

Sección IV

Análisis de los impulsores indirectos de cambio de los tipos operativos de ecosistemas

Capítulo 22

Impulsores ciencia y tecnología



Universidad Autónoma de Madrid, Departamento de Ecología

Autores: César López-Santiago y Emilio Menéndez

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN.....	9
1.1. PARADIGMA CIENTÍFICO DOMINANTE	9
1.2. LA TECNOLOGÍA COMO “SALVACIÓN”	10
2. EL SISTEMA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA ESPAÑOL: UN DESFASE HISTÓRICO	13
3. DESARROLLO TECNOLÓGICO Y CAMBIO SOCIAL, ECONÓMICO Y ECOLÓGICO EN ESPAÑA	19
3.1. FASES DEL DESARROLLO TECNOLÓGICO EN ESPAÑA	19
3.1.1. Difusión de la “Segunda Revolución Industrial”. (1900 a 1936)	19
3.1.2. Periodo Autárquico. (1940 a 1953).....	20
3.1.3. Periodo Desarrollista. (1953 a 1974).....	20
3.1.4. Crisis de los precios de la energía. (1974 a 1984).....	22
3.1.5. Evolución española integrada en la Unión Europea. (1985 a 2010)	24
3.2. LA CIENCIA DE LOS ECOSISTEMAS EN ESPAÑA	29
4. CIENCIA, TECNOLOGÍA Y PODER ECONÓMICO	32
5. VALORACIÓN DEL IMPULSOR CIENCIA Y TECNOLOGÍA	37
5.1. RELACIÓN DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA CON EL RESTO DE IMPULSORES INDIRECTOS DE CAMBIO.....	37
5.1.1. Económico	37
5.1.2. Demográficos	38
5.1.3. Sociopolíticos.....	39
5.1.4. Cultura.	40
5.2. RELACIÓN DEL IMPULSOR CIENCIA Y TECNOLOGÍA CON LOS IMPULSORES DIRECTOS DE CAMBIO	41
6. EFECTOS SOBRE EL BIENESTAR HUMANO.....	43
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 22.1. Efecto del desarrollo tecnológico sobre los impulsores directos de cambio.....	42
Tabla 22.2. Efecto sobre las dimensiones del bienestar humano.	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 22.1. Distribución de investigadores por área de conocimiento en España. Fuente: Criado, 1990.	15
Figura 22.2. Número de investigadores en España.....	17
Figura 22.3. Gasto público en Investigación y Desarrollo en España respecto al Producto Interior Bruto.....	18
Figura 22.4. Demanda de energía primaria en España.	25
Figura 22.5. Generación eléctrica en España, 2010. Fuente: Elaboración propia con datos de Red Eléctrica de España, REE.	27
Figura 22.6. Evolución de la generación de residuos sólidos urbanos. Fuente: MARM, 2008.	28
Figura 22.7. Industria del automóvil en España para los años 2005-2010.	34

MENSAJES CLAVE

El avance sin precedentes del conocimiento científico durante el siglo XX en España, ha permitido aumentar exponencialmente la capacidad de manipulación de sus sistemas ecológicos a través de aplicaciones tecnológicas e ingenieriles. La Ciencia y la Tecnología está siendo un impulsor indirecto de cambio fundamental, que está generando profundas consecuencias, la mayoría de las veces de forma negativa, en la capacidad los ecosistemas españoles de generar servicios y por tanto con importantes consecuencias en el bienestar de la sociedad española. Con posterioridad a la guerra civil española se instauró un modelo socioeconómico desarrollista apoyado en una tecnología diseñada para la extracción de materias primas y otros servicios de abastecimiento de los ecosistemas y su uso en la producción industrial. Los años 60 marcaron un hito en este proceso. El sistema científico, el desarrollo de tecnología propias y la introducción de otras de importación, potenciaron el aumento de la productividad industrial y agraria, a expensas del uso insostenible de los servicios suministrados por el capital natural español, y posteriormente del de otros países en su mayoría desfavorecidos, sin que ni la ciencia ni la tecnología empleen criterios de sostenibilidad ecológica o equidad.

El desarrollo científico y tecnológico en España ha sido clave como impulsor de drásticos cambios para potenciar un estilo de vida fundamentado en el incremento del nivel de vida y no en el bienestar humano) estrechamente vinculados a su aplicación en los ámbitos de la asistencia sanitaria (farmacéutica y quirúrgica fundamentalmente), la introducción de tecnologías básicas en el ámbito doméstico y del entretenimiento, y en el aumento de la movilidad basada en el automóvil privado. Aunque el objetivo supuesto era conseguir mayores niveles de bienestar para todos los habitantes de España, la realidad es que se ha centrado en potenciar los niveles de renta y consumo en una economía de mercado (nivel de vida). Esto conlleva un acelerado crecimiento de los niveles de consumo de una parte de la sociedad, y el desarrollo tecnológico se convierte en la herramienta para satisfacer las demandas crecientes de servicios, especialmente, de abastecimiento a la vez que las espolea (realimentación positiva), y se materializa en incrementos continuos de la intervención sobre los ecosistemas y del gasto energético. El desarrollo tecnológico obvia la necesidad de conocer completamente el ciclo de vida de los procesos industriales antes de aplicarlos como herramienta económica (principio de precaución).

La crisis del petróleo en los 70 se asocia a un estancamiento del proceso de industrialización, que obligan al comienzo de la democracia a emprender intentos de reconversión de una industria tecnológica y energéticamente ineficiente y poco competitiva, la basculación de la economía hacia el sector de la construcción y modernización de infraestructuras y las tecnologías del transporte en los años 80 ha traído consigo una importante destrucción y degradación de los ecosistemas especialmente los del litoral y del entorno de las grandes ciudades. El sector turístico ha crecido fuertemente, en vinculación estrecha con el boom inmobiliario (masificación de sol y playa). El resultado es la mayor ocupación de suelo y fragmentación del territorio de la historia, que provoca la pérdida de conectividad entre ecosistemas con la consecuente pérdida de biodiversidad, así como la degradación de los servicios culturales ligados al disfrute paisajístico (paradójicamente las demandas fundamentales del turismo). El tipo de desarrollos tecnológicos ineficaces aplicados a la industria y el escaso tejido científico-técnico propio, en conexión estrecha con el modelo que generan el resto de impulsores indirectos de cambio (instituciones, economía, demografía y cultura), no solo no han conseguido aumentar significativamente la eficiencia energética y ecológica del modelo, sino que estimulan de nuevo fuertemente el impacto ejercido por los principales impulsores directos de cambio en los ecosistemas (especialmente cambio climático, contaminación, interrupción de los ciclos biogeoquímicos y sobreexplotación de los servicios de los ecosistemas), perjudicando sobre todo a los servicios de regulación vinculados a su buen funcionamiento y su adaptabilidad al cambio. La utilización sectorial y no integradora de la capacidad científica y tecnológica para satisfacer un modelo de desarrollo económico basado en el consumo imperante de agua, materiales y energía, ha tenido importantes impactos adversos sobre los ecosistemas, mermando el flujo de servicios y su capacidad de respuesta adaptativa frente a las perturbaciones (pérdida de resiliencia).

Los avances científicos más punteros se realizan en sectores muy especializados con posibles aplicaciones rentable monetariamente y en general son potenciados por la política científica actual. Por

ello, en la práctica no se acaba de cuestionar desde la ciencia el modelo productivista-consumista basado en el crecimiento continuo de la demanda de servicios de los ecosistemas, anteponiendo beneficios privados de mercado al bien común. Los intentos de revestir la patente insostenibilidad del modelo, chocan de frente con su propia inercia y los fuertes intereses comerciales corporativos de grandes empresas transnacionales, a los cuales no se sustrae con facilidad la política de financiación del I+D+i.

Recientemente, la crisis ecológica es percibida por el gobierno y la sociedad civil como crítica, justificándose la necesidad de que la Política de Ciencia y Tecnología desarrolle y ponga en práctica nuevas soluciones que concilien el crecimiento económico con la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad que albergan. Es unánime la apuesta por el desarrollo e implementación de tecnologías limpias para todos los sectores productivos, así como un modelo energético alternativo, ya en discusión, con reducción del consumo *per capita*, menor dependencia de los combustibles fósiles, mayor participación de las renovables y fuerte polémica sobre el uso de la energía nuclear. Gracias a ello, los avances en ciencia y tecnología en ciernes, se prevén de nuevo muy notables, y la capacidad de gestión y restauración del capital natural deberá crecer mucho más en países como España donde aún perviven importantes ejemplos de ecosistemas gestionados tradicionalmente que pueden brindar criterios científicos para elaborar nuevos modelos de gestión adaptativa.

Es evidente que los avances en ciencia y tecnología solo serán útiles como herramienta de sostenibilidad socioecológica si vienen de la mano de importantes cambios culturales que incluyan nuevos valores sociales de autocontrol del consumo y conservación de la integridad de los ecosistemas, junto al desarrollo de instituciones que velen por ello en nuevos contextos económicos más equitativos.

1. Introducción

A lo largo del siglo XX hemos vivido un extraordinario avance de la ciencia y nos hemos dotado de capacidades y aplicaciones tecnológicas que han hecho posible un cambio material y de estilos de vida muy profundo para la civilización humana. Precisamente estas capacidades científicas y tecnológicas han sido herramientas clave en todo este proceso, en el que se han producido cambios de gran magnitud en las sociedades: evolución demográfica (un fuerte crecimiento de la población) crecimiento económico (incremento muy elevado de los niveles de consumo), cambio institucional (de una dictadura a la democracia) y cultural (de los valores tradicionales a la cultura audiovisual y consumista). Pero este cambio, entendido de forma genérica como progreso, se ha realizado a expensas del aumento exponencial de la manipulación y alteración ejercidas por los seres humanos en los ecosistemas.

La ciencia y el sistema científico ha tenido un papel ambivalente al respecto. Por un lado ha posibilitado un modelo de cambio tecnológico que la mayor parte de las veces ha tenido impactos muy negativos para los ecosistemas y el bienestar humano (entendido en toda su amplitud y no solo como aumento de nivel de vida); y por otro ha advertido de los problemas derivados de dicho proceso, aportando un mayor conocimiento sobre el funcionamiento biofísico del planeta y la propia naturaleza de la sociedad humanas.

Este proceso ha tenido lugar en España con una serie de peculiaridades diferenciales y desfases respecto al contexto internacional, pero las consecuencias para los ecosistemas del país y los niveles de bienestar de la sociedad española han sido y son, tan profundas y drásticas como en el resto del planeta. Las dos caras de esta moneda muestran, por un lado el aumento de la producción agroalimentaria, la movilidad o el grado de confort y consumo en la mayor parte de los hogares, pero por el otro significan un fuerte incremento de las demandas de servicios de los ecosistemas y, por tanto, de la presión sobre los mismos, a veces por encima de su capacidad de reposición. Para comprender las causas y particularidades de este proceso y sus consecuencias, es necesaria alguna reflexión previa sobre los planteamientos de los que parte la ciencia en general, para posteriormente revisar la peripecia histórica que la cosmovisión o paradigma tecno-científico ha seguido en España.

1.1. Paradigma científico dominante

Si algo caracteriza a la sociedad actual, es la consideración del método científico como el principal sistema de conocimiento objetivo y universal, al que se confiere un carácter neutral y aséptico en su método. De alguna forma, el hombre moderno ha abrazado un modelo particular de ciencia (el que trata de encontrar en la naturaleza mecanismos simples y dispositivos similares a los de la máquina) como un potente credo sobre el conocimiento del mundo. Hasta tal punto, que ha alcanzado el prestigio de una creencia universal según la cual, su inexorable discurrir nos llevará al progreso y el máximo bienestar para todos, de manos de científicos y tecnólogos asépticos, cuyo único afán es el bien común. Muchas son las ventajas del método científico y muchos los avances experimentados en el último siglo, sin embargo, el paradigma científico dominante en las relaciones del ser humano con los ecosistemas ha sido, y en gran medida continúa siendo, casi el mismo que en el siglo XIX, cuando imperaban los presupuestos de la física mecanicista. Uno de los principales errores y disfuncionalidades de este paradigma científico, según gran parte de los críticos (Capra, 1985), es su método de fragmentación de la realidad en disciplinas y su deliberado reduccionismo, encaminado a descubrir mecanismos concretos y puntuales de funcionamiento de la realidad. Se simplifica el todo, seleccionando alguna dimensión que interesa estudiar, para comprender su funcionamiento y poder interferir en ello a través del desarrollo de la ingeniería, muchas veces sin tomar en cuenta las consecuencias sobre el sistema de nivel superior de organización del que forma parte. El discurso dominante identifica tal actitud con el beneficio de la sociedad en general, sin embargo, la historia muestra que desde el principio de la revolución industrial, la mayor parte de tales beneficios fueron acaparados por grupos sociales muy concretos, que mantuvieron el control de la mayor parte de los desarrollos científico-tecnológicos. La vinculación directa del desarrollo científico y tecnológico al aumento del poder militar y la riqueza mercantil, las convirtieron en armas de

poder, usadas en muchas ocasiones sin reparar en las consecuencias sobre los ecosistemas y el bienestar de gran parte de la humanidad.

Estos planteamientos dieron lugar, también, a que cualquier otro tipo de conocimiento fuera considerado de menor valor para la humanidad y, por ello, prescindible. Como consecuencia, los conocimientos tradicionales en relación a la gestión de los ecosistemas, la salud o el estilo de vida se dejan perder en el olvido y el desuso, considerándose “obsoletos”. Incluso se evidencia una clara tendencia a no admitir u obviar aquello que no ha sido probado o no es explicable por el cuerpo científico dominante, hasta que este no consigue asimilarlo. Como ejemplos clásicos están la evolución de las especies, el cambio climático, la relatividad y la física cuántica o las funciones del “ADN basura”. Sin embargo, el propio discurrir de los descubrimientos científicos y de las teorías sobre diferentes aspectos de la realidad, así como la aplicación práctica de mismas, ha puesto de manifiesto que lo que en determinado momento histórico se considera una verdad incuestionable, a la luz de nuevos hallazgos científicos puede tener interpretaciones y aplicaciones muy diferentes. Lo que entonces se ignoraba o negaba, es finalmente explicado y entonces se admite como cierto. Así, la física newtoniana fue cuestionada por los sorprendentes descubrimientos de la física de partículas, la física cuántica, la relatividad, la teoría del caos, la teoría de sistemas, la termodinámica, el principio de incertidumbre de Heisenberg o los enigmas planteados por la neurociencia al comportamiento humano.

Pero la ciencia es un sistema de conocimiento muy joven comparado con la cantidad de tiempo que los seres humanos llevan existiendo en el planeta, y con otros sistemas y formas de conocimiento y sapiencia que han permitido la supervivencia de poblaciones y culturas humanas en los más diversos hábitats y condiciones ambientales. La gestión llevada a cabo por culturas pre-científicas de complejos equilibrios en los más diversos ecosistemas, ha dado muestra de la efectividad de la prueba y el error y del papel de las tradiciones y reglas aprendidas en ese proceso. Por supuesto, muchos son los casos documentados del fracaso de diversas culturas en esa tarea, pero existen importantes ejemplos de acoplamiento ser humano-naturaleza (Diamod, 2006). El error está en despreciarlos todos por igual y no tratar de mantener y aprender de los conocimientos empíricos de aquellas culturas vernáculas anteriores que se demostraron útiles para solucionar por esta vía complejos problemas de sostenibilidad (Bernáldez, 1985). Muchos de esos problemas aún no están resueltos por la nuestra, no porque no exista la capacidad de la ciencia y la tecnología para ello, sino porque se ha supeditado su desarrollo a un modelo de sociedad basado en el crecimiento económico por encima de todo (ver más adelante).

1.2. La tecnología como “salvación”

Inseparable del paradigma científico imperante, obsoleto por disfuncional, y de las relaciones sociedad moderna-ecosistemas creadas por su aplicación, se fomenta una fe ciega en el poder de la tecnología para solucionar cualquier problema. Ello incluye el propio deterioro ambiental, social o económico, directamente imputable a los errores cometidos por la utilización imprudente de los conocimientos científicos y las capacidades tecnológicas. Esta actitud de fe ciega en la tecnología, bautizada como *tecnolatría* (Riechmann, 2006), se realimenta de la tendencia a incorporar en todo los ámbitos de la vida, tanto doméstica como productiva, el uso de las ayudas tecnológicas. Si bien en un principio esto se hace con el objetivo de disminuir al máximo el esfuerzo humano en la tarea de sobrevivir y en la búsqueda del bienestar, puede acabar como sustitutivo del propio cuerpo e incluso de determinados procesos mentales. Si bien en un principio se consideraba como un medio para satisfacer necesidades básicas de bienestar humano, la dependencia que tal actitud ha generado es responsable de que inmediatamente se hayan ido creando otras demandas nuevas, mucho menos básicas incluso superfluas, que generan una dependencia creciente de las tecnologías.

A lo largo de la historia ecológica humana los pueblos y civilizaciones van adquiriendo nuevas herramientas y técnicas que son determinantes en los estilos de vida en cada etapa. Una constante es la dependencia que se genera de estas tecnologías para mantener las condiciones de vida que la caracterizan. Paleolítico, neolítico, era industrial, era de las comunicaciones, son nombres dados a etapas de la civilización, todas ellas haciendo referencia a la tecnología que las impulsa. Este proceso de

carácter acumulativo ha sido denominado por algunos expertos, *tecnoadicción* (Boyden, 1992). La forma en que esto ha ocurrido ha implicado un progresivo aumento de la dependencia humana de las máquinas y su presencia para multitud de tareas de la vida ciudadana y productiva, cuya consecuencia inmediata es el aumento de energía exosomática y lo que llamamos *tecnometabolismo*. Es notable como este desarrollo tecnológico ha tenido lugar en sistemas económicos y sociopolíticos no preparados para limitar su uso sino más bien embarcados en una dinámica de “innovación” a toda costa espoleada por la ética del beneficio mercantilista. En un contexto en el que se disponía de combustibles fósiles como fuente de energía aparentemente “ilimitada”, esta combinación tecnología-ética capitalista, impulsa el crecimiento continuado de las demandas de materiales y energía a extraer de los ecosistemas, para proveer los procesos productivos y de consumo de una creciente población mundial y de grupos sociales cada vez más “tecnologizados” y “tecnoadictos”, poco preocupados con el impacto sobre los ecosistemas y el posible agotamiento de los servicios suministrados por ellos.

El paradigma mecanicista se aplicó también a las ciencias de vida y de los ecosistemas (como se verá en el caso español más adelante), olvidando que los seres y comunidades vivos no son en absoluto mecánicos, sino sistemas orgánicos autoorganizados y adaptativos, cuyos componentes son altamente interdependientes. El enfoque mecanicista y reduccionista se convirtió en la clave para crear una tecnología de extracción de recursos y producción industrial basada en la energía fósil y la manipulación drástica y voraz de la naturaleza. Este tipo de tecnología ha hecho posible el crecimiento y desarrollo de las sociedades y grupos sociales que la controlaban, a la vez que provocaba una aceleración sin precedentes en los ritmos de explotación de los servicios de los ecosistemas y por ello de consumo de materiales, energía e información. Pero el fuerte crecimiento del nivel de vida que ha hecho posible este modelo de civilización tecnológica, no se ha repartido con equidad, y las desigualdades generadas en el acceso a la tecnología, su uso y sus beneficios son una de las características más notables del mundo moderno, junto con el deterioro de los ecosistemas.

