

Nanotecnología: un sector estratégico en innovación y creación de valor

Javier García Martínez

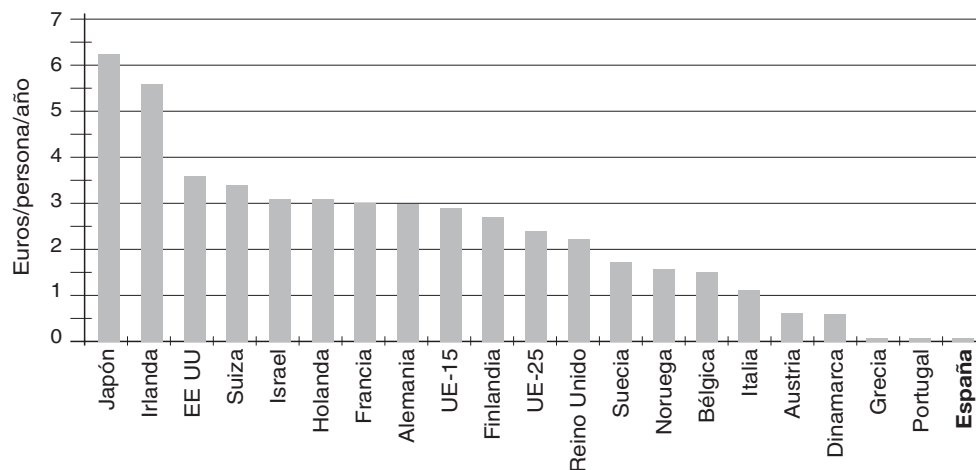
La nanotecnología se ha convertido en un sector estratégico con una espectacular previsión de crecimiento de riqueza, trabajo y calidad de vida. En España, el número de empresas dedicadas a esta actividad aumenta rápidamente, pero es todavía muy inferior al de países con un PIB similar.

En 2004, la Comisión Europea publicó el informe “Hacia una estrategia europea para las nanotecnologías”, en un intento de situar a Europa a la cabeza de esta nueva disciplina con una previsión de beneficio de un billón de dólares en 2010.¹ En este informe se detalla que los países punteros en desarrollo nanotecnológico dedican en torno a seis euros por persona y año; la media europea se sitúa tan sólo en tres. En el vagón de cola se encuentra España con sólo cuatro céntimos de euro. Es evidente que con estas grandes diferencias, que se muestran con crudeza en el gráfico 1, no es posible competir en condiciones favorables, a pesar de la dedicación y talento de los científicos españoles.

¿Pero, qué es en realidad la nanotecnología? ¿Por qué es importante que España no deje escapar esta nueva ola tecnológica? Todo lo que nos rodea, desde nuestros seres queridos a los bienes de consumo, está hecho de tan sólo 90 sustancias simples, a las que llamamos elementos químicos, que no pueden descomponerse en otras más sencillas. La tabla periódica recoge alguno más, en total 111, según la última clasificación de la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (Iupac, en sus siglas en inglés), pero estos elementos adicionales se han preparado artificialmente y no se encuentran disponibles en la naturaleza. Así que sólo tenemos 90 ladrillos elementales con los que construir nuestros puentes,

Javier García Martínez es cofundador y científico jefe de la *spin-off* del MIT Rive Technology y director del Laboratorio de Nanotecnología Molecular de la Universidad de Alicante. En 2007, la revista *Technology Review* le entregó el premio TR35, que se concede anualmente a los científicos, menores de 35 años, más influyentes del mundo. j.garcia@ua.es

Gasto público en I+D+i en nanotecnología por países en 2004



Fuente: *Hacia una estrategia europea para las nanotecnologías*. Comunicación de la Comisión de las Comunidades Europeas, 2004.

fabricar las medicinas del mañana, o encontrar una nueva fuente de energía que sea segura y renovable. En general, lo que hacíamos hasta ahora era combinar estos elementos para construir moléculas más complejas con las propiedades deseadas. Ésta ha sido, y todavía es, una de las grandes contribuciones de la química al desarrollo económico y al bienestar. La nanotecnología nos permite mejorar las propiedades de los materiales de una forma totalmente distinta. Ahora no es necesario cambiar su composición, sino que es suficiente con controlar su estructura más íntima, es decir, como están conectados los átomos que la componen. Quizá con un ejemplo quede más claro. De estos 90 elementos naturales, existen nueve que se conocen desde la antigüedad. Uno de ellos es el carbono, que nos ha acompañado desde que nuestros antepasados lo utilizaban para calentarse o adornar el interior de las cuevas con sencillas, pero hermosas pinturas rupestres. Después de tanto tiempo, pensábamos que lo conocíamos todo sobre él. Sin embargo, hace sólo unos años, en 1985, Harold Kroto, James Heath, Sean O'Brien, Robert Curl y Richard Smalley descubrieron el fullereno, una nueva forma del carbono desconocida hasta entonces. Estos nanomateriales están compuestos sólo de átomos de carbono que, formando hexágonos y pentágonos, se cierran en estructuras más o menos esféricas. En realidad, los fullerenos han estado siempre cerca de nosotros, por ejemplo en el hollín de una

1. *Hacia una estrategia europea para las nanotecnologías*. Comunicación de la Comisión de las Comunidades Europeas (2004).

ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/nanotechnology/docs/nano_com_es.pdf

vela o tras la descarga de un relámpago, esperando a ser descubiertos. Pocos años más tarde, en 1991, Sumio Iijima nos volvió a sorprender al añadir un nuevo material de carbón a la lista, los nanotubos de carbono. Pero, ¿cuál es la importancia práctica de estos descubrimientos? ¿Simplemente conocer nuevas estructuras en la naturaleza o hay algo más? Estos materiales, que son carbón, como lo es el grafito o el diamante, tienen unas propiedades muy distintas. En realidad, algunas de estas propiedades son realmente extraordinarias, por lo que no hemos tenido que esperar mucho para que se utilicen en aplicaciones electrónicas, como aditivo en polímeros, en tintas conductoras o en partes de fuselaje de los aviones, por citar sólo algunos ejemplos.

Después de esta breve introducción, estamos en condiciones de proponer una definición de trabajo sencilla que nos permita, con algunas limitaciones, avanzar en el análisis de oportunidades. La nanotecnología es el conjunto de técnicas de fabricación y manipulación a escala nanométrica, esto es, la millonésima parte del milímetro.

El 29 de diciembre de 1959, en la reunión de la Sociedad Americana de Física en el Instituto de Tecnología de California (Caltech), el premio Nobel de esta disciplina Richard Feynman, en su visionaria conferencia “Hay mucho sitio al fondo”, indicó la posibilidad –al menos la ausencia de impedimentos físicos– de fabricar estructuras en la última frontera de la miniaturización. Según sus palabras: “Los principios de la Física, tal y como yo lo veo, no impiden la posibilidad de manipular las cosas átomo a átomo”. Construir estructuras cada vez más pequeñas nos permite fabricar circuitos cada vez más complejos, *microchips* con mayor densidad de transistores y sistemas de memoria con mayor capacidad de almacenamiento. Pero la nanotecnología es mucho más que fabricar cosas muy pequeñas. Los griegos, que fueron los primeros en plantearse muchas preguntas fundamentales de forma racional, estaban intrigados por saber de qué estaban hechas las cosas. Ellos fueron los que establecieron la clasificación de los cuatro elementos (tierra, agua, aire y fuego) que duró cientos de años. Pero no todos estaban de acuerdo con esta teoría. Un grupo de ellos, que hoy conocemos como atomistas, proponían, ya en el siglo V a. C., que todas las cosas estaban hechas de pequeñas partículas indivisibles. Tuvieron que pasar más de 2.000 años para que en el siglo XIX se aceptara de forma definitiva esta visión discontinua del mundo. Basado en sus descubrimientos, hoy se enseña en las clases de ciencias de todo el mundo que las moléculas son la parte más pequeña de una sustancia que mantiene sus propiedades. Sin embargo, estamos descubriendo que en muchos casos cuando el tamaño de algunos materiales es de sólo unos pocos nanómetros sus propiedades cambian drásticamente. El oro toma

color rojo, el paladio se comporta como un imán y los semiconductores emiten luz en todo el espectro del arco iris. Precisamente por esta razón, los nanomateriales pueden definirse como sólidos cuyas propiedades dependen del tamaño. Esta definición alternativa nos da una idea más acertada del interés y las aplicaciones de la nanotecnología. Por poner un ejemplo, en el Laboratorio de Nanotecnología Molecular de la Universidad de Alicante se han desarrollado nanomateriales que presentan excelentes propiedades como catalizadores y en la separación de gases gracias al desarrollo controlado de su porosidad.

Aplicaciones de la nanotecnología

De acuerdo con varios estudios independientes, existen al menos 500 productos comerciales que utilizan la nanotecnología. De hecho, la revista *Forbes* destaca cada año los *Top Nano Products of the Year*, es decir, los 10 mejores productos de nanotecnología del año. En la primera etapa de la comercialización de la nanotecnología, estos productos, en su mayoría, presentan un tratamiento superficial o la adición de algún nanomaterial que mejora sus propiedades mecánicas (material deportivo o militar), superficiales (textiles o pinturas) o que permiten una mejor aplicación o dosificación (cosméticos). Mirando a más largo plazo, existen dos áreas de investigación que merecen una especial atención. Por un lado, la aplicación de nanomateriales en la producción, transformación y almacenamiento de energía. En este sentido, destacan las nuevas generaciones de células fotovoltaicas más eficientes, flexibles, económicas y sin necesidad del uso de silicio. En la futura economía del hidrógeno, la nanotecnología tiene un papel clave tanto en la producción de energía con pilas de combustible como en el almacenamiento de hidrógeno en nanotubos de carbono y en nanomateriales metálicos y cerámicos. Por otro lado, existe un enorme esfuerzo investigador en el uso de la nanotecnología para el diagnóstico y tratamiento de enfermedades. El Instituto Nacional del Cáncer de Estados Unidos tiene un ambicioso programa conocido como el National Cancer Institute Alliance for Nanotechnology in Cancer, para la lucha contra el cáncer mediante la nanotecnología.² Esta línea de investigación ya ha dado lugar a algunos resultados relevantes en los que se han depositado grandes esperanzas. Nanopartículas de distintos materiales biocompatibles cuya superficie se ha modificado químicamente para que se adhieran selectivamente a células tumorales. Estas nanopartículas pueden actuar

