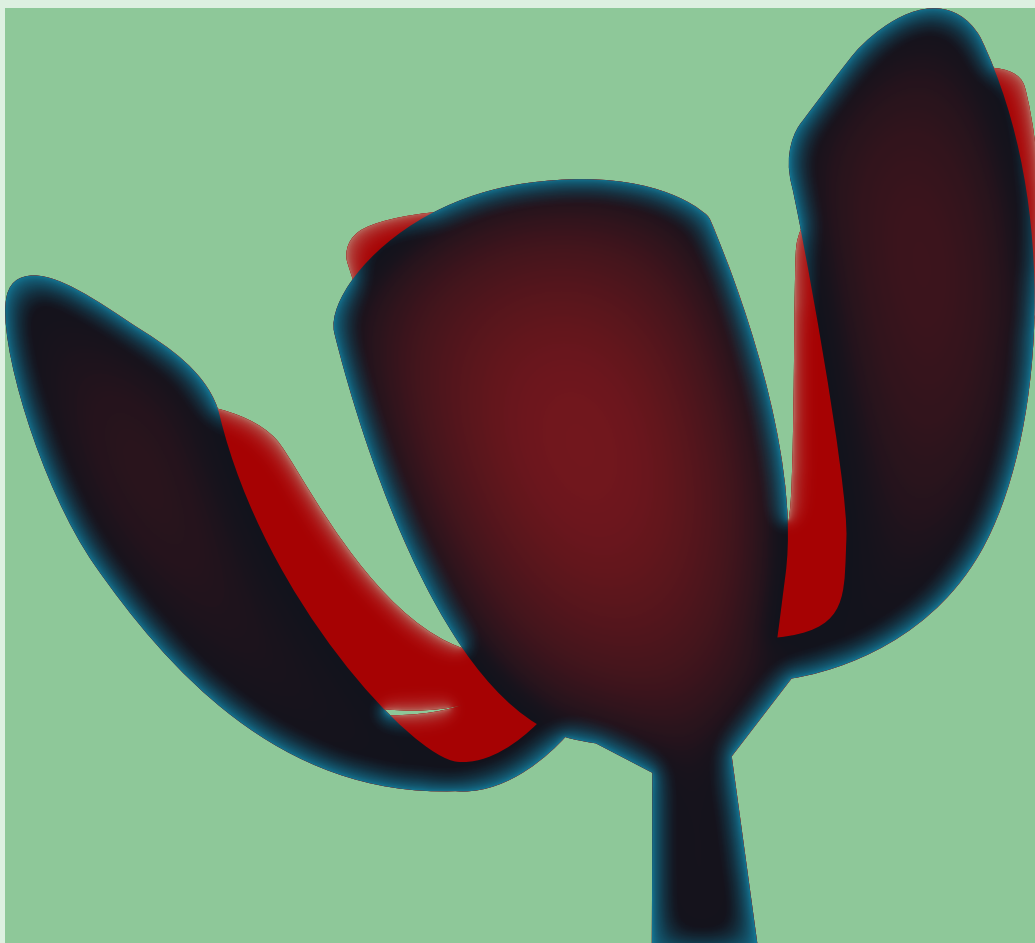


HORIZONTES Y DESAFÍOS ESTRATÉGICOS PARA LA CIENCIA EN IBEROAMÉRICA

Congreso Iberoamericano de Ciencia,
Tecnología, Innovación y Educación

12, 13 y 14 de noviembre de 2014
Buenos Aires, Argentina



HORIZONTES Y DESAFÍOS ESTRATÉGICOS PARA LA CIENCIA EN IBEROAMÉRICA

Congreso Iberoamericano de Ciencia,
Tecnología, Innovación y Educación

12, 13 y 14 de noviembre de 2014
Buenos Aires, Argentina

Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura
Horizontes y desafíos estratégicos para la ciencia en Iberoamérica : Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Innovación y Educación 12, 13 y 14 de Noviembre de 2014. - 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires : Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura, 2015. 448 p. ; 23 x 16 cm.

ISBN 978-987-3753-36-7

1. Ciencia. 2. Tecnología. 3. Educación.
CDD 600

Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI)

Octubre de 2015

Bravo Murillo, 38

28105 Madrid, España

ciencia@oei.es

<http://www.oei.es>

<http://www.observatoriocts.org>

@cienciadelaoei

@ObservatorioCTS

ISBN: 978-987-3753-36-7

Diseño y maquetación: Bouzón | Comunicación y Diseño

La edición de este volumen ha estado a cargo del Observatorio Iberoamericano de la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad (OCTS) de la OEI. El equipo de trabajo fue coordinado por Mario Albornoz, con el apoyo de Manuel Crespo.

El volumen recoge algunas contribuciones presentadas en el ciclo de debate "Horizontes y desafíos estratégicos de la ciencia en Iberoamérica" que se llevó a cabo durante el Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Innovación y Educación (12, 13 y 14 de noviembre de 2014 - Buenos Aires, Argentina). También fue incorporada una serie de informes sectoriales elaborados en el marco del OCTS, bajo la coordinación de Rodolfo Barrere.

Este libro está pensado para que tenga la mayor difusión posible y que, de esa forma, contribuya al conocimiento y al intercambio de ideas. Por tanto se autoriza su reproducción siempre que se cite la fuente y se realice sin ánimo de lucro.

Índice

Prólogo	07
Introducción	
Repensar el papel de la ciencia y la tecnología en Iberoamérica. <i>Mario Albornoz</i>	13
Estrategias de cooperación en ciencia y tecnología	
La pirámide de la innovación científica. <i>Michel Bergeron y Mayra de la Torre</i>	31
Estrategias de cooperación iberoamericana en ciencia y tecnología.	41
<i>Alicia Fernández Cirelli</i>	
Modelos de relación entre ciencia, tecnología y sociedad	
La producción de conocimientos: la democratización es el nombre del juego.	51
<i>Ignacio Ávalos Gutiérrez</i>	
Conocimiento para el desarrollo: problemas actuales y alternativas posibles en Iberoamérica. <i>Judith Sutz</i>	63
Economía de la innovación	
Consideraciones para un nuevo enfoque latinoamericano sobre ciencia, tecnología e innovación para atender problemas sociales. <i>Rosalba Casas</i>	83
Política científica y tecnológica	
Políticas en Ciencia, Tecnología e Innovación: la experiencia argentina.	99
<i>Ruth Ladenheim</i>	
El papel de la universidad iberoamericana en la generación del conocimiento	
La universidad para el desarrollo y la generación de conocimientos. <i>Rodrigo Arocena</i>	111
El papel de las universidades en la generación, apropiabilidad, transferencia y difusión de conocimiento, para contribuir al desarrollo y la inclusión social.	125
<i>Gustavo Eduardo Lugones</i>	
Condicionantes de la generación de conocimiento científico y tecnológico en las universidades latinoamericanas. <i>Jesús Sebastián</i>	137
Cultura científica	
Discursos y prácticas de promoción de cultura científica en las políticas públicas de Iberoamérica. <i>Carmelo Polino y Carina Cortassa</i>	151

I+D: Del deseo de conocimiento al deseo de resultados				
I+D: Del deseo de conocimiento al deseo de resultados. <i>Javier López Facal</i>	169		Desarrollismo e investigación en el Brasil: la universidad y las agencias de fomento en un largo proceso de modernización. <i>María Verónica Secreto</i>	349
Espacios prioritarios en I+D: Nanotecnología			Espacios prioritarios en I+D: Agua	
La nanotecnología en Iberoamérica. Situación actual y tendencias. <i>Rodolfo Barrere y Laura Trama</i>	175		El uso del recurso agua. <i>Miguel Ángel Blesa</i>	363
Espacios prioritarios en I+D: Biotecnología			Panorama general del agua de consumo humano en Iberoamérica. <i>Alicia Fernández Cirelli</i>	371
Desafíos y oportunidades en biotecnología para el desarrollo de una bioeconomía latinoamericana. <i>Lucía Atehortúa Garcés</i>	199		Espacios prioritarios en I+D: Alimentos	
Espacios prioritarios en I+D: Tecnologías de la información y las comunicaciones			La cocina como herramienta para la educación en ciencia. <i>Pere Castells Esqué</i>	383
Algunas reflexiones sobre las tecnologías de la información y las comunicaciones en Iberoamérica. <i>Pablo Jacovkis</i>	213		Espacios prioritarios en I+D: Riesgos ambientales y tecnológicos	
Las tecnologías de la información y las comunicaciones en Iberoamérica. Situación actual y tendencias. <i>Rodolfo Barrere y Laura Trama</i>	223		La dimensión ambiental a escala departamental en Argentina (2010). <i>Guillermo Ángel Velázquez</i>	393
Espacios prioritarios en I+D: Energía			Espacios prioritarios en I+D: Transporte	
La energía solar de concentración como ejemplo de transferencia exitosa de conocimiento: el caso de la plataforma solar de Almería (PSA). <i>Julián Blanco Gálvez</i>	255		Acerca de la movilidad cotidiana. El caso de Buenos Aires metropolitana. <i>Susana Kralich</i>	405
Espacios prioritarios en I+D: Tecnologías para la inclusión social			Intermodalismo en México: tendencias y relevancia temática. <i>Carlos Martner Peyrelongue y Gabriela García Ortega</i>	419
Tecnologías para la inclusión social. Experiencias recientes en Latinoamérica. <i>David Chávez Muñoz, Clara Villalba Clavijo, María Elina Estébanez y Aurelio Ferrero</i>	275		Transporte, sostenibilidad e impactos ambientales. <i>Rosa Virginia Ocaña Ortiz</i>	433
Combinaciones de capitales en innovaciones en sistemas de producción familiar rural para la inclusión social. <i>Clara Villalba Clavijo</i>	291			
Espacios prioritarios en I+D: Estrategias de desarrollo sostenible				
Transformaciones y sostenibilidad del desarrollo urbano: el caso de la zona costera de la región de Valparaíso, Chile. <i>Federico Arenas, Rodrigo Hidalgo y Daniel Santana</i>	309			
Espacios prioritarios en I+D: Ciencias sociales y humanidades				
Innovaciones artísticas ocultas: aportaciones de las artes a las ciencias y tecnologías. <i>Javier Echeverría</i>	321			
Las ciencias sociales y humanidades en Iberoamérica. <i>Noemí Girbal-Blacha</i>	333			
Ciencias sociales y humanidades. Afinidades y diferencias. <i>María Isabel Santa Cruz</i>	341			

PRÓLOGO

El Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Innovación y Educación de la OEI celebrado entre el 12 y el 14 de noviembre de 2014 en Buenos Aires, contuvo, entre otras sesiones, un ciclo de debates acerca de los horizontes y los desafíos para la investigación científica y el desarrollo tecnológico (I+D) en el contexto de América Latina.

El ciclo estuvo compuesto por una serie de mesas integradas por expertos de distintos países iberoamericanos. En ellas se presentó información y se discutió acerca de los horizontes y los espacios prioritarios en I+D en temas tales como: energía, agua, ciencias sociales, TIC, nano y biotecnología, alimentos, salud, transporte, prevención de riesgos ambientales y tecnológicos, cultura científica y participación ciudadana, transferencia de conocimientos, el rol de la universidad iberoamericana en la generación y la transferencia de conocimiento y los distintos modelos posibles de relación entre la ciencia, la tecnología y la sociedad.

Tanto en la organización del Congreso como en el desarrollo del ciclo de debates, la OEI viene dando cumplimiento a su mandato de actuar en el campo de la ciencia con un enfoque inclusivo e integrador de la tecnología y la innovación en su intersección con la educación y la cultura.

La mirada de la OEI sobre la ciencia se apoya en la convicción de que una sociedad informada y científicamente culta debe ser consciente de las potencialidades de la ciencia y la tecnología, dos ámbitos que, a su vez, esperan de ella un apoyo a la I+D, a la utilización responsable de sus resultados y a un impulso de la innovación en las actividades productivas públicas y privadas. La información y la cultura científica constituyen hoy una condición indispensable para que la ciencia y la tecnología sean consideradas como un recurso social y para que se estimule la participación ciudadana en los procesos de toma de decisiones en temas vinculados con las aplicaciones del avance científico-tecnológico.

En los últimos años, la OEI se ha esforzado por colaborar en el desarrollo de aspectos de formación, cultura científica, enseñanza de las ciencias e investigación. Los primeros son promovidos desde la Escuela de Ciencia del Centro de Altos Estudios Universitarios (CAEU); los segundos se apoyan en dos redes muy extensas; los terceros en el ámbito de IBERCIENCIA; y los cuartos se desarrollan en el marco del Observatorio Iberoamericano de la Ciencia, la tecnología y la Sociedad (OCTS). Además, se viene dando un especial empuje a una reflexión que sea tanto de balance como de prospectiva en los cuatro campos que configuran su misión.

En julio de 2012 y con ocasión del Foro Iberoamericano de responsables de Educación Superior, Ciencia e Innovación, celebrado en el marco de la Cumbre Iberoamericana, se presentó el documento titulado “Ciencia, Tecnología e Innovación para el desarrollo sostenible y la cohesión social. Un Programa iberoamericano para la década de los bicentenarios”, que contiene una

ambiciosa propuesta de actualización y fortalecimiento de la cooperación iberoamericana en este sector. El documento fue elaborado, en su primera versión, por un grupo de especialistas convocados por la OEI a través del OCTS. Luego fue enriquecida con los aportes recibidos en reuniones y foros. La *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad* (CTS) mantuvo durante meses un foro permanente que se nutrió de numerosas aportaciones.

Finalmente, se llevó a cabo una encuesta en línea, que estuvo abierta desde el 15 de febrero hasta el 31 de marzo de 2013. Fue elaborada también por el equipo del Observatorio y consistió en un cuestionario de diez preguntas, tanto abiertas como cerradas, sobre las opiniones que suscitó el documento de ciencia de la OEI. Se obtuvieron casi cuatrocientas opiniones provenientes de la mayoría de los países de Iberoamérica: Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Cuba, Ecuador, El Salvador, España, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, Portugal, Puerto Rico, República Dominicana, Uruguay y Venezuela. Las respuestas recibidas mostraron una opinión que priorizaba, en proporciones bastante similares, la necesidad de garantizar que la investigación científica y tecnológica alcance niveles de excelencia y la necesidad de que esté orientada hacia temas que surjan del interés social.