A pesar de la existencia de grupos y disciplinas científicos que prestan especial atención y sensibilidad a los delicados y complejos equilibrios que caracterizan los sistemas vivos, la aplicación práctica de los conocimientos mecanicistas se realizó sobre la base de extraer servicios de los ecosistemas y devolver los residuos sin respetar los tiempos y espacios de los ciclos naturales, ni reparar en muchas de las limitaciones intrínsecas a los sistemas ecológicos y sociales. Resumiendo, se ha configurado una actitud en la civilización moderna, especialmente dominante en la historia reciente de la ciencia y la tecnología en España, que configura el paradigma tecnológico moderno. Sus características principales podrían sintetizarse como sigue (Mander, 1996; Herrero *et al.* 2010):

- *Predominio de pronósticos optimistas*: mediante la tecnología alcanzaremos siempre mejores cotas de bienestar para todos y construiremos una sociedad de la abundancia. Un principio admitido por todos, cuyo problema es que no siempre se aplica con precaución, olvidando que no cualquier tecnología aplicada de forma indiscriminada tiene por qué ser siempre buena, y la forma en que se regule su aplicación es fundamental.
- *Ocultación de las consecuencias negativas* acarreadas por la tecnología mal diseñada y/o mal empleada, por el uso desmesurado de la misma o su empleo en fines perjudiciales para la sociedad y los ecosistemas. Se trata de una ocultación intencionada por parte de quien pone la tecnología en el mercado y se lucra por ello, y por parte de quienes usamos esa tecnología y gozamos de sus beneficios, contraparte de un bucle de retroalimentación.
- *Omnipresencia e invisibilidad de la tecnología*, hasta tal punto que los entornos tecnológicos y cibernéticos se han convertido en la realidad cotidiana de gran parte de la humanidad, aquella que más controla las decisiones. El ecosistema humanizado, el estilo de vida y la percepción del mundo se ven afectados de forma drástica: en general se

pierde la noción de la importancia y dependencia que las sociedades humanas tienen de los ecosistemas y su buen funcionamiento, lo cual afecta a su gestión y preservación.

- *Tecnoadicción social e individual*, traducida en la tendencia a maximizar el uso cotidiano de la tecnología y la creación de una demanda muy fuerte para renovarla, en un contexto de sociedad de consumo con fuertes desigualdades sociales. El resultado es la vinculación cada vez mayor de las personas con las máquinas, con consecuencias para su vida personal y social, y la creación de una brecha tecnológica entre los que tienen o no tienen acceso.
- *Lo atractivo por encima de lo beneficioso*. La irrupción de la tecnología en la vida cotidiana ha provocado una fascinación, de raíces etológicas profundas, en parte causa de la incapacidad por discernir lo que es verdaderamente beneficioso para el bienestar humano. A ello se suma la prevalencia de criterios de comodidad y confort individual frente a consideraciones sobre las consecuencias negativas para la sociedad o los ecosistemas.
- *Atribución de neutralidad a la tecnología*. Si bien de forma abstracta se trata de meras herramientas cuyo uso depende de quién las maneja, lo cierto es que la tecnología siempre se inserta en estructuras de poder que controlan su diseño y disponibilidad en función de su propia consolidación y de las ventajas políticas y mercantiles que les reporta.

Conforme a ello, la naturaleza se viene tratando por las sociedades industriales “avanzadas”, entre las cuales la española es ejemplo desatado, como si fuese un gran almacén de bienes y servicios ilimitados para uso de la economía del ser humano (que se asume no forma parte de ella y es quién ha de dominarla), y sumidero de los residuos de los procesos de extracción, elaboración industrial, comercio y transporte, y consumo. Esta perversa y simplista aplicación de la ciencia, deja de lado el cierre de los ciclos biogeoquímicos y la dinámica de interdependencias, fluctuaciones, umbrales, incertidumbres, procesos no lineales y, en suma, la mayor parte de la complejidad que caracteriza los sistemas vivos autopoyéticos (Maturana, H y Varela, F, 1999).

Como colofón, la propia ciencia económica, impulsor fundamental al que se han subordinado los avances científico-técnicos, nace a partir de esta visión del planeta y sus recursos, como si fueran ilimitados y a disposición de la humanidad, en concreto de los grupos dominantes que controlan los recursos, los medios tecnológicos de producción, el poder político que regula su manejo y, en última instancia, el mercado. Así, la ciencia económica convencional que planifica y justifica el modelo de desarrollo, actúa como si el sistema económico no formase parte de los ecosistemas en que se sustenta, tomando como referencia casi exclusiva de funcionamiento la rentabilidad monetaria y excluyendo aquello que no puede traducirse en valores de mercado. Esto ocurre, además, dejando de lado la necesaria eficiencia en términos de materia y energía, el respeto debido a las reglas de juego termodinámicas y el cumplimiento del principio de precaución (Herrero *et al.*, 2011). El modo en que la capacidad científica y tecnológica se ha empleado y emplea para la obtención de servicios de los ecosistemas demandados por el modelo de sociedad de consumo, no repara en las consecuencias de las interferencias en los mismos y supone fuertes impactos sobre su funcionamiento. Hasta tal punto que está poniendo en peligro la provisión de parte de los propios servicios demandados y por tanto el bienestar de la sociedad española dependiente de ellos (MA, 2005).

Estas son algunas de las razones que justifican la consideración de la Ciencia y la Tecnología como uno de los impulsores indirectos de cambio en la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio Mundial (Bennet *et al.*, 2005) y por tanto también en EME. Este capítulo examina la relación entre la evolución de la Política Científica y Tecnológica en España y sus consecuencias en la gestión de sus ecosistema.

2. El sistema de ciencia y tecnología español: un desfase histórico

En la mayor parte de los países europeos avanzados, los cambios económicos introducidos por el movimiento liberal y el capitalismo, de la mano del liderazgo social ejercido por la burguesía, dieron lugar a la Revolución Industrial, pero no cabe duda que fueron los avances en ciencia y su aplicación tecnológica los que permitieron su materialización. En el caso de España se produce una situación de escaso desarrollo científico e innovación tecnológica propios, provocada por la convulsa historia de la centuria precedente: guerra de la independencia, restauración del absolutismo, contienda permanente entre liberales y conservadores y crisis de las colonias. Sus consecuencias sociales, económicas y culturales y la fractura político-institucional que supusieron, se reflejan en la dificultad para instituir un sistema que lograse imbricar ciencia y tecnología con el avance de la sociedad civil.

A comienzos del siglo XX, la Institución Libre de Enseñanza y la Junta de Ampliación de Estudios (JAE, 1907) representaban el intento, todavía incipiente y poco sustancioso, por modernizar el país en su producción científica y desarrollo tecnológico. Gracias a este impulso se vivió una “edad de plata” de las ciencias españolas desde 1906, con el Nobel a Cajal, hasta 1936, con el estallido de la guerra civil. En este período, determinadas personalidades de gran voluntad y capacidad científica, a pesar de los escasos presupuestos, elevaron el nivel y renombre de la ciencia española en el mundo, en especial de la medicina y ciencias naturales. Ambas instituciones fueron eliminadas posteriormente tras el golpe militar de 1936 y la instauración de la dictadura de Franco, que obligó al exilio de la mayor parte de la clase intelectual y científica implicada en el proceso. Este clima de convulsión política y bélica, implicó un acusado atraso relativo de cerca de un siglo en el tejido científico técnico, que contribuyó a que la Revolución Industrial en España no siguiera el ritmo de la europea y sufriera un retraso de aproximadamente un siglo, calificado incluso de fracaso completo (Nadal, 1975).

Gracias a la labor de la JAE, la ciencia española asistió a una época de esplendor durante el primer período del s. XX, como resultado de las pensiones para estancias de científicos, la creación de instituciones de investigación y el establecimiento de estrechas relaciones con instituciones y científicos extranjeros, sus principales logros. Centros de investigación como el Instituto Cajal, el Instituto Nacional de Física y Química, el Centro de Estudios Históricos, el Museo de Ciencias Naturales o el activo Institut d'Estudis Catalans, a pesar de la precariedad de medios, fueron instituciones científicas al nivel del panorama de la ciencia internacional de la época y España estaba en condiciones de establecer por vez primera un verdadero sistema de ciencia. Se contaba ya con una creciente comunidad de científicos de cierto renombre internacional, como Ramón y Cajal, Menéndez Pidal, Ignacio Bolívar, Pío del Río, Pi i Sunyer o Juan Negrín que estaban creando escuela y jóvenes científicos como Severo Ochoa o Ramón Carande que ofrecían buenos augurios. La guerra civil y, posteriormente, la dictadura de Franco dieron al traste con esta oportunidad única para la reincorporación de España al panorama científico internacional.

Los propios intelectuales más lúcidos del cambio de siglo mostraron una actitud reticente ante el desarrollo de la ciencia y la técnica, especialmente por parte de la traumatizada generación de 1898. La generación de 1914 (Gregorio Marañón, José Ortega y Gasset) se mostró más receptiva y fueron los regeneracionistas encabezados por Joaquín Costa los que finalmente lanzaron una llamada desesperada a la modernización. La mentalidad [regeneracionista](#) impregna a los gobiernos de muy distinta orientación política durante el primer tercio del siglo, basculando entre el apoyo a la investigación científica fundamental y la apuesta por el desarrollo tecnológico. Fue la élite intelectual que impulsó la [Segunda República Española](#), defensora de un régimen político orientado a la transformación social de España en un sentido laico e ilustrado, quien trató más explícitamente de impulsar la ciencia y la tecnología, junto a la educación, como herramientas esenciales de progreso en todos los ámbitos (económico, social, institucional), imprescindible para la superación del atraso secular del país.

El impulso regeneracionista se vio cercenado por el golpe militar y el resultado sumado de la guerra civil, el exilio de científicos (en su mayoría identificados con el bando republicano) y la represión que las

autoridades franquistas ejercieron sobre los que permanecieron en España. Se ha llegado a calificar este suceso de “destrucción” del tejido científico español (Otero Carvajal, 2001), materializado en una sistemática depuración de funcionarios públicos de la enseñanza, la Universidad y la Junta de Ampliación de Estudios. Esta última fue reconvertida en el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), en 1939, muy controlado por políticos de formación intelectual, comandados por José Ibáñez Martín, Ministro de Educación y Ciencia) y científicos (José María Albareda Herrera) fuertemente identificados con la ideología del régimen franquista, el nacionalcatolicismo.

Las dificultades económicas, la escasez y el hambre hicieron que los recursos disponibles para recuperar los niveles científico-tecnológicos alcanzados antes de 1936 fueran enormemente escasos. De igual forma que el intento de refundar un tejido científico-tecnológico autárquico tras la segunda guerra mundial, controlado por militares, se limitó a un conjunto de instituciones (CSIC, INI) y empresas afines al régimen, que pretendían solventar los problemas prácticos a los que se enfrentaba la producción industrial, mediante adaptación o sustitución de tecnología extranjera. El rotundo fracaso se salda con la práctica desaparición del tejido científico académico y una rama tecnológica muy débil y centrada en la industria minera extractiva, la siderurgia, los fertilizantes y algo sobre la constructiva (ENSIDESA, Instituto Torroja). En 1964 las estimaciones más favorables de gasto en I+D no alcanzaban el 0,19% del PIB (OCDE, 1964).

Debido al escaso apoyo presupuestario de la política científica franquista, solo fue posible reconstruir un débil tejido investigador sustentándose en meritorias individualidades (algunas recuperadas del exilio) y un escaso y selecto grupo de instituciones, muy controlado por el régimen: El Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA, 1942), la Junta de Energía Nuclear (1951, responsable del primer reactor nuclear abierto en 1968 —Central José Cabrera), la Comisión Asesora de Investigación Científica y Técnica (CAICYT, 1958), el Fondo Nacional para el Desarrollo de la Investigación Científica (FNDIC, 1964) o el Centro de Investigaciones Biológicas, creado en 1953 a iniciativa de Gregorio Marañón. En cambio otras instituciones de gran proyección con anterioridad a la guerra sufrieron un duro ostracismo, como el laboratorio de genética del Museo de Ciencias Naturales (Antonio de Zulueta), que no se recuperó hasta los años ochenta. Durante esta época, la vinculación de los científicos e instituciones españoles con sus homólogos internacionales no pasó del mero seguimiento, hasta el punto que el Año Geofísico Internacional (1957-1958), momento crucial que significó el cambio de paradigma o revolución wegeneriana, contó con una muy modesta participación española. Únicamente una pequeña élite de científicos de alto nivel desarrollaron su actividad en la España del franquismo: Pedro Puig Adam y Sixto Ríos (matemáticas), Juan José López Ibor y Juan Antonio Vallejo-Nágera (psiquiatría), Ignacio Barraquer y José Barraquer (oftalmología), Salvador Gil Vernet y Antonio Puigvert (urología), Francisco Bonilla Martí (obstetricia y ginecología),¹⁸⁷ etc. En 1943 se creó la Facultad de Ciencias Políticas y Económicas de la Universidad Complutense de Madrid (Manuel de Torres, Valentín Andrés Álvarez, José Castañeda Chornet, Heinrich von Stackelberg), y entre 1957 y 1968 la Facultad de Ciencias Económicas de Barcelona (Joan Sardá, Fabián Estapé).

Los cambios sociales y económicos emprendidos con la apertura desarrollista de los sesenta, trajeron un nuevo intento de mejora tecnológica del obsoleto sistema industrial español, que tampoco logró subir las cifras de inversión a más allá de 0,29% del PIB a finales de los 60, por lo que hubo de realizarse a expensas de la inversión extranjera. El control del sistema I+D pasa a manos de tecnócratas y la investigación científica fundamental queda siempre en segundo plano, eclipsada por el intento de modernización tecnológica de que se lleva los escasos fondos. Según el Informe de la OCDE de 1971 para acortar la diferencia acumulada por España en términos de I+D respecto del resto de los países desarrollados, aproximándose al promedio del 1% del PIB, sería precisa una asignación de 5.000 millones de pesetas anuales (OCDE, 1971). Tal objetivos fueron inviables dado el deficiente sistema tributario español, que no gravaba suficientemente a los grandes capitales (Tercer Plan de Desarrollo Económico y Social, 1972).

Solo tras los cambios políticos posteriores de la Transición Española de los setenta, y la entrada en el Mercado Común Europeo en los 80, puede hablarse del comienzo de la cristalización de una ciencia moderna en España y un nuevo intento de impulsar la retrasada investigación tecnológica industrial. Se partía de una precaria situación de 0,3% del PIB en I+D y una inversión total inferior incluso al déficit tecnológico con el exterior, una dispersión y falta de coordinación de los centros de investigación científica y organismos de la Administración afectados, una carencia de una infraestructura adecuada y una escasa conexión de la investigación con la empresa, que se prologó hasta ya entrados los ochenta. España seguía en la cola de la OCDE en I+D, con una muy marcada dependencia de las inversiones públicas, frente a lo que estaba ocurriendo en otros países del entorno desarrollado.

A partir de principio de los ochenta, la sociedad española encara el reto de consolidar el sistema de Ciencia española como requisito imprescindible para garantizar la viabilidad del modelo de crecimiento sostenido en el que se ha embarcado, en un contexto de economía globalizada (Muñoz, E. y Ornia, F., 1986). Tal actitud se materializa en la Ley de la Ciencia (1986), que busca la consecución de una serie de objetivos:

- Establecimiento de un Plan Nacional de Investigación Científica y Tecnológica que contribuya a un nuevo modelo económico y laboral
- Coordinación de las actividades investigadoras entre las Administración Central, diversos Ministerios, y las Administraciones Autonómicas.
- Promoción de la participación española en los programas internacionales de I+D, en particular los promovidos desde la Unión Europea.
- Armonización de los Reglamentos de los diferentes Organismos Públicos de Investigación.

En año 1986 hay en España unas 35.000 personas dedicada a actividades de investigación, localizadas en la Enseñanza Superior, casi un 40% del total, Organismos Públicos de Investigación, una cuarta parte, y Empresas Privadas el resto, aunque estos últimos comparten su actividad en buena medida con otras de ingeniería o producción. El esquema de reparto por áreas de trabajo se indica en la figura 22.1. Se ve que comienza a haber un importante peso de las personas dedicadas a actividades conexas con el conocimiento del entorno y su gestión (Criado, 1990).

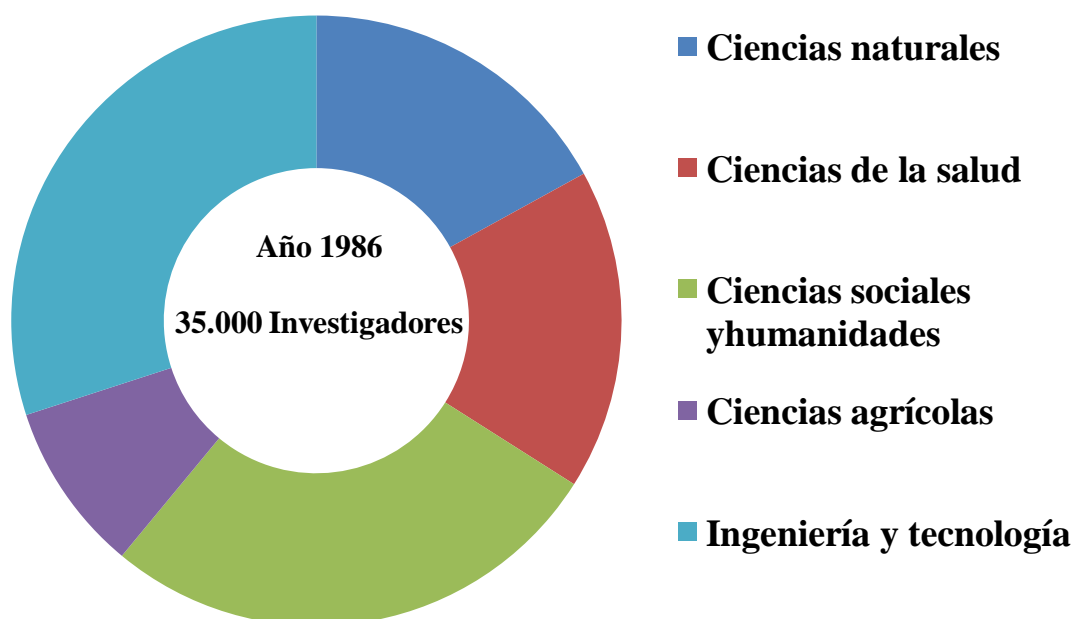


Figura 22.1. Distribución de investigadores por área de conocimiento en España. Fuente: Criado, 1990.

