a finales de los años setenta. Desde entonces, el salto ha sido considerable, pero la distancia con los países más avanzados sigue siendo muy importante, pues la media europea de gasto en I+D como porcentaje del PIB es del 2%. Precisamente para conseguir acabar con esta brecha, tras las elecciones de marzo de 2000 se puso en marcha la medida más espectacular -al menos sobre el papel- de apoyo a la ciencia y la tecnología de la historia de España: la creación del Ministerio de Ciencia y Tecnología, cartera que ya existía desde hace años en otros países europeos como Francia o Alemania. Este ministerio aglutina en su seno prácticamente todos los centros públicos de investigación científica y tecnológica, y coordina toda la investigación básica y aplicada realizada en España. Precisamente, el objetivo de este ministerio es alcanzar en cuatro años la cifra del 2% del PIB en gastos de I+D, para superar el tradicional atraso tecnológico y científico español. Es una medida que denota la creciente importancia otorgada por los políticos a la ciencia y la tecnología, aunque habrá que esperar unos años para comprobar su efectividad real. Por el momento, la decepción por su actuación es general en ámbitos científicos y universitarios.

## **2. El atraso tecnológico español en la época contemporánea**

---

<sup>68</sup> OCDE (1971), pp. 45-46: citado por Sanz Menéndez (1997), p. 145.

<sup>69</sup> Sanz Menéndez (1997), p. 147.

La consecuencia de la débil y lenta formación de instituciones sólidas de I+D ha sido el tradicional atraso tecnológico y económico de España. Existen dos tipos básicos de indicadores para medir el nivel tecnológico de un país: los que miden los *inputs* de las actividades de I+D, y los que miden los *outputs* o resultados. Desde el punto de vista de los *inputs*, el indicador más utilizado es la "ratio de esfuerzo tecnológico", es decir, el porcentaje de gastos de I+D con respecto al PIB. Desde el punto de vista de los *outputs*, el más usado es el número de patentes registradas. Según ambos indicadores, la situación actual de la tecnología española es de un fuerte desfase con respecto a los países más desarrollados. No es ésta una situación coyuntural, sino que ha sido una constante a lo largo de la historia contemporánea, como vamos a mostrar en las páginas que siguen.

## 2.1. El gasto en I+D en la época contemporánea

Empecemos por explicar cual es la situación actual y la evolución histórica del gasto español en investigación y desarrollo. El cuadro 1 refleja el porcentaje de estos gastos sobre el PIB en España, la Unión Europea y Estados Unidos entre 1986 y 1998. Aunque el porcentaje español ha aumentado del 0,61 en 1986 al 0,88 en 1998, en este último año todavía representaba el 46% de la media de la Unión Europea (1,91) y el 33% de la cifra de Estados Unidos (2,64). La distancia es enorme, y tan sólo podrá acortarse si el ritmo de crecimiento de la inversión en I+D en España consigue ser más rápido que en los otros países.

Cuadro 1. Gastos en I+D como porcentaje del PIB, 1986-1998

Año	España	UE	EEUU
1986	0,61	1,95	2,85
1987	0,64	2,00	2,82
1988	0,72	1,99	2,78
1989	0,75	1,99	2,73
1990	0,85	1,99	2,78
1991	0,87	1,98	2,81
1992	0,91	1,96	2,74
1993	0,91	1,98	2,61
1994	0,85	1,94	2,51
1995	0,85	1,92	2,61
1996	0,87	1,90	2,62
1997	0,86	1,91	2,64
1998	0,88	1,91	2,64

Fuente: Martín (1999), cuadro 1, p. 7.

Cuadro 2. Porcentaje de gastos en I+D ejecutado y financiado por las empresas

Año	España		UE		EEUU	
	% ejecutado	% financiado	% ejecutado	% financiado	% ejecutado	% financiado
1986	56,5	50,1	66,5	51,9	74,9	51,4
1987	55,9	47,9	66,2	53,1	74,8	50,2
1988	57,6	48,7	66,5	54,6	74,4	51,5
1989	56,9	48,6	66,6	54,5	73,7	53,7
1990	58,5	48,2	66,3	53,8	73,0	55,4
1991	56,5	48,7	64,2	53,2	76,1	59,1
1992	51,1	44,3	64,0	54,3	75,4	60,0
1993	48,7	42,0	63,1	53,9	74,4	60,1
1994	47,7	41,3	62,9	54,2	74,3	60,6
1995	49,4	45,3	63,0	54,2	75,2	62,3
1996	49,7	46,5	63,2	54,8	76,3	64,2

Fuente: Martín (1999), cuadro 2, p. 8.

Si se considera sólo la parte de los gastos de I+D financiados y ejecutados por las empresas (cuadro 2), la desventaja española queda remarcada: nuestro país no sólo dedica menos recursos a la I+D, sino que, además, la mayor parte está financiada por organismos públicos, mientras que en la Unión Europea y en Estados Unidos, la parte

principal corresponde a las empresas. Esta es una de las causas más claras del atraso tecnológico español, pues los principales agentes de la innovación -las empresas- invierten poco en I+D y, además, las instituciones públicas -universidades, CSIC y otros centros públicos- tienen poca relación con la empresa privada, por lo que su esfuerzo tecnológico tiene escasa incidencia en la realidad económica. Esto es un claro problema del CSIC, la institución científica más importante de España, responsable actualmente del 20% de la producción científica:

Es cierto que el número de contratos con empresas va en aumento y es frecuente encontrar casos de colaboraciones altamente eficaces. No obstante, la clase empresarial no se acerca espontáneamente al CSIC [...]. Por regla general, los Centros del Consejo no han adoptado estructuras orientadas a transferir sus resultados al mundo empresarial [...]. El énfasis que algunos Centros del Consejo ponen en el desarrollo de tecnología no está acompañado por el necesario esfuerzo de transferencia, que debe empezar por un conocimiento práctico de la realidad empresarial<sup>70</sup>.

