

# Colaboración público-privada en innovación tecnológica

JOSÉ MARÍA LEAL VILLALBA\*

## RESUMEN

En este artículo se aborda la financiación de la investigación en España y se analiza su incidencia directa en la inversión en I+D+i comparada, en términos de PIB, con la inversión en los países de la Unión Europea. Se destaca el papel de la innovación y el conocimiento como palancas para la generación de empleo tecnológico altamente cualificado. También se resalta la contribución de la innovación empresarial en dos áreas estratégicas de gran importancia económica, la automoción y la alimentación, poniendo dos empresas familiares de referencia como ejemplos de éxito y colaboración público-privada basados en la innovación empresarial.

## 1. INNOVACIÓN Y MERCADO DE TRABAJO

“Menos cemento y más conocimiento,” este es el mensaje transmitido en marzo de 2015 ante diputados y senadores europeos por Corina Cretu, comisaria de Política Regional de la Unión Europea, en relación con los fondos regionales comunitarios recibidos por España desde 1986, fondos que permitieron acometer la cuarta parte de la inversión pública realizada desde aquella fecha. La comisaria proponía abandonar el modelo de crecimiento basado en la construcción y orientar las inversiones hacia un modelo más sólido, fundado en el conocimiento y en I+D+i como pilares para un desarrollo sostenible; un modelo que permita una economía inteligente, apostando por nuevas

ideas capaces de abrir nuevas oportunidades. Esta vía debería proponerse también integrar a los jóvenes en el mercado de trabajo, muchos de los cuales se han visto obligados durante los últimos años de la larga crisis a optar entre aceptar un empleo precario, emigrar a otros países o, directamente, engrosar las listas del paro (Serrano y Soler, 2015). En este diagnóstico coincide la Comisión Europea en su *“Informe sobre España 2015”* (Comisión Europea, 2015).

### 1.1. La financiación de la investigación

Casi simultáneamente, la Confederación de Sociedades Científicas de España (COSCE), al analizar los Presupuestos Generales del Estado 2015, expresaba su decepción por la falta de apuesta que, a su juicio, refleja la reducida cuantía destinada a I+D+i, resaltando la disminución en 2.200 millones de euros percibidos por los organismos públicos de investigación entre 2009 y 2014. Cosce señalaba también la reducción en subvenciones a la investigación, especialmente las destinadas a investigación, desarrollo tecnológico industrial y fomento de la investigación científica y técnica, y el aumento en los préstamos, estos últimos de difícil acceso a universidades y centros públicos (Molero y de Nò, 2015). Semejante reducción ha supuesto un descenso en el número de proyectos de investigación de los grupos universitarios, menor dotación en los proyectos concedidos y una disminución en el número de investigadores activos.

El debate en torno a la inversión en investigación se ha acentuado con el final del programa científico Consolider, creado en el marco

\* Universidad de Burgos (jmleal@ubu.es).

del VI Plan Nacional de Investigación Científica. Concebido en sus orígenes como una línea estratégica de investigación, esta iniciativa comenzó en 2006 en el ámbito del programa Ingenio 2010, creado a su vez para apoyar proyectos de investigación de excelencia en respuesta a la Estrategia de Lisboa aprobada por el Consejo Europeo en 2005. Mediante una financiación de proyectos de investigación generosa en tiempo (5 años) y cuantía (80.000 euros de media), el objetivo de Consolider era fortalecer lazos de cooperación entre grupos de investigación con líneas afines, creando una red nacional que ha conseguido agrupar a 7.500 investigadores. Con este conjunto de medidas, la apuesta trazada era converger con la media de los países europeos en inversión en I+D+i sobre PIB anual. Sin embargo, tras la última convocatoria formal, la del año 2010, solamente algunas acciones puntuales de Consolider continúan en vigor. Para converger con el 2 por ciento, sería muy deseable que, bajo la fórmula Consolider u otra similar a nivel nacional, como el programa interdisciplinar Synergy Grants, se continúe la creación de redes en la frontera del conocimiento. Gestionado por el ERC (European Research Council), el programa Synergy fomenta la cooperación entre grupos interdisciplinares de investigación con dotación para proyectos por períodos largos, entre cinco y seis años.

## 1.2. La inversión en I+D+i

Incidiendo sobre este asunto, el reciente informe comparativo publicado por EAE Business School concluye que, mientras que la inversión en I+D+i en España entre los años 2002 y 2008 creció desde el 0,96 hasta el 1,32 por ciento sobre el PIB anual, de nuevo se redujo hasta el 1,24 por ciento en 2014, muy por debajo del 3,3 por ciento de Finlandia, el 3,2 por ciento de Suecia, el 3,0 por ciento de Dinamarca, el 2,9 por ciento de Alemania o el 2,02 por ciento de media en la Unión Europea (EAE, 2015). De esa cifra, el 53 por ciento corresponde a inversión empresarial, y el resto, a inversión pública (centros de investigación y administraciones). Además, EAE señala que el 85 por ciento de la inversión total en I+D+i se concentra en cinco comunidades autónomas solamente: País Vasco, Navarra, Madrid, Cataluña y Andalucía. La inversión realizada por las empresas ha sido clave para generar valor añadido a sus

productos mediante la innovación y poder operar ventajosamente en unos mercados tan competitivos.

También el número de personas dedicadas a investigación se ha reducido en un 2,8 por ciento, cifra sobre la que las universidades han puesto énfasis, resaltando la Ley 22/2013 que limita la tasa de reposición de profesorado universitario. Esta medida ha obligado en la práctica a la congelación de personal docente, lo que ha envejecido las plantillas y reducido el tamaño de los grupos de investigación. Esa cifra se eleva hasta el 6 por ciento menos de personal si se refiere a tareas en I+D (CRUE, 2015). En el reciente informe de la CRUE, se refleja una reducción del 38 por ciento de la entrada de fondos públicos para el conjunto de las universidades, entre los años 2010-2013, dedicados a la financiación de proyectos de investigación, mientras que en 2013 la inversión directa para proyectos experimentó un descenso de más del 50 por ciento, superando escasamente la cifra global los 400 millones de euros para este fin. A este descenso se une la reducción experimentada en las fuentes de financiación procedentes de las comunidades autónomas. También se ha resentido la transferencia de conocimiento de la universidad a la empresa, lo que se ha traducido en un menor número de proyectos realizados mediante convenios universidad/empresa, y también un menor número de patentes presentadas. Merece atención la disminución en los últimos años de la dotación para becas de investigación destinadas a jóvenes recién titulados universitarios que desean iniciar una carrera investigadora mediante el Plan FPU (Ministerio de Educación) y el Plan FPI (Ministerio de Economía y Competitividad), el tradicional vivero de jóvenes investigadores y de profesorado universitario. Estas últimas partidas, en concreto, han experimentado una esperanzadora subida en los presupuestos de 2015.

