

AULA MAGNA

LA TERCERA  
REVOLUCIÓN  
INDUSTRIAL  
EN EL PERÚ

---

EFRAÍN GONZALES DE OLARTE /  
VÍCTOR CASTELO / FRANCISCO SAGASTI /  
BENJAMÍN MARTICORENA / JOAQUÍN GUERRERO

---



AULA  
MAGNA



FONDO  
EDITORIAL

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

AULA MAGNA 2012

# LA TERCERA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL Y EL PERÚ

Efraín Gonzales de Olarte

Víctor Castelo

Francisco Sagasti

Benjamín Marticorena

Joaquín Guerrero



**AULA  
MAGNA**



**FONDO  
EDITORIAL**

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

## La universidad y los desafíos de la ciencia y la tecnología

*Francisco Sagasti*<sup>1</sup>

### El avance científico y tecnológico y la brecha del conocimiento

La producción de conocimientos científicos y tecnológicos se ha expandido a un ritmo asombroso desde la Segunda Guerra Mundial, y en la actualidad el acervo mundial de conocimiento se duplica en menos de cinco años. Esta explosión de datos, información, conceptos, ideas, teorías y de todo tipo de construcciones mentales para entender y explicar el mundo que nos rodea —es decir, todo lo que abarca la palabra conocimiento— ha sido acompañada de una serie de cambios fundamentales en la investigación científica, la innovación tecnológica y en la forma en que la ciencia y la tecnología se vinculan a las actividades productivas y sociales (Sagasti, 2001).

Los avances en el campo de la microelectrónica y las tecnologías de la información, que alimentan y acompañan la transición hacia la sociedad del conocimiento, están configurando un nuevo paradigma tecnoeconómico que ha revolucionado la manera de producir bienes, de prestar servicios y, en general, las formas de organizar la sociedad y las interacciones humanas. El cambio de un paradigma tecnoeconómico a otro genera oportunidades que pueden ser aprovechadas por las empresas, localidades y países que sean capaces de acumular capacidades y adecuarse a las exigencias del nuevo paradigma (Pérez, 1998, 2002, 2004 y 2012).

---

<sup>1</sup> Asesor principal del FORO Nacional Internacional. Este trabajo se basa en las notas preparadas para una conferencia en el panel sobre «América Latina y la tercera revolución industrial» del evento Aula Magna 2012, realizado en la Pontificia Universidad Católica del Perú.

Estamos dejando atrás el paradigma tecnoeconómico basado en el petróleo para avanzar hacia uno basado en el microchip. Esta transición está generando incertidumbre y una serie de cambios fundamentales en la estructura de las economías mundiales. A manera de ilustración, el valor total de las acciones cotizadas en las bolsas de Estados Unidos correspondientes a las empresas dedicadas a la tecnología y los servicios de información —que no están involucradas en la transformación de materiales y muchas de las cuales no existían hace diez años— supera varias veces el valor total de las acciones de las empresas industriales tradicionales que se dedican a la producción de bienes materiales y a la provisión de servicios.

Aún no tenemos claro cuál será el próximo paradigma tecnoeconómico que regirá durante los próximos decenios, aunque está claro que el modelo basado en el microchip tiene un buen camino por recorrer. No obstante, es posible que las tecnologías de información se combinen con la biotecnología, la nanotecnología y las tecnologías ambientales para facilitar la emergencia de un nuevo paradigma que podría basarse en algún componente clave asociado con bioinformática, biomanufactura y biología sintética, así como nuevos materiales nanobiotecnológicos, fuentes de energía renovable que imiten la fotosíntesis con nanomateriales, entre muchas otras posibilidades.

Todo esto sugiere que al iniciarse el siglo XXI la emergencia de la sociedad del conocimiento, los cambios en la investigación científica y en la innovación tecnológica, y la transición hacia un nuevo paradigma tecnoeconómico hacen necesario otorgarle a la ciencia y a la tecnología un lugar privilegiado en el diseño de las estrategias de desarrollo. Avanzar hacia la transformación productiva y la competitividad, la equidad y la integración social, el uso sustentable de los recursos naturales y el adecuado ordenamiento del territorio exige contar con la capacidad de identificar, acceder y utilizar los conocimientos disponibles en el ámbito mundial, así como con la de generar conocimientos en las áreas críticas para el desarrollo nacional.

### Recuadro 1. Los cambios de paradigma tecnoeconómico

Un paradigma tecnoeconómico consiste en un conjunto de innovaciones tecnológicas y de ramas productivas de rápido crecimiento, vinculado a un factor clave que organiza y estructura el proceso de selección económica entre la gama de posibilidades tecnológicas, y afecta las condiciones de producción y distribución de todas las demás ramas de la economía. Un paradigma tecnoeconómico es el resultado de un juego recíproco de fuerzas tecnológicas, económicas y políticas, y toma un tiempo relativamente largo en articularse y difundirse.

El paradigma tecnoeconómico vigente entre 1780 y 1840 se basó en el algodón y el hierro como insumos productivos claves para la manufactura de textiles de algodón, de máquinas de vapor y maquinaria industrial, que fueron los motores de la primera revolución industrial. Entre 1840 y 1880 un segundo paradigma tecnoeconómico tuvo como factor clave al carbón que permitió una amplia difusión de las máquinas de vapor, las que a su vez dieron lugar a la expansión de la industria manufacturera. Entre 1890 y 1940 el acero y la generación de electricidad fueron los factores claves de un nuevo paradigma tecnoeconómico en el cual la ingeniería pesada cobró gran importancia (construcción de barcos, grandes máquinas, centrales hidroeléctricas, líneas de transmisión, nuevos equipos industriales). Durante este periodo se organizó el sistema de producción de líneas de ensamblaje de productos homogéneos fabricados en gran escala.