Por tanto, el hecho de que el Estado lleve la mayor parte del peso del gasto en I+D es uno de los problemas del sistema español de innovación, pero es más grave la débil vinculación entre las instituciones públicas de investigación y las empresas. Si tenemos en cuenta, además, el pequeño tamaño relativo del presupuesto del Estado español, la conclusión es que en España se gasta muy poco en I+D. Pero, ¿cuál ha sido la evolución del gasto durante la época contemporánea? Hasta la década de 1970 no existen estimaciones del gasto privado en I+D; en cambio, sí se puede obtener información sobre el gasto público a partir de los presupuestos generales del Estado. Se puede decir que hasta 1907 -con la creación de la Junta para Ampliación de Estudios- los presupuestos no incluyeron ninguna partida dedicada expresamente a gastos en investigación y desarrollo. Sin embargo, al rastrearlos capítulo por capítulo, se pueden identificar diversas partidas que podrían considerarse como gasto en investigación. Por tener una referencia de cual era el esfuerzo estatal en I+D en una época muy temprana en cuanto a la preocupación por estas cuestiones, hemos entresacado de los presupuestos de 1860 las partidas relacionadas de alguna manera con este tipo de gastos:

a) En la parte correspondiente al Ministerio de la Marina, los capítulos 13, 14 y 19 incluyen una serie de artículos agrupados bajo el epígrafe "Personal y Material de Establecimientos Científicos". Estos establecimientos eran el Colegio Naval, el Observatorio Astronómico, el Depósito Hidrográfico, el Museo Naval y la Biblioteca Central. Excepto el Observatorio Astronómico, se trataba de instituciones no dedicadas propiamente a actividades de I+D<sup>71</sup>.

b) Los capítulos del Ministerio de Fomento que podrían tener relación con gastos en investigación son los siguientes: 1) Escuelas de enseñanza técnica e ingeniería: Aunque no eran propiamente instituciones de investigación, sino educativas, fueron esenciales para el progreso tecnológico. 2) Corporaciones científicas, artísticas y literarias (capítulos 27-31). Incluyen, en primer lugar, los gastos de personal y material de la Real Academia

---

<sup>70</sup> Mulet (1998), pp. 52-53.

<sup>71</sup> El Observatorio Astronómico sí puede considerarse una institución científica, aunque desconocemos hasta qué punto los gastos destinados a ella iban dirigidos, estrictamente, a actividades de investigación.

Española, Real Academia de la Historia, Real Academia de San Fernando, Real Academia de Ciencias Exactas y Matemáticas y Real Academia de Ciencias Morales y Políticas (capítulos 27 y 28); en segundo lugar, los gastos de personal y material de Establecimientos científicos y literarios: Archivos y Bibliotecas, y el Observatorio Astronómico (capítulos 29 y 30); por último, el capítulo 31 se refiere a gastos generales de Fomento de las letras y las artes<sup>72</sup>. 3) La sección cuarta incluye los gastos de personal y material de Obras Públicas, donde se contemplan los gastos del cuerpo y la escuela de Ingenieros de Caminos, que fueron notables científicos y técnicos del siglo XIX. Sin embargo, en estos capítulos (35 y 36) no hay ninguna partida que tenga relación directa con la investigación (sí con la educación).

c) El Ministerio de Hacienda, en sus partidas de gastos para las minas de Río Tinto, incluye en el capítulo 63 un artículo referente a "Labores de Investigación". No se explica en qué consisten estas labores, aunque muy bien podrían referirse a labores de búsqueda de nuevas vetas de mineral. En todo caso, aunque se tratara de apoyo a la investigación científica, su importancia fue pequeña, ya que la cantidad presupuestada era tan sólo de 195.000 reales de vellón.

d) Por último, en el Presupuesto Extraordinario de aquel año, se incluía en el capítulo 2º una partida denominada "Premios de Investigación", dotada con un millón de reales<sup>73</sup>. Al ser una partida presupuestaria, no sabemos si realmente se dotaron, ni el tipo de investigaciones a las que fueron asignados.

Como se ve, resulta difícil identificar las partidas que realmente eran gastos de investigación. En todo caso, estos presupuestos muestran el escaso interés estatal por el apoyo a la I+D a mediados del siglo XIX. No obstante, para tener una idea de la cantidad de gastos estatales de investigación, se pueden considerar los más directamente relacionados con este tipo de actividades; es decir, los encuadrados bajo el epígrafe "Corporaciones Científicas, Artísticas y Literarias"<sup>74</sup>. Según esto, el gasto presupuestado para investigación en 1860 habría sido de 1.953.800 reales de vellón, lo que suponía el 0,08% del presupuesto (que ascendió a 2.191 millones de reales corrientes). Juan Aracil y José Luis Peinado (1976) han clasificado funcionalmente los gastos del Estado español entre 1850 y 1965. Según este trabajo, la proporción de gastos en investigación en 1860 sería de un 0,01 por 100. Los autores no explican como han elaborado sus datos, pero, según nuestros cálculos, sus cifras están dentro de lo admisible, ya que, como hemos dicho, nuestra estimación está sesgada al alza. A pesar de su inexactitud, esta larga serie temporal es de gran utilidad para tener una idea aproximada de la evolución del esfuerzo del Estado en cuanto a la promoción de la investigación en España.

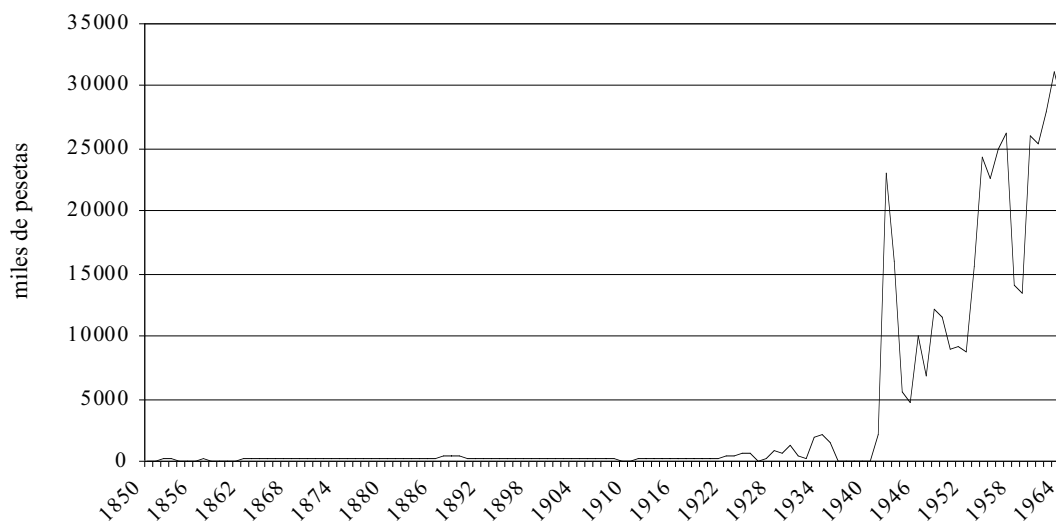
---

<sup>72</sup> Del capítulo 31, el artículo 2º se refiere al "Aumento de gabinetes y bibliotecas"; el 3º, a "Suscripciones a obras científicas y literarias, publicadas en español con objeto de fomentar esta clase de empresas y publicaciones"; y el 4º, a "Publicaciones importantes".