En un mundo en profunda transformación, se percibe que la competitividad depende cada vez más de la capacidad de generar nuevos activos tecnológicos a ritmo acelerado y formar parte de la denominada *sociedad del conocimiento*. Se crea el Plan Nacional de I+D, gestionado por la CICYT (Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología) y se refuerzan diversas instituciones investigadoras (CSIC, CIEMAT, INTA, IGME, INIA o I.S. Carlos III) y se incentiva la I+D empresarial. Al finalizar el I Plan Nacional de I+D en 1991, el 45% de los recursos asignados por el Fondo Nacional para el Desarrollo de la Investigación Científica y Técnica -FNDICYT- fueron destinados a las Universidades, el 25% al CSIC, el 15% a otros centros públicos de investigación y el 20% restante a empresas. En esta década creció de forma sostenida el esfuerzo inversor, hasta que la crisis económica de principios de los noventa paró la tendencia, produciéndose una nueva contracción del gasto en I+D, durante el proceso de ajuste presupuestario y reducción del gasto público para cumplir los objetivos del Programa de Convergencia europea. En 1985 el gasto en I+D era del 0,55% del PIB, alcanzando el 0,97 en 1993 para descender de nuevo al 0,87% en 1996. La inercia de la década de los 80 permitió que el número de investigadores alcanzara un pico de 3,1 por mil de la población activa en 1994. A pesar de estos esfuerzos no fue posible igualar a los países de la Unión Europea que

La implantación del sistema administrativo autonómico en la España democrática y la incorporación a la Comunidad Europea y su integración en la Unión Europea posteriormente, tuvieron también un importante papel en el proceso de consolidación del sistema de Ciencia y Tecnología español (Otero Carvajal, L.E., 1999a). En el primer caso significó un desarrollo de instituciones de investigación propia de las Comunidades Autónomas, que en los 90 aportaban en torno a un 10% del total del gasto público en I+D de España. En el caso de la convergencia post Maastrich el efecto fue más ambivalente, ya que las políticas europeas de I+D descansan mayoritariamente sobre los presupuestos nacionales (principio de subsidiariedad), lo que hizo que el sistema español se resintiera con el proceso de convergencia notablemente más que el de otros países europeos, a pesar de lo cual el papel atribuido socialmente y la imagen del I+D se vieron reforzados. En parte se debió a la cooperación europea fomentada por los programas de intercambio universitario y de científicos, así como los Programas Marco de I+D, que contribuyeron fuertemente a la mejora de la calidad y rendimiento de los científicos españoles y del sistema.

A mediados de los noventa el sistema de Ciencia y Tecnología había afianzado su estructura y funcionamiento en tres grandes núcleos: la Universidad, el CSIC y centros de investigación vinculados a los diferentes ministerios y empresas públicas. Se buscó la coordinación estratégica de los objetivos en I+D a través de la CICYT y los Planes Nacionales de I+D (en 1996 se aprueba el III Plan Nacional hasta 1999) habían introducido criterios de selección de áreas de investigación prioritaria con el objetivo de optimizar los recursos disponibles. La educación universitaria consigue un notable aumento de la cualificación profesional de los científicos y comienza a sentirse la política de becas doctorales y postdoctorales y las ayudas para estancia en centros de primera línea en el extranjero, elevando el nivel de la ciencia española y de las publicaciones científicas de calidad. La propia universidad aumenta considerablemente su labor investigadora, y de 1980 al 2000 la producción científica, medida en artículos publicados en revistas de impacto, se multiplica por seis, pasando de representar el 0,6% del total mundial a casi un 2,5%.

A pesar de todo, el objetivo de consolidar definitivamente un dinámico y competitivo sistema de Ciencia-Tecnología en España estaba lejos de cumplirse por dos razones:

1. La endémicamente escasa inversión total en I+D respecto de la media de los países de la Unión Europea, notablemente agravada por los efectos contractivos de la crisis de 1992-93 y la reducción del crecimiento del gasto público obligada para disminuir los niveles de Déficit Público contenidos en el Programa de Convergencia.
2. La escasa presencia de la I+D en la empresa privada española, todavía atrapada en el círculo vicioso de la dependencia tecnológica del exterior (Duran, 1990). Buen ejemplo de ello es el crónico déficit en el capítulo de royalties y rentas de la propiedad inmaterial de la balanza de pagos, en 1996 se situaba en 150.000 millones de pesetas, o el importante componente tecnológico presente en el recurrente déficit de la balanza comercial (Martín y Rodríguez, 1984)).

La encuesta sobre Innovación del INE de 1994 arrojó datos reveladores sobre la fragilidad y falta de fe del tejido empresarial español en materia de investigación e innovación tecnológica. El 71% de las empresas que invertían en I+D eran de capital privado español, pero sólo representaban el 37% del gasto total empresarial en I+D, muy por debajo del 44% acaparado por las filiales de multinacionales instaladas en España, que sólo representaban el 25% del total de inversoras en I+D. El 4% restante lo ponía la empresa pública, un 19% del gasto empresarial total en I+D. otro dato significativo es que la mayor parte del gasto empresarial en I+D se destinaba a desarrollo tecnológico, y sólo mitad de las empresas innovadoras destinaban algún recurso a investigaciones aplicadas o, en mucha menor medida, a investigación básica. Los años posteriores se mantiene esta tendencia, aunque un dato esperanzador es la fuerte presencia de empresas jóvenes con mayor dinamismo respecto de las anquilosadas prácticas de la tradicional empresa española.

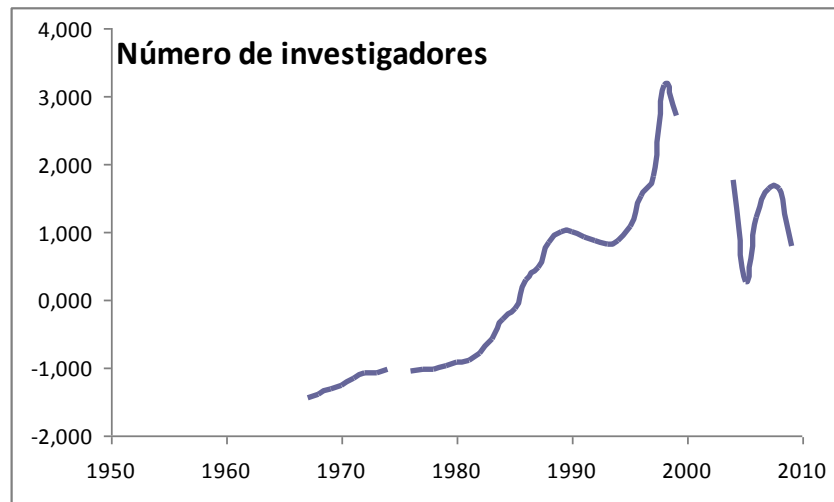


Figura 22.2. Número de investigadores en España.

Una dolorosa manifestación de la crisis de los 90 fueron las crecientes dificultades para el retorno e incorporación de jóvenes investigadores formados en el extranjero, muchos de ellos en instituciones de primera línea. La restricción de los gastos presupuestarios (como se puede comprobar en las figuras 22.2 y 22.3) impedía su reincorporación a nuevas plazas en los centros públicos de I+D y la empresa privada española seguía sin involucrarse en actividades de I+D. Esta situación puede malograr el potencial de buena parte de la joven elite investigadora española, obligándola a desarrollar sus carreras en el extranjero, un evidente despilfarro de recursos públicos empleados en su formación y una pérdida de valiosísimo capital humano.

En 2000 se crea el Ministerio de Ciencia y Tecnología, como gesto de voluntad política que no se tradujo en la elevación del porcentaje de PIB dedicado a I+D, aún por debajo del 1% (la media europea estaba por encima del 2%), y el número de investigadores no superó el 3,3 por cada 1.000 habitantes. A pesar de la bonanza del ciclo económico disfrutado entre 1996 y 2000, la política de contención del gasto público con el fin de acceder a la moneda única en 1999 actuó en contra de la expansión de las partidas dedicadas a Investigación y Desarrollo. Una vez dentro del euro, la disciplina presupuestaria se mantuvo y la fijación del objetivo del déficit cero del gobierno Aznar continuó como elemento esencial de su política económica para el cuatrienio 2000-2004, provocando que las partidas presupuestarias dedicadas a I+D no solo no remontaran la situación del decenio de los noventa, sino que en términos comparativos disminuyera, dado el incremento de PIB y el cambio monetario (Solá, 2000).

Tras el tímido intento del 2004 al 2008 para elevar las cifras de inversiones en I+D, la fuerte crisis que azota la mayor parte de las economías desarrolladas y que en España ha tenido fuertes consecuencias en la capacidad financiadora del sector público y la solvencia empresarial, ofrece un panorama inmediato de fuertes restricciones y cortes presupuestarios. Esta situación puede significar que toda una generación de jóvenes investigadores tendrá muy difícil encontrar ubicación, poniéndose en peligro el rejuvenecimiento de las plantillas investigadores de universidad y organismos públicos de investigación. La continuada

falta de un esfuerzo en I+D se manifiesta también en el bajo número de instalaciones científicas de cierta envergadura en España.

España tiene un serio problema de convergencia científica y tecnológica con Europa, con un porcentaje del PIB dedicado a investigación de menos de un tercio que el de Suecia, y la mitad que el de otros países comunitarios (Ayala-Carcedo, 2001). La tasa de cobertura de la balanza tecnológica, la venta de tecnología, es la tercera parte que la italiana y la cuarta parte que en los países avanzados de la UE. Pese a haber llegado a disfrutar del 15% del PIB equivalente de Europa, sólo el 4% de las patentes que se registran en la UE tienen origen español y el porcentaje dedicado a I+D por las empresas españolas es un tercio del que dedican las europeas. Según Ayala-Carcedo (2001), la falta de convergencia con Europa no significa que los científicos y los ingenieros españoles sean peores, de hecho, su productividad es mayor que la media europea, en realidad se trataría de un problema de falta de dimensión del sector.

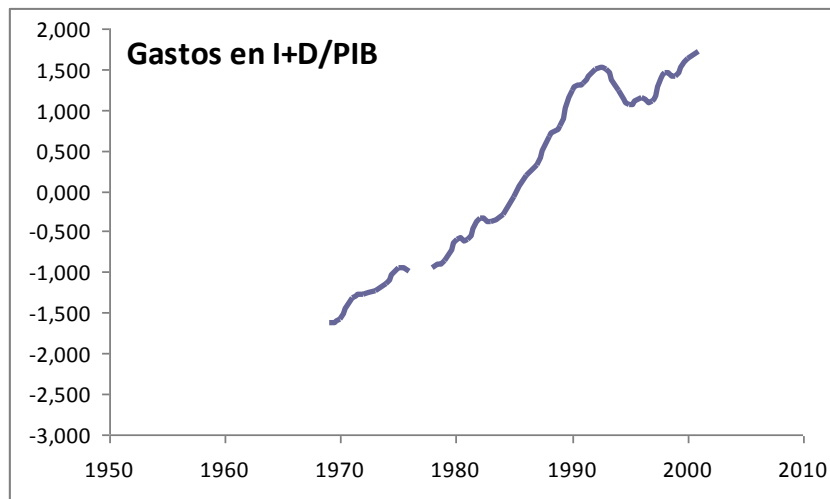


Figura 22.3. Gasto público en Investigación y Desarrollo en España respecto al Producto Interior Bruto.

Tras el ingreso en la Unión Europea en los años ochenta y la incorporación al euro en el decenio de los noventa, al iniciarse el siglo XXI aún se plantea la consolidación del frágil sistema científico español. El reto de innovación tecnológica ante el que se coloca España es múltiple. Por un lado la convergencia con las reglas de juego instauradas por la incorporación a la Unión Europea y el proceso de globalización mundial; por otro encarar un sistema de investigación y desarrollo de tecnologías que evite los errores del pasado asociados a la tradicional dependencia de la importación. Las respuestas inmediatas para no descolgarnos de la modernidad internacional, pasan en general por una apuesta inversora pública y privada que incremente sustantivamente los gastos en I+D y permita reincorporar a los jóvenes científicos formados por los programas de Formación de Personal Investigador. También la consolidación y expansión de centros e Institutos de investigación existentes y otros nuevos nucleados en equipos competitivos, que incorporen científicos españoles líderes en sus disciplinas a nivel internacional.

Pero con toda seguridad, el verdadero reto se plantea si de verdad se pretende hacer de la Ciencia y la Tecnología impulsoras de cambio positivos, facilitadores de nuevas respuestas ante la complicada situación del país y el planeta. Más allá de vaivenes de ciclos económicos de un mismo modelo de crecimiento económico insostenible, las profundas raíces ecológicas y humanas de la nueva crisis obligan a respuestas inteligentes que no vuelvan a obviar estas dimensiones, haciéndonos caer en los mismos errores. Esto requiere de una reflexión sobre las prioridades y las formas de financiarlas. El nuevo contexto de crisis amenaza, como en veces anteriores, con congelar e incluso recortar las inversiones en ciencia y tecnología, así como en formación. La reducción en personal investigador y la falta de financiación, genera una fuerte competencia interna, que si bien en un principio se ve como favorecedora de la calidad, en la práctica, y dados los sistemas de evaluación de la calidad investigadora, podría acabar dirigiéndose hacia la creación de equipos volcados en el proceso de publicación de resultados, por encima de la importancia que los propios resultados puedan tener en el cambio social, ambiental y económico que se pretende.

3. Desarrollo tecnológico y cambio social, económico y ecológico en España

Tras realizar un análisis de la evolución del sistema científico y su vinculación con la innovación tecnológica durante el último siglo, el siguiente paso será analizar cuál ha sido el papel de la ciencia y, especialmente de la tecnología en el cambio drástico experimentado por la sociedad española y los ecosistemas en los que se sustenta. Como en el resto de países industrializados, el desarrollo tecnológico ha proporcionado las herramientas fundamentales para la profunda transformación social y ambiental experimentada en España a partir de la segunda mitad del siglo XX. De forma recíproca, el cambio tecnológico ha de ser entendido en su contexto social, político y económico, para poder explicar las consecuencias que ha tenido sobre el bienestar de la sociedad española y sobre los ecosistemas del presente. En último término, los profundos cambios políticos y socioeconómicos que acompañaron a la transformación tecnológica, trajeron consigo nuevos estilos de vida para la ciudadanía y drásticas modificaciones en su relación y vinculación con los ecosistemas.

En un principio, el cambio estuvo estrechamente ligado a la transformación de un sistema productivo basado en una economía de subsistencia, con base en un sector primario radicado en el medio rural y una industria todavía casi artesanal, hacia una economía de mercado que apuesta por el desarrollo tecnológico, la mecanización y el desplazamiento de la fuerza laboral hacia industrias radicadas en nuevos entornos urbanos. Posteriormente, tras la llegada de la democracia, los cambios sociales y ecológicos se aceleran, de la mano de un nuevo salto tecnológico simultáneo a la incorporación a la comunidad europea, a un fuerte crecimiento económico del país apoyado en sectores como la construcción y el turismo y a un impulso fuerte de empresas españolas a invertir en extranjero para formar parte del poderoso mercado de transnacionales.

Al desarrollo e innovación propios se le sumó una cuantiosa importación, mediante adquisición directa de tecnologías o de licencias de fabricación. La ciencia que soporta la innovación y desarrollo tecnológicos, si bien con algunas realizaciones exitosas, no ha sido de producción propia, hasta tiempos recientes, en los que España ocupa aún puestos modestos en I+D+i. Paralelamente se ha producido un desarrollo del conocimiento científico sobre los ecosistemas españoles y sobre los efectos biofísicos acarreados por el cambio, así como un proceso de innovación tecnológica dirigido a tratar de evitar, paliar o remediar los efectos más perniciosos del crecimiento urbano-industrial y la intensificación agrícola.

3.1. Fases del desarrollo tecnológico en España

En el siglo XX se pueden considerar varias fases en desarrollo tecnológico, cada una de las cuales suponen una significativa y creciente incidencia sobre los ecosistemas (Criado, 1990):

3.1.1. Difusión de la “Segunda Revolución Industrial”. (1900 a 1936)

La primera Revolución Industrial llegó a España con retraso y en buena medida ligada a la inversión foránea en el siglo XIX en áreas como el textil, la minería o el desarrollo de los ferrocarriles y posteriormente la química. Se inician en ese siglo dos tipos de áreas de desarrollo industrial: por un lado aquellas que suponen una exportación de recursos, en gran medida minerales pero también agrícolas, de otro se crean focos de producción para consumo propio, fundamentalmente metalurgia y textil.

Los aspectos tecnológicos que definen la entrada en el siglo XX son básicamente la extensión de la energía eléctrica y motor de combustión interna y la industria química. En España se dan desarrollos en estas áreas tecnológicas con una presencia foránea importante, tanto en aportes de capital, industria química por ejemplo, como importación de equipos, el 60% del material del sistema eléctrico es de importación. La exportación de minerales mantiene una importancia alta. En este periodo podemos ya situar entornos en los cuales hay una importante incidencia ambiental: minería de piritas y cobre en Huelva, industria electroquímica en Flix, Tarragona.

3.1.2. Periodo Autárquico. (1940 a 1953)

La guerra civil, como ya se comentó en el apartado precedente, aborta este incipiente proceso de industrialización y desarrollo científico y tecnológico. Tras el desastre provocado por la contienda, la mayor parte del desarrollo tecnológico español durante la dictadura franquista sigue las pautas que marca la necesidad de desarrollo y modernización, comenzando un proceso de drásticos cambios en todos los sectores productivos, apoyado de forma desigual por la ciencia y la tecnología.

Las industrias básicas acometen un desarrollo de basado en una combinación de tecnología propia y foránea, con la finalidad de atender al cambio social y productivo que se propone en el país, destacando las de fertilizantes y siderurgia. Es el momento de la gran transformación de la agricultura tradicional a los métodos intensivos y mecánicos, y de los desplazamientos de la población hacia las ciudades. Se estructuran una serie de zonas geográficas de desarrollo, en las cuales se da como secuela de las actividades productivas, focos de incidencia ambiental, en particular emisiones contaminantes a la atmósfera.

El primero de estos cambios socioeconómicos, estrechamente vinculado al desarrollo tecnológico y la mecanización, fue el desplazamiento laboral de la población agrícola hacia los sectores de industria y servicios. Este hecho implicó, en la mayoría de los casos la emigración desde el medio rural a entornos urbanos en procesos de construcción masiva.

Es un periodo de fuerte desarrollo del sistema de generación hidráulica a la vez que las presas y embalses tiene en paralelo otros fines: regadío agrícola y abastecimiento de agua a las ciudades. Aquí tecnológicamente se aprovecha una tradición española propia de construcción de obras públicas que se mantiene desde siglos pasados (Ayala-Carcedo, 2001). Como consecuencia de esta política se produce un importante impacto en los ecosistemas fluviales con distorsiones en las cuencas hidrográficas.

Se crea el Consejo Superior de Investigaciones Científicas, CSIC, estructurado en patronatos en función de las áreas de conocimiento en las cuales se extienden las actividades correspondientes. Los centros más significativos son: Combustibles, luego Carbón, Construcción, Metalurgia, Fermentaciones Industriales, Plásticos y Óptica. Luego habrá otros como el de Tecnología de los Alimentos (Criado, 1990).

Se revitalizan antiguas instituciones como el Instituto Geológico y Minero, que tuvo desde sus orígenes una preocupación por el territorio y en particular por la buena gestión de las aguas, superficiales y subterráneas (Puche). La preocupación por el uso y también la recarga de los acuíferos es una constante desde entonces que se liga en gran medida a la evolución de la agricultura en varias cuencas hidrográficas, La Mancha en particular.