Los resultados de la investigación científica siempre son un efecto diferido sobre la inversión realizada en años anteriores. Como fiel reflejo de la tendencia creciente en la inversión en I+D+i que se realizó hasta 2008, el incremento en el número de artículos científicos publicados por los distintos grupos de universidades y centros de investigación en revistas científicas indexadas durante el período 2002 a 2012 fue espectacular, permitiendo a España elevar su cuota desde el 2,2 por ciento hasta el 3,1 por ciento y mejorar su

CUADRO 1

**ORDENACIÓN DE PAÍSES SEGÚN NÚMERO DE ARTÍCULOS CIENTÍFICOS PUBLICADOS EN REVISTAS DE ALTO ÍNDICE DE IMPACTO Y SEGÚN NÚMERO DE PATENTES REGISTRADAS (2012)**

	<i>Artículos científicos</i>	<i>Patentes registradas</i>
1	Estados Unidos	Estados Unidos
2	Alemania	Japón
3	China	Corea del Sur
4	Japón	Alemania
5	Reino Unido	Taiwan
6	Francia	Canadá
7	Canadá	Francia
8	Corea del Sur	Reino Unido
9	Italia	China
10	España	Italia
11	Suiza	Australia
12	Australia	Israel
13	Holanda	Holanda
14	India	Suiza
15	Taiwan	Suecia
16	Israel	India
17	Singapur	Finlandia
18	Suecia	Bélgica
19	Bélgica	Austria
20	Dinamarca	Dinamarca

Fuente: Digital Science.

posición hasta el puesto número diez del mundo en esta escala (cuadro 1); y ello a pesar de que, de entre los grandes países de la UE, es el que menos invierte en I+D+i. Puesto que los artículos científicos se publican con retardo sobre los proyectos de investigación, esta décima posición mundial, resultado de las inversiones del periodo 2000-2008, con toda probabilidad se verá afectada en la próxima evaluación. Por lo tanto, las inversiones en investigación no deben relajarse, pues sus efectos son siempre a largo plazo; mantener la posición alcanzada requiere continuidad en las actuaciones y una inversión sostenida en el tiempo (*Nature*, 2009).

Resulta necesario plantear los programas de inversión en I+D+i como asunto de Estado, una “marca España” que exhibir y que no dependa de ciclos políticos; una inversión que fomente la formación de técnicos y profesionales altamente cualificados y la creación de empleo permanente y de futuro basado en la innovación, promoviendo la obtención de fondos mediante iniciativas públicas, privadas o público-privadas, como ocurre en otros países que, aun contando con recursos naturales limitados, se encuentran a la cabeza en innovación empresarial. En este escenario, la menor caída en inversión en I+D+i observada en 2014, junto con el aumento experimentado por la financiación de fondos europeos, ofrecen datos alentadores que invitan a un cierto optimismo sobre una reversión en la tendencia negativa de los últimos años.

Completar el desarrollo de la Ley de la Ciencia es tarea que se antoja necesaria. Especialmente necesario es superar la asignatura, pendiente aún de concretar, de la Agencia de la Investigación, órgano que podría ser una buena herramienta para dar continuidad a la estrategia a emprender, un órgano independiente de ciclos políticos que acometa una revisión periódica de las acciones en función de las sucesivas evaluaciones, demostrando con hechos que la investigación y la innovación son esenciales para nuestro futuro. Una combinación inteligente de la investigación con la innovación y el desarrollo es un instrumento vital para que las empresas aumenten el valor añadido de sus productos y generen ventajas competitivas, un tren que no se debe perder para el desarrollo de cualquier país.

En este sentido, los planes *Industrie 4.0* en Alemania, *Catapult Program: High Value Manufacturing* en Inglaterra o *Nouvelle France Industrielle*, en Francia, creados para potenciar la colaboración público-privada en el sector de la automoción, pueden ser una valiosa referencia (Sernaute, 2015). Afortunadamente, disponemos en España de iniciativas empresariales motivadoras en este sector que demuestran la posibilidad de alcanzar las metas más ambiciosas en el terreno de la innovación mediante la colaboración público-privada. A modo de ejemplo, se exponen a continuación dos casos paradigmáticos de éxito en innovación, de muy diferente naturaleza, que han servido para innovar, crear conocimiento y generar empleo tecnológico.

## 2. DE TALLER DE REPARACIÓN A GIGANTE MULTINACIONAL: GRUPO ANTOLÍN

El 25 de octubre de 2013 José Antolín Toledano, Presidente de Grupo Antolín, fue investido Doctor Honoris Causa por la Universidad de Burgos. El Consejo de Gobierno de la institución universitaria motivó la concesión del doctorado "en virtud de su decisiva contribución a la innovación tecnológica, al desarrollo económico y a la internacionalización empresarial" y valoró los méritos investigadores, empresariales y humanos de este empresario, que en su juventud no pudo alcanzar estudios universitarios ni tampoco estudios técnicos.

### 2.1. Los orígenes

Nacido en 1936 en el pueblo palentino de Quintana del Puente, su familia se trasladó a Burgos y, a la temprana edad de 14 años, comenzó a trabajar junto a su hermano Avelino en el taller familiar de reparación de frenos, motores y chasis de automóviles. Eran los años cincuenta, cuando España comenzaba a dinamizar su desarrollo indus-

trial con la introducción de los primeros automóviles, entre ellos el mítico Seat 600, protagonista destacado de la evolución social del momento y sueño inalcanzable entonces para la mayoría.

El estereotipo de la época era una sociedad que aspiraba a mejorar su nivel de vida bajo el impulso de una automoción incipiente. La imagen de coches averiados en las carreteras con un palier fracturado o una rótula de dirección desgastada, avería mecánica muy frecuente entonces, era recurrente en aquellos años. En este contexto, los hermanos Antolín, sin estudios técnicos pero con imaginación, sentido común y capacidad de innovación, fabricaron en su taller un nuevo tipo de rótula de dirección, de metal y caucho, con dos arandelas-muelle que permitían ajustar mejor el desgaste de los elementos deslizantes y mantener una presión constante para evitar holguras, resultando una rótula más segura y de más larga vida. Además, estas piezas eran de bajo coste y válidas para todo tipo de vehículos, también para los industriales. El éxito entre las grandes marcas fue fulminante y los pedidos se sucedieron sin cesar en un parque automovilístico que crecía rápidamente. Los hermanos Antolín patentaron su invención y crearon en 1959 una empresa, ANSA, dedicada exclusivamente a fabricar rótulas de dirección y suspensión de automóviles (figura 1).

FIGURA 1

TALLER ORIGINAL DE RÓTULAS DE DIRECCIÓN (1962)



Fuente: Archivo Grupo Antolín.