<sup>73</sup> Estos premios se dotaron con cargo a los "ingresos recibidos por las ventas de bienes nacionales".

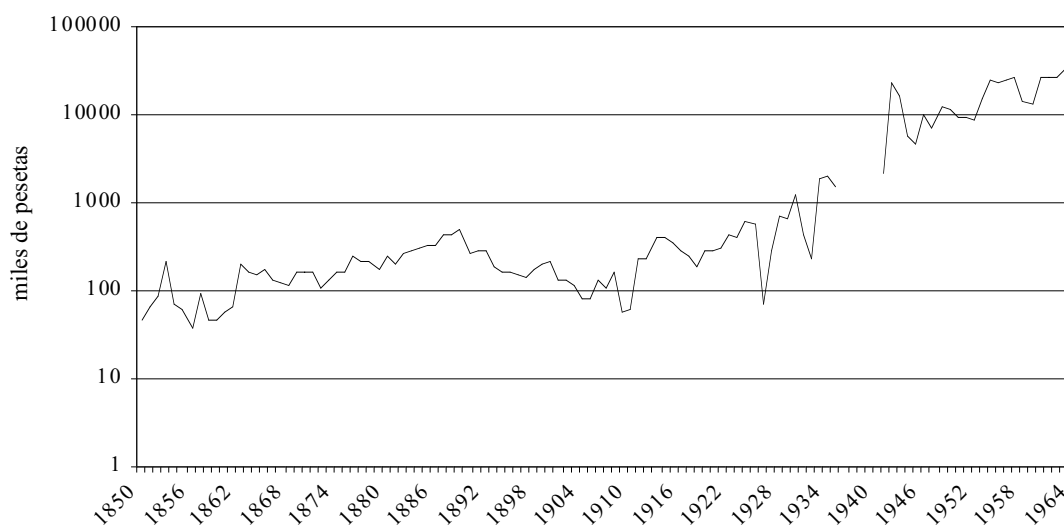
<sup>74</sup> Aún así, la estimación estaría sesgada al alza, por lo que hemos sumado tan sólo las partidas más claramente relacionadas con la investigación científica; en concreto, los artículos correspondientes a: 1) gastos de personal y material de la Real Academia de Ciencias Exactas y Matemáticas; 2) los gastos de personal y material de Archivos y Bibliotecas y del Observatorio Astronómico; y 3) parte de los gastos correspondientes a "Gastos generales de Fomento de las Letras y las Artes".

Gráfico 1. Gastos del Estado español en investigación, 1850-1964  
(miles de pesetas constantes de 1958)



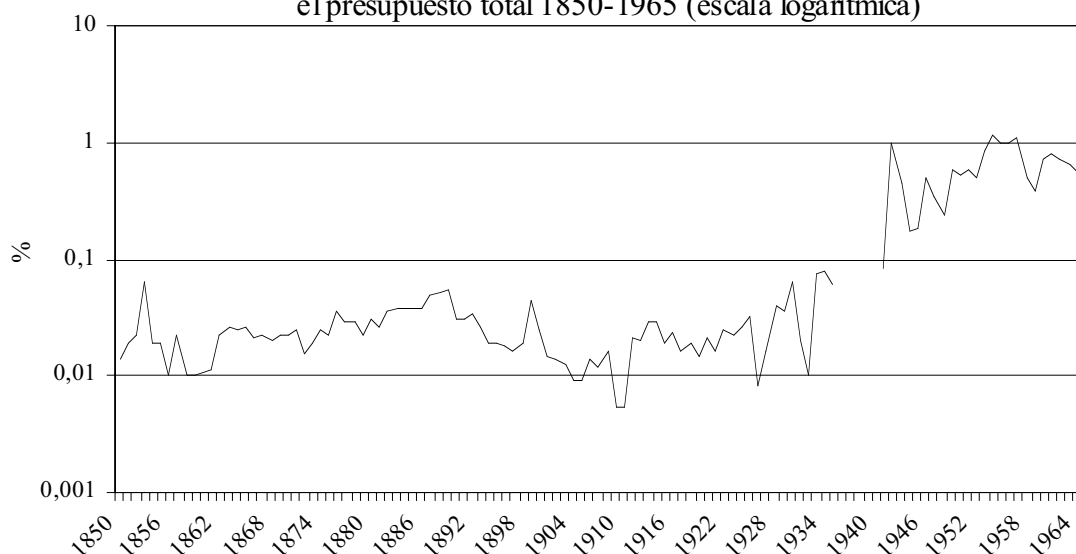
FUENTE: Aracil y Peinado (1976) y Prados (1993), serie PRGDP58.

Gráfico 2. Gastos del Estado español en investigación, 1850-1964  
(miles de pesetas constantes de 1958. Escala logarítmica)



FUENTE: Aracil y Peinado (1976) y Prados (1993), serie PRGDP58.

Gráfico 3. Gastos del Estado español en investigación: porcentaje sobre el presupuesto total 1850-1965 (escala logarítmica)



FUENTE: Aracil y Peinado (1976).