Como reunión preparatoria para el Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Innovación y Educación, la OEI, conjuntamente con el Consejo Interuniversitario Nacional (CIN) de Argentina, organizó el Seminario Iberoamericano sobre Ciencia, Tecnología, Universidad y Sociedad, que se llevó a cabo en Buenos Aires en mayo de 2014. Este Seminario estuvo focalizado sobre la problemática de la investigación en las universidades y su relación con el entorno económico y social. Se debatió acerca del perfil de las universidades, de la función de la investigación en el desempeño de la función social de la universidad y del rol de los distintos actores involucrados en los procesos de educación para la ciencia, creación de conocimiento científico y tecnológico, su difusión y su transferencia.

El volumen que aquí se presenta forma parte de tal proceso de reflexiones, debates y acciones a futuro. Este libro recoge gran parte de las contribuciones recibidas, expuestas en las mesas del ciclo de debates acerca de los horizontes y los desafíos para la investigación científica y el desarrollo tecnológico (I+D) en el contexto de Iberoamérica, a lo largo de los tres días que duró el Congreso. Las ponencias han sido transformadas en este libro en artículos académicos, con el propósito de invitar a los lectores de la comunidad iberoamericana a continuar la reflexión y el diálogo acerca de estos importantes temas, cuya indagación resulta vital para profundizar los estudios de las fronteras de la ciencia y la búsqueda de soluciones para las demandas sociales de nuestros pueblos.

Paulo Speller
Secretario General de la OEI

INTRODUCCIÓN

Repensar el papel de la ciencia y la tecnología en Iberoamérica

Mario Albornoz¹

El conocimiento científico, como expresión del espíritu humano e insumo necesario para el desarrollo económico y social, constituye una de las principales riquezas de las sociedades contemporáneas. La prosperidad de los países ha quedado asociada en gran medida al valor que agrega el conocimiento a la producción de bienes y servicios. Para denominar a este proceso se han acuñado expresiones como “sociedad del conocimiento” y “economía del conocimiento”, con las que se pretende caracterizar la época actual y mostrar las oportunidades y desafíos a los que los países deben hacer frente. El éxito en el camino de desarrollo depende en buena medida de la capacidad de gestionar el cambio tecnológico y aplicarlo a la producción, la explotación racional de los recursos naturales, el cuidado de la salud, la alimentación, la educación y la atención de otros requerimientos sociales.

Asumiendo estas convicciones, la OEI ha presentado su Programa de Ciencia, Tecnología e Innovación para el Desarrollo y la Cohesión Social, que orientará su actividad de cooperación en estos temas y fue elaborado tras un amplio sistema de consultas a la comunidad científica y otros expertos iberoamericanos. Con el mismo espíritu convocó al Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Innovación y Educación, realizado en Buenos Aires en noviembre de 2014. En el marco del Congreso se organizó un ciclo de debates sobre Horizontes y Desafíos Estratégicos para la Ciencia en Iberoamérica. Algunas de las contribuciones realizadas y las principales ideas que nutrieron los debates se presentan en este libro.

1. El contexto latinoamericano

Los países de América Latina vienen intensificando su apoyo a las actividades de ciencia, tecnología e innovación durante las últimas décadas, en un momento de la escena internacional en el que emergen nuevos actores y los bloques que han prevalecido se están reconfigurando. Actualmente hay consenso en los gobiernos y la opinión pública acerca de aplicar políticas de ciencia, tecnología e innovación diseñadas como instrumento estratégico para el logro de un desarrollo equitativo y sustentable. La brecha entre países ricos y pobres no remite sólo a una distribución desigual de la riqueza, sino también del conocimiento. Por ello, las políticas de ciencia, tecnología e innovación, así como las de educación, se han convertido en herramientas

¹ Coordinador del Observatorio Iberoamericano de la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad de la OEI.

necesarias para transformar la estructura productiva, mejorar la gestión pública y fortalecer el ejercicio de la ciudadanía.

La preocupación por impulsar el conocimiento científico y tecnológico había ya inspirado las estrategias de desarrollo basadas en la industrialización sustitutiva de importaciones que los países de América Latina pusieron en práctica en la segunda mitad del siglo XX. Se identificó como una meta principal la lucha contra la pobreza y se instaló la idea de que el éxito en tal empeño trasciende el mero crecimiento de la economía e implica la modernización de las estructuras sociales. Durante aquel período, algunas personalidades latinoamericanas relevantes creyeron en la capacidad local para alcanzar el desarrollo y regular los flujos de tecnología extranjera. Sin embargo, la inexistencia o la extrema fragilidad de los vínculos e influencias recíprocas entre el estado, la sociedad y la comunidad científica constituían un rasgo característico del “capitalismo periférico”, como lo denominara por entonces la CEPAL. La importancia de este problema fue claramente expresada por Jorge Sabato, uno de los pioneros latinoamericanos en estos temas, quien propuso, como modelo orientador de las estrategias de desarrollo, establecer un sistema triangular de interacciones entre el gobierno, el sector productivo y las instituciones científicas y académicas.

Después de haber tenido un éxito parcial, el modelo de desarrollo basado en la industrialización sustitutiva de importaciones entró en crisis en la mayor parte de los países de América Latina durante los años 70, en un contexto de convulsiones internas, presiones externas, gobiernos autoritarios y democracias debilitadas. La región vivió a partir de entonces uno de sus períodos históricos más difíciles. La década de los 80 fue denominada por la CEPAL como la “década perdida” desde el punto de vista del desarrollo económico, así como del científico y tecnológico. En los años 90, muchos gobiernos inspirados en el llamado “consenso de Washington” pusieron en práctica políticas que replanteaban del papel del Estado, lo que condujo a que éste viera reducido su ámbito de acción y abandonara sectores de actividad que hasta entonces le eran indiscutiblemente propios, para adoptar otras funciones supuestamente vinculadas con las regulaciones y el control de la calidad. En la práctica esto muchas veces derivó en un retroceso en la financiación pública a distintas actividades; entre ellas, las académicas, científicas y tecnológicas. Aquellas políticas condujeron nuevamente a años críticos en la última década del siglo pasado.

Los primeros años del siglo XXI han sido testigos de importantes avances en las políticas macroeconómicas de los países de América Latina. Durante el período previo a la crisis internacional de 2008, la combinación de un entorno internacional muy favorable y una mejor administración de las políticas macroeconómicas permitieron a la mayoría de los países sostener el crecimiento, controlar la inflación, disminuir la deuda pública y aumentar las reservas de divisas. Este escenario macroeconómico favorable hizo posible refinanciar la deuda pública y ampliar el gasto social, lográndose así una disminución relativa de la pobreza. Sin embargo, el desarrollo de una reindustrialización que diversifique la matriz productiva, dotándola de mayor valor agregado, continúa siendo un desafío en la región.

Existe un debate acerca de los alcances y límites de las transformaciones producidas en los términos de intercambio del comercio internacional. Generalmente se reconoce que algunas eco-

nomías emergentes están desempeñando un papel más activo como agentes dinamizadores del crecimiento mundial, en particular los países del grupo denominado BRICS (Brasil, Rusia, India, China y Sudáfrica), lo cual estaría reconfigurando los polos del comercio internacional. Desde la perspectiva de la OEI, éste parece ser el momento adecuado para que los países de América Latina aprovechen los excedentes y los inviertan de forma que modifiquen su estructura productiva y su oferta de productos al mundo, dando pasos firmes hacia la economía del conocimiento.

Como contracara de la relativa bonanza económica, muchos problemas sociales acuciantes esperan todavía ser resueltos. La igualdad distributiva es una antigua aspiración nunca satisfecha, de los países de América Latina. A finales de los ochenta, la CEPAL vinculó estrechamente las nociones de crecimiento y equidad. La gráfica expresión de Fernando Fajnzylber acerca del “casillero vacío” en América Latina, en el que tanto el crecimiento como la equidad alcanzarían valores positivos, sigue teniendo vigencia actualmente. Muchos años después de haber sido formulado un diagnóstico tan sintético, el casillero que vincula el crecimiento económico con la equidad sigue vacío para amplios sectores sociales, en los países de la región. La existencia de una brecha social muy profunda en el acceso a los bienes materiales, culturales y a los servicios básicos constituye un apelativo ético al conjunto de la sociedad y una tarea que desde la política debe ser abordada con urgencia.

La desigualdad distributiva es un problema cuya solución depende principalmente de las configuraciones del poder político en cada sociedad. Hay, sin embargo, un gran espacio para la ciencia y la tecnología: comprender la magnitud del problema de la desigualdad en la distribución del ingreso, caracterizarlo correctamente, desentrañar los mecanismos y relaciones de poder que están en juego y proponer líneas de acción posibles es un campo abierto al estudio empírico y la conceptualización por parte de las ciencias sociales. Las tecnologías inclusivas socialmente tienen también un importante papel.

En la convocatoria al ciclo de horizontes y desafíos estratégicos que da origen a este volumen se afirmaba que la ciencia y la tecnología pueden cumplir un papel relevante en la atención de problemas de desarrollo social y humano, brindando soluciones innovadoras para dar acceso a bienes y servicios básicos a poblaciones marginadas de estos beneficios. Diversos conceptos, como los de “innovación inclusiva” o “tecnologías sociales”, contienen la idea de una orientación de la política científica y tecnológica a tales objetivos. En la mesa correspondiente se abordaron las tecnologías para la inclusión social, entendidas como aquellos desarrollos tecnológicos destinados a mejorar la situación de equidad a individuos, grupos y comunidades afectados por procesos de exclusión social. Estos afectan la capacidad de acceso y apropiación de bienes como la salud, alimentación, educación, trabajo, los recursos energéticos y habitacionales, entre otros.

La aspiración al logro de una comunidad iberoamericana dotada de relaciones sociales más justas demanda la activa participación ciudadana, lo que supone la existencia de una comunidad política, marcos institucionales y normativos que den garantías y un espacio público en el que se ejerzan los derechos y las obligaciones como sustento de la democracia con justicia social. La OEI entiende que este proceso se apoya en gran medida en la ciencia bajo dos perspectivas diferentes: por una

parte, como sustento racional de la organización social y de la relación con la naturaleza; por otra parte, como instrumento para el logro de objetivos materiales de la sociedad. Los avances en salud, alimentos, telecomunicaciones y transportes, entre otros, contribuyen a elevar la calidad de vida de la población. En esta perspectiva, el dominio de los conceptos y los productos del trabajo científico resulta un elemento clave para el logro de una sociedad cohesionada, compuesta por ciudadanos.

La diversidad de tamaño, niveles de desarrollo, perfil productivo y calidad de vida de los países de Iberoamérica configura una limitación inicial para el logro del desarrollo y la cohesión social en la región, pero también brinda oportunidades si se la procesa adecuadamente. La OEI interpreta que la heterogeneidad es una buena base para ejercitar la cooperación horizontal, ya que brinda la posibilidad de que los países de mayor tamaño y de trayectoria más consolidada en ciencia, tecnología e innovación sean solidarios con los más pequeños o de menores capacidades relativas. La cooperación iberoamericana en el campo de la ciencia y la tecnología es imprescindible para el abordaje de problemas comunes (estudio de ciertas enfermedades propias de estos países, marginación juvenil y delincuencia, transportes y energía, entre otros problemas), consolidar capacidades y abordar proyectos de cierta envergadura.

Ningún país es autosuficiente en ciencia y tecnología. Por este motivo, la trama de redes que involucran a latinoamericanos e residentes en otros países y aporten su experiencia, la cooperación internacional, los acuerdos de licencias y muchas otras formas de acceder al conocimiento son igualmente necesarias. Gestionar estas posibilidades con un sentido estratégico, sobre la base de un profundo conocimiento de las necesidades locales, es un aspecto de la madurez científica y tecnológica. Ella implica la capacidad de elegir aquellos conocimientos más adecuados y adaptarlos a las condiciones locales. También es necesario disponer de sistemas avanzados de información científica y tecnológica, a fin de hacer tareas de inteligencia estratégica que permitan evaluar tendencias e identificar nuevas tecnologías disponibles. La madurez científica y tecnológica significa la capacidad de crear conocimiento de excelencia, pero también de obtenerlo de fuentes adecuadas, difundirlo y aplicarlo.

Nada de esto sería posible si los países iberoamericanos no dispusieran de profesionales altamente capacitados, científicos y tecnólogos en condiciones, tanto de crear nuevo conocimiento a través de la I+D, como de obtener conocimiento de fuentes externas y, en ambos casos, apropiarlo, adaptarlo y transferirlo a los actores de las tramas productivas y sociales para que lo apropien y lo apliquen adecuadamente; de allí el importante papel que a este respecto juegan las instituciones educativas y, en particular, las universidades. Una cultura científica y tecnológica ampliamente extendida en la población es también una condición necesaria para dar impulso a la vinculación entre quienes producen, identifican, adaptan y aplican los conocimientos.

2. Educación superior

Las universidades desempeñan un papel clave en la tarea de dar impulso a un estilo de desarrollo equitativo y sostenible desde un punto de vista social y ambiental. La universidad es la única

institución capaz de cubrir todas las fases del proceso del conocimiento, desde su creación hasta su atesoramiento, transmisión y difusión social. Cuenta además con la capacidad de sostener una mirada crítica frente al optimismo epistemológico y el optimismo tecnológico.

A lo largo de la historia de Iberoamérica, las universidades han jugado un papel muy importante. Las universidades, junto con la Iglesia, fueron de las primeras instituciones en ser implantadas en las nuevas sociedades coloniales. Si en Europa la construcción de las universidades fue un proceso endógeno y paulatino que otorgaba sanción a una comunidad académica preexistente, en América Latina se trató de un modelo trasplantado, como la mayoría de las instituciones en base a las cuales se organizaron los diferentes virreinos. Una particularidad de las colonias españolas americanas es que las universidades fueron creadas antes que el resto de las instituciones educativas.

Durante el siglo XIX la creación de universidades, nuevas o sobre la base de las fundadas en la época colonial, estuvo íntimamente ligada al establecimiento de las nacientes repúblicas. La construcción del estado y la modernización requería de las universidades para la formación de la nueva elite política y económica local. El modelo de universidad napoleónica, de tipo profesional, marcaría la identidad de gran parte de las universidades creadas durante ese período. Ese modelo conjugaba, por una parte, la concepción ilustrada emanada de la revolución francesa, con la voluntad política del estado de tomar a su cargo, en forma absoluta y exclusiva, la responsabilidad por la educación superior y por la regulación de las profesiones.