Entre 1940 y mediados del decenio de 1980, la disponibilidad de energía barata, en particular de petróleo, fue el factor clave del siguiente paradigma tecnoeconómico. Se masificó la producción de automóviles y otros medios de transporte, de bienes de consumo durable y de artefactos electrodomésticos. Se establecieron plantas de procesos químicos en gran escala y se desarrollaron productos

sintéticos a base del petróleo. El paradigma tecnoeconómico basado en el petróleo barato aún permanece vigente, pero desde hace unos quince años está siendo rápidamente desplazado por un nuevo paradigma cuyos factores claves son el microchip electrónico y los programas (*software*) para procesar información. La incorporación de chips cada vez más poderosos a una amplia gama de productos y las nuevas capacidades de automatización y manejo de la información están transformando todas las actividades productivas y de servicios.

Las nuevas tecnologías de la información, y en particular las telecomunicaciones, están cambiando radicalmente las interacciones entre personas y entre organizaciones. El nuevo paradigma tecnoeconómico basado en el microchip y el procesamiento de la información permite producir eficientemente en pequeña escala, cambiar rápidamente el producto de acuerdo con la demanda, y producir bienes adaptados a las preferencias de individuos o pequeños grupos. La emergencia de internet y del comercio electrónico, así como el impacto que estas actividades tienen en la economía (por ejemplo, en los mercados de valores), están alterando los patrones establecidos de competitividad y dando lugar a una novedosa gama de actividades productivas, a un aumento en la productividad de las industrias manufactureras y al surgimiento de nuevas actividades de servicios.

La capacidad de manejar información y de utilizar el conocimiento es clave para alcanzar una mayor eficiencia y competitividad en este nuevo paradigma. Esto está modificando radicalmente el sentido común gerencial y el de la formalización de políticas que prevalecía hasta hace unos pocos años en las empresas y las agencias gubernamentales.

Fuente: Carlota Pérez (2000). *Technological Change and Opportunities for Development as a Moving Target*. [Trabajo presentado en la reunión de UNCTAD X, Bangkok]; Francisco Sagasti (1997). *El futuro de la ingeniería industrial en el Perú*. Lima: Agenda Perú.

Durante los últimos cinco decenios la investigación científica —la principal manera de generar conocimientos en la actualidad— se ha vuelto mucho más compleja y costosa. Requiere un gran número de investigadores, técnicos y personal de apoyo altamente capacitados y especializados, y también equipos y laboratorios cada vez más sofisticados. Al mismo tiempo, la estrecha relación que se ha forjado entre la investigación científica, la innovación tecnológica y la explotación comercial de los conocimientos está dando lugar a un inusitado conjunto de alianzas entre empresas privadas, universidades, centros académicos, agencias gubernamentales y organizaciones de la sociedad civil.

Paralelamente a estos cambios, las desigualdades que existen entre los países ricos y los países pobres en cuanto a su capacidad científica y tecnológica han venido aumentando aceleradamente, al punto que en la actualidad son mucho más profundas y persistentes que las diferencias en la distribución de la riqueza. Al iniciarse el siglo XXI, los 24 países ricos de la Organización para la Cooperación Económica y el Desarrollo (OECD) tenían un ingreso por habitante, una formación bruta de capital y un nivel de comercio que era aproximadamente setenta veces mayor que el de los cincuenta países de bajos ingresos de acuerdo con la clasificación del Banco Mundial. En contraste, estos dos grupos de países mostraban ratios abrumadoramente más altos en los indicadores de producción científica y tecnológica (publicaciones, patentes, exportaciones de alta tecnología), que variaban entre 2200 y 9600 (véase la tabla 1).

Por otra parte, de acuerdo con la experiencia internacional de los últimos cinco decenios, se requieren entre quince y veinte años de esfuerzos continuos para desarrollar una capacidad de investigación en determinada área del conocimiento, para que esté a la altura de las exigencias de la comunidad científica internacional. Esto indica que es necesario invertir de manera acelerada y masiva en la formación de recursos humanos de alto nivel, incluyendo no solo científicos investigadores, sino también ingenieros, especialistas en política

de ciencia y tecnología, gestores de programas de investigación e innovación, y especialistas en la difusión de conocimientos científicos y tecnológicos.

**Tabla 1. Disparidades económicas y brechas de ciencia y tecnología**

Indicador	Valores y ratios		
	(A) Países de la OCDE	(B) Países de bajos ingresos	Ratio (A)/(B)
Producto bruto por habitante (US\$ constantes de 2000)	24,645.6	351.7	70.0
Formación bruta de capital (US\$ constantes de 2000)	4,577.6	87.1	52.5
Comercio por habitante (importaciones + exportaciones de bienes y servicios) (US\$ constantes de 2000)	13,286.5	171.8	77.3
Producción científica: publicaciones científicas por 100 000 habitantes	501	0.2	2505
Producción tecnológica: solicitudes de patentes de residentes por 100 000 habitantes	66.7	0.03	2223.3
Producción económica: Exportaciones de alta tecnología por habitante (US\$ constantes de 2000)	961.1	0.1	9611.0

Fuente: World Bank Global Indicators (los países de bajos ingresos, tal como los define el Banco Mundial, tenían un ingreso promedio por habitante de menos de US\$1005 en 2010).

La magnitud del desafío que enfrentan los países en desarrollo, así como las transformaciones que ha venido experimentando el proceso de investigación ponen de manifiesto la necesidad de ser selectivos en la identificación de prioridades para invertir en ciencia y tecnología. Además, es preciso ser rigurosos en la asignación de recursos para la investigación con el fin de asegurar un alto nivel de excelencia, y de mantener un apoyo constante para el desarrollo de las capacidades científicas y tecnológicas a lo largo del tiempo.