Los gráficos 1 y 2 muestran que las partidas presupuestarias dedicadas a investigación sólo comenzaron a ser significativas a partir de 1941. No obstante, en la década de 1910 se inició una tendencia claramente creciente, que se aceleró en los años 30; algo que se explica por la creación de la Junta para Ampliación de Estudios en 1907 y de la FNICER en 1931. El gran salto posterior a la guerra civil se debe a la creación del CSIC. En cifras absolutas, los gastos crecieron, con altibajos, hasta 1965. Sin embargo, si nos fijamos en la proporción de gastos en investigación con respecto al gasto total (gráfico 3), el máximo se alcanzó en 1954 (1,16%), y en los años posteriores sufrieron un declive, al menos hasta 1965. Conviene resaltar que, de acuerdo con estos datos, en el último tercio del siglo XIX se dio un notable incremento del esfuerzo estatal en investigación, alcanzando un máximo en 1889 (0,053%), que no volvió a igualarse hasta la década de 1930. El declive de la importancia de los gastos de I+D desde 1890 hasta la década de 1910 fue constante. La explicación de este declive puede estar en la creciente orientación de la política económica hacia el proteccionismo desde 1891. A partir de entonces, el Estado dirigió un mayor esfuerzo presupuestario a la protección de la industria nacional, en detrimento de la investigación y otro tipo de gastos. A la larga, por tanto, la opción proteccionista contribuyó a hacer endémico el atraso científico y tecnológico español y, además, perjudicó a la industria, que no pudo incrementar su competitividad.

Las regresiones realizadas entre la serie histórica de gastos en investigación y la de renta por habitante<sup>75</sup>, muestran que no ha existido una correlación significativa para el período 1850-1965 entre el gasto del Estado en I+D y el desarrollo económico de España. Esto es coherente con lo explicado en el epígrafe anterior, ya que, tradicionalmente, las instituciones públicas españolas de I+D han tenido muy poca repercusión sobre la innovación industrial. Además, el gasto tendría que haber sido mucho más importante para que pudiera haber tenido una incidencia apreciable sobre la economía. En definitiva, el

<sup>75</sup> Obtenida de Prados de la Escosura (1993).

Estado español ha contribuido poco al crecimiento económico a través de su apoyo a la ciencia y la tecnología. En nuestra opinión, la mayor contribución del Estado al progreso tecnológico se ha hecho a partir de la creación e institucionalización de la enseñanza técnica en España; principalmente de las escuelas de ingeniería. Por otro lado, las medidas legislativas destinadas a fomentar la generación e importación de tecnología han impulsado indirectamente la innovación tecnológica y, probablemente, también han sido más decisivas que el apoyo financiero e institucional.

El apoyo público a la ciencia y la tecnología es importante, pero lo decisivo es el esfuerzo privado. Por eso, la política tiene que ir encaminada, en gran parte, a concienciar al sector privado de la importancia de la I+D, ya que el más grave problema de España en el aspecto tecnológico es que, al menos hasta épocas muy recientes, no ha habido empresas con departamentos de I+D, es decir, volcadas en el desarrollo tecnológico:

La ausencia de una industria que necesitase de la ciencia, y que al mismo tiempo la nutriese, no pudo ser subsanada, si acaso paliada ligeramente, por instituciones públicas, por muy acertadas que fuesen sus orientaciones. El avance científico es un tejido mucho más complejo, y se nutre no sólo de "lo público", de la práctica de -y amor a- la ciencia "básica", sino también de "lo privado/industrial" y de la tecnología<sup>76</sup>.

En definitiva, el problema del sistema español de I+D en el siglo XX ha sido que las instituciones impulsadas o apoyadas por el Estado no han contado con una base científica y tecnológica empresarial, al contrario de lo sucedido en otros países, donde la industria ha ido creando instituciones de I+D desde mediados del siglo XIX. Mientras en otros países, el papel del Estado ha sido en gran parte de coordinación y apoyo a las instituciones privadas, en España su papel ha tenido que ser de pionero en la creación de instituciones de I+D. Y esto, además, se ha hecho sin mucho ímpetu y, sobre todo, sin conseguir despertar en la empresa y en la sociedad una preocupación creciente por la innovación tecnológica.

## **2.2. Resultados del esfuerzo tecnológico: las patentes en la época contemporánea**

Acabamos de mostrar que las series históricas del gasto en I+D son difíciles de estimar y que, además, sólo contienen una parte de ese gasto: el realizado por el Estado. Además, también es difícil obtener series internacionales comparables, ya que hasta épocas recientes no se han fijado criterios internacionales homogéneos para la elaboración de indicadores de ciencia y tecnología. Esto significa que existen pocos datos comparables y continuados para la mayor parte de la historia contemporánea sobre la evolución del nivel tecnológico de los países. El único indicador disponible desde principios del siglo XIX hasta nuestros días es el de las patentes solicitadas.

Es claro que los inventos (realidad que reflejan las patentes) son tan sólo uno de los medios de innovar, pues existen otras vías como la importación de maquinaria o de técnicos extranjeros, la imitación, las mejoras organizativas, etcétera. No obstante, el sistema de patentes no es colateral en los sistemas de ciencia y tecnología, sino algo central, como lo demuestra el hecho de su afianzamiento y creciente utilización a lo largo de los dos últimos siglos en todos los países. Además, la base de la capacidad tecnológica de un país es la educación técnica y la inversión en I+D, y hay numerosos estudios que

---

<sup>76</sup> Sánchez Ron (1999), p. 169.



han demostrado la estrecha vinculación entre estas variables y las patentes; es decir, que las patentes son un indicador del *output* de las inversiones no sólo en investigación, sino también en educación técnica. En todo caso, a pesar de sus limitaciones<sup>77</sup>, las patentes son muy útiles para tener una idea de la evolución histórica del nivel tecnológico de los países, y así poder hacer comparaciones. De hecho, desde el punto de vista de los resultados de la inversión en tecnología, este es el indicador más utilizado actualmente.

Cuadro 3. Patentes solicitadas por residentes en cuatro países, 1988-1995

Año	España		Alemania		Francia		Gran Bretaña	
	Nº Patentes	Patentes/ millon hab.	Nº Patentes	Patentes/ millon hab.	Nº Patentes	Patentes/ millon hab.	Nº Patentes	Patentes/ millon hab.
1988	1.832	47,2	32.692	532,0	12.627	226,0	20.744	363,5
1989	2.118	54,5	31.888	513,8	12.792	227,8	19.932	348,2
1990	2.260	56,9	30.928	489,0	12.742	225,8	19.474	339,2
1991	2.188	55,2	32.953	411,7	12.746	224,8	19.330	335,3
1992	2.101	52,5	34.587	428,6	12.693	222,7	18.961	328,0
1993	2.192	55,4	35.291	434,7	12.807	222,1	18.806	323,2
1994	2.171	55,4	37.199	458,2	12.666	218,7	18.465	316,2
1995	2.078	53,0	38.675	473,6	12.605	216,8	18.705	319,2