Un acontecimiento decisivo en la conformación de la identidad de las universidades iberoamericanas fue la reforma de 1918. El movimiento reformista supuso la crítica moderna, ilustrada y racionalista a estructuras sociales y políticas arcaicas, en sociedades que experimentaban profundos procesos de modernización que hacían tambalear sus viejas estructuras. No es casualidad, entonces, que el movimiento haya surgido en la Universidad de Córdoba, la más tradicional y conservadora de las universidades argentinas de aquel momento. Comenzó como un movimiento de estudiantes bajo la influencia del iluminismo, que se expresó en una reacción crítica contra el conservadurismo católico que se vivía en los claustros. La importancia del movimiento de reforma excedió con creces a la Universidad de Córdoba y al propio estudiantado, tanto por su impacto a lo largo de las universidades de la región, como por su impronta en los movimientos políticos y sociales de democratización que surgieron en la época. La reforma marcó la concepción de la universidad iberoamericana, forjando su identidad en torno a tres misiones: docencia, investigación y extensión. Además de reclamos relativos a la propia vida universitaria, tales como los principios de la autonomía universitaria y del autogobierno con representación de estudiantes, graduados y profesores, la libertad de cátedra, el acceso a los cargos docentes por concurso y el vínculo entre la docencia y la investigación, la reforma estableció un fuerte compromiso universitario con la cuestión política y social. Este compromiso político y social caracterizaría al desarrollo posterior del movimiento estudiantil en casi toda la región.

Otra característica histórica de las universidades en Iberoamérica ha sido la amplia preponderancia de las universidades públicas. Esto ha ido cambiando en tiempos más recientes. Si bien

las instituciones públicas siguen teniendo una participación mayoritaria sobre el total de la matrícula universitaria a nivel regional, las universidades privadas se han desarrollado ampliamente en las últimas décadas, llegando a ser dominantes, en cuanto al número de alumnos, en ciertos países. Se ha pasado de un sistema universitario dominado por las grandes universidades públicas hacia un sistema de educación superior complejo, heterogéneo, y segmentado socialmente. En la actualidad coexiste una pluralidad de instituciones de educación superior, universitarias y no universitarias, públicas y privadas, instituciones de excelencia orientadas a la investigación y al posgrado, e instituciones orientadas a la docencia y a la educación de grado. Se trata de un sistema que no siempre garantiza la calidad de los servicios que ofrece.

En las últimas décadas, las universidades se han visto confrontadas con la necesidad de redefinir su lugar en el contexto del cambio tecnológico acelerado. La formación de graduados para una sociedad en proceso de transformación requiere nuevos diseños curriculares, nuevos métodos pedagógicos y nuevas habilidades a adquirir por parte de los estudiantes. Al mismo tiempo, el auge de los procesos de innovación ha dado a las universidades un papel destacado como productoras de conocimiento valioso para la economía y la vida social. Para dar respuesta a ello muchas universidades han desarrollado nuevas formas estructuradas y no estructuradas de vinculación con el entorno.

Desde la perspectiva de la OEI, el ideal de una universidad identificada con la ciencia, a través de la investigación y la docencia, abierta a la sociedad y sus demandas, así como a sus expresiones culturales, es todavía una tarea pendiente en Iberoamérica, si bien es cierto que muchas iniciativas en marcha tienen el propósito de impulsar transformaciones de fondo. La coyuntura es hoy favorable para reflexionar acerca de las implicancias de la revolución científica y tecnológica sobre las instituciones de educación superior y adecuar las universidades a los nuevos contextos.

3. Ciencia y tecnología

Las consideraciones precedentes conducen a la necesidad de repensar la ciencia y la tecnología en Iberoamérica. Pero, ¿qué ciencia y qué tecnología son necesarias para potenciar el desarrollo y apoyar el logro de una solución a los problemas sociales de este siglo? La pregunta remite, por una parte, a los rasgos históricos y culturales de estos países, así como a los recursos científicos y tecnológicos de que disponen. Por otra parte, refiere a la propia ciencia y a la necesidad de orientarla de un modo que pueda dar respuesta a las aspiraciones de la sociedad iberoamericana, sin renunciar a la excelencia y en un contexto de oportunidades y restricciones que deben ser evaluadas con realismo. ¿Cómo hacer para que la capacidad científica y tecnológica sirva como instrumento de desarrollo, equidad y cuidado ambiental?

Hay un desafío en definir el estilo de investigación científica y tecnológica que pueda satisfacer simultáneamente la misión de aportar al avance del conocimiento y a la solución de los grandes problemas de la región. Es necesario además abordar la cuestión de los vínculos y las

intermediaciones entre las instituciones del conocimiento y los actores sociales. Se requiere para ello un equilibrio no siempre fácil, entre adoptar parámetros de excelencia y calidad internacionales para la I+D y a la vez asegurarse de que dichos parámetros garanticen que ella contribuya a la solución de las necesidades sociales.

La difusión social de la ciencia y la tecnología es una cuestión central, que está en la base de cualquier estrategia de estímulo a la innovación, y a la que la OEI presta atención desde hace varios años. En el ciclo acerca de los horizontes y los desafíos para la investigación científica y el desarrollo tecnológico que da lugar a este volumen se afirmó que la ciencia es esencialmente comunicable y se despliega a partir del intercambio de los conocimientos, por lo que la comunicación de la ciencia es una parte ineludible del quehacer de los científicos. La divulgación de los conocimientos es también un instrumento imprescindible para que las sociedades puedan apropiarse de ellos y aplicarlos a la solución de sus necesidades. La cultura científica abre las puertas a la participación ciudadana y facilita el logro de estilos de desarrollo más adecuados.

Está actualmente en general aceptado que la I+D en cada país debe ser orientada. Se plantean entonces dos criterios a ser tomados en cuenta: la excelencia y la relevancia económica y social. Por separado, se pueden dar definiciones razonablemente aceptables por la mayoría de los expertos sobre qué significa excelencia y qué significa relevancia. Que una investigación tenga nivel de excelencia indica que sobresale por su originalidad, profundidad, calidad, elegancia, apertura de nuevas áreas de investigación; que sea relevante (en el sentido de socialmente pertinente) indica que se puede prever su impacto positivo, a corto o mediano plazo, para la solución parcial o total de alguna necesidad social o económica regional o nacional de alta significación.

En el Seminario Iberoamericano sobre Ciencia, Tecnología, Universidad y Sociedad -organizado en Buenos Aires en mayo de 2014 por la OEI y el Consejo Interuniversitario Nacional (CIN)-, los participantes fueron unánimes en señalar que tanto la excelencia como la relevancia son rasgos irrenunciables. Se presenta un problema para la toma de decisiones cuando, para una investigación determinada, los niveles de excelencia y pertinencia no coinciden. Una investigación puede ser de excelencia de acuerdo a cánones internacionales, pero comparativamente poco relevante en el contexto local en cuanto a su impacto a corto o mediano plazo; recíprocamente, una investigación puede ser relevante pero aportar poco al desarrollo de la ciencia. El enfoque a adoptar deberá ser necesariamente dual: por un lado, incluir el criterio de relevancia en el de excelencia, para garantizar que ambos sean tenidos en cuenta en el análisis; por otro lado, no descartar aquellas áreas de excelencia cuyo impacto social no sea previsible. La proporción de recursos dedicados a unas y otras áreas debe estar basada en la racionalidad y el consenso. En América Latina hay ejemplos de éxitos y fracasos. Las ciencias básicas y, en muchos casos, aquellas ramas más teóricas suelen tener un desarrollo desproporcionado con las ramas tecnológicas, comparando con los países más desarrollados y con las necesidades de cada país. La investigación tecnológica y en ingeniería es en general débil.

En un escenario de globalización, la comunidad científica despliega su vocación originaria de constituir un “colegio invisible” internacional, mediante la colaboración en redes entre colegas

de diferentes países. Esta tendencia se advierte en las publicaciones, en la formación de jóvenes investigadores, en la gestión de proyectos complejos, el aprovechamiento de equipos costosos y la obtención de fuentes de financiamientos, entre otras posibilidades. En la mesa del ciclo destinada a discutir este tema se analizaron estrategias para optimizar la cooperación a escala iberoamericana y sugerir acciones que los organismos internacionales, como lo hace la OEI, puedan adoptar para facilitar y mejorar la integración en redes.

4. La innovación

La innovación, como proceso de incorporación de nuevo conocimiento a las actividades productivas, fue inicialmente entendida como un proceso que transcurre en un escenario en el que la toma de decisiones es individual por parte de los empresarios. La experiencia posterior mostró que ella depende de un número mayor de condiciones que se relacionan con el contexto. Esto da lugar a nuevas preguntas. ¿Cuál es la relación entre los avances tecnológicos y el ambiente social y cultural? ¿Cuál es el papel de los gobiernos en el establecimiento y la dinámica de estas relaciones, teniendo en cuenta que se trata de actividades cuyo desarrollo entraña gran incertidumbre? ¿Cuál es el espacio para la cooperación internacional en este campo?

El concepto más reciente de “sistema de innovación” pretende ampliar el marco conceptual del fenómeno innovador y superar la óptica exclusivamente económica. Este concepto concibe a las innovaciones como un proceso interactivo en un entorno social específico y sistémico. La capacidad de un sistema de innovación está enraizada en los procesos de educación y capacitación. Además, desempeñan un papel relevante la capacidad de I+D, el aprendizaje profesional y laboral, la aptitud para identificar y adquirir conocimientos, la capacidad de adaptación de tecnología, y en otro plano, el papel del estado en la coordinación y dirección de las políticas industriales y económicas a largo plazo. Los gobiernos y un conjunto de instituciones tales como las universidades, el resto de la estructura de educación superior, las instituciones públicas de ciencia y tecnología, las asociaciones profesionales, consultoras privadas, asociaciones de investigación industrial e institutos de servicios tecnológicos constituyen la malla que sustenta, hace factible y da relevancia al proceso de innovación.

La innovación, sin embargo, no es todavía un rasgo dominante en el tejido productivo latinoamericano. La inversión en I+D realizada por las empresas es escasa. No es un dato sorprendente, si se tiene en cuenta que la mayoría son empresas pequeñas y pertenecen a sectores económicos que no dependen de la ciencia. Más del 80% de ellas tienen menos de diez empleados y en una proporción superior al 75% pertenecen a sectores tradicionales y de baja tecnología. Las encuestas de innovación constatan tales rasgos y ponen en evidencia que la mayoría de las innovaciones se concentran en la adquisición de tecnología incorporada, mediante la adquisición de bienes de capital (maquinaria y equipos). Esto también resulta lógico en un contexto de procesos productivos con mayor retraso tecnológico. Se carece además de la capacidad financiera necesaria para sostener estrategias de innovación más vinculadas con la generación local de conocimiento.

América Latina también se caracteriza por una fuerte presencia de empresas transnacionales que generalmente son las de mayor envergadura dentro de la estructura productiva, las que concentran sus actividades de I+D (y, por ende, de las innovaciones) en sus casas matrices. Sin embargo, cuando se profundiza en el análisis de la conducta empresarial, se observan algunas trayectorias innovadoras dentro de los distintos sectores productivos. Hay empresas que, aún en el contexto poco favorable a la innovación como medio para competir y expandirse. No son la mayoría. Sólo una baja proporción de las empresas de los países de América Latina ha desarrollado acuerdos de cooperación con instituciones de ciencia y tecnología. En aquellos países de los que se dispone información, se observa que la gran mayoría de los vínculos, cuando son establecidos, tienen por objeto la obtención de información y la realización de actividades de capacitación. Con respecto a la actividad de I+D, los porcentajes son notablemente bajos.

En la mayoría de los países de latinoamericanos hace más de dos décadas que se viene tratando de favorecer las interacciones de las universidades con el sector productivo y aplicar instrumentos para el fomento de la interacción. Son, sin embargo, escasas las experiencias duraderas, pues los cambios de los equipos directivos de las universidades muchas veces han tenido como consecuencia el cambio de las personas responsables de la planificación y gestión de las vinculaciones e incluso la destrucción de las unidades creadas, perdiéndose todo el saber hacer acumulado, lo que ha dado lugar a la desorientación de los profesores y a la pérdida de confianza por parte de los agentes sociales. En la mesa que estuvo destinada a analizar el problema de la vinculación en el ciclo de debates acerca de los horizontes y los desafíos para la investigación científica y el desarrollo tecnológico (I+D) en el contexto de América Latina, se destacó que la transferencia de conocimientos adquiridos en las universidades y centros públicos de I+D es una cuestión central. La importancia adquirida actualmente por la innovación realza el interés por reflexionar y compartir experiencias en estos temas.

5. Decisiones estratégicas

Los desafíos para el desarrollo de los países de América Latina constituyen también retos para sus capacidades en ciencia y tecnología; en algunos casos, para la I+D y en otros, para la adopción de tecnologías generadas en el exterior, seleccionadas en base a una amplia disponibilidad de información y adaptadas a las condiciones de contexto locales. Actualmente, las tecnologías con capacidad de penetración horizontal, como las TIC, la biotecnología y la nanotecnología, están transformando la producción en casi todos los sectores. Esta etapa pone en la agenda la necesidad de desarrollar estrategias para aprovechar las oportunidades que ofrecen estas tecnologías transversales y al mismo tiempo, evitar una nueva división internacional del trabajo, en la que sólo unos pocos países o empresas generen los conocimientos y el resto se limite a aplicarlos, en condiciones de mercados cada vez más concentrados. El ciclo de debates acerca de los horizontes y los desafíos para la investigación científica y el desarrollo tecnológico (I+D) en el contexto de América Latina estuvo focalizado en esas áreas y en otras que resultan estratégicas por la naturaleza del problema.

5.1. Biotecnología

La biotecnología es un campo que desde hace tiempo despierta el interés de los políticos y gestores de la ciencia. Sus potencialidades para el desarrollo son amplias y se estima que dentro de algunos años los productos biotecnológicos alcanzarán el 5% del PBI de los países desarrollados. La producción de conocimiento en biotecnología, medida en publicaciones científicas, casi duplicó a nivel mundial su volumen entre 2000 y 2008, representando el 4,1% de la producción científica total registrada en el SCI en ese mismo período. La presencia de la biotecnología iberoamericana en el SCI creció un 152% en el mismo periodo, tasa que duplicó el crecimiento de la producción total de estos países. Con todo, se trata de un desarrollo fuertemente desigual. España y Brasil son los pioneros y líderes de la producción científica en biotecnología. México, Portugal y Argentina constituyen un segundo bloque con rasgos muy similares entre sí. Los restantes países presentan una producción marcadamente más reducida.

El informe del Observatorio de la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad de la OEI da cuenta del sostenido crecimiento y el creciente grado de integración alcanzados, pero indica una seria carencia en desarrollo tecnológico medido a través de las patentes generadas. En realidad, este comentario refleja una carencia más general. En muchas de las áreas de desarrollo científico éste no viene acompañado del correspondiente desarrollo tecnológico, lo cual quita gran parte de su valor al avance científico como indicador de mejora social: si el desarrollo tecnológico no acompaña al científico, entonces los avances científicos inducen desarrollo tecnológico en países desarrollados que están preparados para ello, y la ecuación económica termina siendo muy cómoda para dichos países: el desarrollo tecnológico se logra con menor inversión en desarrollo científico, que se hace en otro lado (naturalmente, esta menor inversión no es significativa, dado que de todos modos la mayor inversión en ciencia se hace en los países que desarrollan tecnología, pero es un síntoma a tener en cuenta).