En forma similar, la innovación que consiste en incorporar nuevas tecnologías en las actividades productivas y sociales se ha vuelto más compleja, se ha acelerado notablemente, involucra inversiones cada vez más elevadas, requiere la participación de una amplia gama de organizaciones de apoyo y de un nuevo tipo de gestión empresarial orientado al cambio y aprendizaje permanente. Este es particularmente el caso en los campos más avanzados de las actividades productivas. El desempeño empresarial y el de la economía en su conjunto dependen cada vez más de la calidad de las interacciones entre las diversas organizaciones que conforman los sistemas nacionales de innovación, que abarcan desde centros de investigación y universidades hasta empresas privadas y agencias públicas, pasando por empresas de consultoría en ingeniería, estudios de abogados especializados en propiedad intelectual y gremios profesionales.

Durante el segundo decenio del siglo XXI —el nuevo contexto de la sociedad del conocimiento y la transición a un nuevo cambio de paradigma tecnoeconómico—, las agencias gubernamentales encargadas de diseñar y poner en práctica la política científica y tecnológica en los países en desarrollo tienen una responsabilidad muy especial. Las fuerzas del mercado o las presiones sociales no conducen por sí solas o automáticamente a desarrollar las capacidades científicas y tecnológicas. Se requieren políticas activas de ciencia y tecnología para construir una capacidad de generar conocimientos y crear un entorno favorable a la innovación. Entre otras cosas, esto implica asegurar que exista una coherencia entre las políticas explícitas e implícitas de ciencia y tecnología, y lograr la convergencia de una multiplicidad de iniciativas sobre educación científica, capacitación técnica, información tecnológica, control de calidad, infraestructura física, capital de riesgo y propiedad industrial.

## Desempeño en ciencia, tecnología e innovación en el Perú

En comparación con los logros económicos del último decenio, el desempeño de los indicadores en ciencia, tecnología e innovación en el Perú es deficiente. Por ejemplo, se invierte en investigación y desarrollo solo alrededor del 0,10-0,14% del PBI (ni siquiera se tienen cifras confiables), lo que ubica al país en uno de los últimos lugares en América Latina, muy por debajo del promedio regional de 0,6%. Estimados recientes sugieren que el gobierno peruano invirtió alrededor de US\$239 millones en ciencia y tecnología (CyT) durante el año 2011, equivalente al 0,11% del producto bruto interno (PBI), de los cuales US\$123 millones se destinaron a I+D, equivalente a solo el 0,06% del PBI<sup>2</sup>.

Según la encuesta de innovación realizada por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), las empresas invirtieron durante este mismo año alrededor de US\$1370 millones en ciencia y tecnología, equivalente al 0,63% del PBI, de los cuales US\$63 millones (0,03% del PBI) fueron destinados a I+D<sup>3</sup>. Como se indica en la tabla 2, la gran mayoría de los recursos invertidos por las empresas manufactureras en actividades de innovación se destinan a la compra de maquinaria y equipo (78,4%), mientras que el monto destinado a investigación y desarrollo es mucho menor (3,4%).

En conjunto, se estima que durante el año 2011, en el Perú se logró invertir 0,72% del PBI en ciencia y tecnología y 0,09% del PBI en investigación y desarrollo. Si bien este cálculo no incluye todas las inversiones que realizan las universidades y los centros de investigación privados, en general no se espera que la cifra cambie mucho aun cuando estos se incluyan. De todas formas, el rezago respecto a los promedios regionales y globales para países de igual nivel de desarrollo es preocupante.

<sup>2</sup> Estimado desde la información del SIAF de la página web del MEF: [www.mef.gob.pe](http://www.mef.gob.pe).

<sup>3</sup> Nota de prensa sobre los resultados de la Encuesta de Innovación del INEI-Ministerio de la Producción-BID (2012).

El bajo nivel de inversión en ciencia y tecnología es aún más sorprendente porque entre 2001 y 2004 se aprobaron varias leyes que destinan recursos vinculados a la explotación de recursos naturales (mineros, petroleros, forestales, pesqueros) a las universidades para actividades de ciencia y tecnología. Sin embargo, al examinar el uso de los fondos provenientes de esta fuente en 2010 se aprecia que las universidades ejecutaron solo S/.116 millones de los S/.704 millones que les fueron asignados; es decir, el 16,5%, y que en actividades específicamente vinculadas a ciencia y tecnología ejecutaron solo S/.39.5 millones, el 5,6% del monto puesto a su disposición para este fin.

**Tabla 2. Gasto en actividades de innovación en la industria manufacturera (2009-2011)**  
(en millones de nuevos soles)

Actividades de innovación	2009	2011	Variación 2011/2009 (%)	Estructura 2011 (%)	% Ventas en el 2011
Total	2,603	3,774	45.0	100.0	2.5
Adquisición de bienes de capital	2,113	2,957	39.9	78.4	1.9
Diseño e ingeniería industrial	123	198	61.0	5.2	0.1
Transferencia de tecnología	79	139	75.9	3.7	0.1
I+D interna	70	127	81.4	3.4	0.1
Adquisición de <i>hardware</i>	48	117	143.8	3.1	0.1
Adquisición de <i>software</i>	88	112	27.3	3.0	0.1
I+D externa	33	47	42.4	1.2	0.0
Estudios de mercado p/ innovación	27	43	59.3	1.1	0.0
Capacitación	22	34	54.5	0.9	0.0

Nota: la inversión del año 2009, deflactado en términos constantes sobre la base del deflactor de PBI.

Fuente: INEI, Encuesta Nacional de Innovación en la Industria Manufacturera, 2012.

