

CONVERGENCIA: INVESTIGACIÓN, TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN.

«III Premio a la Innovación»

Fundación Alberto Elzaburu.

La prosperidad de una nación, el bienestar de sus ciudadanos y sus perspectivas de futuro descansan en la solidez de sus estructuras democráticas, la fortaleza de su sistema educativo y en la vitalidad de su iniciativa científico-tecnológica. En nuestro tiempo, el entramado ciencia-tecnología afecta a cualquier aspecto de la política, sea seguridad nacional, economía, energía, materias primas, educación o salud.

D. Jesús Muñoz Jiménez, mi felicitación por el Premio que es aportación al marco citado. Mi reconocimiento a la Fundación Alberto Elzaburu que, con esta iniciativa, a ello contribuye, a la vez de mi gratitud por su generosidad al honrarme para ocupar esta tribuna. Mi consideración a la Fundación Mapfre, que acogiendo este acto refuerza su significado. Y mi aprecio a los asistentes que con su presencia respaldan la idea. Señoras y señores.

«Imaginen la vida sin vacunas contra la polio o la viruela y marcapasos cardíacos. O computadoras digitales. O sistemas municipales de purificación de aguas. O predicciones meteorológicas. O terapéuticas anticancerosas avanzadas. O compañías aéreas. O vegetales resistentes a plagas o sequía. O unidades de resucitación cardiopulmonar. Estos y otros miles de avances tecnológicos han hecho de la sociedad Americana la más avanzada de la historia. Han hecho a nuestra economía más competitiva, creado millones de puestos de trabajo y sustentado nuestro estándar de vida. Han mejorado nuestra salud y expandido nuestras vidas. Pero todo ello no ha surgido de la nada. Son productos de una alianza a muy largo plazo que ha hecho de la política nacional un compromiso con el descubrimiento y el desarrollo. Administraciones de ambos partidos, trabajando codo con codo en el Congreso, han apoyado la investigación universitaria como un ingrediente vital para el futuro de nuestro País. La industria ha jugado un papel igualmente crítico, seleccionando cuidadosamente nuevas tecnologías e introduciéndolas en el mercado [...] Hoy, los firmantes, creen que el futuro económico y el bienestar social de nuestro País parece que inician una pendiente decreciente. Nosotros, personalmente, estamos convencidos que compañías Americanas grandes y pequeñas, establecidas y emprendedoras, dependen de dos productos de nuestras universidades investigadoras: nuevas tecnologías y científicos e ingenieros bien formados». Los ejecutivos de dieciséis de las compañías tecnológicas líderes de EE.UU. firmaron un documento —acabo de leer unos párrafos— urgiendo al Gobierno, en un momento de recortes presupuestarios —William F. Clinton llevaba dos años en la Presidencia—, continuar con el tradicional apoyo a la investigación académica básica y aplicada. El manifiesto, en el que no aparece la firma de científico alguno, apareció en el *Washington Post*, el día cinco de mayo de 1995, con el título *A Moment of Truth for America*.

Para David Weatherall, *Regius Professor* de Medicina en Oxford, el papel cada vez más importante que juega la ciencia en nuestras vidas y la problemática ético-social que implica, exige que la ciudadanía sea cada vez más ilustrada en los temas científico-tecnológicos. Nuestros políticos deben comprender los rudimentos de la evidencia científica, y la sociedad en su conjunto debe estar lo suficientemente bien informada para comprender lo que mejor le conviene y participar activamente en los debates de las implicaciones cada vez más complejas de los avances científicos.

La importancia de la ciencia y la tecnología para el desarrollo económico está fuera de toda duda. Datos cuantitativos y análisis históricos aportan la evidencia empírica de tal aseveración. La década de 1970 fue fértil en teorías que ayudaron a comprender el proceso por el que ciencia y tecnología condujo a un progreso económico y social sin precedentes. Todas ellas, empujadas por campos emergentes, demandan estudios que exigen la convergencia de muchas disciplinas ahora marchitas. Parafraseando: la disciplina ha muerto; muerta está. Se implantan la ingeniería de la biosfera, en economía las nuevas teorías del crecimiento, la sociología reelabora las ideas originales mertonianas en cuanto a sus relaciones entre los mundos público y privado. Historia económica, arqueología industrial e historia empresarial proporcionan importantes contribuciones a la comprensión de los procesos de los cambios tecnológicos, innovación y desarrollo de negocio. En el ámbito de la legislación, la propiedad intelectual es tema dominante (Doll, Heller&Eisenbegr), y emergen nuevos planteamientos conflictivos en el terreno del Derecho respecto a la competitividad, dinámica y ética de campos científicos y tecnológicos como biotecnología, robótica o inteligencia artificial (*Scientific Responsibility, Human Rights & Law*). El referente que representa el semanario científico *Science*, publicado por AAAS —la más amplia organización científica del planeta— incluye en el número correspondiente al día once de noviembre un artículo sobre «precaución y gobernanza de las tecnologías emergentes». Estrategias preventivas respecto a las acciones de gobierno de las tecnologías transgresoras, elevan su voz para poner coto a su utilización sobre la base de potenciales peligros derivados de su complejidad e incertidumbre. Se vuelve a las puertas de la moratoria sobre la tecnología del rADN hace cuarenta años. Ciencia y Ley deben ponerse a trabajar. La emoción de la innovación no es mejor ni peor que el pánico al riesgo como bases de una política racional.