## 2.2. La expansión

En 1967, ampliaron el campo de juego y crearon *Talleres ARA S.L.*, empresa dedicada a fabricar los primeros elementos interiores de coches, cerraduras, elevalunas y revestimientos. El prestigio adquirido con las rótulas de dirección facilitó las licencias alemanas, y, en 1968, acordaron con la empresa alemana Lemförder crear en Burgos *ANSA-Lemförder S.A.*, empresa especializada en elementos de dirección y de suspensión de vehículos. Lo excepcional de este acuerdo fue la participación mayoritaria de Antolín, ya que la empresa alemana siempre había dispuesto de participación mayoritaria sobre las fábricas creadas conjuntamente con empresas de otros países.

Otra decisión de enorme importancia que les abrió un mercado nuevo, diversificando su actividad, fue la creación en 1978 de *ARA Guarneidos S.A.*, empresa dedicada a fabricar guarneidos de coches, paneles de puerta y revestimiento de techos, mediante resinas, fibras y poliuretano.

## 2.3. La internacionalización

Entre finales de los ochenta y comienzos de los noventa se produjo el segundo hecho crucial. Los grandes constructores europeos de automóviles desplazaron a sus países de origen la capacidad de decisión de compra (a empresas auxiliares de suministros) de que antes disfrutaban sus plantas de producción en España. Eso interrumpió la comunicación directa habida hasta entonces, poniendo en grave riesgo la eficaz interlocución comercial que tan bien había funcionado. La respuesta no se hizo esperar y los hermanos Antolín se desprendieron de *ANSA-Lemförder* y del negocio de rótulas, concentrándose en la producción de componentes de interiores de automóviles. La medida más audaz consistió en crear oficinas comerciales y plantas de producción próximas a los centros de decisión de los principales productores europeos, en Reino Unido, Francia y Alemania. Es decir, afrontaron el reto de internacionalizar la industria auxiliar del automóvil y empezaron a levantar plantas de sus productos cerca de las fábricas de coches, participando activamente con el fabricante desde el diseño hasta la ejecución final de cada vehículo.

## 2.4. El entorno de negocio

Los componentes de automoción constituyen un sector económico clave en la industria de automoción, pues aportan aproximadamente tres cuartas partes del valor final del vehículo. Lograr el hábito de innovación permanente para poder crecer y competir en un mercado global requiere disponer de una base tecnológica potente. Se estima que la inversión en tecnología y en I+D+i en este sector debe alcanzar en 2020 el 4 por ciento de la facturación (Sernauto, 2014) y debe ser sostenida en el tiempo, ya que los ciclos de desarrollo de los componentes duran unos cinco años, dada la rapidez con que los modelos se renuevan. Especialmente oportuna resulta esta estimación para España, donde las empresas deben lograr una mayor eficiencia para poder conseguir un elevado valor añadido mediante la transición desde la investigación a la innovación tecnológica y creación de conocimiento, única fórmula viable para poder competir con éxito frente a los menores costes laborales de los países emergentes. Esta eficiencia en los recursos pasa también por la simulación de modelos para lograr una reducción de piezas defectuosas y menores costes de producción y de impacto medioambiental.

## 2.5. Los materiales y su transformación

Sin tecnología propia e investigación permanente sobre la naturaleza, propiedades y aplicaciones de posibles materiales utilizables en los diferentes componentes de automoción, difícilmente se podría explicar el éxito del grupo empresarial. La innovación se centra en los recubrimientos de techos, que deben ser modulares e iluminados; en las puertas, que soportan dispositivos eléctricos, electrónicos y acústicos; y en los asientos, que deben ser ligeros, articulados, plegables y desmontables y mantener sus funcionalidades. El resultado deseado se resume en lograr automóviles más baratos, de menor peso y, al mismo tiempo, más seguros y sostenibles medioambientalmente, es decir, que consumen menos combustible, utilizan materiales reciclables y emiten menos CO<sub>2</sub>.

La innovación se basa en anticipar las tendencias del mercado mediante un estudio

estratégico previo, conocer de primera mano la opinión del usuario para definir el producto a elaborar y materializar las ideas identificadas mediante la innovación tecnológica. Con este fin, el Grupo ha implementado una amplia variedad de tecnologías punteras para la transformación de los materiales, que se aplican en función de los requerimientos del cliente, aportando soluciones para lograr reducción de peso y de coste, mayor seguridad, mejora acústica y aspecto estético. Fruto de esta innovación son 1600 patentes registradas para proteger la propiedad de cerca de 500 soluciones técnicas lanzadas al mercado.

Estos avances exigen innovar sobre nuevos materiales para poder afrontar nuevos retos, ser competitivos frente a otros suministradores y satisfacer un valioso intangible demandado por el cliente: la calidad percibida. En resumen, el producto final debe ofrecer calidad y transmitir la sensación de un interior de automóvil inteligente, agradable, silencioso y bien iluminado. Para dar respuesta a estos objetivos, Antolín creó una célula clave, Grupo Antolín Ingeniería, con sede en Burgos y 24 centros de diseño y simulación distribuidos por todo el mundo. Se ha concebido como centro inteligente donde investigar sobre nuevos materiales, dando respuesta a las necesidades de innovación que demandan, cada vez de modo más exigente, tanto fabricantes como usuarios. Con este fin, el Grupo ha desarrollado su propia línea de investigación, con innovación pionera sobre materiales clave y su transformación, tales como espumas, plásticos, aleaciones ligeras, materiales compuestos, nanofibras de carbono y grafeno. Conscientes de que el retorno de la innovación es a largo plazo, la importante inversión en I+D+i ha sido sostenida a lo largo de los años, alcanzando en 2014 el 3,14 por ciento sobre el total facturado. Esta inversión ha evolucionado paralela a la contratación de empleados altamente cualificados en actividades de I+D+i, el denominado empleo tecnológico, que en 2014 alcanzó la cifra de 874 ingenieros, de ellos 560 en España.

Espumas semirrígidas de poliuretano con fibras de vidrio (*glasutec*) constituyen los materiales utilizados para fabricar guarneidos de techos. También se emplean espumas verdes que incorporan un poliol natural, NOP, como componente mayoritario; es este un material sostenible y respetuoso con el medio ambiente, pues se obtiene de semillas de ricino como fuente renovable y no compite con la alimentación

humana. Estos materiales elásticos, de bajo peso, reducido olor y emisiones, tienen buena absorción acústica y minimizan el impacto ambiental. Otro material de revestimiento desarrollado es el *swan*, un tejido de altas prestaciones técnicas, único en el mercado, que permite generar superficies bicolores.