3.1.3. Periodo Desarrollista. (1953 a 1974)

Es una época de clara apuesta por un modelo de industrialización y acumulación de capital que favorece claramente dos cosas: la inversión extranjera y una poderosa élite empresarial interna (Sevilla, 1985). Las empresas extranjeras aporta tecnologías propias, especialmente en el sector industrial, pero el desarrollo científico-técnico interno, se centra mayoritariamente en la adquisición o adaptación de tecnologías importadas de países que sí la desarrollaron, volcándose especialmente en maximizar los beneficios de la extracción de recursos naturales (especialmente no renovables) y servicios de los ecosistemas sin reparar en su preservación, y desplazándose después al sector de la construcción de infraestructuras y urbanística. La oligarquía empresarial privada y los monopolios públicos mantienen una considerable porción del mercado al resguardo de la competencia extranjera y se apoyan sobre el resto de la sociedad a través de un sistema financiero y fiscal altamente regresivo, manteniendo a su vez un férreo control de los medios de producción y la tecnología. Estos privilegios aseguran sus beneficios y no incentivan la inversión en un desarrollo tecnológico dirigido a mejorar la productividad y disminuir el impacto ambiental del proceso de “modernización” del país. El notable aumento del PIB durante la

segunda mitad del S.XX, especialmente a partir de los años 60, se realizó a expensas de un incremento proporcionalmente (o desproporcionadamente) mucho mayor del tecnometabolismo de la sociedad española, ligado a procesos de adquisición y destrucción de riquezas sin precedentes (Carpintero, 2005). El proceso fue apoyado, al igual que en otras partes del mundo, por una tecnología diseñada con un rostro muy poco humano y solidario, altamente contaminante y agresiva para los ecosistemas españoles y los de aquellos países proveedores no desarrollados sobre los que se asienta .

Hay que destacar tres líneas de expansión preferentes: el refinado del petróleo, la construcción naval y la industria del automóvil.

Las refinerías de petróleo se localizan en nueve puntos de continuidad o nuevo desarrollo industrial que se ven acompañado por una importante industria petroquímica (Canseco). Se utiliza tecnología foránea, en buena parte norteamericana, pero también hay importantes aportes de los centros de investigación conexos con el CSIC, como el instituto de catálisis (véase apartado anterior).

La construcción naval se desarrolla con diseños propios y empresas que se localizan en varios de los puertos españoles, hay una demanda propia, pero esta industria poco a pocos se extiende también hacia la exportación a terceros países (Fernández, 2001). En este esfuerzo autárquico se continúa con desarrollos anteriores de la industria aeronáutica, la cual tiene también un mercado interior y en el periodo que sigue a éste consigue cuotas de mercado exterior.

La industria del automóvil había arrancado a principios de siglo con desarrollos propios, ahora se recupera en conexión en cierta medida a la tecnología italiana, pero enseguida hubo una presencia de empresas foráneas (Lage, 2001). En conjunto aparece un área económica y laboral que fija población en ciudades de la costa y el interior de la Península, además cambia la cultura de la movilidad con la introducción en el mercado de modelos utilitarios a precios asequibles que poco a poco se extiende por amplias capas de la sociedad española.

Esta época desarrollista demandó el crecimiento también desmesurado, de una gran industria de construcción de infraestructuras para el transporte y la vivienda, asociados a drásticos cambios demográficos y sociológicos, y que estuvo apoyada por la introducción de maquinaria pesada para la construcción más rápida (que no más segura).

El primero fue la edificación de viviendas en barriadas rodeando las grandes ciudades industriales, acoge a un movimiento sin precedentes de inmigración interior de los pueblos y zonas rurales hacia las grandes ciudades. Casi simultáneamente, la “modernización” del país atrae la actividad turística y se incrementa rápidamente la llegada de visitantes foráneos, de otros países europeos fundamentalmente, en particular hacia las costas del Mediterráneo y las Islas. A su vez, el cambio cultural asociados al cambio de costumbres de las masas urbanas y sus nuevos estilos de vida, y la imitación del comportamiento de los turistas extranjeros, estimula el desarrollo de un nuevo fenómeno de turismo de masas interno y la adquisición de segunda residencia. Como resultado se retroalimenta el proceso constructivo en las zonas turísticas y comienza un proceso de ocupación urbanística del litoral.

Los crecimientos urbanísticos, junto a las nuevas demandas de regadíos, implicaron un crecimiento notable de la demanda de agua y de la inversión en tecnologías de obras hidráulicas basadas en embalse y tubería. En el caso de las áreas del sureste peninsular se atiende con el trasvase Tajo-Segura entre otras actuaciones. Esto implica incidencias ambientales importantes en la cuenca hidrográfica del Tajo

La energía es un aspecto crítico en el desarrollo, y esta época destaca por la construcción de importantes centrales térmicas de gran capacidad para la producción de energía eléctrica, fundamentales para el desarrollo del sector industrial y el importante aumento de las demandas en las ciudades y los servicios turísticos en aumento. Su abastecimiento corría en parte a cargo de la extracción de carbón de las cuencas mineras nacionales, de calidad deficiente y muy contaminante, cuyo uso estaba en declive por cambios tecnológicos en la industria y los transportes ferroviarios y marítimos. Otra parte fueron ubicadas en la costa y diseñadas para usar petróleo de importación según fueran estabilizándose los precios del

petróleo (Sudriá, 1997; García Alonso 1986). La demanda de carbón nacional se satisface a base de una importante mutación en el sector, que abandona muchas pequeñas explotaciones de minería subterránea, para apostar por unas pocas explotaciones a cielo abierto de grandes dimensiones y con métodos de explotación basados en maquinaria pesada de gran tonelaje y potencia, así como un incremento sustancial del uso de explosivos. Paralelamente, en esos años se emprendía también un camino de producción hidroeléctrica, asociado al mencionado embalsamiento masivo con fines de desarrollo agrario basado en los regadíos. Esta forma de generación llegó a alcanzar casi el 40% del total, frente al 50% de la termo eléctrica y el 10% de la nuclear, esta última desarrollada a partir de los trabajos de la Junta de Energía Nuclear.

La investigación y, en particular, el desarrollo tecnológico tienen un impulso significativo desde la Administración del Estado, se intenta conseguir una adecuación de las actividades para dar respuesta a los temas de desarrollo económico y laboral. La mayor parte de las actividades de innovación corresponden a los Organismos Públicos de Investigación, OPIS; también hay una participación destacada de algunas Universidades.

Los problemas de contaminación ambiental derivados del desarrollo industrial contribuyen al reforzamiento de una conciencia ambiental, que ya existía en determinados sectores de la sociedad, en la cual la pérdida de masa forestal era ya una preocupación clásica. La Ley de Montes de 1957 es un hito en ese cambio, en 1970 se aprueba la Ley de Caza y, en 1971 se crea el Instituto de Conservación de la Naturaleza, ICONA. En este periodo se crearon los Parques Nacionales de Doñana, Daimiel y Timanfaya.

3.1.4. Crisis de los precios de la energía. (1974 a 1984)

España es un país fuertemente dependiente del suministro exterior de energía, esto era ya así desde los años sesenta, cuando el petróleo llegó a representar el 70% de la energía primaria que consumía el país. La movilidad personal, el turismo y el transporte de mercancías por carretera condicionan esa fuerte demanda de petróleo, en la que también participan la industria y la generación de electricidad. La elevación de los precios del petróleo incide negativamente en la economía española y a ello se une la situación generalizada de crisis en todos los países del entorno.

Los usos energéticos se evidencian como aspecto crítico del desarrollo español, se crea el Centro de Estudios de la Energía, CEE, en la actualidad Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, IDAE. La primera función es conocer cuáles son los consumos finales de energía y analizar los ciclos energéticos de cada producto o servicio, surgen de ello numerosas propuestas de incremento en la eficiencia energética en procesos industriales y en servicios.

Se produce un cambio en parte de la infraestructura básica del sistema energético que se hace patente en el paso de las centrales de generación con fuel-oil a situación de reserva, mientras que son sustituidas por nuevas de combustión de carbón, en gran medida de producción autóctona, pero también de importación; se consolidan explotaciones de carbón a cielo abierto que marcan el paisaje de provincias como: A Coruña, Ciudad Real y Teruel. Esa construcción de parque generador da un impulso a la fabricación de bienes de equipo, lo cual ayuda a paliar los efectos de la crisis; pero también aparecen problemas ambientales ligados a las altas chimeneas por las cuales se envían a la atmósfera compuestos contaminantes: óxidos de azufre, de nitrógeno y partículas, que nos llevan a valores muy significativos de emisión en el contexto europeo, lo que llevará en el periodo siguiente a propuestas desarrollo de tecnologías limpias en el uso del carbón. (Menéndez, 2001)

La energía nuclear vive unos años de auge en muchos países, España no es ajena a esa situación y se propone la construcción de un amplio número de centrales nucleares, de lo que resultaría la construcción de siete que aun se encuentran en funcionamiento. Frente a esto surge un fuerte movimiento de contestación social para frenar esa expansión, lo cual se ve favorecido por los problemas derivados de la elevada inversión que demandan esas centrales nucleares.

En este contexto de crisis se está produciendo también una reestructuración internacional del poder económico y los centros de acumulación de capital, liderado por las empresas transnacionales, que está muy vinculado al cambio tecnológico y que afecta fuertemente a los propios mercados ligados a la transformación tecnológica. Se da entonces un cambio importante en la industria española, impulsado por un proceso de apertura a competir en el ámbito internacional, mediado por la pertenencia a la CEE. A la vez que se inicia el abandono de la presencia pública en las grandes empresas que estructuraban el tejido industrial y de servicios español, comenzando el proceso de privatización.

En paralelo a la crisis económica se produce la considerada “tercera revolución tecnológica”, articulada en torno a la información. El sector de la computación y las telecomunicaciones se convierten en protagonistas de este salto tecnológico hacia adelante, que no se limita ni mucho menos al sector industrial, afectando a todos los ámbitos socioeconómicos. Ante todos estos condicionantes, se intenta desarrollar un nuevo esquema de modernización para la industria española, sabiendo que existe una importante, y difícil de evitar, componente de dependencia tecnológica de terceros países y que en el contexto de ciencia y tecnología los aportes de fondos son mayoritariamente de carácter público. Esto viene ligado a un cambio sustancial en la concepción del CSIC, donde aumenta la participación de los propios investigadores en la definición de áreas de trabajo y programas de investigación. Desde la Administración Pública se crea el Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial, CDTI, que fomenta la investigación para facilitar la competitividad o la creación de pequeñas y medianas empresas. Es una iniciativa que se mantiene hasta el momento actual, acompañada de las actuaciones de organismos o administraciones autonómicas, y de la cual ha derivado o ha recibido soporte el mallado de pequeñas empresas industriales que se extiende por buena parte del país.

En lo que se refiere al desarrollo de la industria básica, esta sigue buscando nuevos campos de actuación y se crean nuevas empresas para la producción de bauxita y aluminio, o se aumenta la capacidad de otras instalaciones en la metalurgia del zinc. Se frena el desarrollo de la industria siderúrgica (IV Planta Siderúrgica Integral), aunque crece el número y tamaño de las instalaciones dedicadas a la recuperación de chatarra de hierro, en buena medida proveniente del mercado internacional. Todo ello tiene como contrapartida un nuevo incremento de la demanda de electricidad.

La crisis afecta fuertemente a sectores como el naval, una constante que se mantendrá a lo largo de varias décadas e influye en la transformación de múltiples zonas portuarias, en la búsqueda de nuevas opciones de desarrollo y contribuye a esa nueva una visión de la costa como lugar de ocio y turismo. Son los años retratados en la película, “Los lunes al sol”, que marca el inicio de una visión crítica del desarrollo industrial y de las reconversiones a que éste es dado.

En este periodo tiene lugar en España, y otros países europeos, acciones que fomentan el cambio del parque automovilístico, antes formado mayoritariamente por vehículos de motor Otto, consumidores de gasolina, hacia los automóviles de motor Diesel; hay una razón técnica que es el mayor rendimiento de estos segundos motores y por tanto un menor consumo específico. Ahora bien con ese cambio también se da una diferencia en las emisiones de contaminantes a la atmósfera, mayores en los motores Diesel: óxidos de nitrógeno, precursores en la formación de ozono, partículas y aerosoles.

La preocupación por el medio ambiente se intensifica en esos años, comienza a cuestionarse la necesidad de un “desarrollismo a cualquier precio”, además el fuerte incremento del consumo de energía, y otros aspectos negativos de nuestro entorno social, hacen que aparezcan con frecuencia en los medios de comunicación voces que llaman como mínimo hacia la corrección de los efectos negativos de nuestras actuaciones, incitando en muchos casos a cambios en los esquemas de consumo.

El sistema energético en su conjunto: usos finales y procesos de transformación, está a la cabeza de esas cuestiones ambientales y las preocupaciones de la sociedad. Ya el desarrollo hidroeléctrico causó distorsiones en las cuencas hidrográficas que en algunos casos fueron fuertemente contestadas; hubo ocupaciones de valles, desplazamientos de poblaciones y rupturas de los flujos de agua, estos han sido significativos en la cuenca del Tajo desde la cual hay además un trasvase de aguas a la del Segura en la vertiente mediterránea.

La generación térmica con carbón estuvo marcada en primer lugar por la calidad de este, en unos casos con combustible de alto contenido en azufre, en otros con antracitas de difícil combustión; en esos casos la emisiones de óxidos de azufre y óxidos de nitrógeno fueron muy elevadas, la no aplicación de medidas correctoras como el lavado de gases, hizo que esas emisiones se mantuvieran altas durante décadas. En la actualidad algunas centrales ya disponen de sistemas de lavado para reducir el contenido de óxidos de azufre en los gases, además se ha sustituido en gran medida la generación con carbón por otra con gas natural. En cualquier caso la imagen que tiene el uso del carbón como fuente de generación eléctrica no es nada positiva y previsiblemente habrá rechazo si en algún momento es preciso volver al uso de este combustible, por ejemplo por crisis en el mercado internacional del gas natural.

Las grandes instalaciones industriales con procesos de combustión, donde se utiliza fuel oil ó en algunos casos carbón, desde las refinerías de petróleo a las factorías de productos básicos, cemento ó químicos, están desde entonces también en la crítica social por sus emisiones contaminantes. Suelen agruparse en “polos ó polígonos industriales”, donde a veces es muy patente esa situación de alta contaminación atmosférica. Las consecuencias ambientales de la extracción y quema masiva de carbón, especialmente rico en azufre, y otros impactos importantes como los derivados de la continuada construcción de embalses grandes dimensiones que cortocircuitaron el sistema hidrológico ibérico, acarrearón grandes impactos en determinados ecosistemas, a los cuales llevaron a situaciones de gran fragilidad (falta de caudal en los ríos, lluvias ácidas, destrucción de vastos territorios de las cuencas mineras) de las que aun hoy muchos no han logrado evadirse.

Coincide todo ello con un fuerte incremento en el tamaño del parque de automóviles, lo cual a la larga incide en un fuerte aumento de la contaminación atmosférica de los entornos urbanos, especialmente en los contaminantes propios de este tipo de motores y combustibles, las partículas (PM10 y PM2,5), y los óxidos de nitrógeno derivados de las combustiones, que en las épocas de máximas insolación son precursores en las reacciones fotoquímicas que dan lugar a la formación de ozono en los ambientes urbanos y periurbanos con efectos documentados importantes sobre la salud de los habitantes.

3.1.5. Evolución española integrada en la Unión Europea. (1985 a 2010)

La entrada de España en la Unión Europea marca un esquema de cambios en todo el contexto económico, social, laboral que se refleja en las actividades científicas y tecnológicas. En el año 1986, se aprueba la Ley General de Fomento y Coordinación de la Actividad Científica y Técnica, más conocida como “La Ley de la Ciencia” y se sientan las bases del nuevo Plan Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico, PNI. Este último se estructura en varias líneas de actuación, que aparte de los programas horizontales y especiales, cuenta con tres grandes áreas de trabajo: Agricultura y Recursos Naturales, Tecnología de la Producción y las Comunicaciones, y Calidad de Vida.

Se hace patente que además de conseguir una competitividad industrial en el contexto internacional, la ciencia y la tecnología se plantean, al menos sobre el papel, participar en la delimitación de las causas de los problemas ambientales y trabaja en su mitigación. Se crean nuevas estructuras al respecto ó se les cambia el objetivo a otras. Es significativa la transformación de la Junta de Energía Nuclear, JEN, en el Centro de Investigaciones Energéticas y Ambientales, CIEMAT. Este centro gestiona múltiples iniciativas en tecnologías verdes o limpias y de depuración o control de la contaminación, por ejemplo, la actual Plataforma Solar de Almería, que hoy recibe colaboración de Alemania en el aporte de fondos e investigadores.

En aquel momento todavía pesaban más las opciones correctoras que las preventivas y protectoras, ya que tal empresa implicaría llevar a cabo cambios en los modelos productivos y de consumo y por ello en los estilos de vida. Crece un movimiento científico internacional que pone de manifiesto que para eliminar de raíz esas incidencias, los planteamientos económicos convencionales y el modelo de producción y consumo son un impedimento insoslayable. En realidad se produce una flagrante contradicción entre los planteamientos del PNI y la realidad de una política económica e industrial y ultraliberal que empujan muchas veces en sentidos opuestos.

En este periodo se constata también que ni el desarrollo industrial conseguido ni el que se prevé, son capaces de satisfacer la demanda de empleo, muy aumentada por los procesos de reconversión industrial. En ese momento aparecen alternativas como el turismo rural ó el ecoturismo planteando opciones de recolocación, pero con un peso minoritario ante el turismo de masas y las actividades de ocio, comercio y turismo crecen en su participación en el esquema económico español. En gran medida se ven favorecidas por la fácil llegada de otros europeos a nuestro país, pero también en la dedicación de fondos estructurales comunitarios al desarrollo de infraestructuras de comunicación y transporte, en su mayoría autovías.

Estos fenómenos o actividades fomentan otra oleada de rápida ocupación de territorios y desarrollo inmobiliario, en primer lugar en la franja costera, pero también en la ampliación de las grandes ciudades. Todo ello provoca un crecimiento descontrolado de la demanda de agua y energía en esos entornos y contribuye a exacerbar el patrón de movilidad insostenible basado en el automóvil, el avión y el tren de alta velocidad. Los combustibles para automoción y la demanda y generación de electricidad crecen de forma significativa en todo este periodo. No se apuesta en absoluto por desarrollar y experimentar tecnologías para la construcción de viviendas que apoyen el ahorro energético o por modelos urbanísticos que contribuyan a reducir la dependencia del automóvil, ni tampoco por un turismo sostenible apoyado por el incalculable valor paisajístico español y la creciente moda ambientalista.

Con este modelo desarrollista, el consumo de energía experimenta en España un crecimiento acelerado desde los años sesenta y se pasa de aportes propios de fuentes de energía primaria (carbón y energía hidráulica), a una participación creciente del petróleo que procede de terceros países. La crisis de los precios de este combustible fósil de los años setenta incide en nuestro país de forma significativa, dado que el petróleo participa en torno al 70% en el abastecimiento de energía primaria.