2. Web del National Cancer Institute Alliance for Nanotechnology in Cancer.
<http://nano.cancer.gov/>

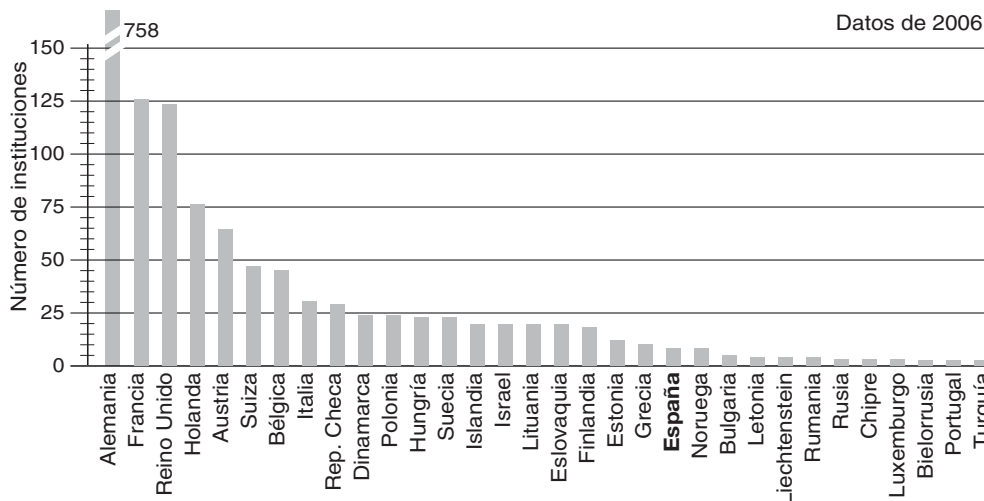
como marcadores que permitan un diagnóstico precoz de la enfermedad, mejorando notablemente su pronóstico. También pueden cargarse con medicamentos muy potentes que, al liberarse selectivamente sobre el tumor, producen menos efectos secundarios y son más efectivos. A la luz de estas aplicaciones, no es extraño que los países desarrollados hayan incluido la nanotecnología en sus áreas de investigación prioritaria.

Producción científica y protección intelectual en nanotecnología

Hoy en día, es relativamente sencillo determinar el impacto científico gracias a distintas herramientas informáticas especializadas; si bien, esta actividad no está exenta de riesgos, ya que es difícil cuantificar algo tan intangible como la generación de conocimiento. El objetivo es en realidad más modesto y sólo pretende obtener alguna indicación relativa de la cantidad, relevancia o impacto de la actividad científica. En el caso de la nanotecnología en Europa, la Universidad de Leiden y el Instituto Fraunhofer de Sistemas e Investigación de la Innovación han desarrollado, dentro del proyecto *Mapping Excellence in Science and Technology across Europe*, un buscador *online* de acceso libre que permite ordenar las distintas instituciones en función del número e impacto de sus publicaciones.³ Utilizando esta herramienta de generación de mapas bibliométricos y seleccionando el número de citas en nanotecnología como criterio, sólo encontramos una institución española entre las 100 primeras de todo el mundo: la Universidad Autónoma de Madrid, algo que no es sorprendente atendiendo al escaso número de instituciones que trabajan fundamentalmente en nanotecnología en España (gráfico 2). Aunque es posible utilizar otros criterios y otras herramientas, la conclusión que se obtiene no es muy distinta: a pesar del notable crecimiento en cantidad y calidad de las publicaciones en nanotecnología en España, estamos aún lejos de liderar la investigación en este campo. En la carrera por liderar este nuevo sector tecnológico, no se trata de lo rápido que uno progresa, sino de cómo lo hace con respecto a los otros; y en el caso de la nanotecnología el crecimiento de algunos países en los últimos años ha sido espectacular. Habría que destacar el caso de China que, en los últimos años, ha apostado de una forma decidida por la I+D+i. Un porcentaje importante de los beneficios generados en los últimos años –en los que ha crecido a más del 10% anual– se han dedicado a mejorar su situación en innovación y creación de conocimiento. Esta inversión estratégica ha situado a China como el segundo país en el número de publicaciones (gráfico 3) y el quinto en el número de patentes en nano-

3. *Mapping Excellence in Science and Technology across Europe*.
<http://studies.cwts.nl/projects/ec-coe/cgi-bin/izite.pl?show=home>