De acuerdo con las estadísticas compiladas por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC) el número de investigadores activos inscritos en el Directorio Nacional de Investigadores es 1090, aunque la base de datos de la Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología de Iberoamérica (RICyT) consigna 4965 investigadores en 2004. En el 2003 el Perú tenía solo 0,39 investigadores por cada mil trabajadores, en comparación con el promedio regional de 6,50. Por otra parte, el *ranking* de universidades latinoamericanas que hace la empresa SCIMAGO sobre la base de sus publicaciones científicas, muestra 26 universidades peruanas con al menos un artículo publicado en revistas indexadas entre 2003 y 2008, pero solo seis tienen más de cincuenta artículos y tres, más de cien. La Universidad Peruana Cayetano Heredia, la mejor ubicada en el *ranking*, ocupa el puesto 78, seguida por la Universidad Nacional Mayor de San Marcos en el puesto 123 y la Pontificia Universidad Católica del Perú en el puesto 157.

En forma adicional, estudios recientes indican que el aumento de la productividad total de factores entre 1950 y 2006 fue 0,1%, cifra muy baja, y entre 2002 y 2006, periodo en que la economía creció a más del 6% anual, su crecimiento fue de solo 1,0% (Díaz & Kuramoto 2010a y b). Asimismo, según un informe del BID, en 2007 la productividad total de los factores del Perú fue solo el 39% de la de Estados Unidos y estuvo por debajo del promedio latinoamericano, pues superó solo a Honduras y a Nicaragua.

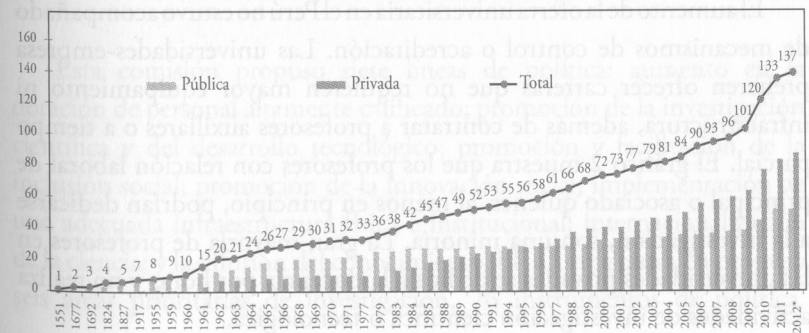
El informe del Foro Mundial Económico sobre Competitividad Global para 2010-2011 ubica al Perú en el puesto 73 de 139 países, pero nuestro país se encuentra en la posición 110 en cuanto a indicadores de innovación, muy por detrás de Chile, Colombia y México. En los subíndices de capacidad de innovación y colaboración universidad-empresa estamos en el puesto 95; en disponibilidad de científicos e ingenieros, en el 101; en calidad de instituciones de investigación, en el 109; y en lo referente a inversiones en investigación y desarrollo nos encontramos en el puesto 113.

La balanza comercial de conocimientos, que registra el valor de las exportaciones e importaciones de bienes y servicios vinculados, ha sido estimada por Santiago Roca sobre la base de la estructura de nuestro comercio exterior y del cálculo de contenido de conocimientos de cada uno de sus principales rubros. La balanza comercial de conocimientos ha sido deficitaria desde 1990 en adelante, y el saldo negativo aumentó de US\$ -570 millones a US\$ -1976 millones entre 2002 y 2008 (Roca, 2011).

### Universidades y recursos humanos altamente calificados

El marco legal actual del Perú considera la existencia de tres tipos de universidades: las universidades públicas sujetas a la ley 23733, las universidades privadas sin fines de lucro sujetas a la ley 23733 y las universidades-empresa, sujetas al decreto legislativo (DL) 882 de 1996. La promulgación del DL 822 permitió un crecimiento acelerado de las universidades, que aumentaron de 56 en 1995 a 137 en setiembre de 2012 (gráfico 1).

Gráfico 1. Perú: número acumulado de universidades según tipo de universidades



Fuente: Asamblea Nacional de Rectores, Estadísticas Universitarias, universidades 2012, población estimada al 2012.



Desde 1995 existe el Consejo Nacional de Funcionamiento de Universidades (CONAFU), órgano de la Asamblea Nacional de Rectores del que dependen las universidades recién creadas, que tras un periodo de evaluación obtienen una autorización definitiva. Ante la proliferación de filiales universitarias, especialmente de las universidades-empresa, en el 2005 se prohíbe la creación de filiales departamentales fuera del ámbito regional de su creación, pero tal regulación no tuvo mucho impacto, pues se crearon sedes temporales, se dio paso a la educación virtual o algunas, simplemente, funcionan sin autorización.

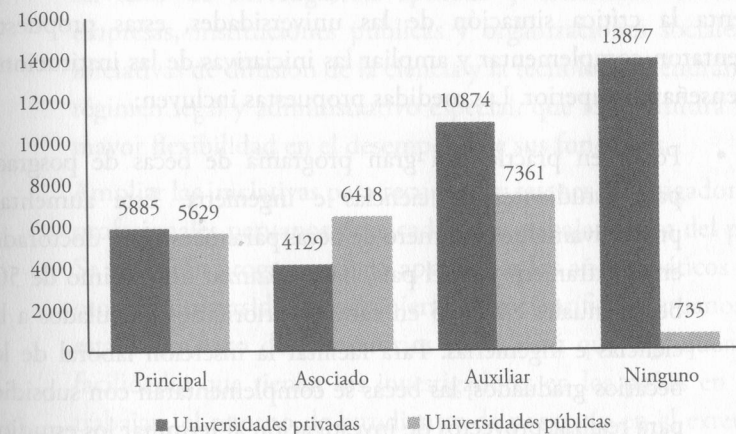
La llamada de atención hacia la deficiente calidad de los nuevos centros universitarios llevó a que en 2006, a través de la ley 28740, se creara el Sistema Nacional de Evaluación, Acreditación y Certificación de la Calidad Educativa (SINEACE). Seis años después, en diciembre de 2012, se aprobó un proyecto de ley que establece una moratoria de cinco años para la creación de nuevas universidades públicas o privadas en el país, suspende la creación de filiales de universidades públicas y privadas, y autoriza excepcionalmente por el plazo de un año al Consejo Nacional para la Autorización de Funcionamiento de Universidades (CONAFU), para que evalúe y autorice a las universidades públicas que hayan presentado su proyecto de desarrollo institucional (PDI).