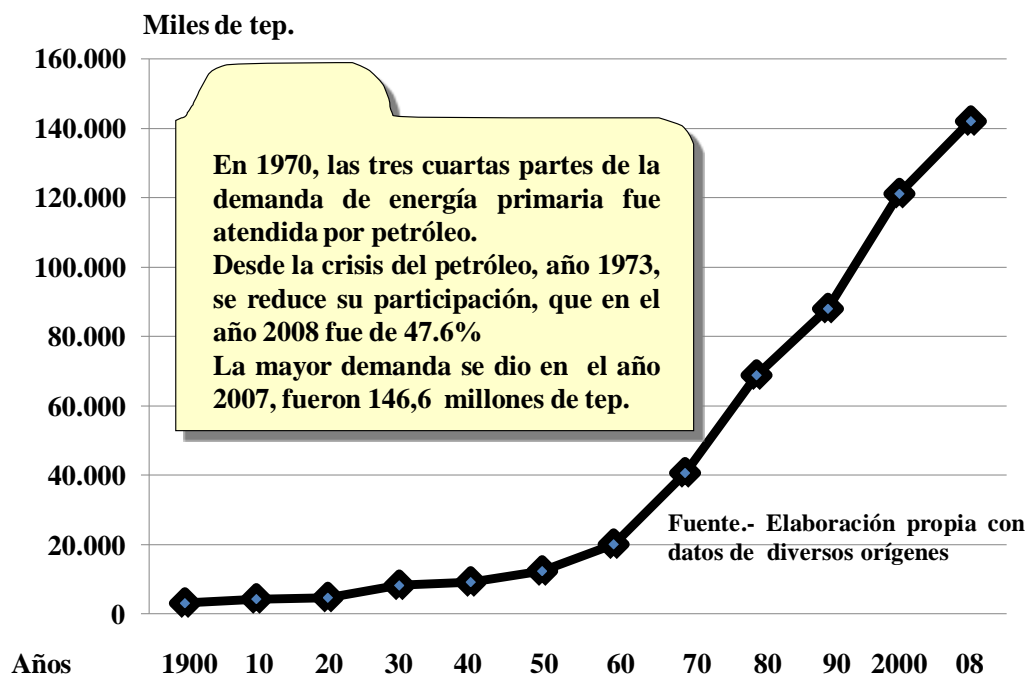


Figura 22.4. Demanda de energía primaria en España.

Desde esa década de los setenta se produce un aumento de la consciencia del grave problema que representa la dependencia exterior energética de España, que supera en la actualidad el 80% de la demanda de energía primaria. Se crean organismos al efecto, como ya se indicó anteriormente y, se proponen programas de diversificación en el abastecimiento de energía primaria que favorecen el desarrollo de tecnologías nuevas a tal efecto. A la vez se hacen llamados al ahorro y uso eficiente de la energía de forma continuada.

Esos planteamientos y propuestas, en particular las relacionadas con el uso eficiente de la energía, se ven reforzadas por la conciencia de que es preciso reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, en concreto las provenientes de los usos energéticos. Esas modificaciones no consiguieron reducir la criticidad de nuestra dependencia de fuentes exteriores de energía primaria, que hoy se centran en que casi la mitad de esta que procede del petróleo y una cuarta parte del gas natural, ambos provenientes de terceros países, en buena medida de África del Norte y Occidental.

Ya en los años setenta se preveía que el sistema energético español se hiciera más complejo progresivamente, y en este sentido se proponen programas de investigación y desarrollo tecnológico que dieran respuesta a las diferentes necesidades en cada momento y contexto geográfico-social. Esa investigación se reafirma como propuesta propia de la administración española a principios de los años ochenta y se consolida con la entrada española en la Unión Europea en el año 1985.

Como respuesta a estos crecimientos y en previsión de futuros colapsos en la distribución, también se fomenta una importante labor tecnológica ligada a la creación de Red Eléctrica de España, que nace con el objetivo de optimizar la gestión del sistema eléctrico. Con el mismo fin se estructura un programa de investigación energética que se apoya en los siguientes hechos:

- Destino de un 0,3% de la factura de la electricidad a labores de investigación y desarrollo tecnológico.
- Disponibilidad de fondos que aportan las propias empresas para acceder a través de la financiación de proyectos a esos recursos arriba mencionados.
- Conexión con los programas de la Unión Europea en las áreas de energía y medio ambiente.

La creación de la Oficina de Coordinación de Investigación de Electrotécnica, OCIDE, como gestora de fondos y diseminación de resultados de los proyectos realizados tiene buenos resultados, tanto para la implantación de nuevas tecnologías, como para nuevas actividades industriales ó conocimiento y eventualmente corrección de efectos ambientales. En el año 1997 se da por finalizada su función, pero aquellos resultados animan a reflexionar sobre la recuperación de esta herramienta. (FEE, 2001)

En este contexto se desarrollan proyectos conexos con la propia tecnología eléctrica en transporte y distribución, más eficiencia en el uso de la electricidad, y otras que afectan a la operación y mantenimiento de las instalaciones, así como una labor importante en tres áreas que afectan a cuestiones ambientales:

- a) Estudio del impacto ambiental de las emisiones a la atmósfera y los residuos líquidos y sólidos. Se aplican modelos de dispersión de contaminantes atmosféricos complementados con esquemas de corrección de esas emisiones en función de las situaciones meteorológicas y de las condiciones ambientales de cada momento y entorno.
- b) Desarrollo de tecnologías de uso limpio del carbón, se une en gran medida a los programas europeos de instalaciones de demostración, se construyen plantas de combustión en lecho fluido: Asturias y Aragón, y de gasificación integrada con ciclo combinado, Puertollano. Aunque en la actualidad el uso amplio del gas natural está desplazando la extensión de resultados, estos quedan ahí como una opción de seguridad en el caso de que haya que retornar al carbón. En previsión de esta circunstancia, se continúa la labor investigadora con trabajos relacionados con la captura y almacenamiento de CO₂, Ponferrada.
- c) Desarrollo y extensión de las energías renovables. Se ha centrado en la tecnología eólica y solar, tanto en diseños de equipos y demostración de las primeras instalaciones como en aspectos operativos que se dan en las propias instalaciones y en su conexión con la red eléctrica. Hay una colaboración estrecha entre diversos centros de investigación y empresas industriales.

Fruto de este esfuerzo es la creación de una importante industria de componentes y equipos eólicos, que en su conjunto supone unos 30.000 empleos industriales; dentro de un ámbito más amplio de las energías renovables que suponen unos 80.000 puestos de trabajo.

Las complejidad del sistema eléctrico español se ven reflejadas en la figura 22.5 que muestra el esquema de generación en el año 2010, con participación significativa de varias fuentes, entre ellas las de origen renovable que ya suponen aproximadamente el 30% del total, cifra que se ha de incrementar al año 2020 para llegar al menos a un 40% de acuerdo a los compromisos adquiridos en la Unión Europea por los países miembros. Hay que señalar que los cambios en el sistema eléctrico, acaecidos en la primera década de este siglo, muestran resultados positivos en esa reducción de emisiones, tales cambios iban ido unidos al desplazamiento de la generación con carbón por otra a partir de gas natural e incremento de participación de las energías renovables, en particular la eólica.

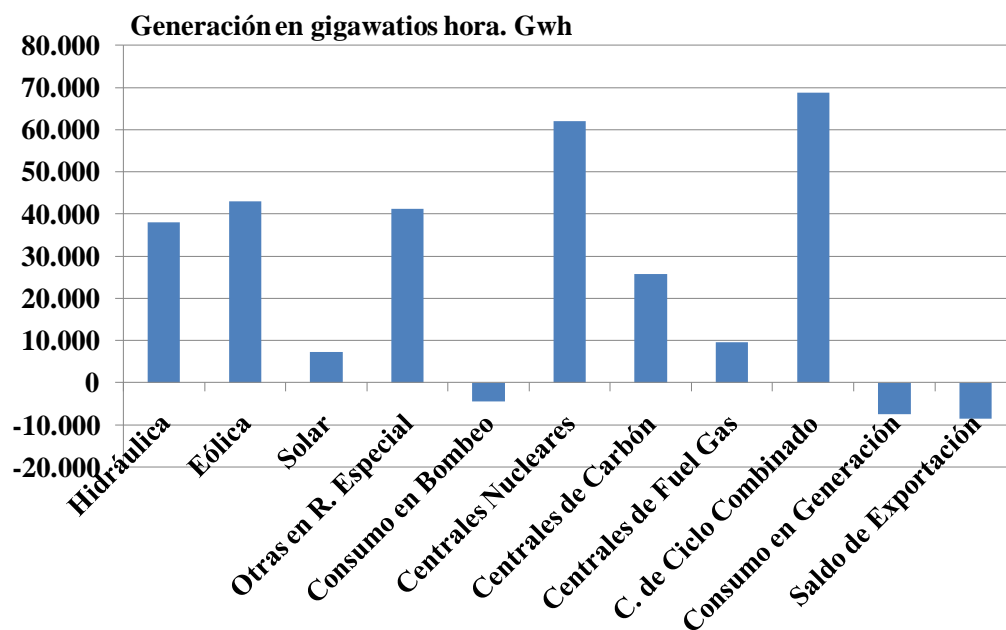


Figura 22.5. Generación eléctrica en España, 2010. Fuente: Elaboración propia con datos de Red Eléctrica de España, REE.

También se es progresivamente más consciente de los problemas ambientales que implica el desarrollo industrial, pero también de las actividades de ocio y turismo. Hechos de carácter puntual, pero de importante incidencia, marcan esa toma de posiciones: vertidos de estériles mineros en la Bahía de Portman, balsas de residuos industriales de fosfoyeso en la Ría de Huelva y, rotura de la presa de estériles de Aznalcollar con afección a la cuenca hidrográfica del Guadalquivir.

Hay debates en la sociedad sobre diferentes aspectos ambientales, desde los conflictivos trasvases de agua propuestos en anteriores planes hidrológicos, a la ocupación del territorio de manos de operaciones especulativas inmobiliarias. Una de las preocupaciones más mediáticas de gobiernos y ciudadanos en los años anteriores a la crisis, es la vinculación del modelo tecnológico en evolución de las emisiones de gases de efecto invernadero y su incidencia en el Calentamiento Global, tanto en las posibilidades de reducir esas emisiones como en relación a los efectos que se darán en el propio entorno español, como en otros países. En el caso de España, el incumplimiento flagrante de las cuotas establecidas en el Protocolo de Kioto, viene a delatar algo que ha ido quedando a lo largo de esta apartado: que el modelo tecnológico en que se ha apoyado el crecimiento urbano-industrial español ha sido altamente antiecológico y que la "terciarización" de la economía, en absoluto ha tenido efecto para reducir nuestra huella de carbono (Moreno *et al*, 2005).

La integración de España en la Unión Europea, y la preocupación creciente en ésta por las cuestiones ambientales, hace que se avance en la aplicación de medidas correctoras en todo aquello que se refiere a

los residuos: sólidos, líquidos y gaseosos, procedentes de las actividades industriales ó domésticas. Se han traspuesto normativas de carácter ambiental desde la UE hacia nuestro país, con una clara preocupación para evitar vertidos industriales tóxicos ó peligrosos. A pesar de todo, se arrastra la existencia de depósitos de esos residuos, o lugares con alta concentración, procedentes de actividades anteriores que demanda procesos de limpieza o confinamiento.

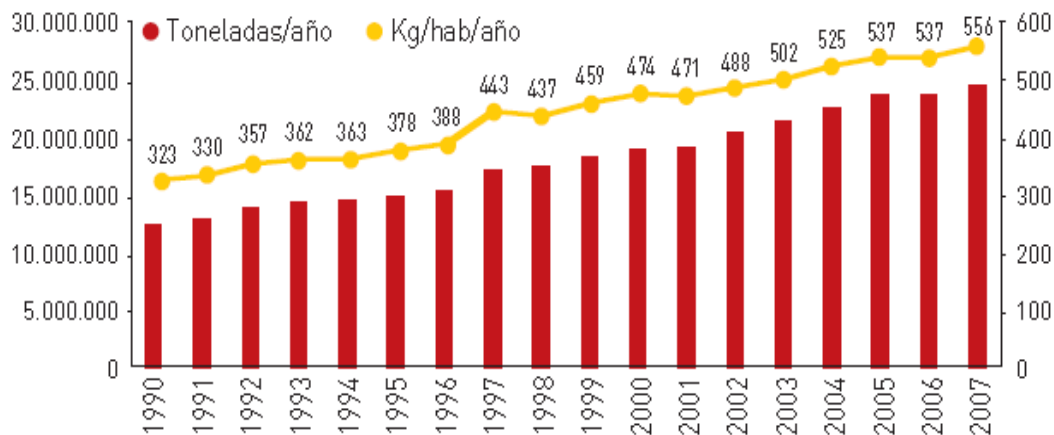


Figura 22.6. Evolución de la generación de residuos sólidos urbanos. Fuente: MARM, 2008.

Es preocupante la generación de residuos sólidos urbanos (RSU), que ya alcanza en España una cifra cercana a los 600 kg/habitante y año, en un proceso de rápido crecimiento del volumen que generó un incremento del 72% entre 1990 y 2007 (OSE, 2010). Una característica de la denominada sociedad de consumo, es la de fomentar tanto la oferta como la demanda de productos de usar y tirar, junto a la comercialización de mercancías contenidas en envoltorios tan o más voluminosos que el propio producto. Las actividades de ocio y comercio ayudan en demasía a ese exceso de residuos, un esquema muy extendido en las áreas urbanas españolas. Pero muchas otras actividades sociales y económicas contribuyen a esa generación elevadísima de residuos, no hay más que mirar la prensa dominical para ver cuánto papel va a la basura o el propio consumo doméstico de tecnología de telecomunicación y computación (ordenadores, impresoras, móviles, videoconsolas), de rápida obsolescencia. En enero de 2000 se aprobó el Plan Nacional de Residuos Urbanos, (2000-2006), que ha sido seguido de una segunda versión, II PNRU, (2007-2015); las actuaciones desde las diferentes administraciones están consiguiendo resultados favorables a la conservación del entorno.

La clasificación y reutilización de los materiales incluidos en los residuos es una práctica que ya se extiende en todo el país, en particular en las zonas urbanas, aunque las opciones elegidas para ello, en su mayoría han estado muy marcadas por los intereses mercantiles, especialmente de las industrias de envases y envasadoras. Así se ha optado por una preferencia en los sistema de gestión de envases para cumplir la normativa europea al respecto y los objetivos que marcaba, por encima de los de gestión de la materia orgánica, la de mayor tonelaje de los RSU, que podría ser reutilizada como enmienda orgánica en determinados tipos de suelos. Se estima que algo más del 60% de los envases de vidrio y del papel se recuperan para su posterior reutilización, lo que supone un menor consumo de energía, agua y otros servicios de los ecosistemas. En España como en otros países ha habido controversias en relación al tipo de tecnologías a aplicar para el tratamiento de los residuos que finalmente llegan a los vertederos, la oposición a la incineración ha sido fuerte, no obstante se instalaron plantas de combustión con hornos o calderas de diseño foráneo, procedente de otros países europeos. En la actualidad se camina hacia nuevas opciones entre las cuales es reseñable la de vertederos controlados con grandes tanques de biometanización de materias orgánicas para extracción de gas, que se quema en motores de combustión acoplados a la generación de electricidad; es una alternativa que se ha tomado de otros países europeos, pero que aquí se aplica con equipos y componentes de fabricación propia, a la vez que se intenta extender por otros países del mundo, como parte de los denominados “mecanismos de desarrollo limpio” que intentan reducir las emisiones de gases de efecto invernadero: CO_2 y CH_4 , en este caso.

La gestión del agua es un campo mucho más amplio y complejo, donde por un lado hay una capacidad científica y tecnológica española reseñable y, de otros las Administraciones Españolas han actuado para conseguir unas directrices adecuadas a las consideraciones ambientales actuales, acordes con la legislación europea. Se presta especial atención a los usos agrícolas, que con diferencia son los de mayor cuantía en nuestro país, y a su posible reutilización, a la incidencia en la demanda sobre las aguas superficiales y los acuíferos.

También se busca extender el tratamiento de las aguas residuales, de forma que todos los núcleos urbanos de más de 5.000 habitantes dispongan de instalaciones de este tipo. Estas actuaciones siguen los planteamientos de la “Estrategia Española del Medio Ambiente Urbano” que se comenzó a discutir en el año 2007, más otras reglamentaciones que apuntan a la mejora de los ecosistemas como el “Programa de Desarrollo Rural Sostenible 2010 – 2014”. Aparentemente se asume un reto hacia el futuro de control de la contaminación y los desajustes de la sociedad con los ecosistemas, aunque la forma en que el mercado asuma esto y se comercialicen e implanten estrategias de gestión basadas en las ciencias de la sostenibilidad y nuevas tecnologías verdes, será la clave.

3.2. La ciencia de los ecosistemas en España

En el contexto histórico que se ha esbozado más arriba, es claro el predominio de un paradigma científico mecanicista focalizado en diseñar aplicaciones tecnológicas al servicio de un modelo de desarrollo industrial productivista. También son claras las consecuencias muy negativas para los ecosistemas españoles. El sistema científico dominante ha estado en manos de un poder político y económico que sigue actuando ante la naturaleza como si de un gran mecanismo se tratase, susceptible de ser entendido y manipulado ingenierilmente, sin pararse en otras consideraciones más sutiles sobre el funcionamiento de los ecosistemas que la conforman. A pesar ello, surgen un conjunto de grupos y disciplinas científicas marginales, mucho más cuidadosas con el estudio de la estructura y función de los ecosistemas que sustentan la vida y proveen de materiales básicos y servicios a la sociedad. En parte nacen de la curiosidad científica más pura y generalmente de integrar estudios sobre grupos de organismos y compartimentos ambientales para tratar de entender el todo como unidad autoorganizada, y también en parte son respuestas aplicadas a problemas prácticos muy ligados al uso de los servicios de los ecosistemas, su gestión y mantenimiento (Casado, 2010).

Es el caso de los bosques y la explotación de sus servicios, que apoya el nacimiento de una ciencia y una técnica de los montes durante el siglo XIX, con el objeto de determinar que terrenos eran los más adecuados para este uso y qué condiciones serían las más adecuadas para mantener su utilidad. Uno de los mayores esfuerzos científicos y técnicos desplegados por el estado español estuvo ligado desde entonces a la gestión de los servicios de los ecosistemas forestales. El Catálogo de Montes de Utilidad pública fue el resultado más patente y significó un esfuerzo por recoger lo más valioso de la riqueza forestal del país. Gracias a este esfuerzo y a la sensibilidad que le acompañó por parte de un grupo de defensores del bosque como un símbolo del bienestar patrio (Castellarnau, 1933; Villar, 1925), se salvaron de las desamortizaciones decimonónicas muchos valiosos ecosistemas forestales. De no haber sido así podrían haber sido pasto de la rapiña de las clases sociales más desfavorecidas en busca de sustento, y de la codicia y falta de visión de particulares adinerados (los mismos que vivían a costa de la miseria en los primeros).

No obstante, en oposición a esta postura de defensa y respeto al recurso y su renuevo, existió y existe una forma de ver el bosque como una entidad física y económica mensurable, gestionable en términos cuantitativos e ingenieriles poco compasivos con su carácter de ecosistema. Múltiples esfuerzos por caracterizar florística y naturalísticamente los recursos forestales españoles, se vieron frustrados por las convulsiones políticas y bélicas de la época, de forma que el primer mapa forestal español se publicó en 1966 bajo la dirección de Luis Ceballos, tras otros intentos frustrados. Durante la Guerra Civil, Ceballos fue también autor junto a Ximénez de Embún del Plan General de Repoblación Forestal de España, que quedó inédito. La mirada multidisciplinar y compleja de este grupo de científicos hacia la gestión de los recursos forestales, se caracterizó por el valor prestado a la vegetación autóctona y la multifuncionalidad

social y económica del bosque, que incluía en sus análisis los servicios de abastecimiento de madera, leña, pasto, caza y frutos, los de regulación hidrológica, microclimática o edafológica y los recreativos culturales vinculados al paisaje, tradiciones e identidad local.