5.2. Nanotecnología

La nanociencia y la nanotecnología tienen hoy un avance a pasos acelerados. Medida en publicaciones científicas, las nanociencias duplicaron su volumen a nivel mundial entre 2000 y 2007, pasando de abarcar el 2,5% de las publicaciones totales en el SCI en 2000 a representar el 4,1% de los registros totales en 2007. En ese mismo periodo, las publicaciones iberoamericanas representaron el 6% de la producción mundial en la temática, cifra menor a la de la participación regional en el total de las disciplinas comprendidas en el SCI. Los principales países de Iberoamérica han implementado políticas activas, constituyendo instituciones e instrumentos ad-hoc de apoyo a la nanotecnología, tales como la Red NANOSPAIN, la Iniciativa Brasileira em Nanociência e Nanotecnologia y la Fundación Argentina de Nanotecnología (FAN).

En nanotecnología, la recomendación del informe elaborado por el Observatorio de la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad, de la OEI es muy clara: “Dado el tamaño relativamente pequeño de la comunidad científica y de los recursos financieros de cada uno de los países iberoamericanos por separado, sólo una intensa colaboración regional puede brindar la masa crítica necesaria para darle a la I+D en nanotecnología la sustentabilidad necesaria”.

El informe considera que al menos en un futuro cercano, ninguno de los países de la región podrá disponer de autonomía científica y tecnológica en el área por separado, y se debe actuar en consecuencia.

Dado el tamaño relativamente pequeño de la comunidad científica y de los recursos financieros de cada uno de los países iberoamericanos por separado, sólo una intensa colaboración regional puede brindar la masa crítica necesaria para darle a la I+D en nanotecnología la sustentabilidad necesaria. Eso está comenzando a ocurrir. El análisis de las publicaciones en colaboración entre investigadores de los distintos países de Iberoamérica muestra que se han conformado redes regionales de conocimiento en el campo de la nanotecnología, las cuales tienden progresivamente a consolidarse, siendo éste un aspecto muy importante para los países de la región con sistemas de ciencia y tecnología de desarrollo intermedio. En la trama de las redes que se están conformando, se percibe claramente el papel preponderante de España, superando a Brasil, tanto en cantidad de publicaciones como en intensidad y diversidad de las relaciones con el resto de los países iberoamericanos.

5.3. Tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC)

Las TIC han impregnado la vida cotidiana de todos los sectores sociales en todos los países del mundo. Sin embargo, esa informatización de la sociedad no se ha producido de forma igualitaria. Dado el peso que han demostrado estas tecnologías en el desarrollo a nivel mundial, cualquier proyecto de desarrollo de los países iberoamericanos debería incluir un análisis de las TIC, sus desarrollos, sus vínculos. El papel de la ciencia y la tecnología en un proyecto de esas características resulta crítico.

La investigación en TIC está creciendo en el mundo entero. Iberoamérica ha demostrado un dinamismo aún mayor al promedio en este terreno. Los documentos de instituciones iberoamericanas relacionados con TIC se triplicaron desde 2000, gracias a lo cual la participación iberoamericana en la producción mundial en TIC pasó del 2,3% en 2000 al 3,4% en 2010. En el caso de las TIC la producción latinoamericana está basada fundamentalmente en Brasil (5301 publicaciones en el período 2000-2010), México (2140) y Argentina (1008). Cabe mencionar que el impacto de las TIC es mayor que el indicado en estas estadísticas, dado que en este momento todas las disciplinas científicas usan las TIC como herramienta de trabajo. Es posible que, por sus características, las TIC sean una disciplina en la cual, en muchas de sus especialidades, el impacto tecnológico y la transferencia a la producción sean más fáciles que en otras. Recíprocamente: un fracaso en el desarrollo tecnológico en TIC indicaría probablemente un problema aún más serio que en otras disciplinas.

5.4. Tecnología de alimentos

La tecnología de alimentos es, en múltiples sentidos, de importancia fundamental para Iberoamérica. La producción de alimentos es una actividad esencial que ocupa un lugar clave en el desarrollo socioeconómico y tiene un peso destacado en el PBI del conjunto de los países. Sin embargo, existen fuertes desequilibrios en el acceso de la población a la alimentación adecuada, así como en el agregado de valor a la producción primaria. La participación activa de biólogos, ingenieros agrónomos, veterinarios, especialistas en nutrición y científicos sociales es funda-

mental para asegurar un uso no dañino de alimentos genéticamente controlados, controlar la expansión de la frontera agrícola, asegurar el mantenimiento de la biodiversidad y de la diversidad de cultivos, evitar la adopción de pautas de alimentación dietéticamente incorrectas o económicamente inferiores a otras posibles. Todos estos temas no solamente son de alto impacto socioeconómico y cultural, sino que presentan desafíos de investigación científica originales.

5.5. Energía

El modelo energético, con su impacto sobre las emisiones de CO₂, se ha convertido en un tema urgente en las agendas gubernativas nacionales y en los escenarios internacionales. Casi todos los expertos coinciden en que el consumo de combustibles fósiles seguirá siendo, pese a las luces de alerta encendidas, la fuente predominante en la matriz energética durante los próximos años. No obstante, los efectos sobre el cambio climático comienzan a alarmar seriamente a los gobiernos más poderosos del planeta, que son además los mayores consumidores de recursos energéticos, lo cual está impulsando gradualmente una modificación de la ecuación energética. Las inversiones en I+D, junto a diversas políticas activas aplicadas en muchos países, han permitido mejorar la eficiencia, desarrollar energías limpias y aumentar el aprovechamiento de energías renovables. Se trata de un campo prioritario de carácter estratégico para la ciencia y la tecnología. Para analizar ecuaciones óptimas posibles y factibles de equilibrio entre energías renovables y no renovables se requiere la participación de economistas, ingenieros, ambientalistas, físicos, geólogos, químicos, en una trama eminentemente multidisciplinaria. Hay en este desafío una importante tarea para la ciencia y la tecnología, en orden al logro de energías renovables de emisión cero y para el mejor aprovechamiento y distribución de la energía.

5.6. Ambiente

Hoy se vive una situación de auténtica emergencia planetaria marcada por toda una serie de graves problemas estrechamente relacionados: contaminación y degradación de los ecosistemas, agotamiento de recursos, crecimiento incontrolado de la población mundial, desequilibrios insostenibles, conflictos destructivos, pérdida de diversidad biológica y cultural. En gran medida, estos problemas son causados por la especulación y por políticas de desarrollo carentes de controles sobre los impactos negativos. Una parte de la responsabilidad por algunas calamidades ha sido atribuida a la propia ciencia y a la tecnología, en la medida que en la toma de decisiones políticas la opinión pública fue devaluada frente al conocimiento experto. Se ha afirmado que hubo un “paternalismo tecnocrático” en la segunda mitad del siglo XX, lo que impidió un control democrático sobre muchos de los problemas que afectan a la sociedad en su conjunto. El concepto de “desarrollo sostenible” surgió, precisamente, como alternativa a la de un crecimiento sin control. La ciencia latinoamericana tiene un amplio campo de trabajo en este tipo de problema.

5.7. Desarrollo sostenible

Hace casi treinta años, se comenzó a popularizar el término “desarrollo sostenible” y, a pesar de la aparente obviedad de su utilidad y valor, sigue generando dudas y polémicas. A pesar de que en su origen era un concepto que relacionaba el paralelo cambio y necesario equilibrio en las condiciones ambientales, sociales y económicas en las que se desarrollaba una sociedad, con el paso del tiempo y para la mayor parte de la gente solo se lo ha relacionado con el tema

ambiental, tanto en lo que hace a la contaminación como al uso de los recursos naturales. Para que la idea de desarrollo sostenible vuelva a tener la potencia y el valor utópico que alguna vez tuvo, es necesario reconstruirla en su forma original, reubicándola estratégicamente en un lugar central en las agendas de ciencia, tecnología e innovación y, en este caso, reflexionando sobre el tema de la sostenibilidad con la mirada puesta en la educación, la creación de conocimiento y su aplicación en los problemas del desarrollo.

5.8. Explotación sustentable de recursos naturales

Es conocida la profunda discusión que ocasionan la producción de soja y la minería a cielo abierto, por poner ejemplos tanto del “reino vegetal” como del “reino mineral”, como se solía decir en otras generaciones. Con respecto a la soja (y con otros cultivos pasa o puede pasar lo mismo) los biólogos, agrónomos, especialistas en agroindustrias, economistas y planificadores, entre otros, deben hacer un análisis racional de costos y beneficios; muchas veces la discusión pasa por temas únicos apasionantes, lo cual puede hacer perder el contexto total. A modo de ejemplo, la discusión en muchos casos ha sido planteada casi exclusivamente sobre el presunto daño a la salud de la población. Con esto se ha dificultado el análisis de otros costos (que, es cierto, a veces no es fácil de contabilizar) tales como el deterioro de los suelos debido al monocultivo, la deforestación y la fragilidad que provoca el monocultivo ante decisiones externas a los países de Iberoamérica (un cambio en el precio internacional de la soja puede tener consecuencias económicas graves en economías excesivamente basadas en su producción). Esto no significa que se esté recomendando no cultivar soja: significa simplemente que, analizados los perjuicios, deben tomarse medidas técnicas y económicas para paliarlos o evitarlos. Si bien esas medidas son claramente políticas, y tomadas por las autoridades políticas, la existencia de asesoramiento multidisciplinario sólido disminuye notoriamente (aunque no siempre las suprime completamente, por supuesto) las posibilidades de conflicto.

Con respecto a la minería a cielo abierto, los geólogos, ingenieros, economistas, sociólogos, planificadores, entre otros, deben analizar los beneficios (presuntamente para toda la sociedad) contra los perjuicios (directamente para los habitantes locales). Es posible llegar a un *modus vivendi* satisfactorio; puede ser que los beneficios sean tantos que valga la pena relocalizar (con las indemnizaciones correspondientes) a los pobladores afectados, o por el contrario, que prevalezca los derechos de las comunidades ya establecidas en las zonas potencialmente explotables. Se trata de social y político con hondas repercusiones históricas y culturales, en el que los científicos y tecnólogos sólo pueden ayudar a que la discusión sea lo más racional posible, pero deberá ser tenida en cuenta siempre la opinión de los pobladores afectados, que puede o no ser modificada por las explicaciones técnicas.

5.9. Contaminación

La contaminación del suelo y de los recursos hídricos es -o deviene rápidamente en- un grave problema social y económico: las poblaciones de mayor poder adquisitivo abandonan las áreas contaminadas, éstas se desvalorizan o son de propiedad pública, y se producen asentamientos de personas de muy bajos recursos que padecen los efectos de condiciones básicamente insalubres. La descontaminación provoca los efectos inversos, y en muchos casos está

-o deberá estar- acompañada por una urbanización racional. Es un campo fértil para el trabajo de químicos, ingenieros químicos, ambientalistas, economistas, urbanistas, arquitectos. No se trata simplemente de un trabajo profesional, ya que tiene una alta faceta de originalidad debido a que las experiencias geográficas no son fácilmente trasplantables.

5.10. Biodiversidad

El cuidado de la biodiversidad se ha constituido en un tema de interés masivo. La intervención de biólogos, agrónomos, geólogos, economistas, planificadores, entre otros, se requiere para aconsejar y sugerir medidas que eviten riesgos a la biodiversidad originados en contaminación de tierras, de aguas subterráneas, de lagos, de ríos y mares; en actividad minera; en avance de la frontera agropecuaria; en urbanización. Es imperioso adaptar las normas internacionalmente aceptadas, aunque la participación de científicos y tecnólogos iberoamericanos es crucial para evitar aceptar cualquier reglamentación sin considerar su pertinencia en la región, o sin modificar para tener en cuenta características regionales para hacer las normas más eficientes.

5.11. Recursos hídricos

El aprovechamiento de los recursos hídricos (irrigación, agua potable, regulación de crecidas, generación de energía (renovable), turismo, requiere la participación de ingenieros hidráulicos, hidrólogos, matemáticos aplicados, agrónomos, economistas. De nuevo: hay una enorme cantidad de investigaciones aplicadas en hidrodinámica, optimización, meteorología, ambientalismo, ingeniería civil. La utilización de los resultados alcanzados por ellas permitiría una optimización en el cuidado y aprovechamiento de estos recursos. En la mesa correspondiente del ciclo de debates acerca de los horizontes y los desafíos para la I+D en América Latina, se reflexionó acerca de los desafíos que conlleva la orientar la investigación a lograr una optimización en el cuidado y uso de este recurso, así como analizar aspectos ingenieriles, económicos, ambientales y de gestión.

5.12. Transporte

Los problemas vinculados al sector transporte tienen alta prioridad en la mayor parte de las agendas gubernamentales iberoamericanas, en razón de sus fuertes repercusiones sociales, económicas y políticas. En la mayoría de los países latinoamericanos se registra un déficit en materia de transporte terrestre. Por ejemplo, el servicio ferroviario, emblemático de la modernización de principios del siglo veinte es hoy muy deficiente. En muchos casos, la recuperación y construcción de líneas ferroviarias, especialmente las internacionales, tendría consecuencias muy positivas para disminuir el costo del transporte de carga, mejorar el transporte público de pasajeros y, sobre todo, contrarrestar la ola de urbanización masiva desorganizada que constituye uno de los más graves problemas de la región, al favorecer el crecimiento (o evitar la decadencia) de pequeñas ciudades y aglomeraciones urbanas cercanas a los ramales ferroviarios. La matemática aplicada y la computación, a través de la investigación operativa y la optimización discreta y continua bajo restricciones, presentan no solamente soluciones tecnológicas atractivas, sino posibilidades de investigación original en áreas de inmediata aplicación y competencia internacional.

Ello fundamenta la necesidad de debate frente a las cuestiones más acuciantes, así como respecto del necesario apoyo para el desarrollo de la investigación científica, sea teórica como apli-

cada, en sostén de la imprescindible articulación entre universidad y sociedad. Temáticas como transporte urbano e interurbano de pasajeros y de cargas, los nodos y redes viales y ferroviarios, aéreos, marítimos y fluviales constituyen un objeto de estudio prioritario para los investigadores latinoamericanos. En tanto que el abordaje del nuevo paradigma de la movilidad y el análisis de la relación transporte-territorio, apunta a la definición de políticas públicas y la construcción y readecuación de marcos legales. Sobre estos tópicos debatió la mesa correspondiente del ciclo de debates acerca de los horizontes y los desafíos para la investigación científica y el desarrollo tecnológico (I+D) en el contexto de América Latina, aspirando a contribuir, a partir de la experiencia aportada por los especialistas que la integraban, desde miradas disciplinarias que incluyen la sociología, la economía, la geografía y el urbanismo, y los casos de países como México, Venezuela, Bolivia y Argentina.