Este entorno abre las puertas, al menos, a dos grandes temas: el desarrollo de una mejor comprensión de las relaciones entre ciencia y tecnología y crecimiento económico, y la construcción de indicadores asociados con los aspectos inmateriales de la emergente economía basada en el conocimiento. La relación entre ciencia y tecnología y el crecimiento económico es muy compleja. Desde Kozmetsky, en 1993, se vienen criticando los modelos lineales de innovación. Tradicionalmente, el éxito de la comercialización de la manida I+D se explicó como el resultado de ese proceso lineal que tiene como punto de partida la investigación científica y progresa hacia el desarrollo tecnológico, antes de enfrentarse a la financiación, manufacturación y mercado. No se exploraron posibles conexiones entre academia, empresa e instituciones públicas, más allá de las expectativas de que las universidades producían ciencia y la empresa comercializaba tecnología. Hoy se acepta que existen más relaciones de las entonces esperadas entre innovación tecnológica, generación de riqueza económica y creación de puestos de trabajo que las correspondientes al flujo unidireccional desde la I+D al producto. Se requiere la convergencia de ciencia, tecnología, socio-economía y cultura para explicar la dinámica de la innovación.

El comienzo del cambio descansa en dos teorías. La idea de que la simple acumulación de capital físico y trabajo no es suficiente para dar cuenta del crecimiento real se ha reconocido desde Adam Smith, aunque fue Solow, en 1956, quién primero habló de cambio tecnológico. La segunda perspectiva tradicional se asocia con la teoría económica de Schumpeter, para quién hombres de negocio y firmas no son elementos meramente pasivos que ajustan los precios a las idiosincrasias del mercado. Schumpeter indicó que las expectativas de beneficios no solo inciden en el precio sino

que fuerzan al emprendedor a innovar y, con ello, escalar posiciones en el mercado. Una posición temporal porque la competencia copiará al innovador: «destrucción creativa», la denominó Joseph Alois. Con todo, la innovación aparece en el primer plano del progreso económico lo que deriva en prosperidad. Schumpeter concluyó que las grandes corporaciones podrían mantener una ventaja en el mercado —monopolización— al institucionalizar el esfuerzo innovador mediante grandes inversiones en I+D.

Lo que subyace en el mecanismo de crecimiento económico es la acumulación de conocimiento subsiguiente a la generación de nuevas ideas y nuevas capacidades personales, lo que propició la explicación de Arrow. Luego, Lucas añadió la importancia de la educación formal y, en tercer lugar, el apoyo a la investigación por Romer. En cualquier caso, la realidad es bastante más compleja que los modelos teóricos que pretenden explicarla.

Fue Edquist, en 1997 tras otras iniciativas, quién apostó por el concepto de «sistema nacional de innovación»: gobierno, empresas, universidades, laboratorios de investigación, sistema financiero y un sinfín de otros actores toman parte en el proceso de acumulación de conocimiento que se refleja en la producción de innovación. Las acciones de estos actores y las interacciones entre ellos determinarán el impacto del conocimiento y de la innovación en la prosperidad de sus respectivas naciones. Un paso más lo dieron Cooke y Morgan en términos de «economías asociativas» donde emergen los sistemas regionales, áreas metropolitanas y corredores de innovación.