La actitud mostrada por el franquismo en la etapa desarrollista estaba muy distante de estos intentos proto-conservacionistas, optando por aplicar criterios aparentemente técnicos que anteponían la productividad de las industrias maderera y pastero-papelera y marginaron las consideraciones sobre regulación ecológica del recurso y las demandas de servicios del bosque para los pueblos y colectivos locales (Groome, 1989). El resultado de obviar los criterios de la ciencia, sustituyéndolos por una visión cortoplacista y productivista, fue la implantación de monocultivos intensivos de especies forestales exóticas de crecimiento rápido. La sucesiva mecanización de las labores forestales implicó, por una parte la modificación de relieves para el mejor acceso y manipulación del arbolado y por otra la destrucción o degeneración del suelo por efecto del propio uso de maquinaria cada vez más pesada. Si bien aumentó claramente la producción de madera en España, fue a costa de perder otros usos y producir fuertes impactos en los montes y bosques cuyas consecuencias aún se están pagando. El retraso científico de España se ejemplificaba en la escasa importancia prestada a la incipiente disciplina de la geobotánica, fundamental para una gestión sostenible de los bosques.

Un conjunto de personalidades científicas pioneras, establecieron las bases de la ciencia de los ecosistemas en España en las décadas siguientes, dejando una fuerte impronta en la actitud del colectivo de científicos vinculados al estudio y gestión de los ecosistemas. F.G. Bernáldez (1933-1992) y sus colaboradores y discípulos destacan por la caracterización de los ecosistemas terrestres y en especial de las comunidades vegetales, muy atenta a su dependencia directa de determinados usos tradicionales, y los patrones históricos de cambio. Fueron importantes sus estudios integrados con fundamento ecológicos aplicados al territorio y la aparentemente paradójica apuesta por una modernización científica que tuviera en cuenta el mundo rural tradicional y la sabiduría ecológica atesorada en sus prácticas (Bernáldez, 1981).

Diversos esfuerzos por sistematizar el conocimiento sobre las comunidades y el paisaje vegetales, como la fitosociología o la geobotánica forestal, contribuyeron de forma determinante al establecimiento de la red Natura 2000 en España a partir de mediados de los 90, una exigencia derivada de la pertenencia a Unión Europea plasmada en la Directiva conocida como “hábitats” (92/43). Implicó una fuerte retroalimentación entre expertos científicos y gestores políticos, basada en la presencia de especies y espacios de interés. Si bien representó un importante esfuerzo “desde arriba” por preservar los espacios más valiosos de la naturaleza española, todavía quedaba lejos el enfoque de ecosistemas y su imbricación con la sociedad, así como la participación “desde abajo” de los actores involucrados en el territorio. El modelo norteamericano de conservación de espacios naturales “vírgenes” se importó a España, sin realizar la oportuna traducción a la realidad de un territorio en el que el ser humano ha sido especie clave y los ecosistemas han sido gestionados culturalmente durante milenios (muy especialmente los mediterráneos). Como consecuencia se produjeron algunas disfuncionalidades derivadas de ese enfoque, entre las que cabe reseñar la oposición de un mundo rural que, en virtud de un conservacionismo extremado, se vio excluido de espacios donde realizaba sus actividades tradicionales desde siglos atrás. De igual forma, también se ha producido un importante sesgo en la investigación causado por la prioridad por financiar estudios sobre especies emblemáticas objeto de interés científico, o por ser preferidas socialmente (generalmente por criterios estético-culturales). Parece existir un bucle de realimentación positiva que actúa como una trampa de conservación en la que unas pocas especies, con singularidad taxonómica, o elevada posibilidad de éxito en su conservación se convierten en objeto prioritarios de protección, relegando a otras que tienen un importante papel funcional en distintos tipos de ecosistemas.

Paralelamente, los ecosistemas acuáticos españoles le deben a R. Margalef (1919-2004) la creación de una sólida comunidad científica de la ecología acuática, que ha resultado clave en la elaboración de numerosos diagnósticos sobre su salud, en un contexto de preocupación social por la degradación del recurso debida a su uso intensivo en regadíos y crecimiento urbano e industrial, que provocan además niveles crecientes de contaminación. El modelo de desarrollo económico imperante desde el franquismo,

basa su crecimiento en usos intensivos del agua recurriendo a la política del “hormigón y tubería” (Prat, 2008), y obviando los razonamientos anteriores. Frente a ello, la disciplina ambiental que impone directiva Marco de Agua de la U.E. en el año 2000 y la ley de Aguas de 2003, se convierten desde entonces en herramientas legislativas fundamentales para la defensa de los criterios ecológicos en la gestión del agua. Aparece la “nueva cultura del agua” como un movimiento social en defensa de una gestión sostenible del recurso basada en la racionalización de usos y demandas, basada en el respeto al funcionamiento de los ecosistemas acuáticos. Los esfuerzos de la comunidad científica española por defender y valorizar socialmente los desacreditados humedales, de los cuales Doñana o las Tablas de Daimiel son emblemas, forman parte de este movimiento conservacionista. Sin embargo, las circunstancias actuales de crisis económica y escasez del recurso, hacen temer la vuelta a los antiguos planteamientos, aun sin consenso social, escasa racionalidad económica y clara insostenibilidad ambiental.

Otro importante tipo de ecosistemas, los marinos, son objeto de estudio preferente por su interés económico, en un país rodeado en su mayor parte por el mar. La oceanografía se desarrolla con el apoyo oficial a través de la Armada, desde principios del siglo pasado. La visión del mar como una fuente prácticamente inagotable de recursos, predomina hasta que el desarrollo de la ciencia de mar moderna en el estudio de las cuestiones pesqueras, impulsadas por el propio Margalef, demuestran lo equivocado de estos planteamientos (Duarte, 2006). A partir de aquí, la oceanografía moderna reclama hoy que se destierre la explotación de los recursos pesqueros y se apueste por nuevos métodos y manejos de los renovable y sostenible.

A partir de los años setenta, muchos de las personalidades científicas emblemáticas asumen cierto liderazgo en el movimiento de defensa de la naturaleza, capitaneado por Félix Rodríguez de la Fuente, lo que le dio a este sector científico cierta relevancia social. Las preocupaciones actuales de la ciencia ecológica responden a la demanda social de que su trabajo, más allá de la defensa de espacios y especies protegidos, contribuya activamente a crear conocimiento científico aplicable en la gestión sostenible de los ecosistemas españoles. El reto está en que la información científica fluya desde los círculos profesionales a la sociedad, y llegue de forma transparente a través de los medios de comunicación, ONGs, instituciones técnicas, gobierno y administración gestora, integrándose poco a poco en las consideraciones sobre toma de decisiones públicas, privadas y ciudadanas.

Entre las principales preocupaciones de la sociedad transmitidas a la comunidad científica ligada al conocimiento de los ecosistemas, está el de evaluar los efectos del cambio global en los mismos y las especies que los integran, muy especialmente los impulsores de cambio directos como el cambio climático, la sobreexplotación de recursos y los cambios de usos del suelo. El alto grado de conocimiento de los problemas que el modelo de desarrollo y sus errados presupuestos de base sobre los ecosistemas, ha llevado a gran parte de esta comunidad científica a ligarse de forma muy estrecha a las ONG's ambientalistas, que se nutren cada vez más en sus reivindicaciones de argumentos científicos y estudios proporcionados por los primeros.

4. Ciencia, tecnología y poder económico

Todo el análisis precedente, nos ha mostrado como el estado de la investigación científica destinada a conocer el funcionamiento de los “mecanismos” físicos, biológicos y sociales, parte del estado de los conocimientos precedentes y disponibles en cada momento, con el objetivo teórico de buscar continuamente nuevas maneras para mejorar las condiciones de vida y el bienestar humano. Por otra parte, ciencia y tecnología se emplean mayoritariamente en aquellas materias que son de interés para la sociedad y muy especialmente los poderes que la dirigen y controlan su financiación en cada coyuntura histórica. Por eso su devenir y su destino no son inexorables, por el contrario, ni la investigación científica ni el cambio tecnológico pueden considerarse como inevitables o ajenos a las demandas o conflictos emergentes de los procesos sociopolíticos, ni tampoco independientes de las estructuras de poder económico imperantes. Baste con hacer las cuentas: más del 50% de los matemáticos contratados en Estados Unidos durante los 90, estaban realizando estudios militares o de economía.

Por un lado, los gestores y tomadores de decisiones políticos tienen en su mano condicionar en magnitud y dirección los avances de la ciencia y la tecnología, estableciendo las prioridades y los niveles de financiación: formación de científicos, desarrollo tecnológico, mercados, exportación, comercialización de patentes, privatización o poder militar, supuestamente con el bien común como objetivo. Por otro lado, el sector privado se interesa por la innovación científico-técnica con objeto de mejorar la comercialización de sus productos y su aceptación por la sociedad (marketing), maximizando el margen de beneficios, financiando aquello que es beneficioso para sus aplicaciones industriales y frenando aquellas investigaciones que podrían afectar a sus cuentas de resultados. Por último, el uso que hacen los individuos y grupos sociales de la tecnología que el mercado pone a su disposición, genera dependencias y nuevas demandas que retroalimentan la espiral ascendente de “innovación” tecnológica.

En este sentido, la evolución reciente de la ciencia, mecanicista y positivista en origen, sustenta un modelo tecnológico orientado a la búsqueda de medios para manipular la naturaleza con el objeto prioritario de producir para el mercado. Su finalidad fundamental ha sido la de modificar procesos y explotar recursos, maximizando la creación de riqueza y bienestar a sus poseedores, en un contexto de economía de mercado globalizada. La evidente utilidad que esta mirada tecno-científica productivista, obsoleta y ya más que superada por la ciencia de los sistemas complejos, tiene para el productivismo tecnológico, explica la resistencia a realizar el cambio de paradigma.

Si se enumeran las tecnologías estrella, aquellas consideradas más punteras en este momento: transporte privado, telecomunicaciones, biotecnologías, nanotecnologías, bélica-aeroespacial... se observa que todas requieren grandes inversiones y control experto y centralizado. Además, para ser económicamente viables, implican una importante labor para ampliar los mercados y el consumo, condiciones ideales para que acabe en manos empresariales (aunque la investigación básica muchas veces se realice con financiación pública). Es la esencia misma de la globalización mercantil, que implica la creciente concentración de poder productivo y comercial, muy ligado y dependiente del sistema tecno-científico. En efecto, el devenir de la historia reciente, especialmente desde la década de 1950 en adelante, se ha caracterizado por la aparición de grandes corporaciones empresariales, que si bien tienen una país de referencia ó ubicación de sus centros decisorios, conllevan un carácter de “empresa transnacional” (ETN), con participación de capital procedente de diferentes países y actuaciones en diferentes entornos geográficos. El poder se traslada de los estados a las ETN, que influyen sobre las decisiones de los primeros y de los organismos internacionales de “regulación” (o desregulación) de los mercados, lógicamente velando por sus intereses.

Si bien la innovación tecnológica ha servido para la satisfacción de determinadas necesidades humanas básicas, la realidad es que puede afirmarse que en último término su evolución ha ido ligada a la evolución de los intereses y “necesidades” de las corporaciones que las desarrollan. En este sentido, un grupo de grandes empresas acaban por ser las verdaderas promotoras de una parte muy importante del desarrollo tecnológico, bien de forma directa en razón de sus propias actividades ó sus contratos de investigación, bien de forma indirecta por la compra de los resultados y patentes que otros consiguen y

ponen en el mercado. El sistema de ciencia se ve condicionado en cierta medida por las demandas de este contexto empresarial, aunque se trate de presentar a la opinión pública formulada como demanda del conjunto de la sociedad. El desarrollo científico-técnico se ve por ello muy ligado al incremento continuo de las líneas de consumo ciudadano que condicionan los ingresos empresariales de las ETN. El caso extremo de aplicación perversa del conocimiento científico y de la capacidad tecnológica en un mundo limitado y finito, lo representa el recurso de gran parte de la puesta en mercado de tecnologías domésticas que han sido diseñadas con periodos de obsolescencias programada, para que su duración sea limitada y obliguen a una continua renovación de las mismas. En ese sentido la “innovación” tecnológica representa una baza importante en manos de las industrias que comercializan tecnología, a través de la introducción de nuevas generaciones de aparatos con mayores prestaciones que “obligan” a renovar los anteriores y el uso del diseño, la “moda” y el márketing para crear la “necesidad” constante de dicha renovación.

La realidad de España, tradicional campo de juego para la entrada de capital extranjero, no se ha sustraído en absoluto a este cambio sustancial en la historia del siglo XX, que quizás se mantenga y afiance durante el siglo XXI (Hobsbawm E., 1995). Si bien, hasta bien consolidada la adhesión de España en la UE predominaron las compras de empresas nacionales por capital extranjero, a partir de 1995 la economía española sufre una inversión de esta tendencia, pasando de ser vendedor neto a comprador neto de la capacidad productiva de otros países (Carpintero, 2009). Destaca en este contexto el control de los recursos naturales globales, tanto geóticos como bióticos, por parte de capital vinculado a grandes bancos españoles, especialmente en América Latina. La expansión fue tal que se llegó a representar el 3,2% del valor de las adquisiciones mundiales en el año 1995 (UNCTAD, 2001). Lamentablemente las consecuencias que este proceso

El petróleo en particular, y los combustibles fósiles en un contexto más amplio, condicionan mucho los intereses geoestratégicos aludidos y no sorprende que al buscar el listado de las empresas mayores del mundo aparezcan varias petroleras en la primera decena de ellas, todas de carácter trasnacional, aunque las podamos ubicar en un país. En esta área, como en otras, la empresa de referencia a la vez española y argentina, REPSOL YPF, que se sitúa en el último tercio del primer centenar de esas empresas, es decir tiene un peso moderado, aunque en el contexto español suponga un entorno de investigación tecnológica muy significativo. La operación de compra de por Repsol de la empresa Argentina YPF significó nada menos que el 65% de la inversión española en aquel continente durante 1999.

El sistema eléctrico por su propia naturaleza y el predominio de empresas de capital público durante una época que posteriormente fueron privatizándose, ha tenido una fijación territorial mucho mayor al país. Sin embargo las empresas eléctricas mantienen desde el comienzo una relación continuada con otras de bienes de equipo, éstas ubicadas en muy pocos países: EE.UU, Alemania, Francia, Japón, China y alguno más, que les suministran directamente o a través de otras empresas locales los equipos de generación eléctrica. Existe una estructura de poder que induce líneas de actividad en el conjunto mundial y los países de menos capacidad decisoria y sus empresas se ven arrastrados a seguirlas. Eso ha influido claramente en el caso español, produciendo un desarrollo independiente en el área de energías renovables (FEE, 2010).

En el entorno de la alimentación también hay que señalar la presencia de corporaciones trasnacionales de gran peso, no tanto por el volumen de sus ingresos como por su repercusión en la vida social y el medio ambiente de los países en los cuales extienden sus actividades, las cuales van buscando el control de esos recursos bióticos que se transforman bien en alimentos de uso masivo (desde cereales a pescados y mariscos, e incluso otros de consumo más limitado, por ejemplo chocolates refinados). Su incidencia ha de ser valorada por la capacidad de explotación de las poblaciones humanas más pobres, los cambios inducidos en la agricultura por uso masivo de agroquímicos (revolución verde), la reciente introducción de cultivos genéticamente modificados o la sobreexplotación de los recursos marinos. Desde España participamos moderadamente en estas cuestiones, aunque hay que citar en el caso de la pesca y cultivos marinos que supone en torno del 1% del mundial, su clara incidencia en algunos entornos oceánicos muy alejados del país.

En el lado del consumo hay que citar como ejemplo paradigmático el del automóvil y todo su entramado industrial como uno de los sectores que, gracias a la producción masiva y automatizada, ha hecho posible el modo de producción, distribución y consumo del capitalismo moderno. En la lista de grandes empresas mundiales a la cual se hacía referencia más arriba, entre las dos docenas primeras de empresas aparecen varias transnacionales del automóvil, cuyo más claro empeño es el de extender su mercado por el mundo, establecer fábricas en terceros países e incrementar el número de automóviles circulando. En el mundo hay ya más de diez automóviles por cada mil habitantes, en Europa algo más de quinientos. Si el número medio de automóviles llegara a mediados de este siglo a unos doscientos por cada mil personas, habría en el mundo casi dos mil millones de estos vehículos, su demanda energética y su incidencia ambiental nos sugieren figuras de clara insostenibilidad y cambio exagerado de los ecosistemas, incluso aunque se hiciera a base de “tecnologías muy limpias” para todos.

Su papel como activador de muchos procesos asociados al cambio global es indudable, y España está contribuyendo a ello de forma notable, con en torno al 5% del producto global bruto, aunque el esquema empresarial se vincule a marcas automovilísticas transnacionales. El que se trate históricamente de un país donde la mano de obra era más barata que en el resto del contexto europeo y las peculiaridades del modelo de desarrollo postfranquista, facilitaron la entrada de la industria del automóvil, que acabó adquiriendo un peso bastante relevante en el balance económico y el empleo. Se estima que de forma directa e indirecta supone un 8% del total, convirtiéndonos en un país con saldo exportador significativo, a pesar de la reciente crisis de final la década del 2000 (figura 22.7).

INDUSTRIA DEL AUTOMÓVIL EN ESPAÑA

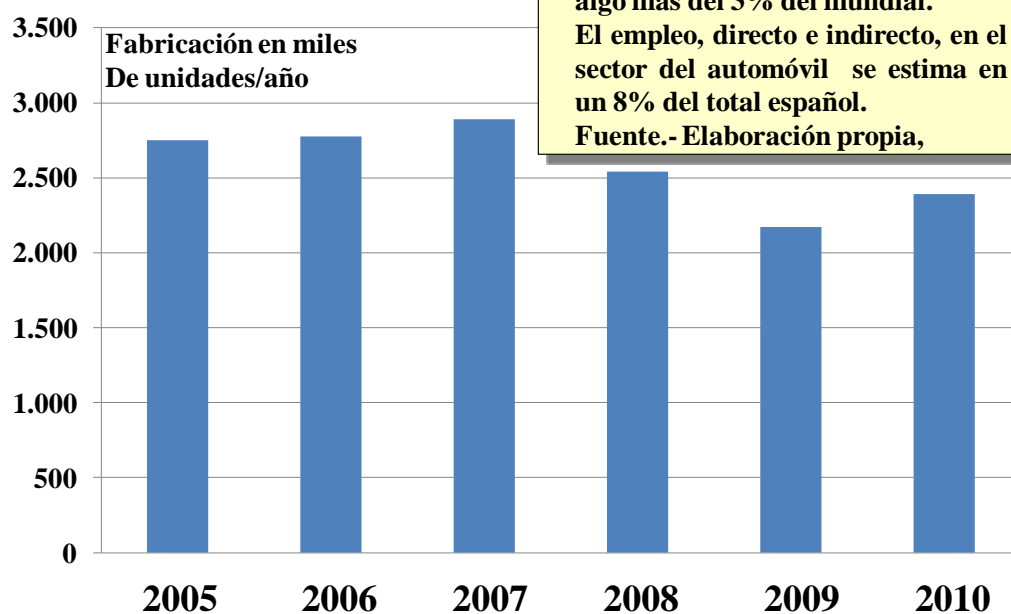


Figura 22.7. Industria del automóvil en España para los años 2005-2010.