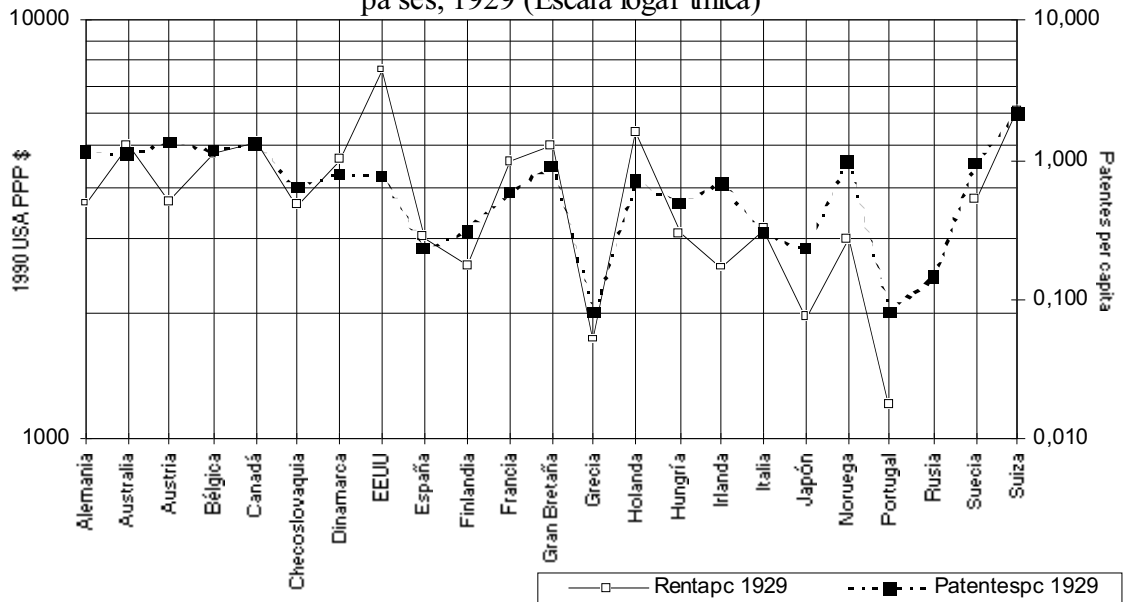
Fuente: Cotec (1997), pp.147-148 y Cotec (1999), p. 196.

El cuadro 3 recoge las patentes solicitadas por residentes en cuatro países de la Unión Europea. Conviene tener en cuenta que las Oficinas de Patentes reciben solicitudes de todo el mundo, por lo que las patentes de residentes son una parte pequeña del total de las solicitadas en cada país. Sin embargo, el número de patentes de residentes es el indicador más adecuado para medir el nivel tecnológico interno de los países, ya que son el resultado de la I+D llevada a cabo dentro de cada uno de ellos. Según esto, los datos del cuadro 3 muestran un extraordinario atraso tecnológico de España. Éste ha sido un rasgo persistente a lo largo de los dos últimos siglos, como se advierte claramente en los gráficos 5 y 6. Y, precisamente, la escasa inversión en tecnología ha sido una de las causas fundamentales de su atraso económico. La estrecha relación entre el nivel tecnológico -patentes por habitante- y el nivel de vida -renta *per capita*-, se advierte al comparar estas dos variables en distintos momentos del tiempo: el orden de importancia de las naciones según su nivel de renta ha sido, en general, el mismo que han mostrado según el indicador de patentes por habitante, como muestra el gráfico 4 para el año 1929<sup>78</sup>.

<sup>77</sup> Una amplia discusión sobre las virtudes y defectos de las patentes como indicadores tecnológicos puede consultarse en Sáiz (1999), pp. 33-60 y en Ortiz-Villajos (1999), capítulo 1.

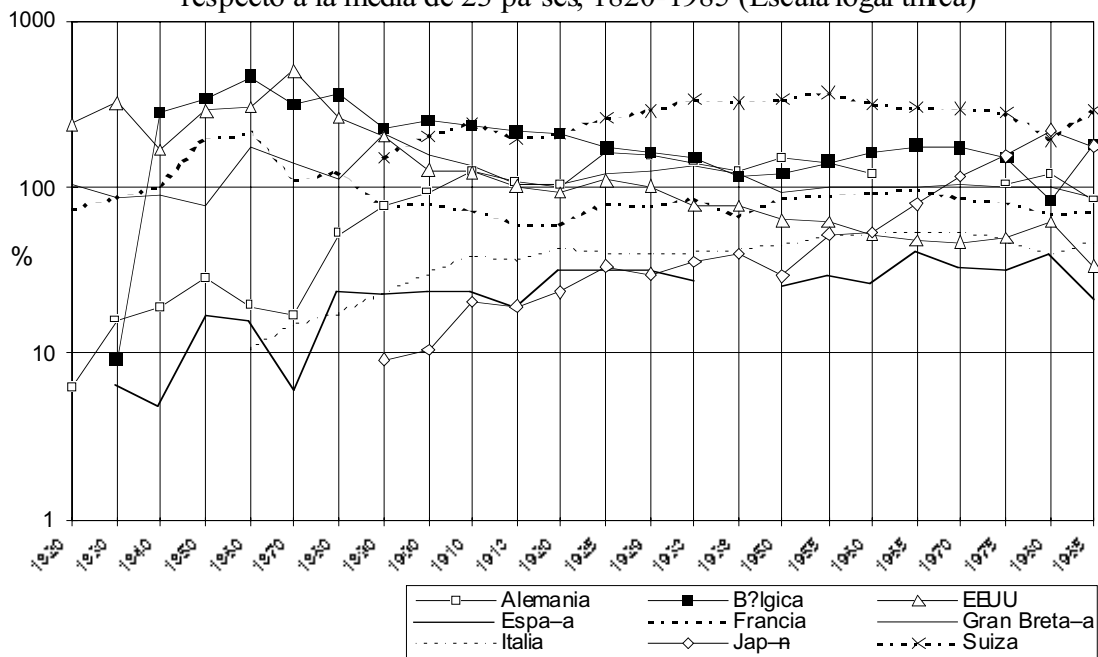
<sup>78</sup> Este gráfico se recoge en Ortiz-Villajos (1999), capítulo 3, que contiene un amplio estudio cuantitativo sobre la relación entre tecnología y desarrollo económico en la época contemporánea.