Acero y aluminio son metales tradicionalmente utilizados en gran parte del automóvil: chasis, carrocería, motor, etc. Tienen la desventaja de su mayor peso, lo que acarrea mayor consumo de energía. El magnesio, en cambio, es un metal mucho más ligero y abunda en la naturaleza en forma de sales y de diferentes minerales. En aleación con otros metales, el magnesio se emplea para fabricar piezas complejas de una sola vez, sin soldadura, con la ventaja de aportar una notable reducción de peso y, al tiempo, ofrecer el comportamiento mecánico deseado, menor consumo de combustible y menores emisiones de CO<sub>2</sub>. Debido a su elevada conductividad térmica, disipa bien el calor, ofrece mayor resistencia al choque y una buena capacidad de absorción de ruido y vibraciones (DU, 2010). Además, las aleaciones son reciclables, por lo que obtener material ligero nuevo a partir de materiales reciclados requiere menor consumo de energía que a partir de sales de magnesio. Se emplea para llantas, estructuras de asientos, consolas centrales, estructuras de salpicaderos y elevalunas. Estas aplicaciones son importantes no solo para la fabricación de piezas, sino también porque permiten optimizar formas y geometrías complicadas mediante modelado computacional, con el resultado de aprovechar el potencial de reducción de peso para adaptarse a las exigentes normativas medioambientales sobre emisión de contaminantes. Desde el año 2005, Grupo Antolín dispone en Burgos de una planta de inyección de aleaciones de magnesio a alta presión mediante un sistema de inyección automatizado que garantiza ciclos de producción cortos. En esta línea, coordinó el programa Magno sobre "Nuevas oportunidades tecnológicas del Magnesio", financiado por el CDTI (Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial) con 30 millones de euros para 14 empresas y 17 centros tecnológicos durante el período 2008-2011.

Fruto de la investigación, el Grupo se ha adentrado más recientemente en el mundo de los nanomateriales mediante la aplicación de nanofibras de carbono para obtener ventajas tecnológicas con materiales avanzados (Gómez de Salazar,

2007). Las nanofibras de carbono, debido a su muy ordenada estructura grafítica y a la posibilidad de variarla, a su tamaño nano y a su pequeño diámetro, ofrecen amplias posibilidades como refuerzo en materiales compuestos, sobre todo, en materiales aislantes de matriz polimérica (Covarrubias, 2013). Mediante esta técnica, los composites resultantes adquieren propiedades anticorrosivas y lubrificantes, otorgándole las nanofibras de carbono una notable conductividad térmica y eléctrica, incluso con baja concentración de nanofibras. Estas propiedades convierten a las nanofibras en materiales muy adecuados para componentes de automoción, con buenas propiedades mecánicas de tracción y flexión. Grupo Antolín dispone de una planta propia que investiga y produce a nivel industrial sus propias nanofibras de carbono (GANF) mediante pirólisis de hidrocarburos gaseosos a 1100°C catalizada por metales (Merino, 2005). Las nanofibras también se aplican en sistemas de almacenamiento de energía en baterías de litio y en el pintado de paneles de coches por método electrostático.

Otro producto de importancia estratégica es el grafeno, el material más resistente conocido. Su descubrimiento por André Geim y Konstantin Novoslov en el año 2004, de la Universidad de Manchester, les hizo merecedores del premio Nobel de Física de 2010 (MIT, 2010). Grupo Antolín ha desarrollado un novedoso método químico para obtener, a partir de nanofibras de carbono, óxido de grafeno de alta calidad con aplicaciones innovadoras. Resistente químicamente, el grafeno es el material más fino y, al tiempo, más robusto que se conoce. Es buen conductor de la electricidad y extraordinariamente ligero, lo que permite diversificar la actividad industrial desde recubrimientos en automoción hacia otros sectores de gran valor añadido, como las industrias aeronáutica, electrónica o eólica, con potenciales aplicaciones para fabricar pantallas electrónicas, baterías ligeras, tecnologías médicas, microprocesadores o teléfonos móviles flexibles. El Grupo lideró en 2012 el proyecto InnPACTO: Dinnamic financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad. Asimismo, la Unión Europea creó en 2013 el proyecto "Graphene Flagship" en el ámbito del programa Horizonte 2020, una iniciativa europea de investigación de diez años de duración, dotada con 1.000 millones de euros, en la que participan cien equipos de investigación de 23 países. En este proyecto, Grupo Antolín es proveedor único de óxido de grafeno.

El desarrollo de estas tecnologías ha sido posible gracias a la colaboración público-privada con diferentes centros, universidades y empresas, elegidos en virtud de su conocimiento en una materia concreta, centrada siempre en tecnologías muy específicas y sustanciando el proyecto como subcontratación o como socio consorciado. El grupo ha mantenido colaboraciones con diferentes universidades españolas y extranjeras de forma puntual o continua en función del conocimiento a transferir o de necesidades concretas. La colaboración con organismos nacionales y autonómicos promotores de innovación, como el CDTI, el Ministerio de Ciencia e Innovación o la Consejería de Economía y Empleo de Castilla y León ha sido clave para la sostenibilidad de este modelo de investigación participativo cuyos frutos son indiscutibles. Además, el grupo ha mantenido una colaboración estable con la Universidad de Burgos desde el curso académico 1988-1989, implantando un máster universitario sobre componentes de automoción (año 2006), facilitando, estancias de prácticas para estudiantes de los últimos cursos (muchos de los cuales encontraron posterior continuidad laboral en el Grupo) y siendo cantera de ingenieros para su incorporación a la empresa. Con el tiempo, este modelo de incorporación de estudiantes se ha ampliado a otras universidades nacionales e internacionales.

## 2.6. La iluminación interior: CML Innovative Technologies

Grupo Antolín se ha convertido en el primer suministrador de sustratos de techos del mundo y ocupa una posición de privilegio como proveedor de sistemas de interior para las mejores marcas de automóviles. La cuarta función incorporada, la iluminación interior, ha sido posible gracias a la adquisición de la empresa CML Innovative Technologies, firma francesa experta en iluminación. Mención especial merecen también la innovación y el desarrollo en este capítulo, un reto tecnológico que ha culminado con la introducción del techo con luz integrada en tejido *swan*. Hoy la iluminación LED ya se integra de forma masiva en el interior del automóvil en sustitución de las tradicionales bombillas incandescentes. De mayor eficiencia energética y lumínica, a su reducido tamaño,

menor coste y gran capacidad de integración en tejidos y molduras, la iluminación LED suma las ventajas de proporcionar un amplio abanico cromático, mayor homogeneidad de fabricación y adaptación a todo tipo de guías. Superar el reto innovador de reducir al mínimo el espesor de los recubrimientos de techo o panel de puerta es viable mediante este tipo de iluminación. Además, su integración en plásticos o en materiales flexibles simplifica mucho los procesos de montaje y reduce costes.