En la línea de lo argumentado anteriormente, la movilidad como pilar clave del desarrollo industrial acelerado que hace posible el trasiego de materias primas y productos acabados en el mercado globalizado, tiene un claro papel como un inductor de líneas de desarrollo tecnológico. Así, es un sector que fomenta la evolución tecnológica como respuesta a los problemas ambientales y de abastecimiento de combustibles, que aparecen conexos con él y repercuten en su comercialización. Se buscan opciones de menos consumo específico ó de menores emisiones de contaminantes, que implican la aparición de nuevas tecnologías como la del automóvil eléctrico. El impulso al desarrollo tecnológico en el sector automovilístico español está muy condicionado por esa presencia de ETN, aunque también existen

centros de investigación propios en varias Universidades y, en el momento actual hay una importante apuesta gubernamental dirigida al desarrollo del automóvil eléctrico.

A pesar de lo anterior, y muy en sentido contrario, las estrategias de comercialización de esta industria promueven un mercado de vehículos que pivota sobre la renovación constante del parque automovilístico, tanto por su obsolescencia programada como por el marketing y las modas comerciales que le acompañan. Este esquema industrial se ajusta también a las tendencias mencionadas de globalización y deslocalización de las empresas: si antes se traían las materias primas de la periferia a los centros de producción en los países industrializados, ahora el proceso de fabricación se dispersa en virtud del principio de minimización de costes. Se trata de un modo de producción disperso, posible porque existen dos cosas, una tecnología del transporte muy desarrollada y un conjunto de infraestructuras que permiten su utilización. El bucle de retroalimentación es claro. Un automóvil fabricado en España puede traer piezas de extremos oriente o Europa del Este y comercializarse bajo una marca de capital estadounidense.

El caso español no se sustrae en absoluto a esta realidad, y el modelo propio de movilidad apostó desde los años 50, por basarse en el automóvil por encima de otras opciones como emulación del resto de países industrializados. Esto es especialmente visible en las ciudades, donde el propio modelo de urbanización está determinado por la dependencia del automóvil. Se optó de forma intencionada el modelo estadounidense de segregación espacial y dispersión que empuja a la posesión de un vehículo privado en detrimento del modelo de ciudad compacta de proximidad, más propio de las ciudades de siglos anteriores cuando la movilidad era mucho más reducida. La importancia de este sector en la sociedad española y su actitud de ética comercial se hace patente en casos como el fomento, mediante agresivas estrategias de marketing, de la compra por los particulares de vehículos de gran peso de tipología “todoterreno”, y por tanto muy alto consumo energético. Esto ha provocado que tal opción de movilidad privada tenga una participación en el parque móvil español significativamente mayor de lo que las necesidades reales de los ciudadanos hubieran demandado.

Otro entorno empresarial que está marcando la evolución de la sociedad a nivel mundial son las tecnologías de la información y la comunicación, TIC, las cuales, frente a los aspectos positivos de potenciar una mayor participación ciudadana en los esquemas de relaciones y decisiones, hay que reconocer la tendencia clara a ser introducidos en el mercado bajo una cultura de incitación al consumismo. De nuevo el sector cambia cada muy poco tiempo las ofertas comerciales, introduciendo novedades y mejoras infinitas seguidas de una fuerte labor de marketing. La obsolescencia rápida, de periodos anuales o pocos años, de estos productos es una característica distintiva del sector, sin que se produzca un control por parte de los estados sobre la misma. Es alarmante la tendencia a renovar aparatos completos tras el lanzamiento una nueva generación de la misma tecnología, y el empeño del sector para que cualquier fallo mecánico o de desgaste en alguna pieza o parte de los componentes de los equipos, induzca a la renovación completa de los mismos. No hay que olvidar que se trata de un sector tecnológico absolutamente dependiente de la energía eléctrica y que por ello multiplica la demanda de su producción.

Los ejemplos citados muestran como el sistema tecno-científico y el mercado acaban íntimamente ligados y conectados: se investiga de forma preferente aquello que se prevé que podrá tener rentabilidad económica y sus aplicaciones tecnológicas, dejando de lado aquello que no ofrece oportunidades de negocios (ejemplo paradigmático el de las enfermedades raras, con pocos afectados “clientes”, o aquellas que solo son propias de países subdesarrollados), o tratando de silenciar aquella ciencia que avisa de los perjuicios que ocasiona (investigaciones históricas sobre efectos de la contaminación, el cambio climático, o el uso continuado de la cibernética para la salud y el equilibrio psicofísico humano, caso flagrante en España fue la manera en que los datos sobre mortalidad producida por la ola de calor de 2003 fueron primero ocultados, y posteriormente silenciados).

El conocimiento, cada vez más privatizado, se emplea entonces como herramienta de control del estilo de vida de los ciudadanos y el mercado, buscando convertirlos en acomodados y autocomplacientes “consumistas”, e incluso “consumomaníacos”. Lo que comienza siendo una opción para la mejora del

bienestar humano y la supresión de problemas y enfermedades, puede acabar siendo virtualmente una imposición de uso casi obligatorio, a la cual es difícil sustraerse si se quiere funcionar dentro del mercado y el entramado social. La tendencia a crear oligopolios tecnológico-industriales ha sido determinante en la elección de las soluciones tecnológicas que finalmente acaparan el mercado. Otras opciones más sostenibles, acaban siendo desbancadas, cuando son menos rentabilizables para las ETN en términos monetarios. El resultado es que la tecnología propuesta/impuesta por los grandes grupos de poder, para satisfacer necesidades sociales (muchas veces creadas por las estrategias de mercado de estos mismos grupos) acaba siendo el principal mecanismo que se emplea en convertir el capital natural en producto comercial con ostensibles impactos negativos sobre él y muy dudosos resultados finales sobre los objetivos originales de bienestar humano.

Hoy, ante una grave situación de crisis económica, social y ecológica de dimensiones planetarias, a pesar del importante movimiento social que invita a reflexionar colectivamente sobre los límites del planeta y la forma en que lo explotamos, seguimos aferrados a un modelo de tecno-científico muy condicionado por los intereses de mercado, con un discurso oficial que propone estos elementos como el camino hacia “modelos de desarrollo sostenibles”. Creemos en el mercado casi como en una nueva religión, en las soluciones tecnológicas como su liturgia y en las tecnologías de la información y el conocimiento (TIC) como en una nueva magia que obrará el milagro.

La posición de las grandes corporaciones a buen seguro será clave en el futuro de la humanidad y los ecosistemas que la sustentan, pero, por supuesto, la contraparte a este poder omnipresente de las ETN, está en manos de los estados soberanos y los propios ciudadanos como individuos y agrupados en movimiento sociales. Si bien es cierto que estos últimos son muy vulnerables a la manipulación ejercida por estos poderes económicos, que controlan gran parte de los flujos de suministro de materiales básicos y energía, a la vez que utilizan sofisticados métodos para dirigir y sesgar la información que llega al ciudadano. La utilidad de la ciencia para avanzar en el conocimiento del mundo y nuestra relación con él, y la tecnología como la más importante opción de mejora en la búsqueda del bienestar humano siguen estado vigentes, pero a la luz de los resultados no parece lo más conveniente que sean los objetivos de los lobbies económicos de la mano del capricho de una sociedad educada en los hábitos consumistas, los que guíen su camino.

5. Valoración del impulsor ciencia y tecnología

Una vez conocidos en cierto detalle los procesos vividos por el sistema científico y el desarrollo de la tecnología en la realidad española, en este apartado se plantean un conjunto de consideraciones a modo de reflexiones para concluir, sobre las implicaciones que ha tenido en el bienestar humano y al contexto del resto de los impulsores de cambio.

Como impulsor indirecto de cambio en los ecosistemas, el sistema ciencia-tecnología siempre opera dentro de un contexto socioeconómico y formando parte de la cultura en la que se manifiesta, los valores que la sustentan y los intereses que la guían. En el caso de España, el conocimiento y la tecnología han tenido un uso predominante como herramienta dirigida a implantar un modelo de desarrollo económico de tipo capitalista y de mercado (véase apartado sobre el impulsor económico), que ha actuado inequívocamente espoleando la transformación de los ecosistemas integrantes de los paisajes españoles. Esto se produce muy especialmente a partir de la segunda mitad del siglo XX, cuando el país comienza a experimentar un crecimiento económico acelerado. Este proceso, inseparable del cambio social, está interrelacionado sinérgicamente con el resto de impulsores indirectos que actúan simultáneamente.

5.1. Relación de la Ciencia y la Tecnología con el resto de impulsores indirectos de cambio

5.1.1. Económico

Tal y como se deduce de los análisis anteriores la innovación tecnológica retroalimenta el modelo de economía de mercado imperante en el contexto español, proporcionando medios para extraer y transformar servicios de los ecosistemas, construir infraestructuras, mejorar la movilidad y dinamizar la comercialización, a la vez que se convierte en sí misma en un objeto de consumo.

El modelo de Ciencia y Tecnología ha estado desde un principio íntimamente relacionado con el tipo de desarrollo orquestado por el poder político, a su vez muy ligado a intereses de los grupos de poder económico, que marcaron las pautas de financiación y las prioridades de investigación y desarrollo. Poco a poco se va consolidando en España un esquema de demanda tecnológica, tanto para bienes estructurales como para bienes de consumo. Esto determina tanto la creación y adquisición de tecnologías para la industria y la construcción, como la producción de tecnologías para el uso privado como objeto de consumo. La oferta siempre ha estado dirigida por criterios e intereses de beneficio empresarial, en un mercado cada vez más competitivo y globalizado. La posterior deriva hacia una estructura económica basada en servicios para el ocio y turismo, se asocia a un desarrollo de las tecnologías para la construcción de viviendas e infraestructuras, que pretende salida a las necesidades de crecimiento y laborales del país, pero bajo unos presupuestos de rentabilidad a corto plazo que han marginado claramente el desarrollo e implementación de tecnologías de edificación y vivienda sostenibles, ahorro de energía y agua o respeto a las culturas tradicionales, ni condiciones de comercio justo.

Si bien la tecnología se ha manifestado como herramienta clave para aumentar la capacidad y velocidad de la extracción de servicios de los ecosistemas, esto ha ocurrido con una muy baja eficiencia si tiene en cuenta los costes asumidos por contaminación y destrucción de los propios ecosistemas y sus efectos en la degradación de los ambientes residenciales.

La relación entre lógica económica de mercado y desarrollo tecnológico ha implicado que cada vez que se consigue alguna mejora en la eficiencia energética o el requerimiento de materiales por determinada innovación tecnológica, esto se traduce en el rápido aumento en la comercialización de dicha tecnología que vuelve a saturar la demanda de los recursos en que se basa. Es el caso de motores de automoción que gastan menos combustible frente al aumento drástico de la venta de los mismos, asociada a un modelo urbanístico y una industria automovilística que han actuado en este sentido. Además las

tecnologías se superponen, de manera que la existencia de ordenadores no ha disminuido la demanda de papel para impresión, o la de móviles no ha suprimido los fijos.

El caso de las nuevas tecnologías de información y comunicación y otras aplicadas en el ámbito doméstico y laboral de forma masiva son ejemplos, citados en otros lugares de este trabajo, de tecnologías que lejos de disminuir los requerimientos energéticos y de materiales muy específicos para su fabricación, los han disparado. Es decir, el modelo tecnológico (y la ciencia que lo sustenta) ha producido una tecnificación de la sociedad y sus sectores productivos y ciudadanos que ha generado una fuerte dependencia de la máquina. El principal resultado cosechado ha sido el aumento disparado del tecno-metabolismo (tanto energía como materiales) y la huella energética de España: si el PIB, como indicador económico asociado al nivel de vida por excelencia, se ha multiplicado por 5,5 desde 1955 a 2000, ha sido a costa de aumentar 10 veces las emisiones de CO₂ *per capita*. Y multiplicándose 13 veces el total de emisiones. Esto ha ido asociado al moderado aumento de población, a un muy importante aumento del gasto energético *per capita* y a una significativa *pérdida de eficiencia energética*: se han duplicado las emisiones por unidad de producto fabricado.

Muchas veces esto ha sido a costa de problemas de dependencia geoestratégica del exterior y cuya extracción está rodeada de circunstancias de explotación humana, regímenes totalitarios o situaciones de conflicto bélico motivado por la extracción de dichos recursos (Carpintero, 2004). La crisis económica actual en la que el descontrol del sistema financiero y la especulación inmobiliaria han tenido un papel protagonista, tras la que se anuncian nuevas crisis en el abastecimiento de minerales y combustibles fósiles y para el propio funcionamiento de muchos ecosistemas proveedores de servicios esenciales para la vida, y sobre todo la gran crisis humanitaria que nos aleja cada vez más del cumplimiento de los objetivos del milenio, plantea un reto importante: pasar el testigo de la ciencia y la creación de nuevas tecnologías, desde los intereses corporativos y los deseos de una sociedad consumista, hasta el verdadero interés general del planeta y las personas.

Paralelamente al modelo de tecno-ciencia dominante, se ha desarrollado una “ciencia de la sostenibilidad”, que ofrece interpretaciones mucho más ajustadas al funcionamiento de los ecosistemas, como sistemas complejos autoorganizados y en el que las partes están interrelacionadas y son interdependientes. Tales planteamientos incluyen una “economía ecológica” que considera el sistema económico supeditado a los límites del planeta, sus ecosistemas y el bienestar real de sus sociedades (véase opciones de respuesta).

5.1.2. Demográficos

La ciencia y la tecnología, en su concepción original, habrían de servir para conocer el mundo y al propio ser humano, con el fin último de incrementar su bienestar en todos los ámbitos de su vida y la tecnología habría de ser diseñada para ese fin. En el caso español, como en tanto otros, no se puede dejar de reseñar que fue precisamente la siempre incipiente tecnología bélica la que hizo posible el desastre demográfico de la guerra civil. También como en el resto de países industrializados, los conocimientos biomédicos y la tecnología sanitaria contribuyeron drásticamente a la disminución de las tasas de mortalidad y al aumento de la esperanza de vida en España, con efectos sin precedentes en la estructura de la población, especialmente pasada la postguerra y desde los años 50. La mayor parte de la población española se encontraba en ese momento en el ámbito rural, viviendo en condiciones de subsistencia y con unas tasas de mortalidad infantil todavía elevadas; en este contexto, se orquesta un cambio impulsado por el poder político hacia un modelo de desarrollo urbano-industrial muy apoyado en un salto tecnológico. La nueva vinculación de la sociedad a la tecnología y la mecanización de los procesos productivos implicaba necesariamente dos fenómenos demográficos: un desplazamiento masivo hacia los núcleos urbanos donde radicaba la industria y el crecimiento de las poblaciones.

En este sentido, se produce un fenómeno social que en parte está vinculado a la fe en que el salto tecnológico que impulsa la industrialización significará una mejora de las condiciones de vida en el

nuevo estilo de sociedad. Por un lado la potencial demanda de mano de obra para las nuevas industrias, y por otro la introducción de nuevas comodidades en los hogares (electrodomésticos, automóviles privados y la televisión básicamente) fomentan el deseo por realizar ese cambio. Se produce en primera instancia el movimiento el fuerte movimiento demográfico desde un medio rural “atrasado” en comodidades y en cultura, y donde se está produciendo una mecanización de las labores agrarias que disminuye la demanda de mano de obra, hacia el medio urbano donde se vende un modelo de vida tecnológicamente “avanzado”. El mencionado salto adelante en la ciencia y tecnología médicas y el propio sistema de asistencia sanitaria, contribuyen también a consolidar un ambiente de optimismo y una sensación de prosperidad que propiciaron el fuerte incremento de la natalidad experimentado en los 60 (baby-boom). También las importantes oleadas de emigrantes a países europeos, tras la segunda guerra mundial, tuvo importantes connotaciones vinculadas a la reconstrucción industrial de estos países y a su apuesta por la innovación tecnológica.

En la actualidad, gran parte de las diferencias entre países del norte y del sur, se asocia a la denominada “brecha tecnológica”, que implica el acceso de los primeros a tecnologías que les permiten un alto desarrollo económico. La población de estos países tiene una formación mucho mayor en el uso de dichas tecnologías, a la vez que el grupo social trata de desvincularse de las tareas más precarias tanto manuales como automatizadas (recogidas manuales de cosechas aún sin mecanizar, cadenas productivas, maquinaria pesada, trabajos menos remunerados en la construcción y el sector servicios...) dejando un hueco laboral que durante la etapa de fuerte desarrollo de mediados de los años noventa a mediados de los dos mil, fue llenado con la entrada masiva de mano de obra extranjera (tanto del sur como del derrumbado bloque del este). La situación actual, de crisis económica y crack inmobiliario, plantea graves problemas para la ocupación de estas poblaciones tras el derrumbamiento del mercado laboral.

5.1.3. Sociopolíticos

Muchas son las interrelaciones que se han establecido entre el poder político y la tecnología. Por una parte, el control de la ciencia y la tecnología, como ya se ha argumentado anteriormente, son fundamentales para ejercer el poder de unos estados respecto a otros y del estado respecto a los ciudadanos, en relación al acceso a los recursos, a la riqueza que producen y a los estilos de vida que hacen posible (la tecnología bélica y armamentista es el ejemplo más extremado). En segundo lugar, su control es también fundamental en el propio proceso industrial de extracción y transformación de esos recursos, así como en los procesos que permiten la comercialización en un mercado globalizado (medios de transporte y tecnologías de información y comunicación).

La mayor parte del control político y comercial es ejercido en la actualidad a través de interfaces vinculadas a las tecnologías de información y comunicación, que se han revelado como un gran instrumento para condicionar la opinión de los ciudadanos y de esta manera canalizar sus comportamientos. Un fenómeno a resaltar son las nuevas relaciones sociales surgidas del uso masivo de TIC para la creación de redes sociales virtuales. Las propias relaciones del ciudadano con los partidos políticos, los medios de comunicación y los gobiernos, se han visto facilitadas y aceleradas gracias a internet, que podría convertirse en un importante mecanismo de retroalimentación y control del poder, siempre que la sociedad civil optase por ello y no solo por utilizarlo como un medio más para el consumo y la cultura del ocio pasivo y de masas.

En este contexto, el sistema estatal de financiación de la de ciencia y tecnología ha tenido un importante papel en el caso español. La forma en que el régimen político totalitario franquista controló este sistema, primero a través de las estructuras militares y después de las tecnocráticas, y como se vio fuertemente perjudicado por la “limpieza” posterior a la guerra civil que obligó al exilio y la fuga masiva de cerebros, fue determinante del tipo de ciencia y tecnología que se desarrolló en toda la etapa. Este sistema político no mostro un interés especial por crear un sistema de ciencia crítico o, en cualquier caso, le resultó muy difícil en aquellas condiciones y dada la precariedad financiera del estado (con un sistema tributario muy

deficiente), apostando más por el desarrollo tecnológico y la adaptación de tecnologías importadas para las nuevas industrias.