Gráfico 4. Renta per capita y patentes totales por mil habitantes en 23 países, 1929 (Escala logarítmica)



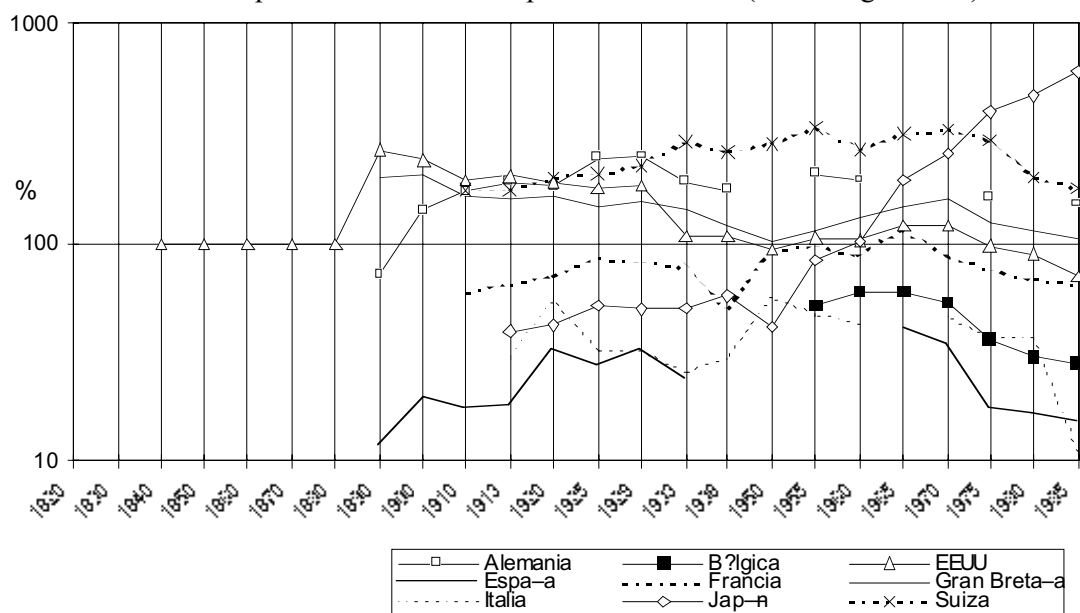
FUENTE: Ortiz-Villajos (1999), gráfico 3.1b, p. 96.

Gráfico 5. Patentes totales por mil habitantes en 9 países: Porcentaje con respecto a la media de 23 países, 1820-1985 (Escala logarítmica)



FUENTE: Ortiz-Villajos (1999), gráfico 2.10, p. 83.

Gráfico 6. Patentes de residentes por mil habitantes en 9 países: Porcentaje con respecto a la media de 23 países. 1820-1985 (Escala logarítmica)



FUENTE: Ortiz-Villajos (1999), gráfico 2.11, p. 84.

La comparación del caso español con el caso japonés es muy reveladora: según el número de patentes por habitante (gráfico 5), hasta principios del siglo XX España tenía mayor nivel tecnológico que Japón; pero este país comenzó entonces a absorber tecnología occidental y a invertir de manera muy intensa en ciencia y tecnología, tendencia que aceleró de manera extraordinaria a partir de 1950. Como consecuencia de ello, Japón se ha convertido en el último cuarto del siglo XX en el país con mayor número de patentes por habitante y en uno de los de mayor nivel tecnológico y económico del mundo. España, en cambio, ha mantenido durante todo este tiempo una *ratio* de patentes por habitante bastante inferior a la de muchos países de su entorno e, incluso, ha aumentado su distancia a partir de mediados del siglo XX -la etapa de la historia que ha experimentado un desarrollo tecnológico más vertiginoso-, lo cual ha incidido en su escasa competitividad en los sectores punteros y en su incapacidad de ponerse al nivel económico de los países más desarrollados. Estas conclusiones son más contundentes si sólo se consideran las patentes solicitadas por residentes en cada país, que son un indicador aproximado de la capacidad tecnológica interna (gráfico 6): según esta variable, la desventaja española ha sido todavía más clara.

Si como estamos manteniendo, el nivel tecnológico está muy relacionado con el nivel económico, puede sorprender la mala posición relativa de Estados Unidos según el

indicador de patentes por habitante, ya que ha sido el país que ha alcanzado el mayor nivel económico en el siglo XX (gráfico 4). Este caso muestra que la tecnología no es la única vía para conseguir aumentar la productividad: el tamaño del mercado puede ser también crucial. Estados Unidos ha sido capaz de alcanzar un altísimo nivel tecnológico y económico sin tener las mayores *ratios* de patentes por habitante gracias al gran tamaño y a la constante expansión de su mercado a lo largo del siglo XX. Esto ha hecho que la tecnología aplicada en su economía haya producido extraordinarios aumentos de productividad debido al efecto de las economías de escala, superiores en este país que en cualquiera de los analizados. Hay que tener en cuenta, no obstante, que Estados Unidos ha sido el país con mayor número absoluto de patentes a lo largo de toda la historia contemporánea<sup>79</sup> -tan sólo superado por Japón a partir de 1970- y que, además, según la *ratio* de patentes de residentes por habitante, se ha situado entre los de mayor capacidad tecnológica. Es decir, Estados Unidos, además de disfrutar de un mercado nacional de gran tamaño, ha hecho grandes esfuerzos en innovación tecnológica: el tamaño del mercado no es condición suficiente para alcanzar un gran nivel de vida, como muestran los casos de México, Rusia o China; y tampoco es condición necesaria, como muestra, por ejemplo, el caso de Suiza. Este país, con un mercado nacional muy pequeño, ha conseguido situarse entre los más ricos del mundo gracias a sus altísimas tasas de inversión en I+D -ha sido el país con mayores *ratios* de patentes por habitante-, que le han permitido alcanzar un gran nivel de competitividad y, por tanto, introducirse en mercados extranjeros, resolviendo de esta manera el problema de su reducido mercado nacional.