Las estrategias para construir y mantener con éxito regiones de alta tecnología han sido propuestas e implementadas a lo largo y ancho del mundo por líderes de los negocios, gobiernos y academia cuando comenzaron a tener noticias del potencial de creación de riqueza y crecimiento exponencial tecnológico de las tecnópolis pioneras como *Silicon Valley* en California y la *Ruta 128* en Boston (Botkin, 1988; Rogers&Larsen 1984). Sin embargo, fuera de unos muy pocos visionarios, como el Profesor Frederick Terman, en la Universidad de Stanford, en California, las primeras tecnópolis y, quizá, las de mayor éxito no fueron planeadas ni gestionadas como regiones estratégicas. Fueron impulsadas, al principio, por comportamientos emprendedores en el ámbito de universidades y negocios regionales; emprendedores que, a la vez, impulsaron la creación de *spin-out* o compañías de escisión de grandes instituciones caracterizadas por un crecimiento rápido.

Japón fue una de las primeras naciones en engranar una estrategia a largo plazo para gestionar un crecimiento sobre la base de alta tecnología. En 1983 aprobó un plan de desarrollo económico a 20 años vista; tres años después implementó lo que denominó *Regional Research Core Concept* sobre cuatro principios: institutos de investigación avanzada experimental como centros de convergencia de los intereses de la industria, academia y gobierno; instalaciones para nuevas formas de educar y formar; en tercer lugar, megasistemas de bases de datos para facilitar el acceso a la información científico-técnica y, por último, incubadoras de negocios de alto riesgo. De ello surgieron las tecnópolis de Tsukuba y Kansai.

Tras cinco años de aquellas experiencias Smilor, Gibson y Kozmestky sugirieron que los cuatro pilares deberían ser: el logro de preeminencia científica en investigación de base tecnológica, en primer lugar; luego, el desarrollo de nuevas tecnologías para industrias emergentes; y atracción y permanencia de grandes empresas tecnológicas; finalmente, creación de otras transgresoras a partir de aquellas. A ello se añadieron tres factores adicionales: universidades de primacía investigadora

con programas en áreas emergentes necesitadas de talentos especiales; en segundo lugar, infraestructuras inteligentes o de gestión emprendedora con recursos legales, financieros, de manufacturación, ventas y distribución, y todo lo necesario para comercializar globalmente las tecnologías emergentes y poner en marcha, sin dilación, sin cortapisas burocrático-administrativas, ideas sobre negocios innovadores, y, por último, un alto nivel de vida para atraer y retener talento.

Da igual el campo del que hablemos —sea electrónica, medicina, educación, medio ambiente u ocio—, el mercado global abre más oportunidades de las que antes hayamos visto. Muy pocas generaciones, quizá desde el Renacimiento, se han topado con la profusión de oportunidades de las que hoy se dispone. Vivimos un mundo completamente diferente. George Kozmetsky fundador del Instituto IC² —«Innovación, Creatividad, Capital»— de la Universidad de Texas, insistió en que, en un futuro próximo, educación será conocimiento que una persona debe convertir en valor, mientras que formación habrá de ser conocimiento con valor inmediato de mercado.

Los últimos datos de la *National Science Foundation* (NSF) muestran, por un lado, que la mayor parte del desarrollo económico de los estados de la Unión dependen de las firmas de alta tecnología, y que estas no solo proporcionan trabajos bien remunerados sino que impulsan la capacidad investigadora de las universidades del entorno. Los datos indican que tres de cada diez dólares destinados por las corporaciones a investigación, se invierten en California. En los últimos cinco años, el *Golden State* amplió su ventaja sobre el resto de la Nación.

El centro de vigilancia anual del sistema empresarial de investigación, desarrollo e innovación del la NSF (BRDIS: *Business R&D and Innovation Survey*) documenta una iniciativa empresarial de \$ 265 mM de la que unas 500 compañías acaparan el 85% del total invertido. California captó \$ 77 mM en 2013, gracias a Google ®, Facebook ® y Lockheed Martin ®, lo que equivale a la suma de la inversión en los otros cinco estados en cabeza: Michigan, Massachusetts, Washington, Texas e Illinois. Estos seis estados aportan el 37 % de la población de los EE. UU. y generan el 35% del producto interior bruto de la Nación. El informe de la NSF indica también que la economía dependiente de la investigación corporativa en California hizo frente a la última Gran Recesión bastante mejor que el resto de los estados. La producción derivada de investigación creció el 42 % entre 2008 y 2013, en comparación con el 7% de media nacional.

El despegue californiano se debió al auge espectacular en TICs que crecieron a un ritmo vertiginoso en comparación que cualquier otro sector industrial en los últimos cinco años. California también se ha beneficiado de que la investigación en software no ha sido realizada exclusivamente por compañías dedicadas a tecnologías de la información como Microsoft ®, con base en Seattle; tal incorporación aportó la mayor parte de los \$ 121 mM invertidos en el total de la investigación en TICs, que incluye la realizada para la manufacturación de semiconductores.