6. Un programa para la cooperación

Las consideraciones hasta aquí formuladas, que remiten a los debates del ciclo “Horizontes y desafíos estratégicos para la ciencia en Iberoamérica”, ponen de manifiesto que la ciencia y la tecnología son herramientas imprescindibles para impulsar el desarrollo y la cohesión social en los países de Iberoamérica.

Para que sea posible utilizar con tal propósito las herramientas que brindan la ciencia y la tecnología, es necesario poner en práctica acciones que tomen en cuenta el proceso de producción, difusión, transferencia y uso del conocimiento como un todo, reconociendo la diversidad de realidades nacionales. Fortalecer las instituciones académicas, formar investigadores y tecnólogos, crear instrumentos de vinculación y difusión social de los conocimientos constituyen rasgos centrales de un programa de acciones que pueda ser adoptado en el marco de la cooperación Iberoamericana.

Tal es el desafío que la OEI propone en el documento *Ciencia, Tecnología e Innovación para el Desarrollo y la Cohesión Social*². El programa de la OEI aspira a constituirse en un catalizador para lograr que un conjunto de países que tienen tramos de una historia común, comparten lenguas hermanas y conforman una cierta identidad cultural, puedan insertarse con éxito en un mundo cuya estructura social, su economía y su calidad de vida son crecientemente dependientes del conocimiento y de sus aplicaciones prácticas. Estas ideas impregnan las páginas de este libro.

² Es posible consultarlo en <http://www.oei.es/cti2021.pdf>

ESTRATEGIAS DE COOPERACIÓN EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

La pirámide de la innovación científica

Michel Bergeron* y Mayra de la Torre**

El éxito de la implementación de innovaciones basadas en ciencia y tecnología requiere la acción e intervención de varios actores. En este trabajo se propone un modelo que incluye a actores de la innovación que generalmente no son considerados. El modelo propuesto para la innovación incluye la interacción entre cinco actores: gobierno, academia, industria, sociedad civil y los inventores, quienes con su creatividad juegan un papel determinante. También se incluyen la dimensión ética y la responsabilidad social del invento, las cuales son esenciales para que cualquier invención sea aceptada por la sociedad y se alcance así el objetivo final, que es una buena calidad de vida para todos los ciudadanos. El modelo utiliza el esquema de la pirámide, que ilustra la interacción entre todos los autores y la cadena de acciones que conducen a la innovación. Asimismo, se incluyen ejemplos reales para ilustrar las interacciones entre estos actores.

Palabras clave

Innovación, ciencia y tecnología, actores de la innovación, responsabilidad social

* Exdirector del Departamento de Ciencia y Tecnología de la Organización de Estados Americanos. Profesor emérito del Departamento de Fisiología, Universidad de Montreal, Canadá. Correo electrónico de contacto: michel.bergeron@umontreal.ca.

** Premio Nacional de Ciencias y Artes en Tecnología, Diseño e Innovación. Investigadora titular del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C., Hermosillo, Sonora, México. Correo electrónico de contacto: mdlatorre@ciad.mx.

La innovación es de interés estratégico para el desarrollo tecnológico a nivel nacional y regional en muchas disciplinas. Desde hace más de cuatro décadas se busca el sendero que lleve con certeza a Eldorado de la innovación, que es fuente de empleos y riquezas. Curiosamente, en América Latina se originaron numerosas publicaciones y análisis teóricos sobre el tema. Varios economistas y financieros, pero sobre todo filósofos de la ciencia y sociólogos, analizaron las condiciones que permitieron a varias sociedades generar invenciones e innovaciones que contribuyeron a su desarrollo socioeconómico. La receta no es simple ni fácil. Durante mucho tiempo se creía que las aplicaciones prácticas emanaban directamente de las conclusiones de la investigación básica; sin embargo, este camino está lejos de ser lineal, como lo ilustran los ejemplos que se incluyen al final. Además, frecuentemente se confunden los términos innovación, descubrimiento e invención, por lo es importante acotarlos. Para los fines de este trabajo se definen de la siguiente forma:

- Innovación es la aplicación de una idea conducida hasta su explotación efectiva por la sociedad.
- Descubrimiento es la puesta en evidencia de un fenómeno natural.
- Invención es un medio nuevo para lograr un objetivo.

Hace tres décadas, el físico argentino Jorge Sabato propuso un modelo en base a su análisis sobre el éxito de los países innovadores y económicamente desarrollados. En este modelo la innovación tecnológica parece derivar de las interrelaciones entre tres actores principales: gobierno, industria y academia (**Figura 1**). A este modelo se le conoce como el Triángulo de Sabato. Sin embargo, la imagen del triángulo de Sabato es bidimensional y excluye la presencia de numerosos factores y actores involucrados. Además, si bien el papel de las instituciones es importante, no es suficiente para la innovación, porque hace falta incluir la aportación de los individuos, particularmente las de los investigadores curiosos y las de los inventores imaginativos. A pesar de estas omisiones, el Triángulo de Sabato ha tenido un cierto éxito por su belleza elemental. Él tuvo el gran mérito de subrayar la imperiosa necesidad de reforzar los intercambios entre los que consideró como los tres actores principales.

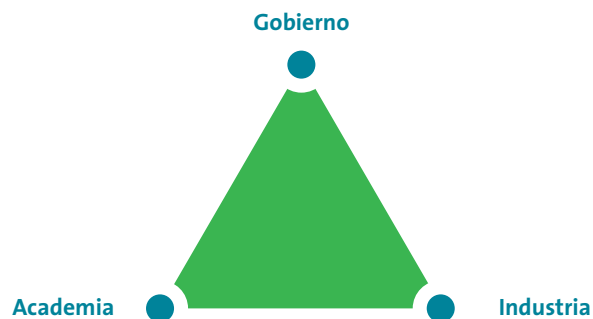


Figura 1. Triángulo de Sabato.

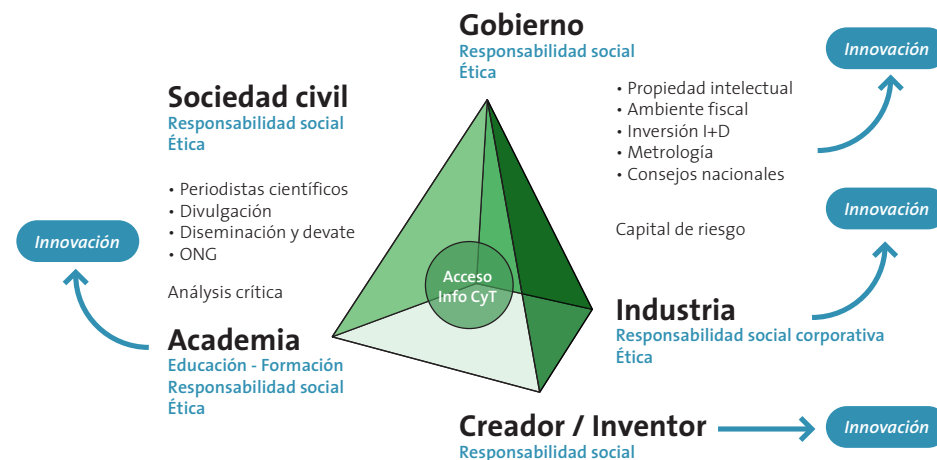


Figura 2. La pirámide de la innovación.

Bergeron, De la Torre y Harasic (2012) utilizaron un modelo tetraédrico para representar la interacción requerida entre los diversos autores para que surja la innovación. En este trabajo se prefiere utilizar la imagen de la pirámide que históricamente se relaciona con una cadena de numerosos trabajadores, los cuales en conjunto y de forma ordenada se atarean para completar una obra gigantesca, bien planificada y bien organizada. La pirámide representa muy bien el proceso multifactorial y multidimensional de un sistema de innovación. En el centro de la pirámide se localiza la herramienta central, que es el acceso libre y universal a la información científica y tecnológica. Esta información es de dominio público y contiene los datos producidos por la comunidad científica. La pirámide incluye a los tres actores identificados en el triángulo de Sábato (gobierno, academia e industria) y se añaden otros dos actores clave que son el inventor y la sociedad civil. Además, el modelo incluye en el vértice de la pirámide al objetivo principal de la innovación, que es mejorar la calidad de vida de todos los ciudadanos (**Figura 2**).

Dentro de los actores de la pirámide de innovación el gobierno tiene una gran responsabilidad y le corresponde:

- Favorecer un marco regulatorio que promueva el ambiente fiscal y legislativo apropiado para el sector productivo.
- Establecer el marco de protección legal para la propiedad intelectual.
- Crear incentivos de impuestos y estímulos financieros para que exista capital de riesgo.
- Crear un Instituto Nacional de Metrología para promover la confiabilidad de los sistemas de medición y pruebas, así como su reconocimiento internacional.

Las interrelaciones gobierno-academia son bien conocidas, particularmente en lo que se refiere a la formación y educación inquisitiva de los nuevos ingenieros y científicos que serán

reclutados por el sector productivo. La educación y formación centradas en la indagación han sido discutidas en el modelo de Marone y González (2007) (**Figura 3**). Estos nuevos profesionistas llevarán consigo un espíritu creativo y capacidad para el análisis crítico, lo que coadyuvará a que sean ejes para transformar a la sociedad, así como a los órganos legislativo y ejecutivo del gobierno. El tercer actor de Sabato, incluido también en la pirámide de la innovación, es el sector productivo o industria, que es el lugar ideal para fomentar la innovación.

Vale la pena aclarar que no es posible planificar la innovación, pero sí es posible e indispensable implementar las condiciones para crear innovaciones. De hecho muchas compañías se iniciaron sobre la base de desarrollar y comercializar una o más invenciones para materializar innovaciones, como ejemplo se tiene la historia del empresario y prolífico inventor estadounidense Thomas Alva Edison, que patentó más de 1000 inventos y contribuyó a darle, tanto a Estados Unidos como a Europa, los perfiles tecnológicos del mundo contemporáneo: las industrias eléctricas, un sistema telefónico viable, el fonógrafo, las películas, etc. Es un hecho que las compañías exitosas se esfuerzan en dirigir su investigación a desarrollar nuevos productos, procesos y servicios, y a registrar sus invenciones como patentes, para ser competitivas. La empresa Apple es un gran ejemplo de espíritu innovador y logros constantes. Es importante recalcar que la falta de emprendimiento y capacidad de innovación son la receta para el fracaso.

El inventor es el cuarto actor de la pirámide de la innovación. Miles de patentes han sido creadas por individuos que desarrollaron nuevas formas de resolver problemas o crearon nuevos productos o servicios. La historia de la ciencia y la tecnología nos ha mostrado que no todas las invenciones se originan en la industria o en la academia. De facto, muchas compañías han decidido subcontratar externamente sus actividades de investigación y desarrollo y usan ideas del exterior para mejorar sus actividades. También en la academia se han esta-

blecido nuevos mecanismos de apoyo a los investigadores para que exploten sus patentes y descubrimientos. A partir de estos esfuerzos se han desarrollado nuevas compañías, las cuales son llamadas “*spin-offs*” y constituyen una fuente de ingresos para las instituciones académicas y para los investigadores.

La pirámide incluye un quinto actor: el ciudadano o individuo, quien es el constituyente básico de la sociedad civil y como consumidor es un actor esencial de la innovación. Así pues, los ciudadanos y las ciudadanas son actores pasivos, dado que son los que experimentan las consecuencias (buenas o malas) de cualquier innovación. El ciudadano se constituye en un actor activo cuando participa en los debates públicos de la sociedad civil, que son muy necesarios para plantear soluciones a problemas locales. Junto a los ciudadanos se necesitan expertos locales y periodistas científicos para tener un debate de calidad, ya que los y las periodistas científicos juegan un papel principal como orientador y diseminador de la información técnica a fin de que ésta sea aprovechada por la ciudadanía, coadyuve a la legitimidad de las decisiones políticas y mejore su aceptación.

Contar con una capacidad nacional en ciencia y tecnología es una de las características comunes de todas las sociedades económicamente adelantadas, y si bien constituye una ventaja para ellas, lo es también para las naciones menos privilegiadas. Las decisiones en este contexto tienen una mayor probabilidad de ser aceptadas por la sociedad civil, dado que están orientadas a resolver problemas locales. En el marco de la ciencia y la tecnología, es responsabilidad del gobierno divulgar cualquier problema, por nefasto que sea, para que la sociedad esté informada y pueda valorar las decisiones de sus gobernantes.

Otro factor de suma importancia en la innovación es la perspectiva de género, por lo que todas las sociedades deben ocuparse de la brecha de género existente en la ciencia a todos los niveles. El ignorar esta realidad bloquea las posibilidades de participación de las mujeres en la Sociedad del Conocimiento y priva a la sociedad del 50% de su fuerza intelectual, debilitando así la capacidad científica nacional. Pero no sólo es el privar a la sociedad de la mitad de su fuerza intelectual, sino también perder otra visión, otro enfoque de la realidad y otros planteamientos, estrategias y soluciones.

En los procesos de innovación hay dos elementos críticos que son mencionados con poca frecuencia: la ética y la responsabilidad social. Ambas constituyen y son partes de los deberes y responsabilidades de todos los actores involucrados. Expertos científicos y tecnólogos, autoridades gubernamentales y periodistas tienen el deber de decir lo que es cierto y lo que es falso y comportarse de acuerdo a las reglas de ética establecidas. Un magnífico ejemplo y modelo es el mexicano Mario Molina (Premio Nobel de Química), quien al descubrir el efecto destructivo de los fluorocarburos sobre la capa de ozono (Molina y Rowland, 1974) denunció por años a las compañías que los utilizaban y exigió que los gobiernos prohibieran esos productos. Es importante enfatizar que el objetivo final de la innovación es mejorar la calidad de vida de los ciudadanos, como se muestra el vértice de la pirámide (**Figura 3**), por lo que se subraya una vez más que todos los actores de la innovación deben seguir esta línea y espíritu de comportamiento.