Se puede concluir, por tanto, que un gran mercado nacional, aunque es una evidente ventaja, no es condición ni necesaria ni suficiente para alcanzar grandes niveles de desarrollo económico; en cambio, un gran nivel de innovación tecnológica es condición necesaria y suficiente. España ha tenido y tiene desventaja en ambos factores, pero la causa esencial de su atraso económico ha sido su escaso esfuerzo en innovación tecnológica. Pero, ¿cuáles han sido las causas de este déficit? Arriba se ha apuntado que son variadas: culturales, sociales, educativas y económicas. Sería difícil analizarlas todas y encontrar la relación causa efecto, pues esa relación se hunde en la historia y todas las variables influyentes están interrelacionadas. No obstante, parece claro que las variables que influyen más decisivamente en la creación y acrecentamiento de la capacidad tecnológica de un país son la inversión en I+D y en educación técnica. Por ello, si se quiere descubrir las causas históricas del atraso tecnológico español, hay que profundizar en el estudio del proceso de formación de las instituciones -públicas y privadas- de I+D y en la educación de los empresarios y trabajadores españoles.

## **Conclusión**

En la época contemporánea, los Estados han actuado como promotores del progreso tecnológico, tanto con su apoyo financiero, como con la creación de instituciones educativas y científicas, así como a través de la conformación -mediante reformas legislativas- de la disposición social hacia la investigación y la innovación tecnológica. La iniciativa privada también ha promovido el progreso técnico a través de los esfuerzos de inventores, científicos, e instituciones o empresas que han creado departamentos de I+D o

---

<sup>79</sup> Ver Ortiz-Villajos (1999), cuadro 2.2, p. 63.

invertido en ciencia y tecnología. En términos generales, la iniciativa privada ha sido más importante que la estatal, porque cuando ha faltado o escaseado el deseo, compromiso o visión empresarial para aprovechar las oportunidades tecnológicas, ha sido imposible que el apoyo público a la I+D se haya traducido en innovaciones productivas.

El principal problema de la tecnología española no ha sido la falta de apoyo estatal, sino el escaso dinamismo tecnológico del sector privado. En el siglo XVIII comenzaron los esfuerzos estatales por apoyar la investigación científica y tecnológica, así como las políticas de configuración de las leyes de protección de la propiedad industrial y los sistemas de educación técnica: aspectos que, sin duda, han tenido una influencia decisiva en el progreso tecnológico. El Estado español comenzó a actuar en estos aspectos prácticamente a la vez que muchos otros países europeos. En el caso británico no fueron las políticas científicas estatales las que produjeron su enorme ventaja durante la primera revolución industrial, sino las invenciones de muchos artesanos y comerciantes. Esa ventaja comenzó a percibirse claramente en España desde mediados del siglo XVIII. Ante la falta de reacción de la industria privada, el esfuerzo por introducir en España las nuevas tecnologías lo inició el Estado ilustrado. Por tanto, en los comienzos de la era industrial, ya se advertía el escaso empuje innovador del empresario español, mientras que los poderes públicos trataban de suplir esa escasez. Desde entonces hasta nuestros días, la empresa privada española ha buscado poco la competitividad a través de la creación de departamentos de I+D. Esto ha implicado que la tecnología española haya ido siempre a remolque de los avances internacionales, y que no hayan existido en nuestro país empresas industriales de alta tecnología. Esto no significa que no haya habido un desarrollo tecnológico en España: sí lo ha habido, pero no ha sido la investigación propia, sino la importación de tecnología extranjera y su adaptación a la industria nacional la que lo ha posibilitado. Otro país como Italia, tan atrasado como España en el siglo XIX, comenzó su despegue ya a finales de aquel siglo gracias a que supo aprovechar las oportunidades tecnológicas proporcionadas por algunos grandes descubrimientos científicos y tecnológicos propios. En España no faltaron algunos importantes inventos, pero no se aplicaron a gran escala en la industria nacional, y, en cambio, sí muchas veces en el extranjero.

Pero el Estado también ha tenido parte de culpa en el atraso tecnológico de España, pues su apoyo ha sido menos decidido que en otros países, especialmente en el siglo XX, cuando la promoción de la tecnología por parte del Estado ha comenzado a ser decisiva. En las naciones más desarrolladas, la intervención estatal en ciencia y la tecnología recibió un gran impulso a partir de las dos guerras mundiales: en Estados Unidos y Gran Bretaña la colaboración entre Gobierno y empresarios para acelerar la producción y el progreso tecnológico tuvo unos resultados extraordinarios. A mediados del siglo XX comenzaba a afianzarse el apoyo estatal a la I+D en los países desarrollados, y a configurarse los sistemas nacionales de innovación, que entrelazaban apoyo estatal y esfuerzo privado. En España este proceso se produjo más tardíamente y en menor medida.

Las instituciones españolas dedicadas a la investigación aplicada comenzaron a tener cierto peso en la industria a partir de 1940. Pero los esfuerzos de I+D de la institución más importante durante los años cuarenta y cincuenta -el Patronato Juan de la Cierva-, se orientaron sobre todo a satisfacer las necesidades tecnológicas de los proyectos del INI, muchas veces ilógicos desde el punto de vista económico. El apoyo público a la I+D mejoró durante los años sesenta, pero, por las difíciles circunstancias políticas y económicas de los años setenta, el lento proceso de convergencia con los países más avanzados en cuanto a la

inversión en I+D no se inició hasta principios de los ochenta. En la actualidad la brecha tecnológica sigue siendo muy importante. La reciente creación del Ministerio de Ciencia y Tecnología, que busca, precisamente, conseguir ese acercamiento a los niveles europeos, de momento no lo está consiguiendo..

Probablemente, en el caso español, la creación por parte del Estado de instituciones de enseñanza técnica y de un sistema legal favorable a la innovación, han sido aportaciones más decisivas que el apoyo directo a la I+D. No obstante, ambos aspectos se dieron con más intensidad en los países más avanzados. Por tanto, al analizar las actuaciones del Estado español en estos ámbitos, tampoco se puede perder de vista que lo hizo con retraso y, seguramente, con menor eficacia que otros países. La debilidad del apoyo -tanto público como privado- a la innovación tecnológica en España a lo largo de la historia contemporánea se muestra en los indicadores de ciencia y tecnología más al uso: el gasto en I+D y las patentes registradas. En ambos índices, España ha mantenido un persistente atraso.

## **Bibliografía**

ALONSO VIGUERA, José María (1944): *La Ingeniería Industrial Española en el Siglo XIX*, Madrid: Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales.