La crisis financiera de 2008 fue despiadada con aquellas compañías dedicadas a investigación en estados dominados por un único sector. Por ejemplo, las farmacéuticas afincadas en New Jersey se desplomaron del segundo al séptimo puesto en actividad de investigación industrial. La excepción, el rebote en la industria automovilística que representó el 74% del sector de investigación global del Estado de Michigan, lo que le permitió situarse en un segundo digno puesto a nivel nacional pero a distancia de California (inversiones de \$ 14,4 mM vs \$ 76,9 mM).

El informe BRDIS también se ocupa de la actividad en investigación a nivel de áreas metropolitanas. California alberga dos corredores: San José-San Francisco-Oakland y Los Angeles-Long Beach. El 35% de las compañías con investigación intensiva —aquellas que invierten más de \$ 3 M anualmente— se ubican en uno de estos dos corredores urbanos. El corredor Seattle-Tacoma-Olympia, en Washington, se sitúa en tercer lugar, parejo al complejo Detroit-Warren-Ann Arbor en Michigan y el eje Boston-Worcester-Providence que se extiende desde Massachusetts a Rhode Island.

BRDIS insiste en que la competencia entre estos estados puede ser un elemento movilizador. Por último debe señalarse que el 52% de las compañías con mayores portfolios de investigación hacen su trabajo en un solo lugar (típicamente en sus cuarteles generales), y el 69% de ellas en dos centros próximos. Mejor nutrirse de una *startup* del mismo estado, quizás una *spinoff* universitaria, que intentar colaborar con otro gigante de otro estado.

Linus Pauling comentó que «la mejor manera para tener una buena idea es tener cientos de ellas»; a lo que podría añadirse que «una buena idea es aquella que no suele repetirse». Es la base de un gran negocio. Y Para Peter Thiel, cofundador de PayPal ®, Palantir ® y Founders Fund ®, «un gran negocio, de la naturaleza que sea, se define por su capacidad de generar flujo de tesorería en el futuro». Concluiré con una regla de oro aplicable a todo lo mencionado, la que pregona Malcolm Gladwell: «Para conseguir el éxito, talento + 10.000 horas de aprendizaje y trabajo». Larry Page, Steve Jobs o Bill Gates, la siguieron. Seguro que también Jesús Muñoz Jiménez.

Gracias por su paciente atención.
Paz y Bien.

Pedro R. García Barreno.
Madrid, 22 de noviembre de 1016.

Bibliografía.

S. Altman, *How to Start a Startup – CS183B*, <http://startupclass.samaltman.com/>.

AAAS, *Scientific Responsibility, Human Rights & Law Program*, <https://www.aaas.org/page/srhl-ethics-law-activities>

K. Arrow, «The economics implications of “learning-by-doing”», *Review of Economic Studies* 1962; 28: 155-73.

P. Berg, D. Baltimore, S. Brenner, R.O. Robin & M.F. Singer, «Summary statement of the Asilomar conference on recombinant DNA molecules», *Proc. Nat Acad Sci USA* 1975; 72 (6): 1981-4, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC432675/pdf/pnas00049-0007.pdf>

J. Botkin, «Route 128: Its history and destiny», *Creating The Technopolis: Linking Technology Commercialization and Economic Development* (R.W. Smilor, D.V. Gibson & G. Kozmetsky, eds.), Cambridge: Ballinger, 1988.

Committee on Gene Drive Research in Non-Human Organisms: Recommendations for Responsible Conduct, *Gene Drivers on the Horizon: Advancing Science, Navigating Uncertainty, and Aligning Research with Public Values*, Washington D.C.: The National Academies Press, 2016. <https://www.gene-drives.com/gene-drives.pdf>.

P. Conceição, D.V. Gibson, M. V. Heitor & S. Shariq, eds., *Science Technology, and Innovation Policy. Opportunities and Challenges for the Knowledge Economy* [International Series on Technology Policy and Innovation, a joint initiative of The IC² Institute, The University of Texas in Austin, and The Center for Innovation, Technology and Policy Research, Instituto Superior Técnico Lisbon], Westport: Quorum Books, 2000. El «desarrollo histórico de la I+D» ha seguido la Introducción [«*Knowledge, Technology, and Innovation for Development*», Pedro Conceição, David V. Gibson, and Manuel V. Heitor, pp.1-15].