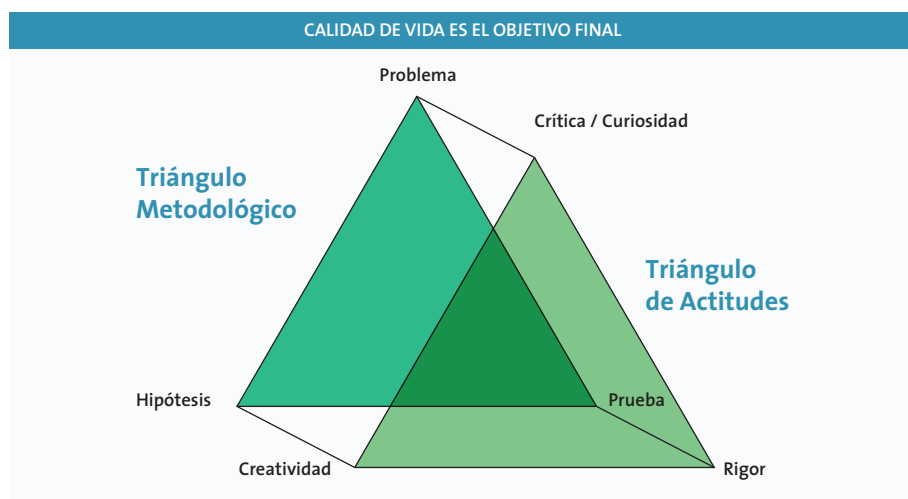


Figura 3. Triángulo de Marone y González del Solar.

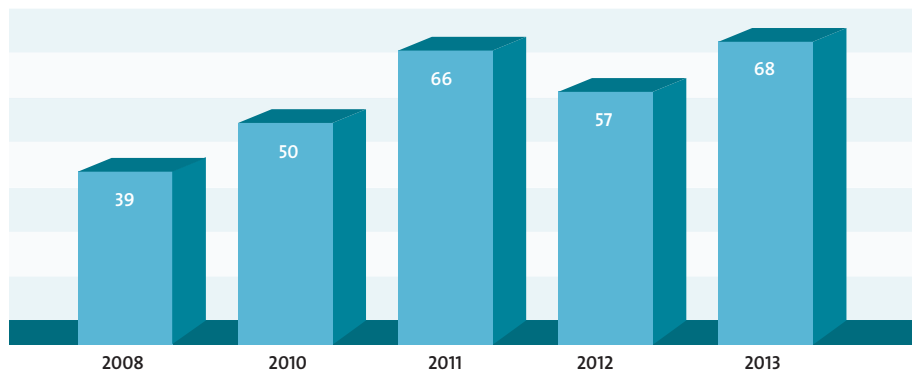


Figura 4. Spin-offs creadas desde las universidades en Canadá

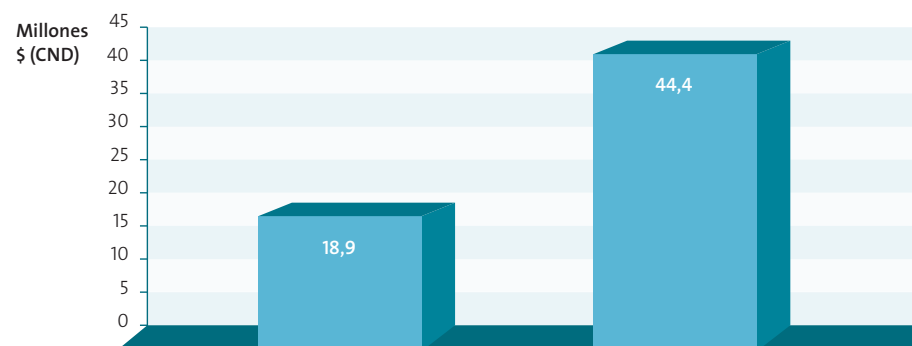


Figura 5. Ganancias generadas por spin-offs provenientes de las universidades en Canadá

En Canadá, la creación de *spin-offs* a partir de las investigaciones realizadas en las universidades ha ido en aumento (Figura 4). Dado que se requiere tiempo para que las empresas creadas sean exitosas, compradas por otras compañías o bien desaparezcan, no se tiene la información sobre las ganancias generadas por las empresas creadas en el periodo mostrado en la Figura 4 (2008 a 2013). Sin embargo, como se muestra en la Figura 5, las ganancias generadas por los *spin-offs* en el periodo 1999-2001 fueron muy significativas, por lo que en las universidades canadienses la creación de compañías *spin-off* es el camino preferido (Bruce y Holbrook; Cooper, 2000).

A continuación se mencionan algunos ejemplos exitosos de compañías de base tecnológica con el propósito de ilustrar las múltiples facetas de la innovación.

Primer caso: sinergismo entre saberes ancestrales y tecnología moderna

Mayra de la Torre, co-autora de este artículo, trabaja con mujeres de varios grupos étnicos en proyectos para la conservación y uso sustentable de la agrobiodiversidad. Los proyectos incluyen la recuperación de alimentos tradicionales (Garibay y De la Torre, 2011). Uno de estos alimentos es el de pinole, un alimento de la época precortesiana a base de maíz integral tostado y molido. En cada comunidad se utilizan diversas razas y variedades de maíces. En el contexto de un diálogo de saberes se diseñó, junto con las mujeres de la comunidad huichol El Roble, una fábrica para producir pinole. La planta utiliza energía solar y un molino de alta eficiencia energética diseñado *ex profeso*. La comunidad siembra el maíz nativo de la región (producto del esfuerzo colectivo continuo desde hace más 5000 años) utilizando sus prácticas agroecológicas tradicionales y el grupo de mujeres (Neikame, que significa nacimiento del maíz en su idioma) fabrica el pinole para beneficio directo de las familias huicholes. Este es un bello ejemplo de desarrollo sustentable y de innovación basada en los conocimientos ancestrales de los pueblos indígenas y la ciencia y tecnología modernas.

Segundo caso: la importancia de la investigación científica básica y de las relaciones entre la protección intelectual y el sector industrial adecuado

Se trata del Enapril. La historia empieza hace 40 años en la academia, en el laboratorio del profesor Mauricio Rocha e Silva de la Facultad de Medicina de Ribeiro Preto, en el estado de San Pablo. Rocha e Silva era el líder mundial de la investigación sobre los venenos de serpiente, en particular de la *Bothrops Jararacá*. Un joven investigador, Sergio Ferreira, demostró en la década de los 70 que ese veneno contenía un factor que bloquea la conversión de la angiotensina 1 a su forma activa y que era posible crear una aplicación terapéutica (Ferreira, 1965). Así que esta nueva opción para el tratamiento de la hipertensión fue descubierta en un laboratorio universitario brasileño, pero el desarrollo tecnológico no se hizo en Brasil. ¿Por qué el desarrollo tecnológico no se hizo en Brasil, un gran país con un buen nivel de desarrollo, que tiene además un gran poder intelectual? Parece que en esa época no había un sistema adecuado de protección de la propiedad intelectual, ni la presencia de un sector industrial adecuado. Afortunadamente, intervino la industria farmacéutica y actualmente el *Enapril* es uno de los mejores medicamentos para la hipertensión. Aquí es importante reflexionar sobre la necesidad de contar con las capacidades necesarias para ir del laboratorio al desarrollo industrial.

Tercer caso: capital de riesgo en el país

Hace 30 años, la multinacional Wyeth-Ayerst mudó su Centro de Investigaciones de Montreal a Nueva Jersey. Tres investigadores decidieron no mudarse a los Estados Unidos y quedarse en Montreal. Ellos tenían algunos proyectos de investigación y varias moléculas de posible aplicación farmacéutica, que no le interesaban a Wyeth-Ayerst. Entre ellos, la mo-

lécua denominada 3TC (Dionne, 1999). Los investigadores-académicos crearon su propia compañía llamada Biochem Pharma y necesitaban fondos para continuar la investigación sobre 3TC y SIDA. ¿De dónde salió el capital de riesgo? ¿De empresas multinacionales? No. De una organización de trabajadores que financia proyectos innovadores de alto riesgo, la Fédération des Travailleurs du Québec (FTQ). Esta organización de trabajadores había creado un fondo de solidaridad de inversiones, combinado con un plan de pensiones basado en un modelo capitalista. En seis años, la molécula 3TC llegó al mercado, se convirtió en la droga usada con más frecuencia en el tratamiento del SIDA y durante años ha formado parte del coctel de drogas utilizado para el control de este padecimiento. Los 500.000 accionistas de la Federación tenían 32% de las acciones de Biochem Pharma y las vendieron en pocos años con tremendas ganancias.

Cuarto caso: innovación proveniente de la asociación academia-empresa en América Latina

La empresa BioSidus S.A. es un proyecto muy exitoso, fruto de la sinergia entre la vocación de una empresa argentina por la innovación y el desarrollo como herramienta de crecimiento, y el accionar de un grupo científico-tecnológico local. Este logro fue posible sólo gracias a una inversión sostenida, incluso en épocas críticas del país, a la confianza depositada por la empresa en Argentina y sus científicos, y muy especialmente a la visión estratégica de la oportunidad que hace más de dos décadas representaba la biotecnología para la industria farmacéutica. La historia de empresa se remonta a fines de la década del 70, cuando los directivos, conscientes del papel protagónico de la biotecnología moderna en el proceso de transformación tecnológica contemporánea, decidieron concretar los emprendimientos e inversiones necesarios para ingresar en el desarrollo de esa disciplina. En 1980, en el Instituto Sidus, empresa farmacéutica de capital argentino fundada en 1938, se constituyó el área de biotecnología, manteniendo una estrecha colaboración con un grupo de científicos de la Universidad de Buenos Aires. En 1983 se constituyó BioSidus S.A. como empresa orgánicamente individual. La producción de su primera biomolécula, el interferón leucocitario, le confirió la categoría de pionera en América Latina y desde entonces la compañía ha desarrollado novedosas plataformas tecnológicas en animales transgénicos, terapia génica y biodiversidad. Los procesos de fabricación y las nuevas tecnologías desarrolladas por BioSidus se sustentan en una sólida política de propiedad intelectual, que constituye una importante ventaja competitiva en el escenario de los biosimilares (Aguilar y Thomas, 2009).

Quinto caso: una empresa que se origina en la academia, es apoyada con capital privado y por su éxito es comprada por otra empresa

La Hipofosfatasa (HPP) es una enfermedad genética, crónica y progresiva, extremadamente rara, caracterizada por una mineralización defectiva de los huesos que puede provocar la destrucción y deformación de los mismos, fuerte debilidad muscular, ataques epilépticos,

falla respiratoria y muerte prematura. La enfermedad es causada por mutaciones en el gene que codifica para la isoenzima, fosfatasa alcalina no específica de tejido (Mornet, 2007). Los profesores del departamento de Bioquímica en la Universidad de Montreal Philippe Crine, Guy Boileau y Denys Gravel desarrollaron una terapia muy innovadora de reemplazamiento de la enzima defectuosa por una enzima normal para reestablecer el proceso metabólico normal y crearon la empresa Enobia Pharma Corporation. ¿De dónde salió el capital requerido? Fue capital de riesgo proveniente de Québec (FTQ, Desjardins Credit Unión, Fonds CTI Sciences de la vie T2C2 / Bio 2000), y de Estados Unidos (Orbimed Advisors, Lotman Partners). La empresa fue vendida en 2011 a *Alexion Pharmaceuticals* por 1,08 billones de dólares, y así esta empresa amplió su campo de acción al tratamiento de enfermedades huérfanas.

En conclusión, la innovación es de interés estratégico para el desarrollo tecnológico a nivel nacional y regional en muchas disciplinas. La innovación que se traduce en empresas exitosas es producto de una cadena de interacciones que surgen de maneras muy diversas entre los actores y el capital de riesgo es indispensable. Pero este éxito no surge de la nada e implica la confianza en los descubrimientos y en los investigadores/inventores, así como una sólida determinación del empresario para seguir adelante y vencer los obstáculos. El capital de riesgo y la infraestructura científica, tecnológica e industrial son vitales, así como las políticas gubernamentales. En varios casos a pesar de que las políticas gubernamentales no eran propicias para el desarrollo industrial, se encontró la forma de tener una empresa exitosa en el país en donde se hizo el descubrimiento. En otros, el desarrollo y la explotación industrial del descubrimiento se hicieron en otro país.

Bibliografía

AGUILAR, D., y THOMAS, H. (2009): "Historia de los antecedentes para la creación de una empresa de biotecnología orientada a la salud", eä, vol. 1, n° 2; pp. 1-43.

BERGERON, M., DE LA TORRE, M., y HARASIC, O. (2012): "A new scheme for innovation. An essay", *Interciencia*, vol. 37, n° 11, pp. 857-860.

BRUCE, P. C., y HOLBROOK, J. A.: "The Survival of University Spin-offs and Their Relevance to Regional Development". Disponible en: www.innovation.ca/sites/default/files/pdf/clayman1.pdf.

COOPER, D. G. T. (2000): "University Spin Off Firms in Canada and their Economic Impact". Disponible en: www.fptt-pftt.gc.ca/doc/UniversitySpinOffs.doc.

DIONNE, G. (1999): "3TC: A Canadian Scientific Success Story", *MJM*, vol. 5, n° 1, pp. 60-65.

FERREIRA, S. H. (1965): "A bradykinin potentiation factor (BPF) present in the venom of *Bothrops Jararacá*", *Br.J. Pharmacol.*, vol. 24, pp. 163-169.

GARIBAY, R. M., y DE LA TORRE, M. (2011): "Maíz criollo, milpa y agrobiodiversidad", *Ciencia y Desarrollo*, vol. 237, n° 255, pp. 10-16, México.

MARONE, L., y GONZÁLEZ DE SOLAR, R. (2007): "Crítica, creatividad y rigor: Vértices de un triángulo culturalmente valioso", *Interciencia*, vol. 32, n° 5, pp. 354-357.

MOLINA, M. J., y ROWLAND, F. S. (1974): "Stratospheric sink for chlorofluoromethanes: chlorine atom-catalyzed destruction of ozone", *Nature*, vol. 249, n° 5460, pp. 810-812.

MORNET, E. (2007): "Hypophosphatasia", *Orphanet Journal of Rare Diseases*, vol. 2, n° 4.

Estrategias de cooperación Iberoamericana en ciencia y tecnología

Alicia Fernández Cirelli*

El espacio iberoamericano en ciencia y tecnología es altamente heterogéneo. Como instrumento de cooperación, las redes han demostrado su eficacia y eficiencia. Permiten generar sinergia en la interrelación con carácter horizontal. Se presentan ejemplos de la AUGM y el Programa CYTED, y se destaca la actuación argentina en la cooperación iberoamericana en ciencia y tecnología.