El aumento de la oferta universitaria en el Perú no estuvo acompañado de mecanismos de control o acreditación. Las universidades-empresa prefieren ofrecer carreras que no requieren mayor equipamiento ni infraestructura, además de contratar a profesores auxiliares o a tiempo parcial. El gráfico 2 muestra que los profesores con relación laboral de principal o asociado quienes, al menos en principio, podrían dedicarse a la investigación, son una minoría. La gran mayoría de profesores en las universidades privadas se dedica a la docencia por horas y no realiza actividades de investigación científica o tecnológica.

La crítica situación de las universidades peruanas en lo referente a investigación científica y tecnológica motivó propuestas para revertirla.

Por ejemplo, la Comisión Consultiva de Ciencia y Tecnología, nombrada por el presidente del Perú, Ollanta Humala, y presidida por la actual presidente del Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología y Desarrollo Tecnológico (CONCYTEC), presentó su informe a principios de 2012, en el que sugirió un *shock* de inversiones para multiplicar al menos por siete la inversión pública en ciencia y tecnología, y en investigación y desarrollo en un plazo de cinco años<sup>4</sup>.

Gráfico 2. Número de docentes según relación laboral



Fuente: elaboración propia con datos del Censo Universitario 2010, disponible en <http://200.48.39.65/>

Esta comisión propuso siete líneas de política: aumento en la dotación de personal altamente calificado; promoción de la investigación científica y del desarrollo tecnológico; promoción y facilitación de la inclusión social; promoción de la innovación social; implementación de una adecuada infraestructura física e institucional; internacionalización de la ciencia; y la difusión del conocimiento. El informe también propuso seis áreas prioritarias de investigación, 76 instrumentos de política,

<sup>4</sup> Comisión Consultiva para la Ciencia Tecnología e Innovación CTI, Nueva política e institucionalidad para dinamizar la CTI peruana, 2012.

una estrategia para la movilización de recursos financieros y dos opciones de política para el fortalecimiento institucional de la CTI. Además, presentó un plan de acción de corto plazo que permita dinamizar mayores recursos para los fines de la política de innovación, ciencia y tecnología.

Por otra parte, un trabajo preparado en 2011 por iniciativa de la Pontificia Universidad Católica del Perú propuso una serie de medidas urgentes para superar la escasez de recursos humanos altamente calificados en ciencia, y tecnología (Sagasti, 2011b). Tomando en cuenta la crítica situación de las universidades, estas propuestas intentaron complementar y ampliar las iniciativas de las instituciones de enseñanza superior. Las medidas propuestas incluyen:

- Poner en práctica un gran programa de becas de posgrado para estudiantes de ciencias e ingeniería. Este aumentará progresivamente el número de becas para maestrías y doctorados en el extranjero y en el país, hasta alcanzar un mínimo de 500 becas anuales en 2015 en campos prioritarios vinculados a las ciencias e ingenierías. Para facilitar la inserción laboral de los becarios graduados, las becas se complementarán con subsidios para realizar proyectos de investigación al terminar los estudios, financiamiento para las instituciones y empresas que contraten a los becarios graduados; así como para implementar medidas para agilizar trámites de los graduados que retornan del extranjero.
- Fortalecer y consolidar los programas de enseñanza universitaria en ciencias e ingenierías, especialmente los posgrados. Se establecerán requisitos de acreditación voluntaria que certifiquen la calidad de la enseñanza y orienten a los postulantes, se incentivará la colaboración entre universidades para ofrecer programas conjuntos y lograr una masa crítica de docentes, y se ofrecerán cursos de actualización en ciencias e ingenierías para profesores universitarios.

- Crear programas integrados de investigación y docencia de posgrado. Esto se llevará a cabo mediante «consorcios de investigación aplicada y enseñanza de posgrado» con la participación de universidades, empresas privadas, institutos públicos y organizaciones de la sociedad civil. Las actividades de estos consorcios incluirán programas de maestría reconocidos por las universidades participantes; proyectos de investigación conjuntos entre las entidades que conforman los consorcios; servicios de investigación aplicada y asistencia técnica a empresas, instituciones públicas y organizaciones sociales; e iniciativas de difusión de la ciencia y la tecnología. Tendrán un régimen legal y administrativo especial, que les permitirá una mayor flexibilidad en el desempeño de sus funciones.
- Ampliar las iniciativas para recuperar y retener investigadores y profesionales peruanos destacados que trabajan fuera del país. Se apoyarán programas para aprovechar los años sabáticos que otorgan universidades extranjeras a los científicos peruanos, el establecimiento de laboratorios en el Perú que repliquen las facilidades que tienen los investigadores en los países en que trabajan, el retorno de estudiantes de posgrado en el exterior, y los eventos periódicos con la participación de la diáspora científica y tecnológica peruana.
- Promover las vocaciones y el estudio de la ciencia y la ingeniería en la escuela primaria y secundaria. Se organizarán campañas en medios de comunicación para sensibilizar a los jóvenes, se pondrán en marcha programas para mejorar la enseñanza de las ciencias en los colegios, capacitar profesores de primaria y secundaria, y se creará un programa de incentivos (becas de estudio, viajes, premios, pasantías) para los estudiantes de secundaria más destacados que muestren interés en las ciencias e ingenierías.