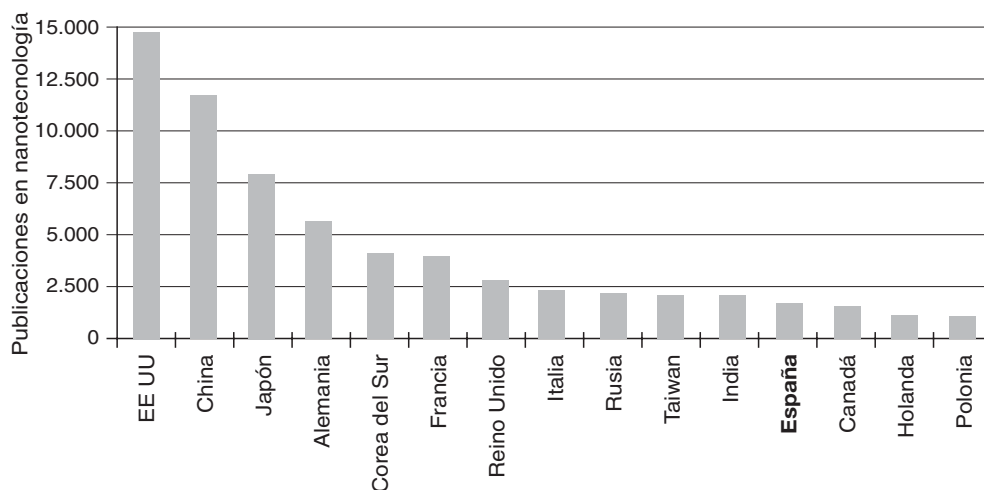
Número de instituciones dedicadas a la I+D+i en nanotecnología en Europa



Fuente: A. Hullmann, *The economic development of nanotechnology. An indicators based analysis*, 2006.

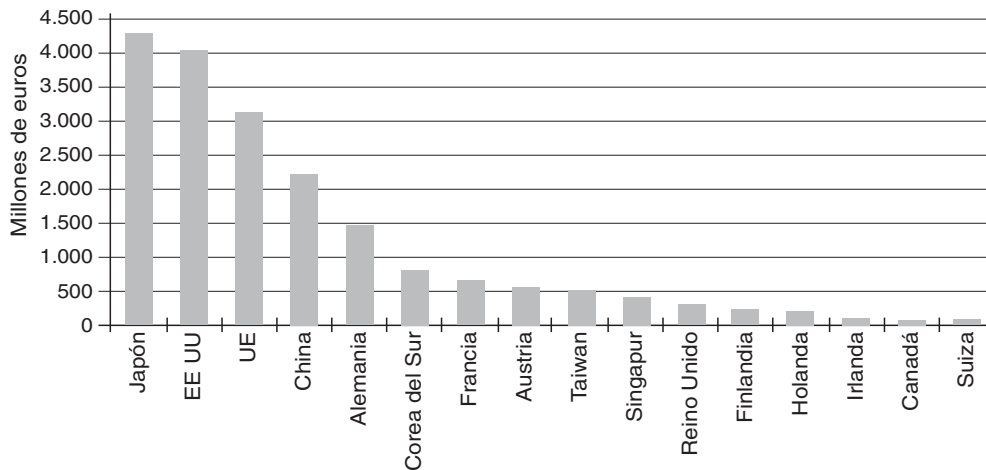
tecnología. Hasta ahora China, igual que Japón en el pasado, se ha caracterizado por competir con productos baratos de poca calidad. Sin embargo, está haciendo todo lo posible por utilizar las ganancias de estos años para competir en condiciones más favorables. España es hoy en día un país caro, con costes elevados, y con poca innovación y escasa inversión en I+D. Sin duda, una combinación peligrosa si no se sabe reaccionar a tiempo.

Distribución por países de la producción científica en el área de nanotecnología en revistas especializadas en 2005



Fuente: R.N. Kostoff et al., "Global nanotechnology research metrics", *Scientometrics*, 2007.

Previsión de financiación en nanotecnología para el periodo 2006-10



Fuente: *Nanotechnology in Europe. Ensuring the EU Competes Effectively on the World Stage*, European Nanotechnology Trade Alliance, 2007.