#### 2.7. El panel de instrumentos: adquisición de Magna Interiors

En fechas muy recientes, se ha publicado el acuerdo de adquisición por Grupo Antolín de la sección de interiores de Magna Interiors, empresa canadiense proveedora global de automoción. Se incorpora así estratégicamente la función paneles de instrumentos de un proveedor reconocido, función de la que el Grupo carecía hasta este momento y que triplica en valor el tamaño del mercado de paneles de puertas. Este acuerdo permite al Grupo adquirir mayor tamaño, un factor crucial, y abrirse a un mercado geográfico complementario y con mayor diversificación territorial y comercial. Aunque el panel de instrumentos representa solamente el 11 por ciento del valor del automóvil, es un producto muy complejo, pues contiene más de cien piezas y tecnologías asociadas diferentes e incluye numerosas capacidades: inyección, electrónica, salidas de aire, controles y cuadros de mando. Dada la complejidad de su desarrollo, la presión competitiva es menor, pero, aun así, reducir su complejidad supone un reto tecnológico de envergadura, en la medida en que las capacidades tecnológicas son en su mayoría diferentes a las de techos, puertas y asientos. El panel consta de una estructura interior, generalmente metálica, que debe ser rígida y resistente a la fatiga y a la corrosión. Al mismo tiempo, debe ser capaz de absorber la energía de choque, por lo que la innovación sobre el uso de acero estampado, aluminio inyectado y magnesio vuelve a jugar un papel importante, siendo en este caso la unión de las diferentes funciones susceptible de soldadura e insertos. Consta también de una superficie exterior, donde el diseño y la estética son determinantes. Los estándares exigidos de calidad percibida son máximos, pues este elemento juega un papel clave sobre la decisión del usuau-

rio y ofrece, por lo tanto, un amplio campo para implementar la innovación.

Desde sus orígenes como un modesto taller hasta la actualidad, Grupo Antolín se ha transformado en un gigante industrial con una plantilla de 15.500 empleados que opera en 125 plantas de producción distribuidas en 25 países de cuatro continentes y genera un negocio de 2.250 millones de euros. Como se ha subrayado en anteriores páginas, su éxito se ha basado en una permanente capacidad de innovación como criterio para anticipar soluciones competitivas sobre la transformación de los materiales y los procesos de diseño. La evolución de la plantilla pone de manifiesto el aumento sostenido en la creación de empleo precisamente en los años de la crisis, en los que las ventas de automóviles sufrieron un descenso considerable. Con la última adquisición de Magna Interiors se duplicarán aproximadamente todos los parámetros fundamentales: la plantilla alcanzará la cifra de unos 27.000 empleados distribuidos en 161 plantas de producción establecidas en 27 países diferentes, ocupando de esta forma la tercera posición mundial como proveedor global de interiores de automóviles, con un negocio que rondará los 4.100 millones de euros. Aunque convertida en multinacional, Grupo Antolín continúa siendo hoy una empresa familiar que ha sabido gestionar el relevo natural dando paso a la tercera generación.

### 3. LA CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS, UNA FUENTE DE INNOVACIÓN

La conservación de los alimentos ha sido a lo largo de los siglos una preocupación constante para todos los pueblos. En particular, lo ha sido en los grandes eventos con desplazamientos masivos de población, como fueron las grandes navegaciones, los períodos prolongados de guerra o el crecimiento en grandes ciudades tras la revolución industrial del siglo XIX. Estos hitos plantearon en toda su crudeza la necesidad de conservar alimentos durante un tiempo prolongado para evitar errar permanentemente de unos lugares a otros en busca de alimentos, aún sin contar con técnicas de refrigeración ni disponer de conocimientos científicos ni de referencias solventes. Pero han sido precisamente estos

períodos singulares de la historia los que más han contribuido a desarrollar y perfeccionar las técnicas de conservación.

### 3.1. Evolución histórica

El inicio de las grandes navegaciones a ultramar tuvo lugar a finales del siglo XV, impulsadas por los avances en cartografía y en astronomía, por el dominio en el uso de la brújula y el astrolabio y por los notables progresos en la construcción de navíos más potentes y seguros. En las navegaciones de los descubrimientos, las dietas seguidas por los marinos estaban condicionadas por la capacidad de conservar los alimentos en las bodegas, hasta el punto de que, en la práctica, numerosas travesías fracasaron por la falta de alimentos en buen estado y suficiente agua fresca. Los víveres cargados en las bodegas incluían una buena proporción de frutos secos, productos salados, tocino, pescados y carnes siempre secas y saladas, al objeto de alargar al máximo su duración. Así, por ejemplo, los bizcochos de harina y trigo debían ser cocidos dos o más veces para conseguir sequedad y dureza y alargar su vida útil; con todo, con mucha frecuencia terminaban agusanados por la humedad y el calor de las bodegas (Martínez-Hidalgo, 1969). Todavía no se comprendía bien por qué ahumar, congelar o desecar alimentos frenaba o impedía su deterioro. Mención aparte merece el agua, que, almacenada en barriles, terminaba rápidamente en muy malas condiciones por la formación de sulfuros, provocando la aparición de ulceraciones. Por esta razón, el vino resultaba un producto esencial, no solo como bebida, sino también por su acción como antiséptico y por soportar bien las largas travesías, provocando al mismo tiempo en los marinos un efecto euforizante muy necesario ante la incertidumbre sobre la duración de las travesías. También el vinagre era un producto indispensable, pues era utilizado para conservar y condimentar alimentos y para sanar heridas.

Los períodos de guerra siempre han entrado en grave conflicto con la alimentación. Nicolás Appert publicó en 1810 *El arte de conservar durante varios años todas las sustancias animales y vegetales*, considerado como uno de los primeros tratados sobre técnicas de conservación de alimentos (Collard, 1985). Este francés, nacido a mediados del siglo XVIII, desarrolló un

método de conservación de alimentos basado en el calor. En aquella época, los conocimientos científicos eran puramente empíricos. La etapa de la alquimia había sido superada solo muy recientemente, cuando Lavoisier demostró que el aire (flogisto) era en realidad una mezcla de nitrógeno y oxígeno, y la química comenzaba a consolidarse como una ciencia estructurada y sistematizada. La técnica de Appert se basaba en la "prueba y ensayo", y representó un buen ejemplo de innovación, preludio del conocimiento. Su método consistía en envasar los alimentos en vasijas de vidrio esterilizadas, cerradas herméticamente y calentadas al baño María durante horas. Los exámenes demostraron que esos alimentos se mantenían en buen estado incluso durante varios años, ganando Appert de esta forma la recompensa convocada por el Directorio de Napoleón para aprovisionar a sus tropas. Como el tiempo necesario para la esterilización era demasiado largo, para acortarlo se utilizaron autoclaves que alcanzaban temperaturas por encima de 100°C mediante vapor de agua a presión elevada. Posteriormente, esta técnica, conocida como *appertización*, fue perfeccionada en Inglaterra, sustituyendo las vasijas de vidrio por otras de hojalata. Este fue el origen de la lata de conservas, lo que permitió extender a comienzos del siglo XIX la comercialización de conservas de carne, caldos y verduras a escala industrial. Ya a mediados de ese siglo, el proceso fue interpretado científicamente por Louis Pasteur, una vez descubierta la acción de los microbios sobre la descomposición de los alimentos. Fue este químico francés quien perfeccionó la técnica en lo que hoy se conoce como método de *pasteurización*.