Si bien estas medidas requieren recursos financieros significativos, es posible usar los montos acumulados provenientes de las diversas cargas impositivas dirigidas (canon minero, canon energético, canon forestal, canon pesquero) que se asignaron a universidades públicas en varias regiones del país y que no fueron empleados por diversas razones. En la actualidad se dispone de un monto de recursos acumulados que, de acuerdo con cálculos y estimados de especialistas, podría llegar a más de 1500 millones de soles, además de los flujos anuales que continúan añadiéndose<sup>5</sup>. Estos montos permitirían poner en práctica un *shock* de inversiones en la formación de recursos humanos altamente calificados en ciencia, tecnología e innovación, que posteriormente sería complementado con asignaciones anuales del presupuesto público y de flujos provenientes de una reestructuración del canon.

### Algunas tendencias mundiales en la educación superior

Los esfuerzos por mejorar el desempeño de las universidades y la educación superior en el Perú durante los próximos años se realizarán en un contexto de cambios para la educación superior. Entre las tendencias principales que están transformando las universidades en diversas partes del mundo es posible identificar tres: el desborde de las barreras disciplinarias, la explosión de la educación a distancia, y la relación cada vez más estrecha entre las universidades y el sector privado. Estas tendencias deberán tomarse en cuenta al diseñar intervenciones para mejorar la dotación de investigadores, profesionales y académicos en los campos de la ciencia y la tecnología con que cuenta el Perú.

Una primera tendencia es la eliminación de barreras disciplinarias, que es considerada como indispensable para enfrentar y resolver los problemas del mundo actual, ya que ante la creciente complejidad de los desafíos ambientales, sociales, productivos, culturales y políticos,

<sup>5</sup> Estimado preliminar realizado en FORO Nacional Internacional con datos del Sistema Integrado de Administración Financiero (SIAF).

no es posible esperar que una disciplina u otra, actuando en forma aislada, sea capaz de plantear soluciones y respuestas adecuadas y efectivas.

Esto ha llevado a crear instancias de colaboración interdisciplinaria, que buscan combinar las perspectivas y fortalezas de diferentes disciplinas académicas, y al mismo tiempo trascender, sus limitaciones. Un ejemplo es el área de conocimiento vinculada al medio ambiente y el desarrollo sustentable, en la cual se combinan avances de ciencias físicas que van desde la geología hasta la meteorología, las matemáticas y la física, las ciencias biológicas y agronómicas, las ciencias y tecnologías de información; todo esto, además de ciencias sociales y economía. En particular, el análisis del impacto del cambio climático ha estimulado los estudios e investigaciones interdisciplinarias, ya que anticipar sus efectos requiere múltiples puntos de vista y contribuciones de diversas ciencias y tecnologías.

La convergencia de diferentes áreas del conocimiento científico y de las ingenierías está dando lugar al surgimiento de nuevas áreas tecnológicas, que obligan a trascender barreras disciplinarias en las ciencias físicas, ciencias biológicas y las ingenierías, aún antes de incorporar los aportes de la antropología, la sociología y la psicología. Por ejemplo, el desarrollo de materiales biointeractivos precisa de contribuciones de computación cognitiva, materiales inteligentes y genómica; la manufactura molecular emplea desarrollos de nanotecnología, nuevos materiales y tecnologías de la información; la robótica avanzada necesita conocimientos de microelectrónica, sensores miniaturizados, matemáticas combinatorias, nuevos materiales y ciencias de la computación; y la producción de biocombustibles avanzados requiere conocimientos de biomanufactura, gestión ambiental, biología molecular y fisicoquímica molecular. Además, a medida que estos desarrollos de las ciencias y la tecnología interactúan con seres humanos, las contribuciones de las ciencias sociales se vuelven indispensables.

Una segunda tendencia se refiere a la creciente importancia de la educación en línea, la educación a distancia y la educación personalizada. El ejemplo más notable es la iniciativa de varias universidades líderes en el ámbito mundial que ponen sus cursos a disposición de todos los interesados, gratuitamente, mediante lo que se ha denominado «cursos abiertos masivos en línea» (*massive online open courses* –MOOC). Si bien iniciativas de este tipo existen desde hace varios años, a partir de 2011 tuvieron un crecimiento explosivo. El caso emblemático es el de la web Coursera, creada por dos egresados de la Universidad de Stanford con solo dos cursos, y que a fines de 2012 ofrecía 200 cursos mediante una asociación con 33 prestigiosas universidades, la mayoría de los Estados Unidos. Además de Coursera, se tienen otras iniciativas tales como edX de las universidades de Harvard y MIT, así como Udacity, creada por la Universidad de Stanford<sup>6</sup>.

Estos proyectos están aún en una fase experimental en cuanto a las metodologías de enseñanza y a su viabilidad económica. Aunque estos cursos son gratuitos, sus costos tendrán que ser asumidos por los usuarios en algún momento, y lo más probable es que los cursos en línea gratuitos se asocien a cursos regulares o con algún componente de enseñanza presencial. Entre las ventajas que se aprecian están la reducción de costos que permite el formato de educación en línea, especialmente cuando se trata de cursos con muchos estudiantes y que son estándar en el tipo de conocimientos que imparten, tales como los cursos básicos en disciplinas académicas y profesionales que no requieren gran interacción entre los estudiantes y el profesor.

No obstante, los programas de educación masiva en línea han generado cuestionamientos y críticas. La dificultad de enseñar en forma individualizada, el peligro de que el curso en línea se transforme en un monólogo del profesor, y la imposibilidad de percibir el estado

<sup>6</sup> «About us», Coursera, en <https://www.coursera.org/>; «ABOUT US», Edx, en <https://www.edx.org/about-us>; «About us», Udacity, en <https://www.udacity.com/us>.

de ánimo y las actitudes de los estudiantes hacen que esta modalidad educativa se asuma como inferior a la presencial. Sin embargo, nuevos desarrollos en tecnologías de la información, particularmente el uso de redes sociales y de *blogs*, *wikis*, y *podcasts*, entre otros, así como mejoras en la transmisión de video, están ayudando a superar estas limitaciones.