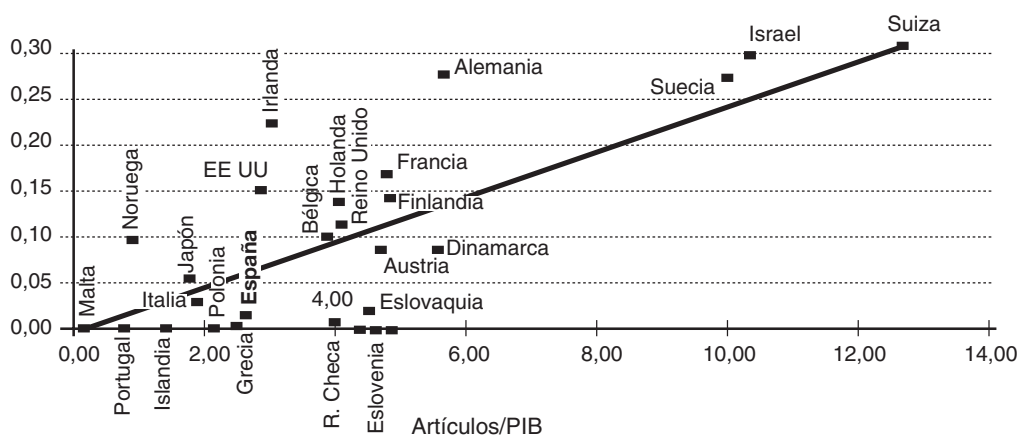
La nanotecnología es un sector estratégico, con un enorme potencial de creación de valor en los próximos años. Según un buen número de estudios, el mercado de la nanotecnología generará en 2015 entre uno y tres billones de dólares.⁴ Esta previsión de crecimiento es el resultado, entre otros factores, de un incremento exponencial en el número de patentes en nanotecnología, especialmente en nanomateriales, nanomagnetismo, nanoóptica, bionanotecnología y nanoelectrónica. De acuerdo con SciFinder CAS, a finales de 2007 había 9.000 patentes en nanotecnología. Desgraciadamente, España sólo posee 24 de estas 9.000 patentes, lo que supone el 0,25% del total. La protección y licencia de la propiedad intelectual es fundamental para la creación de empresas de base tecnológica, por lo que, con estas cifras, es difícil imaginar una verdadera industria nanotecnológica en España en los próximos años, si no se produce un cambio copernicano en la financiación, promoción y apoyo a la I+D+i. Algo que, según la previsión de financiación en nanotecnología para el periodo 2006-10 de la European Nanotechnology Trade Alliance (gráfico 4) está lejos de producirse. Sin duda, un gasto público en nanotecnología de sólo cuatro céntimos de euro por persona y año, 100 veces menos de lo que dedican los países líderes en

4. A. Hullmann, *The economic development of nanotechnology. An indicator based analysis*. Comisión Europea, DG Research. (2006).

ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/nanotechnology/docs/nanoarticle_hullmann_nov2006.pdf.

E. C. M. Noyons, R. K. Buter, A. F. J. van Raan U. Schmoch, T. Heinze, S. Hinze, R. Rangnow. *Mapping Excellence in Science and Technology across Europe*. Nanoscience and Nanotechnology: Universidad de Leiden, 2003.

Producción de patentes frente a producción de artículos normalizado según el PIB por países en 2003



Fuente: *Mapping Excellence in Science and Technology across Europe*, 2003.

el área, nos deja en una situación de desventaja. Es necesaria una inversión pública, pero también privada, que esté a la altura de la posición económica de España.

El indicador más claro de la necesidad de liderar esta nueva área tecnológica es, probablemente, el ya comentado crecimiento exponencial en el número de patentes. Además, el hecho de que se encuentre en pleno crecimiento, la hace especialmente interesante. Existen importantes aspectos de la nanotecnología que están aún por definir e importantes descubrimientos por realizar. Por eso, aquéllos que consigan las primeras patentes, aquéllas con contenidos más generales, son los que tendrán una posición de ventaja y liderarán la industria nanotecnológica en los próximos años. Para ello, como hemos señalado anteriormente, es necesaria una financiación decidida y a tiempo; pero el dinero no es suficiente. Japón, EE UU y la Unión Europea invierten cantidades similares en sus distintos programas de fomento de la investigación en nanotecnología. Sin embargo, Europa está muy por debajo en el número de patentes en este campo, agravándose el problema en los países del Mediterráneo. Entre las varias razones que se han esgrimido para explicar este hecho (que se verifica para otras tecnologías) destacan la fragmentación y descoordinación de la financiación en Europa, un mayor peso del sector privado, pero, sobre todo, la falta de cultura y formación en protección intelectual.⁵

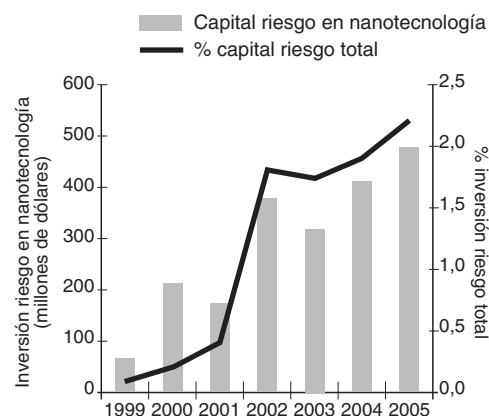
⁵ *Nanotechnology in Europe. Ensuring the EU. Competes Effectively on the World Stage Survey & Workshop organised by Nanoforum*, 2007.