El siglo XIX fue escenario de numerosos conflictos armados, entre ellos, la guerra entre Francia y Prusia. La derrota francesa fue atribuida a una mala alimentación de las tropas, y el conflicto incentivó la innovación sobre la conservación de alimentos. La segunda revolución industrial a mediados del siglo supuso una profunda transformación social, acompañada de un rápido crecimiento de la población, lo que promovió la aparición de las grandes firmas en el sector de la conservación de alimentos. La guerra civil de secesión norteamericana acabó por dar el impulso definitivo a la industria conservera. Knorr, Nestlé, Lemco, Oetker y Maggi, entre otras empresas, estaban interesadas en proporcionar alimentos baratos y duraderos para los grandes núcleos de población y comercializaron diversos tipos de productos alimenticios envasados.

### 3.2. La irradiación de alimentos

La irradiación es una tecnología potente y eficaz para conservar alimentos, frenar su deterioro y evitar infecciones causadas por microorganismos. Su objetivo es combatir las bacterias patógenas responsables de su descomposición y de la transmisión de enfermedades por vía alimentaria, dos factores con enormes costes en pérdida de alimentos, en bajas laborales y en atención médica, incluso en países que cuentan con métodos modernos de procesado y de distribución. Al mismo tiempo, consigue frenar la maduración de frutas y hortalizas, pues controla los efectos biológicos vinculados a su germinación y envejecimiento. Este método permite asegurar la calidad higiénica de alimentos de origen animal, sólidos y semisólidos, sin dejar residuos. Así, la vida útil de frutas y verduras puede alargarse combinando la irradiación con la refrigeración sin alterar ni el sabor ni la textura. Mientras que en países tropicales en desarrollo el clima crea grandes problemas posteriores a la recolección y que suponen enormes pérdidas de cosechas, de hasta un 50 por ciento, en países desarrollados el principal problema es la contaminación microbiana en carnes y pescados.

La irradiación fue introducida a comienzos del siglo XX mediante las primeras patentes de Inglaterra y Estados Unidos. Consiste en someter a los alimentos al efecto de una determinada cantidad de energía, durante un tiempo controlado, mediante radiación ionizante. Es esta un tipo de radiación que incluye a los rayos gamma, rayos X y haces de electrones, radiaciones con idénticas propiedades de penetración en los alimentos y que difieren solo en su origen. Transportan suficiente energía para convertir átomos y moléculas de los alimentos en iones, los cuales destruyen los organismos parásitos patógenos para el hombre (OMS, 1989).

La unidad de energía comunicada por unidad de masa de alimento se denomina Gray (Gy). La Comisión del Codex Alimentario de la FAO fija en 10 kGy la dosis máxima recomendada y garantiza que no entraña riesgos para la salud ni exige ensayos posteriores del alimento, si bien cada aplicación requiere una dosis concreta. Es una cantidad de energía pequeña, pues su efecto calorífico serviría solo para elevar la temperatura de la cantidad equivalente de agua en

poco más de 2°C. Por este motivo, la irradiación es conocida como una técnica "fría", o pasteurización fría, pues juega el mismo papel que la pasteurización en alimentos líquidos. Puede combinarse con otras técnicas, como el calor o la refrigeración, por lo que los productos congelados también pueden ser irradiados. Y también los alimentos envasados, puesto que el envase tolera la irradiación.

La irradiación es una técnica muy utilizada en Estados Unidos y, menos, en Europa, siendo Francia, Holanda y Bélgica los países en los que encuentra mayor aplicación. Precisamente, una de las causas que entorpecen el comercio internacional de alimentos irradiados reside en la diferencia de controles entre unos países y otros, ya que no se garantizan los requerimientos sanitarios mutuos conforme a las respectivas legislaciones alimentarias. Por ejemplo, en la Unión Europea se admiten como alimentos irradiados, en general, especias, hierbas aromáticas y condimentos; para otros alimentos, en cambio, no hay criterio común entre los restantes países.

Diversas limitaciones han supuesto un freno a la implantación de este método. Por un lado, la irradiación causa cierto ablandamiento en alimentos sólidos y enranciamiento en grasas y aceites y, por otro, en ocasiones origina un sabor desagradable. En el caso de las esporas bacterianas, se requiere una dosis mayor y no garantiza la prevención del botulismo. Con todo, el factor fundamental para el éxito de cualquier tecnología que quiera implantarse en el mercado es el grado de aceptación por el consumidor. El principal inconveniente para el uso generalizado de esta tecnología radica en la percepción equivocada por parte del consumidor de que un alimento irradiado pueda resultar radioactivo, efecto que solo puede ser superado mediante campañas informativas claras. Además, en los alimentos irradiados es obligado el etiquetado informativo. Una gran limitación para su expansión estriba en que el número de instrumentos autorizados disponibles no es muy elevado. En Europa, solo diez Estados miembros han autorizado esta tecnología. En España se cuenta con dos instrumentos y el porcentaje de uso para irradiación de alimentos es muy modesto. Estados Unidos, donde la irradiación alcanzó gran popularidad, cuenta con más de cien unidades. Sin embargo, el potencial de crecimiento fue sobrevalorado y el cierre en 2004 de SureBeam, una importante firma de la industria de defensa norteamericana, experta en

irradiación de alimentos, supuso un duro golpe para la imagen del método y su percepción por parte de los consumidores.

### 3.3. Técnicas de alta presión para la conservación de alimentos: Hiperbaric

La alta presión tiene una sorprendente capacidad de transformar la materia. Desde los trabajos pioneros de P.W. Bridgman a comienzos del siglo XX que le valieron el Premio Nobel de Física en 1946 (Bridgman, 1931), la investigación de la materia sometida a altas presiones es una línea prioritaria en todo el mundo. En el ámbito del procesado y de la conservación de alimentos, la alta presión constituye la base de una tecnología emergente que se ha expandido rápidamente durante la última década como método alternativo a la irradiación y a los tratamientos térmicos (gráfico 1).

Su gran ventaja radica en aumentar considerablemente la vida útil de los alimentos sin cambiar apreciablemente sus cualidades sensoriales. Aunque el interés mostrado hacia esta técnica se remonta a 1900, solo en 1990 se consiguió en Japón tratar por vez primera mermeladas a alta presión (Passos, 2010). La técnica consiste en someter a los alimentos a una elevada presión, por encima de los 4.000 bar, consiguiendo así su higienización. La presión altera la morfología de la membrana celular e inactiva ciertos enzimas y microorganismos responsables de la degradación sensorial y del aumento de la flora patógena.