Palabras clave

Cooperación científico-tecnológica, redes, Iberoamérica

* Investigadora Superior del Consejo de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) de la República Argentina, Profesora Titular Plenaria de la Universidad de Buenos Aires y Directora del Centro de Estudios Transdisciplinarios del Agua (CETA-UBA) y del Instituto de Investigaciones en Producción Animal (INPA-UBA-CONICET). Correo electrónico de contacto: afcirelli@fvet.uba.ar. La autora agradece especialmente a la Dirección Nacional de Relaciones Internacionales del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (MINCYT).

1. Introducción

Pensar en estrategias de cooperación iberoamericana en ciencia y tecnología tiene como premisa conocer el espacio iberoamericano. Una mirada a los 21 países de la región nos señala que es un espacio que, si bien tiene raíces culturales comunes, muestra grandes heterogeneidades en su desarrollo. Dos países están en Europa y eso ya señala una diferencia. Dentro de Latinoamérica también vemos disparidades en sus sistemas de ciencia, tecnología e innovación productiva: el nivel gubernamental de los organismos de gestión, la existencia de consejos nacionales de Investigación, el desarrollo de las investigaciones en las universidades y la participación en publicaciones científicas, entre otros indicadores. Este último punto es un indicador importante de cooperación científico-tecnológica y es notable como en general las publicaciones muestran una mayor colaboración entre grupos latinoamericanos, con Europa y los Estados Unidos, que colaboraciones entre países iberoamericanos.

Como instrumento para fomentar la cooperación, las redes han demostrado su eficiencia. Entre los casos exitosos pueden mencionarse: las redes generadas en la Asociación Universidades Grupo Montevideo (AUGM) y el Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED).

2. Las redes como instrumento de cooperación

Una estrategia útil de vinculación está basada en la suma de esfuerzos para el logro de objetivos comunes, complementando capacidades que pueden generar sinergia en la interrelación, con carácter horizontal. Esta última característica es fundamental a la hora de vincular especialistas de diferentes disciplinas o de vincular investigadores con gestores.

Un instrumento adecuado para lograr la cooperación entre disciplinas para la generación de conocimientos, entre los centros de investigación y los organismos de planificación y gestión, son las redes, que han emergido con fuerza en los últimos años, destacándose por su versatilidad y eficacia y se consolidan como un instrumento generalizado y valorado. Una de las características que define la evolución en los modos de producción del conocimiento en los últimos cincuenta años es la transición desde las investigaciones basadas en la individualidad de los científicos a las basadas en los grupos de investigación, en la colaboración entre grupos de diferentes instituciones o países, y, actualmente, a las basadas en la constitución de redes de investigación, heterogéneas en su composición y transitorias en el tiempo.

Entre los diferentes impactos de las redes de investigación, cabe señalar los que afectan a los procesos de difusión del conocimiento. Frente a la tendencia en algunos ámbitos a la apropiación y privatización de conocimiento, las redes permiten una mayor socialización del mismo, a la vez que aceleran su producción. Los nodos de las redes pueden estar constituidos por individuos (profesores, investigadores, tecnólogos, gestores), por grupos de

investigación o por instituciones, centros de I-D, empresas y cualquier otro tipo de organizaciones. Esta flexibilidad en su organización facilita las vinculaciones. El objetivo de la asociación puede ser muy variado: redes de información y comunicación, redes académicas, redes temáticas, redes de investigación, redes de innovación, redes de servicios tecnológicos, o combinaciones de éstas. Las redes de información y comunicación se basan en redes electrónicas a través de las cuales los asociados intercambian informaciones y datos. Suelen estar implícitas en todos los otros tipos de redes. Están muy generalizadas entre los investigadores y normalmente son de características disciplinarias. Las redes académicas suelen estar centradas en la educación superior, con una tendencia creciente a implicarse en la movilidad e intercambio de estudiantes y profesores, así como en los estudios de posgrado y en los intercambios de experiencias y modelos de gestión universitaria.

En las redes temáticas, el interés común se centra en un tema específico, tecnológico o de gestión de la investigación y desarrollo y se sustenta en la adscripción de asociados que se identifican con este tema. Existe gran cantidad de ejemplos de redes temáticas en el ámbito iberoamericano en el programa CYTED. En las redes temáticas no suele haber un proyecto de investigación común, sino que los intereses de los asociados en torno a un tema se explicitan a través de una amplia gama de actividades, como el intercambio de información y de experiencias, la creación de bases de datos, el intercambio y movilidad de los investigadores, la formación y especialización de recursos humanos, la capacitación y homologación metodológica, la coordinación de las líneas de investigación, la transferencia de conocimientos y tecnologías y la generación de proyectos conjuntos de investigación.

Las redes de investigación están motivadas por la incorporación de una cultura de la cooperación entre los grupos de investigación. Comparten con las redes temáticas muchos de sus planteamientos y modalidades de actividades pero se diferencian en que existe un proyecto de investigación común en el que cada nodo de la red aporta complementariedad en la consecución de los objetivos. Lo fundamental en las redes de investigación es la complementariedad de capacidades y un adecuado reparto de tareas.

Las redes constituyen un mecanismo idóneo por su carácter de asociaciones flexibles y transitorias. El carácter horizontal de la organización es lo que confiere protagonismo a todos los actores y permite múltiples liderazgos en función de los diferentes tipos de actividades que se desarrollan. Las actividades se generan de abajo hacia arriba, lo que es una garantía para su viabilidad. La complementariedad de los asociados permite una asociación en la que se sumen capacidades, se faciliten procesos de transferencia de conocimientos al interior de la red y se garanticen beneficios mutuos.

Entre las dificultades que pueden malograr el buen desempeño de una red, podemos mencionar:

- Amplitud excesiva en los objetivos, que puede conducir a la dispersión y atomización de actividades con una escasa eficacia.
- Excesiva heterogeneidad entre los asociados, que se relaciona con las asimetrías en sus

capacidades y aportes. La cuestión de la simetría/asimetría es especialmente relevante cuando los nodos presentan muy diferentes niveles de desarrollo.

- Desigual compromiso de los participantes, incluyendo el del coordinador o gestor de la red. Esto erosiona el interés de los participantes.

Es importante para lograr éxito en la conformación de redes:

- Definir en forma concreta los objetivos de la red.
- Seleccionar adecuadamente los integrantes, valorando su complementariedad y capacidad de integración.
- Diseñar redes en base a la coparticipación y al consenso, ya que, al ser las redes básicamente horizontales, debe asegurarse un sentido de pertenencia y no la simple asociación formal sin mayores vinculaciones y compromisos.
- Lograr una coordinación eficiente de la red complementada con una co-gestión efectiva. A pesar de su carácter horizontal, las redes requieren de un liderazgo que sea reconocido por todos los participantes.
- Fomentar una actitud proactiva y cumplimiento de los compromisos.
- Facilitar el sentimiento de compartir beneficios y una buena disposición a sobrellevar las diferencias

La vinculación entre investigadores de diferentes países iberoamericanos supone abrir espacios para compartirlos, debiendo asumirse las diferencias y aprovecharlas para ampliar el ámbito de las experiencias personales e institucionales.

3. La Asociación de Universidades Grupo Montevideo (AUGM)

La Asociación de Universidades Grupo Montevideo (AUGM) funciona desde 1991 y se encuentra integrada por universidades públicas de Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay. En su ámbito, se desarrollan actividades de cooperación académica y científica y comprende un espacio común de acción. Cuenta con distintos programas según el enfoque y la disciplina.

Entre sus objetivos, se destaca el contribuir al fortalecimiento y la consolidación de una masa crítica de recursos humanos de alto nivel, aprovechando las ventajas comparativas que ofrecen las capacidades instaladas en la región. A saber:

- La investigación científica y tecnológica, incluidos los procesos de innovación, adaptación y transferencia tecnológica, en áreas estratégicas.
- La formación continua, inscrita en el desarrollo integral de las poblaciones de la subregión.
- Las estructuras y el funcionamiento de gestión de las universidades que integran la asociación.
- La interacción de sus miembros con la sociedad en su conjunto, difundiendo los avances del conocimiento que propendan a su modernización.

El instrumento más extendido para lograr la cooperación son las redes académicas. Dos programas centrales de AUGM, los núcleos disciplinarios y los comités académicos, se basan en este instrumento.

4. Programas de la AUGM

Éstos son:

- *Núcleos disciplinarios.* Agrupamientos académicos técnicos correspondientes a una disciplina de interés común, donde cada universidad-miembro aporta sus disponibilidades -tanto en personal de alta calificación como en recursos materiales- para actividades científicas, técnicas, docentes, de desarrollo y de extensión, entre otras.
- *Comités académicos.* Agrupamientos académico-técnicos concebidos para abordar, con enfoque multi e interdisciplinario, grandes configuraciones temáticas calificadas como estratégicas, por ser transversales y de carácter regional más que nacional, y que se componen mediante la oferta académica científico-técnica integradas de las universidades del grupo.
- *Escala docente.* Programa de movilidad académica de docentes e investigadores que se ha constituido en un instrumento de valor prioritario para garantizar la efectiva construcción del “espacio académico común ampliado regional” proclamado por la asociación en su acta de intención fundacional.
- *Escala estudiantil.* Programa de movilidad de estudiantes de grado entre las universidades miembro. Promueve el intercambio académico y cultural y permite un mejor conocimiento de la diversidad y particularidades de los diferentes sistemas de educación superior instalados. El estudiante cursa, durante un semestre, en otra universidad del grupo diferente al país de su residencia. Se le otorga reconocimiento académico de los estudios cursados en la universidad de destino, como avance concreto y equivalente en el plan de estudios de su propia carrera.
- *Movilidad de posgrado.* El programa de movilidad de estudiantes de posgrado de AUGM promueve la cooperación y la integración de las universidades que la conforman, así como la internacionalización de la educación superior de la región, a través de la promoción de la movilidad de los estudiantes regulares de maestrías y doctorados, para cursar un período académico en otra universidad-miembro de la asociación de un país distinto al suyo, con pleno reconocimiento de la actividad académica realizada. El programa se ejecutará por convocatorias regulares realizadas en cada año calendario.
- *Jornadas de jóvenes investigadores.* Están orientadas a promover el relacionamiento temprano entre científicos de la región e impulsar su trabajo conjunto en el marco de los fundamentos de la asociación. Son realizadas anualmente desde 1993, siendo su sede rotativa entre las universidades del grupo, participando además investigadores senior de las universidades-miembro y del exterior, como coordinadores y conferencistas invitados.

- *Seminario internacional Universidad-Sociedad-Estado*. Se instituye con carácter permanente un seminario anual, en el que se aborda una temática considerada de interés estratégica para las sociedades de los países que conforman la región y que corresponda principalmente al campo de estudios de los comités académicos y núcleos disciplinares o cualquier otra temática definida por el consejo de rectores.
- *Red de ciudades y universidades de AUGM*. Este programa es un ámbito de articulación, propuesta, planificación y realización de actividades conjuntas con los gobiernos locales, reconociendo en éstos a los responsables de definir e instrumentar políticas públicas a ese nivel y a las universidades públicas el papel de asesores desde el conocimiento y el compromiso social. De esta forma, se liga fuertemente al conocimiento con los aspectos más cotidianos de los ciudadanos y las sociedades.

5. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED)

El Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED) fue creado en 1984 mediante un acuerdo marco interinstitucional firmado por 19 países de América Latina, junto con España y Portugal. Se define como un programa internacional de cooperación multilateral con carácter horizontal. El Programa CYTED tiene como objetivo principal contribuir al desarrollo de la región iberoamericana mediante la cooperación en ciencia, tecnología e innovación. El instrumento en que se basan gran parte de las acciones CYTED son las redes temáticas. Las acciones CYTED se enmarcan en siete áreas temáticas: agroalimentación; salud; promoción del Desarrollo Industrial; desarrollo sostenible; cambio global y ecosistemas; tecnologías de la información y las comunicaciones; ciencia y sociedad, y energía.

La Dirección Nacional de Relaciones Internacionales, dependiente del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la República Argentina es la representante ante el Programa CYTED desde sus inicios y se ha destacado por su contribución al desarrollo del programa en la región. Si analizamos la participación por país, así como la coordinación de acciones por parte de cada uno de los países que integran la región Iberoamericana, en la convocatoria del periodo 2005-2012, vemos la heterogeneidad en el desarrollo científico-tecnológico de la región (Figuras 1 y 2).

6. Argentina en la cooperación iberoamericana

Argentina realiza una acción destacada en cooperación científico-tecnológica en el ámbito iberoamericano a través de la Dirección Nacional de Relaciones Internacionales del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva. Estas acciones están enmarcadas en acuerdos de colaboración bilateral o programas de cooperación multilaterales. En el caso de la cooperación bilateral, podemos mencionar las acciones con Brasil: Centro Argentino-Brasileño de Nanociencias y Nanotecnología (CABNN), Centro Argentino-Brasileño de Biotecnología (CABBIO), Progra-

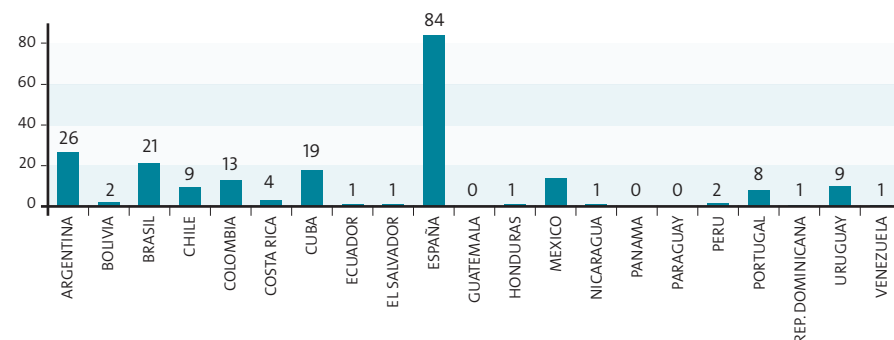


Figura 1. Participación por país (convocatorias 2005-2012).