Un problema adicional de los cursos MOOC que aún no se ha resuelto satisfactoriamente es la certificación de los resultados del aprendizaje. Los exámenes a distancia y la preparación de trabajos se prestan al plagio con mayor facilidad que los cursos presenciales, por lo que se está explorando la manera de asegurar la identidad de cada alumno que prepara un trabajo o rinde un examen. La existencia de programas que permiten revisar textos y exámenes, comparándolos con una base de datos acumulada a lo largo de varios años, ayuda a identificar casos en los que los alumnos reciben ayuda indebida y evita certificar a quienes no califican. Otro enfoque para resolver este problema es el uso de modalidades semipresenciales, que combinan elementos de enseñanza en línea con sesiones cortas e intensivas a lo largo o al final del curso.

En todo caso, es altamente probable que las modalidades de enseñanza masiva en línea se conviertan en un componente clave en el funcionamiento de las universidades en un futuro cercano, especialmente si se les considera como un complemento de los cursos presenciales. Las ventajas que esta ofrece en cuanto a acceso, costo y calidad de los docentes son claras, y las dificultades que enfrenta se irán superando paulatinamente.

Una tercera tendencia que se viene observando en la educación superior en el ámbito mundial es la mayor vinculación entre las universidades y el sector productivo. El origen de esta relación se remonta a la segunda mitad del siglo XIX, cuando en los Estados Unidos se aprobó el «Land Grant Act» que llevó a la creación de universidades vinculadas a la agricultura en la mayoría de los estados de este país, mientras que la unión de empresas y universidades empezó

a gestarse en Alemania a fines de dicho siglo. A lo largo de todo el siglo XX se intensificaron las relaciones entre centros de investigación universitarios en la mayoría de los países europeos y esta tendencia se amplió a los países en desarrollo durante los últimos cuatro decenios.

Un hito importante en la vinculación entre universidades y sector productivo se dio en 1980 en los Estados Unidos, cuando el Congreso norteamericano aprobó la «Bayh-Dole Act» para promocionar la investigación universitaria en ciencias médicas. Anteriormente, toda investigación financiada con recursos públicos en este país debía poner los resultados a disposición de toda la comunidad científica, ya que la propiedad intelectual estaba en el dominio público. La ley Bayh-Dole permitió que las universidades y otras instituciones que hubieran recibido fondos públicos registraran patentes a nombre de la universidad y de los investigadores, y que se beneficiaran directamente de ellas. De esta forma se hizo posible que los investigadores y sus instituciones obtuvieran grandes beneficios gracias al trabajo científico financiado con fondos públicos.

Inicialmente se consideró que esta ley era muy positiva debido a los incentivos que generó para la investigación científica, por el gran aumento en el número de patentes registradas por universidades y por el incremento de la actividad empresarial de los centros de enseñanza superior. Durante los primeros treinta años desde la aprobación de esta ley, el número de patentes registradas por universidades aumentó diez veces y los investigadores universitarios crearon más de 4500 empresas comerciales a partir de los resultados de investigaciones financiadas con recursos estatales. Se crearon oficinas de transferencia de tecnología para acercar a las universidades al mundo empresarial, y Alemania y Japón imitaron el ejemplo de los Estados Unidos al aprobar leyes similares.

No obstante, esta ley ha generado también muchas críticas de la comunidad científica. Entre otras consecuencias indeseables, se arguye la creación de una cultura en la que obtener beneficios económicos es la principal motivación de los centros de investigación universitarios y

de los investigadores. En muchos casos la competencia para patentar descubrimientos y obtener resultados económicos ha fomentado el secreto, y se ha desplazado a un segundo plano la colaboración académica y el intercambio de información científica. Otra consecuencia nociva que perciben los críticos ha sido la tendencia a escoger proyectos de investigación que rinden beneficios inmediatos; en consecuencia, se postergan dejando aquellos que generan resultados en el mediano y largo plazo pero que podrían tener gran impacto.

Además, se argumenta que la ley Bayh-Dole ha restringido el acceso a los resultados de investigaciones financiadas con fondos públicos, lo que dificulta su uso en investigaciones posteriores que deben apoyarse en ellas. Por ejemplo, un estudio realizado en 2006 por la American Association for the Advancement of Science encontró que el 35% de los investigadores en biotecnología tuvo problemas para emplear los conocimientos y tecnologías resultantes de investigaciones previas, debido a las limitaciones impuestas por las patentes otorgadas al amparo de la ley Bayh-Dole (Hensen, Brewster, Asher & Kisielewski, 2006).

Si bien existen excepciones de casos en que los descubrimientos no se patentan por razones éticas, los juicios y demandas entre universidades, investigadores y empresas sobre propiedad intelectual son muy frecuentes. Un caso emblemático fue el descubrimiento de la secuencia de genes BRCA1 y BRCA2 asociados al cáncer de mama hereditario en la Universidad de Utah, que luego vendió la patente a la empresa Myriad Genetics. Esta empresa monopolizó los procedimientos de diagnóstico e inició demandas en contra de las instituciones que usaban la identificación de estos genes para detectar la predisposición a dicho tipo de cáncer y ofrecían diagnósticos menos costosos.

Por último, cabe citar un estudio publicado recientemente, que llegó a la conclusión de que:

Ni las tendencias generales de patentes y licencias en el periodo posterior a la ley Bayh-Dole, ni los casos estudio individuales de tecnologías comercializadas, muestran que esta ley facilitó la

transferencia de tecnología y la comercialización. La investigación empírica sugiere que entre las pocas patentes y licencias académicas que resultaron en productos comerciales, una proporción significativa (incluyendo a las más prominentes generadoras de ingresos) hubiera podido ser efectivamente transferida si se hubieran puesto en el dominio público o licenciado de manera no exclusiva (So y otros, 2008).