Hiperbaric, una pyme burgalesa, es hoy el máximo exponente mundial de esta tecnología. La idea de crear Hiperbaric dentro del Grupo Nicolás Correa surgió en el año 1999 a partir de una empresa modesta, Amahe, un pequeño taller de calderería y transformaciones mecánicas que se planteó la oportunidad de diversificar su actividad. Para entonces ya era patente la necesidad de desarrollar un método alternativo para higienizar los alimentos. La crisis de 1998 en Estados Unidos por el caso de *listeriosis* causada por la bacteria *Listeria monocytogenes*, que afectó en once Estados a varios productos cárnicos de la empresa de comida rápida Bil-Mar Foods Inc. (Iowa) y causó varias muertes y partos prematuros, puso en evidencia el potencial de vulnerabilidad de algunos productos tratados

térmicamente. Este episodio alertó a los fabricantes cárnicos e incentivó la búsqueda de otros métodos, no térmicos, de tratamiento de alimentos que aportaran mayores garantías.

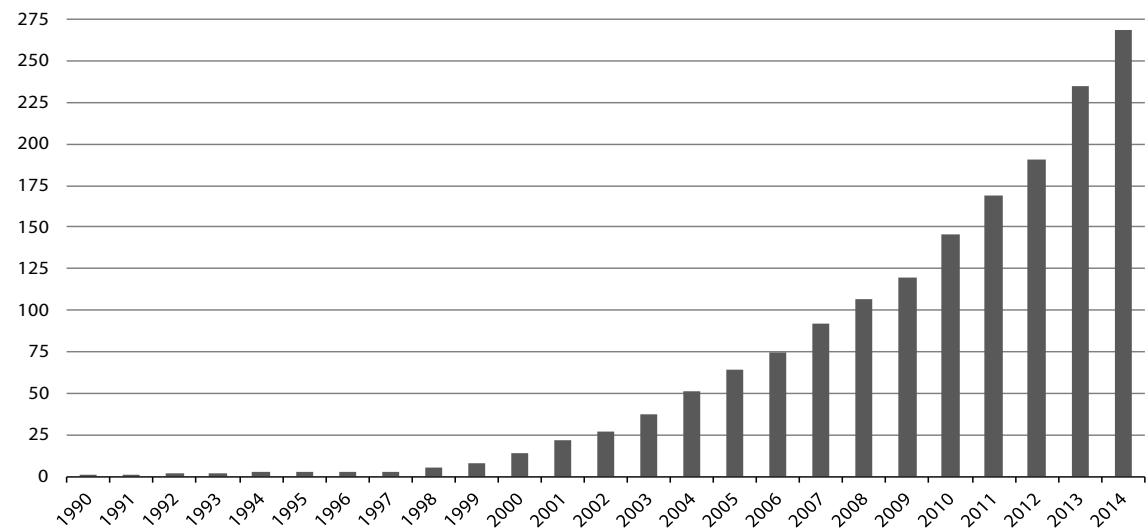
Fue por entonces cuando Hiperbaric diseñó el proyecto para construir una máquina de alta presión destinada exclusivamente al tratamiento de alimentos, aunque aplicable también en cosmética y farmacia. Es preciso valorar en toda su dimensión el riesgo de una inversión inicial muy cuantiosa en un proyecto que, aunque realizable, era innovador y difícil de conseguir, así como también las dificultades surgidas en el largo camino hasta su implantación. Hiperbaric acometió su desarrollo asociándose con la empresa Campofrío como cliente, ofreciendo esta su planta de producción para facilitar en 2002 la instalación del primer equipo (300 litros, 5000 bar) y verificar la viabilidad y eficacia de esta tecnología, garantizando los máximos niveles de seguridad y aumentando la productividad de las operaciones de tratamiento.

El equipo utilizado consta de una vasija o cámara de presurización (dos cilindros concéntricos en acero de alta resistencia, bobinados con hasta 300 kms de hilo de acero), cuyo tamaño varía de una gama a otra según el volumen de producto a tratar. Dispone de bombas hidráulicas multiplicadoras de la presión que actúan de forma independiente y de un yugo de placas de acero no sujeto a fatiga. Incluye, asimismo, transductores que convierten la presión en una señal eléctrica analógica que permite el control del instrumento. El mantenimiento remoto de los equipos puede ser controlado mediante conexión a Internet. La suma de estas potencialidades, los materiales de diseño, la combinación de diferentes presiones y temperaturas de trabajo, y los rigurosos controles de seguridad, ofrecen un amplio campo para una innovación continua y para la mejora de los modelos.

Siendo el agua el elemento compresor, la presión isostática se transmite a la velocidad del sonido, de manera homogénea y en todas las direcciones sobre todo el alimento una vez envasado y sellado en su envase final flexible, evitándose así los riesgos de una posterior contaminación. Con esta tecnología se consigue una drástica inactivación bacteriana sin elevar la temperatura, un efecto equivalente al de una pasteurización térmica, pero respetando en gran medida las características organolépticas del ali-

GRÁFICO 1

## EVOLUCIÓN DEL NÚMERO DE EQUIPOS DE ALTA PRESIÓN INSTALADOS EN TODO EL MUNDO



Fuente: Hiperbaric.

mento, cuya pérdida en alimentos oxidados es la principal causa de rechazo por el consumidor. La alta presión respeta la estructura secundaria de las proteínas y afecta solo a los enlaces más débiles, es respetuosa con el medio ambiente y preserva al máximo la frescura de los alimentos. El resultado es un alimento sin patógenos ni aditivos, con más larga vida útil, que retiene el color, el sabor, las vitaminas y los antioxidantes. Otra ventaja, no menor, es su aplicación para la apertura de moluscos y crustáceos, pues la alta presión desnaturaliza la proteína del músculo responsable de mantener cerrada la valva, lográndose economía de tiempo y evitando manipulaciones innecesarias.

Estas características contrastan notablemente con las del tratamiento térmico, en el cual el calor se trasmite sobre el alimento de forma lenta y no uniforme y se aprecian gradientes de temperatura de unas partes a otras, lo que explica su rápida expansión por los cinco continentes (figura 2).

Como empresa de base tecnológica, Hiperbaric ha desarrollado una política de promoción y captación de talento y de creación de empleo tecnológico mediante el programa Portal del Talento. La mayor parte de la plantilla está for-

mada por profesionales *senior* cuyos comienzos fueron como *junior*, es decir, titulados universitarios y de ciclos formativos que se incorporaron a la empresa como becarios en formación en algunos de los diferentes programas. El personal titulado en 2007 representaba el 50 por ciento de todo el personal, elevándose en 2014 hasta el 64 por ciento, con un 20 por ciento de mujeres. Apostando por la innovación tecnológica, la empresa ha conseguido unos resultados muy positivos, con una cifra de ventas que crece exponencialmente de año en año, y se ha convertido en líder mundial en la producción de esta tecnología.