P. Cooke & K. Morgan, *The Associational Economy*, Oxford: Oxford University Press, 1998.

J.J. Doll, «The patenting of DNA», *Science* 1998; 280: 689-90. M.A. Heller & R.S. Eisenberg, «Can patents deter innovation?» *Science* 1998; 280: 698-701.

C. Edquist, *Systems of Innovation: Technologies, Institutions and Organizations*, London: Printer Publishers, 1997.

M. Gladwell, *Outliers The Story of Success*, New York: Brown and Co., 2008). El Capítulo dos —pp. 35-68— lo titula: «*The 10,000 – Hour Rule. In Hamburg, we had top lay for eight hous*». Tras hablar profusamente de ese cifra, en la pp. 47 recoge: [Bill Joy] « “So, so may be ... ten thousand hours?” he said, finally. “That’s about right”». En las notas al capítulo dos —pp. 289: «*Daniel J. Levitin talks about the ten thousands hours it takes to gget mastery in “This Is Your Brain on Music: The Science of a Human Obsession”* (New York: Dutton, 2006), p.197».

G.E. Kaebnick, E. Heitman, J.P. Collins, J.A. Delborne, W.G. Landis, K. Sawyer, L.A. Taneyhill & D.E. Winickoff, «Policy Forum. Technology Governance: Precaution and governance of emerging technologies», *Science* 2016; 354 (6313): 710-1.

G. Kozmetsky, <http://ic2.utexas.edu/about/mission-and-history/george-kozmetzky/>.

G. Kozmetsky, «The growth and internationalization of creative and innovative management», *Generating Creativity and Innovation in Large Bureaucracies* (R.L. Kuhn, ed.), Westport: Quorum Books, 1993.

C. Lucas, *Crisis in the Academy: Rethinking Higher Education in America*, New York: St. Martin's Press, 1998.

J. Mervis, «Data check-Behind the numbers: California rules U.S. corporate research», *Science* 2016; 354 (6312): 537.

L.C. Pauling (1901-1994), Premio Nobel de Química 1954 «por sus investigaciones sobre la naturaleza del enlace químico y sus aplicaciones a la solución de la estructura de sustancias complejas». Tal vez el químico más destacado del siglo pasado. Premio Nobel de la Paz 1962. https://www.goodreads.com/author/quotes/52938.Linus_Pauling.

E.M. Rogers & J.K. Larsen, *Silicon Valley Fever: Growth of High-Tech Culture*, New York: Basic Books, 1984.

P.M. Romer, «Endogenous technological change», *Journal of Political Economy* 1990; 98: S71-S102. «Idea gaps and objects gap in economic development», *Journal of Monetary Economics* 1993; 32: 543-73. «The origins of endogenous growth», *Journal of Economic Perspectives* 1994; 8: 3-22.

J. Schumpeter, *The Theory of Economic Development*, Cambridge: Harvard University Press, 1934. *Capitalism, Socialism and Democracy*, New York: Harper Row, 1942.

A. Smith, *An Inquiry Into the Nature and Causes of the Wealth of Nations*, London: W. Strahan, 1776.

R.M. Solow, «Technical change and the aggregate production function», *Review of Economics and Statistics* 1957; 39: 312-20. *Learning from Learning-by-Doing": Lessons for Economic Growth*, Stanford: Stanford University Press, Stanford, 1997.

C.R. Sunstein, *Laws of Fear: Beyond Precautionary Principle*, Cambridge: Cambridge University Press, 2005.

S. Tatsuno, *The Technopolis Strategy*, Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1986.

F. Terman (1896-1982), conocido junto con William Shockley (1910-1989) como padres de *Silicon Valley*. Shockley, J. Bardeen (1908-1991) y W.H. Brattain (1902-1997) fueron galardonados con el

Premio Nobel de Física 1956 por sus investigaciones sobre semiconductores y su descubrimiento del efecto transistor. R.W. Smilor, D.V. Gibson & G. Kozmetsky, eds., *Creating the Technopolis: Linking Technology Commercialization and Economic Development*, Cambridge: Ballinger, 1988.

P. Thiel, «3. All Happy Companies Are Different», *Chapter 3-5 of Zero to One*, <http://genius.com/Chapter-3-5-of-zero-to-one-peter-thiel-annotated>. *Quotes*, https://www.goodreads.com/author/quotes/8474721.Peter_Thiel.

D. Weatherall, *Science and the Quiet Art. Medical Research & Patient Care*, Oxford: Oxford University Press, 1995, pp. 347.

Nota: Esta conferencia fue publicada, a modo de *opúsculo navideño*, por la Fundación *Alberto Elzaburu*, diciembre 2016.