La mentalidad desarrollista dio al traste con cualquier intento de consolidar las ciencias ligadas al conocimiento de los ecosistemas y su conservación, de igual manera que estaban ausentes instituciones que verdaderamente protegiesen el capital natural español del expolio a que poco a poco se le estaba sometiendo. Las legislaciones sectoriales de la industria extractiva, forestal, agraria y fabril o la que regulaba los desarrollos urbanos masivos, tanto residenciales, como de segunda residencia, turismo y ocio de masas, contemplaban medidas muy poco eficientes o que simplemente no se llevaban a la práctica. Los organismos gubernamentales encargados de velar por los efectos adversos de las aplicaciones tecnológicas, fueron mínimos durante la época franquista y con pocas atribuciones y dotaciones, salvo honrosas excepciones.

Fue a partir de la transición a la democracia y la inmediata entrada de España en la CEE, posteriormente UE, cuando se comenzaron a promulgar leyes (en su mayoría como trasposición de directivas europeas por el principio de subsidiariedad) y se crearon organismos con competencias en materia de gestión que empezaron a tener dotaciones humanas y técnicas, así como atribuciones, efectivas para el control de los impactos ambientales, la gestión de los residuos y la contaminación generadas por la sociedad tecnificada. El sistema educativo superior se adaptó a esta nueva demanda de control ambiental y la sociedad civil también reaccionó, en parte, emergiendo un movimiento de ONG's vinculado a la persecución del delito ecológico y a la denuncia de los efectos de la contaminación y la inadecuada intervención y gestión del territorio, así como tímidos intentos de transferencia científico tecnológica a países subdesarrollados.

Cabe resaltar la fuerte contradicción que aún significa para el estado y sus instituciones y la propia sociedad civil (altamente impactante y consumidora de materiales y energía), una posición de teórica defensa de la integridad de los ecosistemas, en un contexto de economía capitalista regulada por las demandas del mercado y los intereses de poderosas industrias transnacionales. La incompatibilidad con el modo de vida predominantemente consumista se hace manifiesta incluso entre los propios círculos ambientalistas (donde difícilmente se renuncia a actividades tan impactantes como el uso indiscriminado del automóvil, los viajes en avión y el turismo insostenible, o el abuso de las TIC y los productos de consumo).

5.1.4. Cultura.

Al comienzo del capítulo se ha realizado una reflexión sobre el paradigma científico-tecnológico imperante en el contexto cultural español. El conjunto de asunciones sobre el valor de la naturaleza y sobre las leyes que la rigen, es fundamental a la hora de analizar la actitud del ser humano hacia esta. Sin entrar en los orígenes de esta creencia, el paradigma dominante sobre la naturaleza plantea una separación tajante ser humano/ecosistema, entendiendo que el primero tiene supremacía sobre la segunda y que es por ello el dueño de explotarla como fuente inagotable de recursos y sumidero sin fondo para los residuos. Parte fundamental en este paradigma es el sometimiento de los ecosistemas a las actividades productivo-consuntivas humanas que a su vez se rigen por las normas del mercado liberal. De esta forma, el conocimiento científico y la tecnología creada por la sociedad occidental son fruto del deseo de controlar y explotar la naturaleza en beneficio propio, sea público o privado, y sin reparar en sus efectos adversos. Este paradigma, enraizado en las más profundas pasiones de dominación humanas, ha sido capaz de casi exterminar otras cosmovisiones y otros sistemas de conocimiento científico y tecnologías nacidos de otras culturas, en general más sostenibles. En España, como en otras sociedades industriales, existe una creencia generalizada, o al menos una forma de comportarse como así fuera, relativa a que el poder de la ciencia y la tecnología (*tecnolatría* según Riechmann, 2006), impulsadas por las fuerzas del mercado, dará lugar a un crecimiento económico sin límites (desarrollismo) que redundará en el aumento del bienestar de toda la sociedad, entendido como mejora del nivel de vida. Esto se da por sentado que implica una intensa extracción de los recursos que ofrece la naturaleza sojuzgada. El uso de la ciencia y la tecnología como herramientas para este fin las han conferido un rostro sumamente voraz y

anti-ecológico. Entender la naturaleza como una máquina y no como un ser vivo, tratándola y manipulándola como tal, es una de las creencias que ha producido efectos más devastadores.

La cultura consumista y sus valores se retroalimentan con este paradigma tecno-científico: valoración extrema del lucro personal, estilos de vida basados en la búsqueda de satisfacción inmediata de necesidades y deseos, desprecio del trabajo físico (sedentarismo), culto a lo formal (modas)... finalmente redundan en el uso indiscriminado de la tecnología y el capital natural, para fines de satisfacción placentera e individualista a través del mercado. La “escapada virtual” es un ejemplo de uso de la tecnología para evadirse de la realidad en busca de divertimento, con altos niveles de adicción y confusión. Por supuesto, se trata de un paradigma que afecta indiscriminadamente a todos los estratos de la sociedad, sin embargo, las consecuencias son muy desiguales, dadas las grandes diferencias sociales que existen en el acceso a la tecnología: mientras unos apenas logran satisfacer sus necesidades básicas, otros se emborrachan de opulencia y exceso.

Solo el surgimiento de una nueva cultura en la que una ciencia de la sostenibilidad y una tecnología respetuosa con la complejidad estructural y funcional de los ecosistemas, así como con las facultades y derechos humanos fundamentales, ocupasen de nuevo lugar preeminente, quizá instaurase una actitud de autocontrol que pudiera revertir el ya avanzado proceso de degradación de los ecosistemas y el bienestar humano.

5.2. Relación del impulsor ciencia y tecnología con los impulsores directos de cambio

La importancia y magnitud con que han actuado los impulsores de ciencia y tecnología en el contexto español, se pueden evaluar mediante indicadores como los porcentajes de inversión en investigación y desarrollo en cada sector, o las tasas de adopción de nuevas tecnologías, incluidas las biotecnologías o las de información y comunicación. Sin embargo, la verdadera importancia de ciencia y la tecnología como impulsores de cambio indirecto en los ecosistemas y la provisión de servicios, se visualiza a través del efecto ejercido sobre los impulsores directos, cuyas consecuencias sobre la estructura y los procesos de los ecosistemas es inequívoco, inmediato y medible con algún grado de precisión.

En la Tabla 22.1 se presenta aquellas acciones más importantes del desarrollo tecnológico en España y el aumento exponencial del tecnometabolismo que han espolado los impulsores directos de cambio global y su impacto negativo sobre los ecosistemas.

Tabla 22.1. Efecto del desarrollo tecnológico sobre los impulsores directos de cambio.

Cambios de uso del suelo	
<p>Ocupación y cementación de suelos por:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Desarrollos industriales - Urbanización residencial y turística - Proliferación de infraestructuras <p>Tendencia al monocultivo y las técnicas agrarias intensivas.</p> <p>Eliminación de mosaicos paisajísticos multifuncionales, propios de sistemas tradicionales.</p> <p>Deforestación por todas las causas anteriores.</p> <p>Abandono de tierras agrarias marginales (dificultades de acceso para laboreo y transporte).</p>	
Cambio Climático	
<p>Desarrollo tecnológico muy dependiente del uso de combustibles fósiles, especialmente transporte y generación energía: emisiones masivas de GEI.</p> <p>Deforestación para urbanización y monocultivos agrarios y forestales.</p> <p>Pérdida de materia orgánica en los suelos por fertilización química.</p> <p>Incendios forestales asociados a mala gestión forestal y abandono de usos tradicionales.</p>	<p>Compensación:</p> <p>Abandono de tierras agrarias</p> <p>Restauración ecosistemas</p>
Sobre-explotación del capital natural	
<p>Uso intensivo de tecnología para extracción de agua.</p> <p>Tecnologías agrarias que agotan la fertilidad del suelo.</p> <p>Tecnologías de explotación forestal.</p> <p>Tecnologías de explotación pesquera.</p>	
Contaminación e Interferencia en Ciclos Biogeoquímicos	
<p>Contaminación asociada a tecnometabolismo industrial (líquida, sólida, gaseosa).</p> <p>Contaminación del sector energético asociada a la tecnología de combustión (sobre todo atmosférica) y de fisión nuclear (riesgo y residuos radiactivos).</p> <p>Contaminación debida a la tecnología de transporte y modelo de movilidad.</p> <p>Contaminación debida al uso tecnológico por el modelo urbanístico (líquida, sólida, gaseosa).</p> <p>Interferencia de la industria agroquímica en los ciclos de n y P por uso en agricultura.</p>	
Especies Invasoras	
<p>Vinculadas a cambios de uso del suelo y eliminación de ecosistemas autóctonos.</p> <p>Introducción de especies sistemas productivos agrarios y forestales.</p> <p>Introducción involuntaria por aumento de la movilidad.</p>	

6. Efectos sobre el bienestar humano

La ciencia y la tecnología, como se resaltó al comienzo de este capítulo, siempre se han considerado impulsores clave para el desarrollo, en los cuales se han puesto muchas de las expectativas de progreso y mejora del bienestar humano. Sin embargo, también se ha resaltado que ambas han actuado en España como herramientas de cambio de los ecosistemas y la sociedad civil, en gran medida al servicio de un modelo de desarrollo económico fundamentado en una ética del “beneficio mercantil”, muy volcado en lo monetario y en un contexto político de relaciones de poder fuertemente impositivas (dictadura) y muy poco distributivas. Si bien la tecnología ha sido clave en la obtención de servicios de los ecosistemas, especialmente de abastecimiento, y por ello en el aumento del nivel de vida, confort y salud generales de la sociedad española, la rapidez y falta de previsión de tal proceso han provocado la aparición de nuevos riesgos y dificultades para el mantenimiento del bienestar humano. Tales riesgos y amenazas derivan de dos hechos constatados, el efecto negativo que ha tenido el abuso tecnológico sobre el estado de los ecosistemas suministradores, y la masiva introducción de tecnologías en entornos domésticos, laborales y recreativos, que produce no pocos problemas de asimilación y ergonomía para la naturaleza psicofísica humana. El uso y consumo de tecnología suele estar directamente ligado al nivel de vida y renta, y al igual que en el caso de esto último, no parece que su aumento sea directamente proporcional al bienestar y la felicidad subjetiva de los individuos y pueblos. El caso de Japón, el país más avanzado en alta tecnología y cuya sociedad y economía se basa en gran medida en el uso y consumo de las mismas, es también un buen ejemplo para ilustrar esta afirmación.

En la Tabla 22.2 se tabulan los principales beneficios y perjuicios del desarrollo científico-tecnológico español en las dimensiones del bienestar humano.

Tabla 22.2. Efecto sobre las dimensiones del bienestar humano.

<i>Beneficios y oportunidades</i>	<i>Perjuicios y amenazas</i>
Materiales básicos para calidad de vida	
Aumento producción y extracción de servicio de los ecosistemas: <ul style="list-style-type: none"> - Alimento (agricultura, ganadería, pesca). - Agua. - Materias primas minerales. - Energía. 	Alta dependencia de la tecnología. Alta dependencia de energía fósil para abastecimiento. Pérdida de calidad alimentaria por producción intensiva. Rápido aumento de las demandas y tendencia a la sobreexplotación. Disminuye la soberanía alimentaria.
Seguridad	
Aumenta suministro de materiales básicos nacionales y de importación. Protección ante desastres geo-físicos. Protección ante agresiones bélicas.	Mayor dependencia de los suministros exteriores. Aumento riesgo ante catástrofes por interferencia con ecosistemas y flujos geo-físicos. Aumento amenazas bélicas. Riesgos accidente en el manejo de las tecnologías. Fuerte incidencia en los impulsores directos de cambio.

<i>Beneficios y oportunidades</i>	<i>Perjuicios y amenazas</i>
Salud	
<p>Aumento medidas de higiene personal y alimentaria.</p> <p>Biomedicina y farmacia.</p> <p>Tecnología médico-quirúrgica.</p> <p>Comodidades domésticas y laborales (disminuye esfuerzo).</p> <p>Avances en protección y prevención en Salud Pública.</p>	<p>Medicalización de la salud.</p> <p>Iatrogenia hospitalaria.</p> <p>Enfermedades emergentes.</p> <p>Aumento propagación enfermedades.</p> <p>Efectos nocivos de contaminantes asociados a tecnologías industriales y urbanas.</p> <p>Adicción a nuevas drogas.</p> <p>Adicción psicofísica al consumo de tecnologías.</p> <p>Tendencia a estilos de vida sedentarios.</p> <p>Dietas desequilibradas por introducción de criterios de consumo comerciales.</p>
Libertad de acción	
<p>Mayor movilidad laboral y de ocio.</p> <p>Mayor información ciudadana por TIC.</p> <p>Mayor oferta comercial y de ocio.</p>	<p>Brecha tecnológica: desigualdad en el acceso a la tecnología.</p> <p>Brecha digital: ídem acceso a TIC.</p> <p>Dependencia de la tecnología para la vida cotidiana (tecnoadicción).</p> <p>Exceso de información (intoxicación).</p>
Relaciones sociales	
<p>Nuevos medios de comunicación y relación social.</p> <p>Mayor socialización a través de TIC e internet.</p>	<p>Control de la información por determinados poderes públicos y ETN.</p> <p>Aislamiento personal asociado al abuso de TIC e internet.</p> <p>Mecanización del trabajo y el ocio.</p> <p>Cibernetización del estilo de vida.</p> <p>Relaciones sociales y de ocio mercantilizadas.</p>

7. Referencias bibliográficas

- Ayala - Carcedo, F. (ed.): 2001. Historia de la tecnología en España. Barcelona, Valatenea S.L.
- Ayala - Carcedo, F. 2001. La evolución histórica de la tecnología y la sociedad.- En historia de la tecnología en España. Barcelona, Valatenea S.L.
- Canseco, A. 2001. La petroquímica y la carboquímica.- En historia de la tecnología en España. Barcelona, Valatenea S.L.
- Bennet, E. *et al.* 2005. Drivers of Change in ecosystem condition and services. In: Current state & Trends assessment. Capt. 7. Millennium Ecosystem Assessment. Island Press.
- Capra, F. 1982. The turning point. Simon & Schuster. New York.
- Casado, S. 2010. Historia de la ciencia ecológica en España.
- Castells, M. y otros. 1986: Nuevas Tecnologías, economía y Sociedad en España. 2 vols. Madrid, Alianza.
- Criado, E. 1990. El sistema científico técnico en España.- En ciencia y cambio tecnológico en España. Madrid, Fundación 1º de Mayo.
- Diamond, J. 2005. Collapse. Viking, Penguin group. New York.
- Durán, A. 1990. Cambio tecnológico y política de I+D en la empresa española.- En ciencia y cambio tecnológico en España. Madrid, Fundación 1º de Mayo.
- FEE. Investigación energética en España.- Fundación para Estudios sobre la Energía, UPM.- Madrid, 2010. Documento dirigido por: Rafael Martín Moyano con la participación de: Ramón Gavela, Carlos del Olmo y Emilio Menéndez.
- Fernández, F.- 2001. La construcción y la arquitectura naval.- En historia de la tecnología en España. Barcelona, Valatenea S.L.
- Herrero Y., Cembranos F. y Pascual, M. (2011). Cambiar las gafas para mirar el mundo. Una nueva cultura de la sostenibilidad. Colección Cartografías del vivir. Ed Libros en Acción.
- Hobsbawm, E. 1995. Historia del Siglo XX, 1914, 1991.- Barcelona, Editorial Crítica.
- Lage, M. La industria del automóvil.- En historia de la tecnología en España. Barcelona, Valatenea S.L., 2001.
- Martín, C. y Rodríguez Romero, L. 1978: Cambio técnico y dependencia tecnológica. El caso de España. Madrid, Fundación INI.
- Martín, C. y Rodríguez Romero, L. 1979: "Análisis de la intervención del sector público en la investigación", en Información Comercial Española (ICE), nº 552, agosto, págs. 19-34.
- Martín, C. y Rodríguez Romero, L. 1984.: La transferencia contractual de tecnología en la economía española. Madrid, Fundación Empresa Pública, DT 8401.
- Meadows, D.- 2004. Los límites del crecimiento: 30 años después.- Barcelona, Galaxia Gutenberg.
- Menéndez, E.- 2001. La energía termoeléctrica.- En historia de la tecnología en España. Barcelona, Valatenea S.L.
- MINER 1983: Directrices para la elaboración de un Plan Nacional de la Industria Electrónica (PEIN). Madrid, publicaciones MINER.
- Muñoz, E. y Ornia, F. (eds.) 1987. Ciencia y Tecnología: una oportunidad para España. Madrid, Aguilar, 1986. OCDE. Innovation Policy: Spain. Paris, OCDE.
- Nadal, Jordi (1975) El fracaso de la Revolución Industrial en España 1814-1913, Barcelona, Ariel.

- OCDE (1964). Country Report on the Organisation of Scientific Research. Spain. Paris, OCDE.
- OCDE 1971: Políticas Nacionales de la Ciencia: España. Madrid, MEC.
- Otero Carvajal L.E. (2001): La destrucción de la ciencia en España. Las consecuencias del triunfo militar de la España franquista. Historia y Comunicación Social. número 6. Universidad Complutense, Madrid ISSN: 1137-0734 págs. 149-186.
- Otero Carvajal, L.E. (1999): "La contribución de la España autonómica y la incorporación a Europa en la creación del sistema Ciencia-Tecnología español ", en Martínez Martín, J.A. (coord.): Historia de España. Siglo XX, 1939-1996. Madrid, Cátedra, págs. 472-478.
- Otero Carvajal, L.E.: 1999"El despertar de la ciencia española. La constitución de un sistema Ciencia-Tecnología en España, 1982-1996", en Martínez Martín, J.A. (coord.): Historia de España. Siglo XX, 1939-1996. Madrid, Cátedra, , págs. 470-472.
- Otero Carvajal, L.E. (dir), Mirta Núñez Díaz-Balart, GutmaroGómez Bravo, José María López Sánchez, Rafael Simón Arce (2006). La destrucción de la ciencia en España. Depuración universitaria en el franquismo UCM-Editorial Complutense, Madrid ISBN 978-84-7491-808-3).
- Otero Carvajal, L.E. 1999: "El atraso de la ciencia en España", en Martínez Martín, J.A. (coord.): Historia de España. Siglo XX, 1939-1996. Madrid, Cátedra, , págs. 467-470.
- Presidencia del Gobierno 1972: III Plan de Desarrollo Económico y Social. 1972-1975. Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico. Madrid, Comisaria del Plan de Desarrollo Económico y Social.
- Sánchez Ron, J.M. 1997: INTA. 50 años de ciencia y técnica aeroespacial. Madrid, Ministerio de Defensa-Doce Calles-INTA.
- Sanz Menéndez, L. y Muñoz Ruiz, E. (1992): "Las políticas científicas y tecnológicas en España. desde la autarquía a la transición". Alfoz, nº 94-95, , págs. 46-62.
- Sanz Menéndez, L.: Estado, ciencia y tecnología en España: 1939-1997. Madrid, Alianza, 1997.
- Solá, C.: "El déficit de la investigación en España", EL PAÍS, 18 de octubre de 2000. Carles Solá es catedrático de Ingeniería Química, Rector de la Universitat Autònoma de Barcelona en el año 2000 y ex presidente de la Conferencia de Rectores de las Universidades Españolas.