La decidida apuesta por la I+D+i se ha plasmado en una colaboración empresarial público-privada, con participación en 20 proyectos I+D+i financiados por entidades autonómicas, nacionales y europeas, entre ellas, el Ministerio de Economía, los programas marco sexto y séptimo de la Unión Europea, así como también H2020, destacando el macro proyecto de I+D+i Cenit-Futural, con una inversión de más de dos millones de euros. El objetivo ha consistido invariablemente en el desarrollo de productos alimentarios innovadores. La empresa, que cuenta con una filial en Miami y una plantilla de cien personas, exporta más del 90 por ciento de su producción; ha vendido casi el 60 por ciento de sus

FIGURA 2

## IMPLANTACIÓN ACTUAL DE LA TECNOLOGÍA DE ALTA PRESIÓN EN LOS DIFERENTES CONTINENTES



*Fuente: Hiperbaric.*

unidades en América y ha penetrado también en el mercado asiático, donde ha comercializado ya más de una de cada diez de las unidades producidas. En 2014 dedicó a investigación, aproximadamente, un 9 por ciento sobre ventas.

La evolución de la venta mundial de esta tecnología por Hiperbaric ha sido imparable desde el año 2000, en paralelo a la de los diferentes modelos construidos. El último ha sido el H 55" de 525 litros, el más productivo del mundo por su mayor tamaño y menor coste por kilo de alimento, lo que indica que en este tipo de procesado se valora sobre todo que se respeten las propiedades de los alimentos y que estos se asemejen lo más posible a un alimento fresco no procesado. Por su parte, se han ido perfeccionando los modelos, consiguiendo cada vez mayor volumen de vasija, ciclos más cortos, mayor eficacia y menores costes.

Esta trayectoria profesional ha encontrado reconocimiento internacional en forma de diversos premios, como el IFT (Institute of Food Technologies) Food Expo Innovation Award (Nueva Orleans, Louisiana) en 2008. Ese mismo año la empresa fue seleccionada por el MIT (Boston, Massachusetts) y el Instituto Español de Comercio Exterior (Bex) como empresa tecnológica modelo. También ha

sido galardonada en los Edison Award (Nueva York) en 2015. Este último premio reconoce a Hiperbaric como líder mundial en la fabricación de máquinas para procesar alimentos por alta presión y distingue a esta empresa por haber desarrollado un método para extender de forma natural la vida útil de los alimentos mediante la presión fría como vía alternativa para destruir drásticamente el contenido bacteriano, manteniendo al tiempo las vitaminas, los nutrientes y las propiedades sensoriales de los alimentos.

## CONCLUSIONES

La investigación básica es clave para producir innovación y, a su vez, la innovación tecnológica se apoya en el conocimiento científico. El apoyo financiero a la investigación debe ser un objetivo irrenunciable en todo momento y, si cabe, más aun en tiempos de crisis económica, pues las soluciones innovadoras a los retos tecnológicos son fuente de creación de riqueza y de empleo altamente cualificado. La colaboración público-privada en acciones de I+D+i es instrumento de eficacia demostrada para producir soluciones competitivas en el mercado productivo.

## BIBLIOGRAFÍA

BRIDGMAN, P.W. (1931), *The Physics of High Pressure*, Michigan, G. Bell and Sons, Ltd.

COLLARD, P. (1985), *El desarrollo de la microbiología*, Barcelona, Reverté S.A.

COMISIÓN EUROPEA (2015), *Informe sobre España 2015*, Bruselas.

COVARRUBIAS, C.A.; FARIAS, L.; PEREZ, N.V. y E. HERNÁNDEZ (2013), "Nanocomuestos a base de polímeros dispersos y nanofibras de carbono", *Revista Iberoamericana de Polímeros*, 14 (2): 108-116.

CRUE (2015), *Encuesta Investigación y Transferencia del Conocimiento en las universidades españolas 2102-2013* (<http://www.crue.org/Paginas/Encuesta-de-Investigacion-y-Transferencia.aspx?Mobile=0>).

Du, J.; JAN, W. e Y. PENG (2010), "Life cycle greenhouse gases, energy and cost assessment of automobiles using magnesium from Chinese Pidgeon process", *Journal of Cleaner Production* 18(2): 112-119.

EAE BUSINESS SCHOOL (2015), *La inversión en I+D+i 2015*, Barcelona.

GÓMEZ DE SALAZAR, J.M.; BARRENA, M.I.; MERINO, C.; PLAETE, O. y G. MORALES (2007), "Preparación y estudio de materiales compuestos nanofibras de carbono/poliéster laminados con fibra de vidrio", *Anales de Mecánica de la Fractura*, 1: 234-238.

MARTÍNEZ HIDALGO, J.M. (1969), *Las naves de Colón*, Barcelona, Cadí.

MERINO, C.; SOTO, P.; VILAPLANA-ORTEGO, E.; GÓMEZ DE SALAZAR, J.M.; PICO, F. y J.M. Rojo (2005), "Carbon Nanofibres and activated carbon nanofibres as electrodes in supercapacitors", *Carbon*, 43(3): 551-557.

MIT TECHNOLOGY REVIEW (2010), *El grafeno gana el Premio Nobel* (<https://www.technologyreview.es/informatica/36598/el-grafeno-gana-el-premio-nobel>).

MOLERO, J. y J. DE NÓ (2015), *Ánalisis de los recursos destinados a I+D+i* (Política de Gasto 46)

contenidos en los Presupuestos Generales del Estado Aprobados para el año 2015 (Informe COSCE, 2015), Madrid, COSCE.

NATURE (2009), "Editorial: No turning back. Spain should not use the recession as an excuse to stall plans to boost its scientific enterprise", *Nature*, 462: 137-138.

OMS (1989), *La irradiación de los alimentos*, Ginebra.

PASSOS, M.L. y C.P. RIBEIRO (2010), *Innovation in Food Engineering. New Techniques and Products*, Boca Ratón (Florida), CRC Press, Taylor y Francis.

SERN AUTO/ THE BOSTON CONSULTING GROUP, *Agenda Estratégica de Componentes 2020*, Barcelona (<http://www.sernauto.es/images/agendaestrategicacomponentes2020/>).

SERRANO MARTÍNEZ, L. y A. SOLER GUILLÉN (2015), *La formación y el empleo de los jóvenes españoles. Trayectoria reciente y escenarios futuros*, Madrid, Fundación BBVA/Ivie.