Según este mismo estudio, en 2006 las universidades, hospitales e instituciones de investigación norteamericanas obtuvieron \$1850 millones en utilidades gracias a patentes y licencias tecnológicas, pero recibieron \$43 860 millones en financiamiento para investigación de fondos públicos, fundaciones y contratos de investigación.

Estas tres tendencias mundiales —creciente importancia de la interdisciplinariedad, mayor énfasis en la educación en línea a distancia, y una más estrecha vinculación entre las universidades y el sector productivo— presentan desafíos para la limitada capacidad de investigación de las universidades peruanas. Si bien es necesario prestar atención a ellas y adecuar el desarrollo futuro de la educación superior en el Perú a las oportunidades que ofrecen, esto debe hacerse de manera gradual y deliberada, sobre todo en el caso de la educación en línea y la relación universidad-empresa.

### Comentarios finales

Los cambios en proceso en la generación y utilización de conocimientos científicos y tecnológicos, unidos a la transición de un paradigma tecnoeconómico a otro y a la brecha de conocimiento entre países de altos ingresos y los de ingresos medios y bajos, plantean grandes desafíos a los países en desarrollo. Estos desafíos son particularmente difíciles y complejos para el Perú, que ha logrado un alto nivel de crecimiento económico pero que, pese al crecimiento explosivo de sus universidades, tiene aún serias deficiencias en su dotación

de recursos humanos altamente calificados y en su capacidad científica y tecnológica.

Las universidades han sido, casi desde sus inicios hace más de siete siglos, instituciones conservadoras y, con algunas excepciones, poco proclives al cambio. No obstante, el papel central que juegan las instituciones universitarias en la generación de conocimientos científicos y tecnológicos exige un esfuerzo de adaptación que involucra cambios significativos en su organización y funcionamiento. Las tendencias mundiales hacia el trabajo interdisciplinario, la educación en línea, y una relación más estrecha entre la universidad y el sector productivo son algunas de las presiones externas que afectarán a la universidad peruana en un futuro cercano.

Para emprender con éxito este esfuerzo de adaptación será necesario que las instituciones de educación superior establezcan relaciones de cooperación con otras entidades académicas, agencias del sector público y empresas, para integrarse de una manera mucho más activa al entorno institucional que las rodea. También será necesario flexibilizar y modificar continuamente el contenido, los métodos y la audiencia de los programas de enseñanza, lo cual requiere una apertura a nuevas ideas y planteamientos, así como mecanismos de seguimiento y evaluación para identificar los cambios necesarios.

### Referencias bibliográficas

- Díaz, Juan José & Juana Kuramoto (2010a). *Evaluación de políticas de apoyo a la innovación en el Perú: informe final*. Lima: GRADE. Disponible en [http://www.mef.gob.pe/contenidos/pol\\_econ/documentos/Estudio\\_Background\\_Spanish\\_version13072010.pdf](http://www.mef.gob.pe/contenidos/pol_econ/documentos/Estudio_Background_Spanish_version13072010.pdf)
- Díaz, Juan José & Juana Kuramoto (2010b). *Políticas de Innovación, Ciencia y Tecnología*. [Documento preparado para el Consorcio de Investigación Económica y Social-CIES]. Lima: GRADE.

- Hensen, Stephen, Amanda Brewster, Jana Asher & Michael Kisielewski (2006). *The Effects of Patenting AAAS in the Scientific Community*. Washington DC: AAAS. Disponible en [http://sippi.aaas.org/Pubs/AAAS\\_IP\\_Survey\\_Report.pdf](http://sippi.aaas.org/Pubs/AAAS_IP_Survey_Report.pdf).
- Pérez, Carlota (1998). *Desafíos sociales y políticos del cambio de paradigma tecnológico*. Caracas: Fundación Centro Gumilla. Disponible en <http://www.carlotaperez.org/download/DesafiosociopoldelparadigmaparaAnivSIC.pdf>
- Pérez, Carlota (2002). *Technological revolutions and financial capital: The dynamics of bubbles and golden ages*. Cheltenham: Edward Elgar Publishing.
- Pérez, Carlota (2004). *Revoluciones tecnológicas y capital financiero la dinámica de las grandes burbujas financieras y las épocas de bonanza*. México DF: Siglo Veintiuno Editores.
- Pérez, Carlota (2012). Revoluciones tecnológicas y paradigmas tecnoeconómicos. *Tecnología y Construcción*, 21(1). Disponible en [http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev\\_tc/article/view/2886](http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_tc/article/view/2886).
- Roca, Santiago (2011). La balanza comercial de conocimientos. En *Perú al 2021: retos y perspectivas para el empresario: un análisis multidisciplinario*. Lima: Cengage-ESAN Ediciones.
- Sagasti, Francisco (2004). Knowledge and innovation for development: The Sisyphus challenge of the 21st century. Chentelham: Edward Elgar.
- Sagasti, Francisco (2011a). *Ciencia, tecnología, innovación: políticas para América Latina*. Lima-México DF: Fondo de Cultura Económica.
- Sagasti, Francisco (2011b). *En busca del tiempo perdido: ciencia, tecnología e innovación en el Perú*. [Foro Nacional-Internacional, 2011]. Disponible en [http://www.franciscosagasti.com/descargas/publicaciones\\_02/en-busca-tiempo-perdido.pdf](http://www.franciscosagasti.com/descargas/publicaciones_02/en-busca-tiempo-perdido.pdf).
- So, Anthony y otros (2008). Is Bayh-Dole Good for Developing Countries? Lessons from the US Experience. *PLoS Biol*, 6(10).