Los países que han apostado por la nanotecnología desde hace años con inversiones públicas decididas presentan una buena relación de generación de patentes. El gráfico 5 resulta muy revelador, especialmente cuando se compara con el gráfico 1. En él se representa el número de patentes frente al número de publicaciones por países normalizado según su PIB. Países como República Checa, Israel y Suecia tiene una buena producción en nanotecnología (0,25 patentes/PIB y 10 publicaciones/PIB), mientras que Malta y Portugal presentan las producciones más bajas (menos de 0,01 patentes/PIB y una publicación/PIB), que se corresponde con el menor gasto público (gráfico 1). España no está mucho mejor. Pero también podemos utilizar este gráfico para estudiar el carácter aplicado de esta investigación. De media, cada país produce una patente cada 50 artículos científicos, que corresponde con la línea ascendente en el gráfico. Países que llevan apostando por la nanotecnología desde comienzos de esta década, como Irlanda, que gasta 5,6 euros por persona y año en nanotecnología, produce una patente cada 18 artículos. España, que todavía no ha apostado por la nanotecnología decididamente, sólo produce una patente cada 300 artículos. Pero, como destacábamos antes, la falta de financiación no es el único factor. La enorme presión por publicar los resultados de una investigación cada vez más competitiva desincentiva la protección de la propiedad intelectual, claramente infravalorada en el ámbito universitario español. La Ley de la Ciencia de 1986, que ha sido muy útil para incrementar la producción científica en España, no promueve adecuadamente la generación de patentes y la creación de empresas de base tecnológica por parte o en colaboración con la comunidad universitaria, responsable de buena parte de la investigación que se desarrolla en España. Para cambiar esta situación de falta de incentivos, sería conveniente una reforma que incluyera la creación de empresas de base tecnológica, como actividad, en el baremo que se utiliza para la incorporación y promoción del profesorado en la universidad, al igual que se valora la docencia y la investigación.

Creación de empresas de base nanotecnológica

En los últimos años, las empresas de capital riesgo han invertido decididamente en las empresas de base nanotecnológica. En el gráfico 6, se muestra la evolución de esta inversión para el periodo 1999-2005, llegando al final de este periodo a los 500 millones de dólares. Desgraciadamente, sólo el 3,5% del capital riesgo en nanotecnología se invierte en Europa, lo que demuestra la dificultad de la UE por traducir la excelente investigación que realiza en creación empresarial y de riqueza. De las 10 empresas

Evolución de la inversión de capital riesgo en el área de nanotecnología



Fuente: A. Hullmann, *The economic development of nanotechnology. An indicators based analysis*, 2006.

de inversión en capital riesgo más activas en nanotecnología, según el *ranking* del Nanotechnology Law and Business, la mayoría son también norteamericanas. Esta apuesta decidida de EE UU por la nanotecnología, iniciada y promovida desde la National Nanotechnology Initiative tanto por la administración Clinton como, posteriormente, por la del presidente Bush, le ha permitido situarse a la cabeza en la creación de empresas en nanotecnología de base nanotecnológica.

El crecimiento exponencial del sector nanotecnológico no ha pasado desapercibido para los inversores, atentos a cualquier oportunidad de negocio.

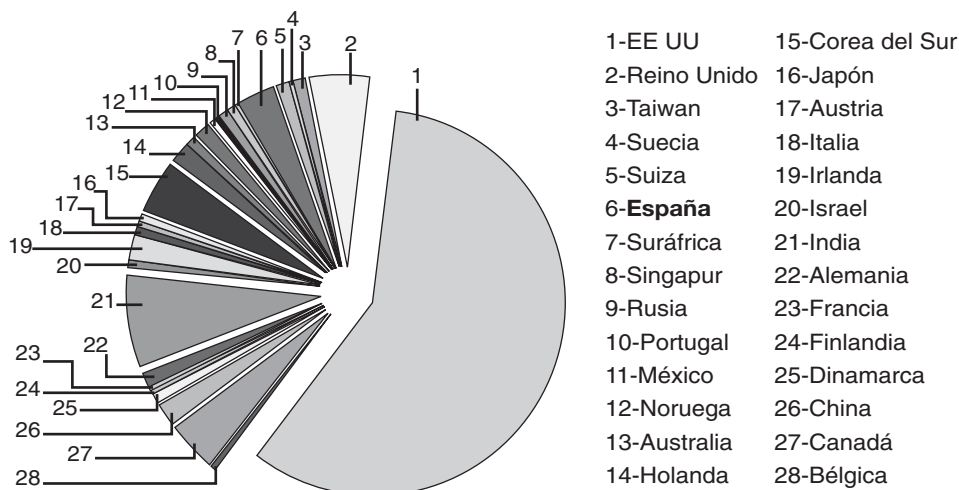
De hecho, existen al menos dos fondos de inversión especializados en nanotecnologías que incluyen sólo empresas de este sector, el Global Crown Capital Nanotechnology Index ^(TM) y el PowerShares Lux Nanotech Portfolio. Estos fondos de inversión están diseñados para el inversor atento que quiere aprovechar la ola de crecimiento de un sector en expansión y con ramificaciones en sectores clave de las nuevas tecnologías.