ARACIL MARTÍN, Juan y PEINADO PÉREZ, José Luis (1976): "Clasificación Funcional de los gastos del estado (1850-1965)", en VV.AA: *Datos Básicos para la Historia Financiera de España*, Madrid: Instituto de Estudios Fiscales.

CAPEL, Horacio, SÁNCHEZ, J. E. y MONCADA, O. (1988): *De Palas a Minerva: La formación científica y la estructura institucional de los ingenieros militares en el siglo XVIII*, Barcelona-Madrid: Serbal-CSIC.

COTEC, Fundación (1997): *Informe Cotec 1997. Tecnología e innovación en España*, Madrid: Cotec.

COTEC, Fundación (1998): *El sistema español de innovación. Diagnósticos y recomendaciones (Libro Blanco)*, Madrid: Cotec.

COTEC, Fundación (1999): *Informe Cotec 1999. Tecnología e innovación en España*, Madrid: Cotec.

FATJÓ, Pedro (1998): "Tradición e innovación en la empresa anglosajona (I): Reino Unido", en García Ruiz (coord.), pp. 71-102.

FREEMAN, Christopher (ed.) (1990): *The Economics of Innovation*, Hants (England) & Vermont (USA): Edward Elgar Publishing Limited.

GARCÍA RUIZ, José Luis (coord.), Casado, J., Fatjó, P. y Núñez, G. (1998): *Historia de la empresa mundial y de España*, Madrid: Síntesis.

LÓPEZ GARCÍA, Santiago (1993): *Ciencia, tecnología e industria en España. Herencias institucionales y nueva política científica en la constitución del Patronato "Juan De La Cierva" (1939-1945)*, Documento de trabajo nº 9302, Programa de Historia Económica, Madrid: Fundación Empresa Pública.

- LOZANO COURTIER, Alberto (1997): "Estado, importación de tecnología y nacionalización de la construcción naval militar española: la SECN, 1909-1935", en López García, Santiago y Jesús M<sup>a</sup> Valdaliso (eds.): *¿Que inventen ellos? Tecnología, empresa y cambio económico en la España contemporánea*, Madrid: Alianza, pp. 281-303.
- MAFFEI, Eugenio (1877): *Centenario de la Escuela de Minas de España. 1777-1877*, Madrid: Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas.
- MARTÍN, Carmela (1999): "La posición tecnológica de la economía española en Europa. Una evaluación global", en *Papeles de Economía Española*, n<sup>o</sup> 81, pp. 2-19.
- MINISTERIO DE HACIENDA (1860): *Presupuestos de Gastos e Ingresos del Estado para el Año 1860*, Madrid: Ministerio de Hacienda.
- MULET, Juan (1998): "El Sistema Español de Innovación", en Ollero, A., Luque, A. y Millán, G. (coords.): *Ciencia y tecnología en España: bases para una política*, Madrid: Fundación para el Análisis y los Estudios Sociales.
- NADAL, Jordi (1988a): "Carlos III, un cambio de mentalidad", en Nadal, Carreras y Martín Aceña, pp. 14-28.
- NADAL, Jordi (1988b): "España durante la 1<sup>a</sup> revolución tecnológica", en Nadal, Carreras y Martín Aceña, pp. 29-100.
- NADAL, J., CARRERAS, A. y MARTÍN ACEÑA, P. (1988): *España, 200 años de tecnología*, Madrid: Ministerio de Industria y Energía.
- NELSON, R. R. (ed.) (1993): *National Innovation System*, Oxford: Oxford University Press.
- ORTIZ-VILLAJOS, José María (1999): *Tecnología y desarrollo económico en la historia contemporánea. Estudio de las patentes registradas en España entre 1882 y 1935*, Madrid: Oficina Española de Patentes y Marcas.
- PRADOS DE LA ESCOSURA, Leandro (1993): *Spain's Gross Domestic Product, 1850-1990: A New Series*, Universidad Carlos III de Madrid, Dirección General de Planificación (Ministerio de Economía y Hacienda), Documento de trabajo-93002.
- PUIG RAPOSO, Nuria y López García, Santiago (1992): *Ciencia e Industria en España. El Instituto Químico de Sarrià. 1916-1992*, Barcelona: Fundación Patronato Instituto Químico de Sarrià.
- ROMERO GONZÁLEZ, Jesús y HOUPPT, Stefan (1998): "La Sociedad Española de Construcción Naval, 1908-1939. La consolidación de la intervención directa del Estado", en Houpt, Stefan y Ortiz-Villajos, José María (directores): *Astilleros Españoles, 1872-1998. La construcción naval en España*, León: LID Editorial, pp. 95-146.
- SÁENZ RIDRUEJO, Fernando (1990): *Ingenieros de Caminos del Siglo XIX*, Colección de Ciencias, Humanidades e Ingeniería, N<sup>o</sup> 32, Madrid: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.
- SAIZ GONZÁLEZ, Patricio (1995): *Propiedad industrial y revolución liberal. Historia del sistema español de patentes. España (1759-1929)*, Madrid: Oficina Española de Patentes y Marcas.

- SAIZ GONZÁLEZ, Patricio (1999): *Invencción, patentes e innovación en la España contemporánea*, Madrid: Oficina Española de Patentes y Marcas.
- SAN ROMÁN, Elena (1999): *Ejército e industria: el nacimiento del INI*, Barcelona: Crítica.
- SÁNCHEZ RON, José Manuel (1999): *Cinzel, martillo y piedra. Historia de la ciencia en España (siglos XIX y XX)*, Madrid: Taurus.
- SANZ MENÉNDEZ, Luis (1997): *Estado, ciencia y tecnología en España: 1939-1997*, Madrid: Alianza.
- SELLÉS, Manuel, PESET, J. L. y LAFUENTE, A. (comps.) (1988): *Carlos III y la ciencia de la Ilustración*, Madrid: Alianza.
- VERNET GINÉS, Juan (1975): *Historia de la ciencia española*, Madrid: Instituto de España (editado, en facsímil, por la Editorial Alta Fulla en 1998).
- WARLETA CARRILLO, José (1984): "La ingeniería aeronáutica: Juan de la Cierva", en VV.AA.: *La ingeniería española en el siglo XX*, Madrid: Fundación Juan March, pp. 107-144.