Pasamos ahora a analizar cómo es el mapa de la industria nanotecnológica a escala mundial desde dos estudios independientes y desde dos enfoques distintos. The International Small Technology Network contabilizaba a finales de 2007, 1.057 empresas dedicadas fundamentalmente a la nanotecnología.⁶ En el gráfico 7, presentado por sectores, se observa la contribución de cada país a la industria nanotecnológica. EE UU lidera esta clasificación con más del 50% del total de las empresas dedicadas a esta tecnología, seguido de lejos de Alemania, Canadá, Suiza, Japón, Reino Unido y XX. Este liderazgo es aún más claro, según un estudio más selectivo, en el que sólo se tuvieron en cuenta las 147 empresas más importantes en el área de la nanotecnología. Este trabajo apareció publicado en 2006 en forma de libro titulado *Investing in Nanotechnology. Profiles over 100 leading nanotechnology companies*.⁷

6. The International Small Technology Network. <http://www.nanotechnology.com/>

7. J. Uldrich, *Investing in Nanotechnology. Profiles over 100 leading nanotechnology companies*. Avon, Massachusetts: Adams Media, 2006.

Distribución por países de las 1.057 empresas de nanotecnología que existían a finales de 2007, según The International Small Technology Network



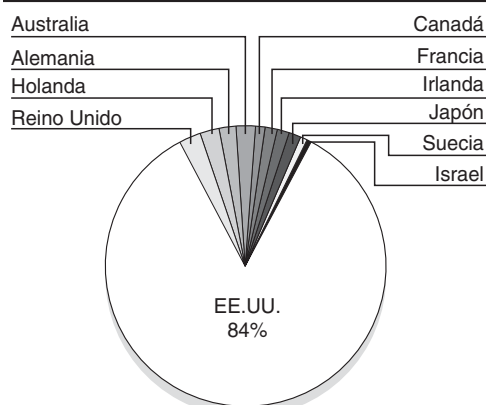
Fuente: The International Small Technology Network. www.nanotechnology.com (14/11/07).

Según este estudio, el 84% de las principales empresas de nanotecnología son norteamericanas. Este liderazgo es el resultado de una inversión decidida y a tiempo, pero también de una investigación extensa y de calidad. EE UU es el país con mayor número de artículos: 14.750 en 2005 (gráfico 8) y con mayor número de autores entre los más citados del mundo. Este esfuerzo investigador se ve, además, traducido en un gran número de patentes, lo que sitúa a EE UU también a la cabeza de la protección intelectual en nanotecnología. Ésta es la base sobre la que jóvenes emprendedores establecen sus patentes, consiguen capital riesgo adecuado y crean las empresas líderes en el mercado de la nanotecnología.⁸ Estas tres etapas: investigación de calidad, protección intelectual y buenas condiciones financieras (pero también legales, administrativas e incluso culturales) son necesarias para desarrollar un sistema I+D+i que genere riqueza, empleo y mejor calidad de vida. En general, en Europa, y en especial en los países del Mediterráneo, fallamos a medida que avanzamos en estas etapas: protección intelectual y creación empresarial, lo que no permite extraer el valor del conocimiento generado.

A pesar de que la nanotecnología aún nos suene a ciencia ficción, estamos más cerca de una verdadera industria nanotecnológica de lo que nos podemos imaginar. No sólo por el número creciente de pro-

8. *Recommendations for Business Incubators, Networks and Technology Transfer from Nanoscience to Business Summary of Nano2Business Workshop*. Nanoforum, 2007.

Distribución de las empresas líderes en el área de nanotecnología, por países



Nota: Distribución sobre 147 empresas líderes en nanotecnología.

Fuente: J. Uldrich, *Investing in Nanotechnology. Profiles over 100 leading nanotechnology companies*, 2006.

ductos disponibles en el mercado que se han elaborado o contienen algún elemento propio de la nanotecnología, sino porque ya genera un buen número de puestos de trabajo y es una industria en crecimiento con un buen volumen de negocio. En 2008, se espera que la nanotecnología genere un millón de empleos, valor que llegará a los 10 millones en 2014 (gráfico 9). Esto supondrá el 11% de todos los trabajos de manufactura del mundo. Este dato pone de manifiesto la necesidad de una formación adecuada en nanotecnología

para los nuevos trabajadores, a sus distintos niveles.⁹

Una mirada a nuestro país

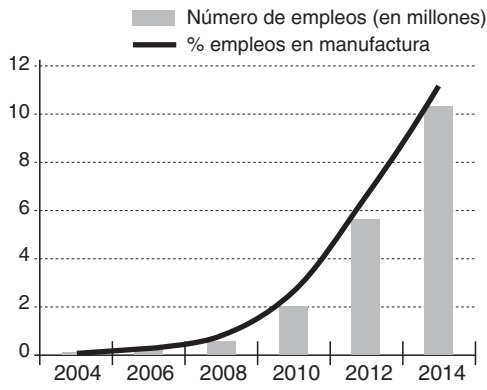
En los últimos años, en España ha aumentado la cantidad y calidad de la investigación en nanotecnología. Según NanoSpain, a principios de 2008, existen en nuestro país 233 grupos de investigación en nanotecnología, que agrupan a más de 1.200 científicos.¹⁰ Recientemente, se han inaugurado en España algunos centros dedicados fundamentalmente a la investigación en nanotecnología, tales como el Instituto de Nanociencia de Aragón, el Instituto Catalán de Nanotecnología y, más recientemente, el NanoGune en San Sebastián, a los que se unirán en los próximos años otro en Madrid y uno compartido con Portugal en Braga. En muchos casos, el diseño, organización e incluso las plantillas de estos centros son el resultado de trasplantar grupos de investigación de la universidad más cercana. Si bien este modelo tiene algunas ventajas, en general, se traduce en una investigación continuista pero, sobre todo, separada de la necesidad empresarial circundante. Es necesario un modelo de excelencia con mayor presencia privada, en la que la financiación, organización, selección del personal y diseño de las líneas de investigación atiendan a las necesidades empresariales y de innova-

9. E. T. Foley y M. C. Hersam, *Assessing the Need for Nanotechnology Education Reform in the United States*. Nanotechnology Law & Business, 2006.

10. Spain NanoTechnology Think Tank. SNT3. Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología, 2004.

Nanotecnología. La Revolución Industrial del Siglo XXI. Fundación de la Innovación Bankinter, 2006.

Previsión de la evolución del empleo en el área de nanotecnología para la década 2004-14

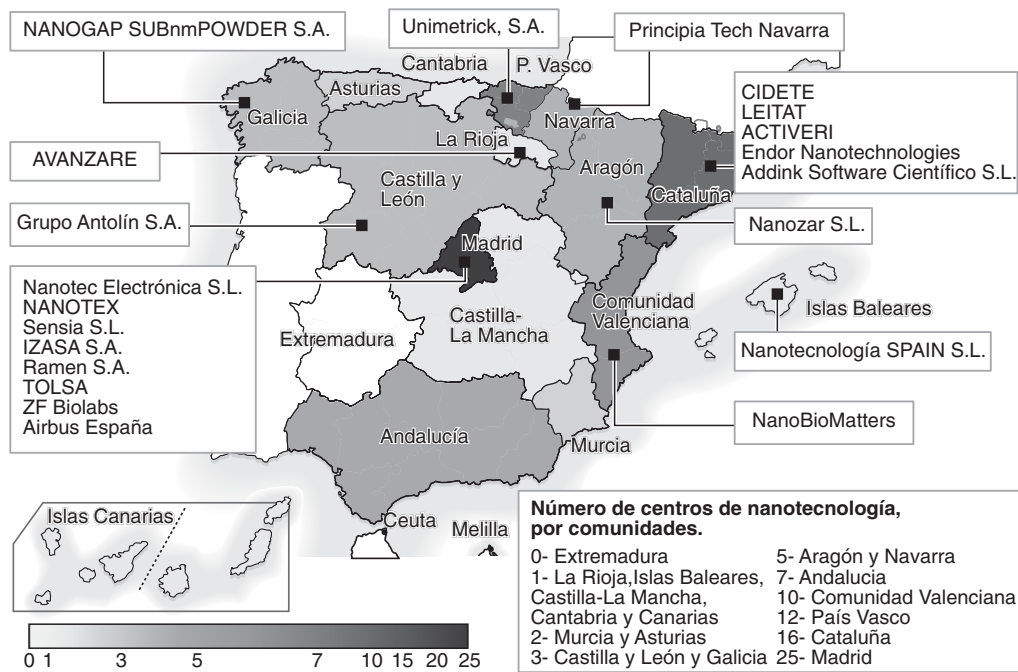


Fuente: A. Hullmann, *The economic development of nanotechnology. An indicators based analysis*, 2006.

ción del área de influencia, en un modelo más similar a los centros tecnológicos que a los institutos universitarios. El número de empresas dedicadas a la nanotecnología en España ha crecido rápidamente en los últimos años, si bien su número es todavía muy inferior al que presentan países con un PIB similar al nuestro. En el gráfico 10, se presenta el mapa de la nanotecnología en España. En él se muestra, mediante escala de grises, el número de centros de nanotecnología por comunidades autónomas. La brecha en la inversión en I+D+i entre las

distintas comunidades autónomas se ve reflejada en este mapa. Así, las comunidades con mayor inversión son también las que han dado lugar a un mayor número de empresas. Finalmente, se han destacado las empre-

La nanotecnología en España



Fuente: Elaboración propia.

sas, también por comunidades, que desarrollan o comercializan productos basados en la nanotecnología.

En resumen, la nanotecnología es una realidad a la que se dedican cientos de empresas, miles de científicos y cientos de miles de trabajadores en todo el mundo. Podemos comprar productos que se han fabricado gracias a ella y estudiarla en universidades y centros de investigación. La nanotecnología se ha convertido en los últimos años en un sector estratégico con una espectacular previsión de crecimiento de riqueza, trabajo y calidad de vida. Muchos han apostado ya decididamente por ella. España puede estar a la cabeza de la industria nanotecnológica en los próximos años porque cuenta con suficientes recursos económicos, científicos de prestigio, empresarios capaces y un tejido industrial capaz de abastecer y beneficiarse de esta nueva industria.