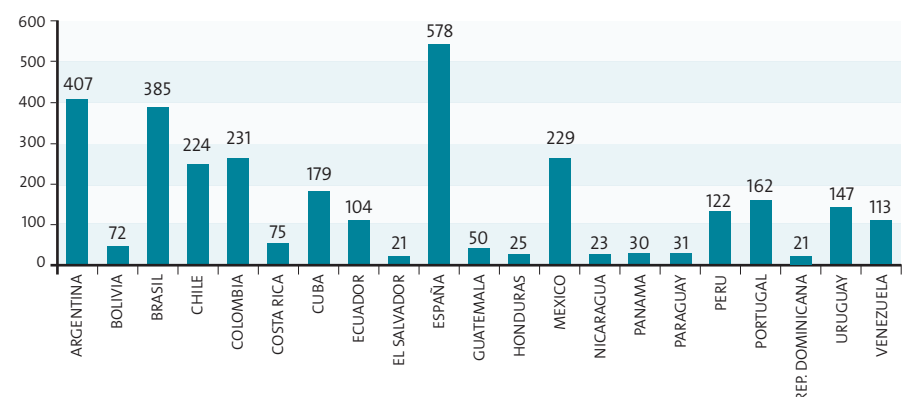


Figura 2. Grupos participantes por país. Fuente: Dirección Nacional de Relaciones Internacionales. Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva.

ma Binacional de Terapia Celular (PROBITEC), Centro Bilateral de Metrología (CABM), Programa Bilateral de Ética para la Ciencia y la Tecnología (PABECyT), Programa Bilateral de Inclusión Social Argentina-Brasil, Programa Argentino-Brasileño de Tecnologías de la Información y de la Comunicación, Programa de Cooperación con el Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (CNPq), Programa Bilateral de Energías Nuevas y Renovables.

En relación al MERCOSUR, en 2008 se aprobó el Programa Marco de Ciencia, Tecnología e Innovación 2008-2012. Actualmente, se encuentra en negociación el Programa Marco para el periodo 2014-2018 y se está trabajando en crear un fondo propio para la financiación de proyectos regionales de ciencia, tecnología e innovación productiva. Es importante mencionar también el Proyecto Biomedicina, que es el primer proyecto aprobado por el Fondo para la Convergencia Estructural del MERCOSUR (FOCEM). En el marco de este proyecto se prevé la realización de investigaciones conjuntas, capacitación de recursos humanos, acciones de movilidad y reuniones científicas conjuntas para la creación de una red de instituciones en enfermedades crónicas y

MODELOS DE RELACIÓN ENTRE CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD

de la vejez. Se encuentran involucradas en el proyecto las siguientes instituciones: Instituto Max Planck (Argentina), Fundación Oswaldo Cruz (Brasil); Instituto Pasteur (Uruguay) y el Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Salud (Paraguay).

El proyecto BiotecSur I se desarrolló entre 2005 y 2011. En este marco de este programa se consolidaron cuatro cadenas del sector agropecuario (oleaginosas, forestales, aviar y bovina) y se desarrollaron cinco proyectos integrados financiados. En la actualidad se encuentra en desarrollo el proyecto BiotecSur II para el período 2014-2017, que incluye temas de salud y energías renovables.

7. Conclusiones

A modo de corolario, puede afirmarse que las redes significan un instrumento valioso y eficaz. Cuentan con un amplio espacio de actuación: académica, científica, de información, de comunicación o de temáticas específicas para las cuales son creadas. El producto resultante de las acciones en red beneficia al crecimiento de las instituciones participantes, así como también al fortalecimiento de la red en su conjunto, y colateralmente, a la sociedad civil.

En efecto, se han presentado casos exitosos de redes pertenecientes a la región, que en la actualidad continúan desarrollándose y ampliando su marco de actuación. Por último, se ha destacado el aporte argentino en la cooperación iberoamericana.

Bibliografía

ALBORNOZ, M., y SEBASTIÁN, J. (1993): "Jorge Sábato revisitado: del triángulo a las redes", *Arbor*, n° 575, pp. 117-128.

FERNÁNDEZ CIRELLI, A. (2001): "Estrategias para una gestión integrada del agua", *Un enfoque integrado para la gestión sustentable del agua. Experiencias de cooperación*, Ed. A. Fernández Cirelli, pp. 2-10.

SEBASTIÁN, J. (2000): "Las redes de cooperación como modelo organizativo y funcional para la investigación y desarrollo", *Redes*, vol. 7, pp. 97-111.

Sitios web

<http://www.mincyt.gob.ar>

<http://www.cyt.org.ar>

<http://www.grupomontevideo.org>

La producción de conocimientos: la democratización es el nombre del juego

Ignacio Ávalos Gutiérrez*

Este breve ensayo pretende examinar la vinculación de las actividades de ciencia, tecnología e innovación con la sociedad actual, marcada por la actual crisis del modelo de desarrollo y, de otra parte, por la posibilidad de un futuro transhumano, anunciado con fuerza a través de profundos cambios tecno-científicos, derivados de la nanotecnología, la biotecnología, la informática y las ciencias cognitivas, y cuyas consecuencias iniciales se examinan en estas páginas considerando el caso del deporte de alta competencia. En términos de lo anterior, se argumenta la necesidad de ir creando nuevos marcos de análisis para comprender dicha crisis a partir del trabajo sinérgico entre las ciencias sociales y humanas y las ciencias naturales. E, igualmente, se plantea la necesidad de la participación ciudadana en los procesos que gobiernan la creación, difusión y utilización de las innovaciones. Se trata de una demanda surgida hace algún tiempo, pero que ahora ha cobrado una gran relevancia, convirtiéndose en una condición de la democracia en los tiempos que corren. Se trata, en fin, de observar cómo, en lo que se refiere a la forma de producir conocimientos, la democratización es el nombre del juego.

Palabras clave

Sociedad del conocimiento, nuevo paradigma tecno científico, deporte de alta competencia, dopaje genético, democracia, modelo de desarrollo, sociedad transhumana

* Sociólogo. Consultor en el área de políticas públicas y gerencia en el área de ciencia, tecnología e innovación. Profesor en la escuela de Sociología en la Facultad de Economía y Ciencias Sociales. Universidad Central de Venezuela.

1. Introducción

Vivimos tiempos que no son nada sencillos, caracterizados por cambios rápidos, profundos, y hasta dramáticos, que contravienen los moldes que acomodaron (y desacomodaron) la vida humana durante el último tramo de su historia. Tales cambios se encuentran estrechamente relacionados con el ritmo y la orientación que asume el desarrollo tecno-científico.

Ha corrido mucha agua desde cuando las políticas que pautaban la orientación de las actividades científicas y tecnológicas se pensaban –y asumo el riesgo que conlleva expresarlo de manera tan resumida– a partir del denominado “modelo lineal de la innovación”, aquel que hacía de laboratorio el aséptico espacio en donde se parían tales actividades. Sin embargo, las cosas han cambiado y hoy en día es moneda de uso común la idea de que estamos frente a complejos procesos sociales que envuelven un menú amplio de actores, intereses y tareas.

A partir de lo anterior, este ensayo pretende mirar la vinculación de las actividades de ciencia, tecnología e innovación (CTI) con la sociedad, ubicándolas en un contexto marcado por la actual crisis del modelo de industrialización, inspirado en las ideas del filósofo Francis Bacon y, de otro lado, por las radicales transformaciones tecno-científicas que se han comenzado a generar a partir de la nanotecnología, la biotecnología, las tecnologías de información y las ciencias cognitivas, las cuales asoman en el horizonte la posibilidad de una sociedad transhumana, cuyos primeros trazos ya se pueden observar, tal vez con más claridad que en otros espacios, en el deporte de alta competencia.

En términos de lo anterior, se argumenta la necesidad de ir creando nuevos marcos de análisis para estudiar y comprender dicha crisis a partir del trabajo sinérgico entre las ciencias sociales y humanas y las ciencias naturales. E, igualmente, la necesidad de democratizar los procesos que gobiernan la creación, difusión y utilización de las innovaciones, entendiéndola como una condición de ciudadanía. Si bien se trata de una demanda que no es nueva, ha cobrado, como veremos, enorme significación en los tiempos que corren.

2. La sociedad (global) del conocimiento y la economía de mercado

Se sabe que las actividades científicas, tecnológicas y de innovación (CTI) constituyen un factor determinante, aunque no único, desde luego, en el trazado del perfil que muestra el mundo contemporáneo. La producción constante y masiva de conocimientos y tecnologías infiltra cada rincón del quehacer humano. Así, en la literatura actual se hace referencia a la “sociedad (global) del conocimiento”, la cual se encuentra institucionalmente organizada para que puedan tener lugar los nexos entre los diversos actores sociales a los fines de integrar los recursos y capacidades necesarios para producir, difundir y utilizar innovaciones, tanto a nivel nacional como mundial. La actividad económica lo muestra claramente: la misma está supeditada al conocimiento (en sus disímiles expresiones), convertido en un elemento de gran peso dentro del aparato productivo. Por eso Jeremy Rifkin (2000) habla

de la “economía ingravida”, subrayando el papel decisivo que actualmente juegan, en su funcionamiento, los “bienes intangibles”.

Tras la caída del Muro de Berlín –y sin que ello signifique el fin de la historia, como lo predicó con tenacidad Francis Fukuyama–, terminó la etapa del llamado “socialismo real” y, a distintas velocidades y de acuerdo a ciertas variantes, el mundo entero pasó a regirse bajo los cánones de la economía de mercado. China es la demostración más elocuente de lo que digo: desde hace ya un buen rato, es un país capitalista, contando para ello con la anuencia del Partido Comunista, dando lugar a un híbrido político–económico que seguramente habría sorprendido (quizá de manera no muy grata) a Carlos Marx. La sociedad (global) del conocimiento es, así pues, capitalista.

En el marco los sistemas nacionales (y globales) de innovación, la empresa figura, entonces, como el eje articulador del desarrollo tecno científico. Para bien y para mal, dependiendo de las circunstancias, éste se encuentra, por tanto, regido por la lógica privada¹. No es de extrañar entonces que a nivel mundial la inversión en esta actividad sea, en números gruesos, 70% privada y 30% pública, o que las empresas multinacionales representen aproximadamente el 70% del gasto total en Investigación y Desarrollo en el mundo. Se observa, así pues, una creciente privatización del conocimiento en sus diversas formas, resguardado por normas de amplia cobertura y alcance mundial, circunstancia que marca el patrón según el cual funciona la generación y el intercambio de tecnologías e innovaciones, no obstante iniciativas importantes que buscan limitar esta situación.

Tal vez pocas cosas indiquen más claramente lo señalado que observar cómo, en la medida en que el conocimiento se ha ido convirtiendo en una fuerza productiva clave, se ha ido generalizando la vinculación comercial entre las empresas y los laboratorios universitarios, dando lugar a la emergencia de lo que se ha denominado el “capitalismo académico”, signado por una fuerte orientación de la ciencia universitaria (tradicionalmente creadora de bienes públicos) en función de las exigencias del mercado.

3. El modelo de desarrollo en el banquillo

Tan lejos como en 1620 Francis Bacon escribió que la misión de la ciencia era convertir al hombre en el dueño del universo. Sin rubor alguno llegó a escribir que no había que mirar a la naturaleza como algo sagrado, sino como una “ramera colectiva” y proponía “sacudirla hasta sus cimientos” con el fin de “expandir los límites del imperio humano hasta hacer realidad todas sus posibilidades”. De estos lodos nos vienen, así pues, los polvos del cambio climático y demás desarreglos ocasionados en la naturaleza. El vaticinio de los científicos coloca por delante, en-

¹ Como diría Perogrullo, el mercado es un mecanismo torpe e injusto en ciertos ámbitos y con respecto a determinados fines, así como ocurre, también, con el Estado.

tonces, una tarea altamente compleja: cambiar la actitud desde la que se consideró al medio ambiente, o sea, transformar el modelo que ha guiado nuestros pasos desde entonces y hasta ahora, sin distinciones políticas ni ideológicas, pues el ropaje baconiano ha servido lo mismo para cubrir al capitalismo que al socialismo “a lo soviético”.

El actual modelo está, así pues, siendo objeto de fuertes críticas a lo largo y ancho del planeta. De lo anterior da buena cuenta una amplia y diversa literatura, una parte de ella encargada de recordarnos que la sociedad (global) del conocimiento es, simultáneamente, la “sociedad (global) del riesgo”, según la expresión acuñada por el sociólogo alemán Ulrich Beck (1986), argumentando que se han creado formas inéditas de peligro que imponen una amenaza cualitativamente distinta a la del pasado, imputable básicamente a la acción humana. Es el riesgo “manufacturado”, que traspasa fronteras, generaciones y clases sociales y genera problemas en todas partes y rebasan la “jurisdicción” del Estado Nacional, al tiempo que muestran las costuras de las instancias supranacionales presumiblemente encargadas de la gobernabilidad del planeta. Por otro lado, es importante indicar que no sólo se trata de la crítica al modelo desde el punto de vista ecológico. También se expresa, asimismo, en la existencia de profundos desacodos políticos, económicos y sociales que caracterizan la vida de los terrícolas².

Como es sabido, el cuestionamiento del patrón industrial ha traído consigo dudas y desconfianzas acerca del desarrollo tecno científico, visto éste con una alta cuota de responsabilidad en los problemas que confronta la humanidad. Dudas y desconfianzas que, como se verá a continuación, también tienen que ver con la emergencia de un nuevo paradigma tecno-científico.

4. La sociedad transhumana

En efecto, desde hace algunos años se viene conformando un nuevo paradigma, identificado comúnmente como NBIC (por sus iniciales en inglés), integrado por la Nanotecnología, la Biotecnología, la Informática y las Ciencias Cognitivas. Desde allí se está generando un conjunto de tecnologías que se refuerzan recíprocamente –gracias, sobre todo, a la nanotecnología–, abriendo inmensas posibilidades a la creación de innovaciones de pronta utilización y de gran impacto, tanto que ya se habla de la “sociedad transhumana” como un asomo de lo que será la vida futura, dándole cierta razón, por cierto, a los novelistas que imaginaban desde hace muchos años. Una señal de que no se trataba de un delirio literario es que, más o menos recientemente, la NASA se dedicó a analizar alrededor de 40.000 obras de ciencia ficción, buscando ideas para sus próximas investigaciones. Dentro de este marco no sorprende, entonces, que alguien haya dicho que el octavo día de la Creación será responsabilidad

² El Banco Mundial, en un documento bastante reciente, incluye un capítulo que se titula “Pro-poor Innovation”, reconociendo que los beneficios de la ciencia, de la tecnología y de la innovación no han llegado a los estratos más pobres de la población mundial.

del ser humano y en abono a esa idea entre los investigadores se estima que en tiempos no demasiado remotos la naturaleza será una suerte de producto “manufacturado”.

Un informe realizado bajo los auspicios de la National Science Foundation de los Estados Unidos, titulado *Converging Technologies for Improving Human Performance. Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology And Cognitive Science*, describe una revolución del conocimiento que está impactando nuestras vidas en modos que probablemente afectarán la manera misma en que nos percibimos como humanos (Mujica 2014). En suma, se comienza, pues, a entrever un futuro peliagudo, de consecuencias casi inimaginables.

4.1. ¿El deporte como espejo?³

En realidad, ese futuro ya ha comenzado a llegar. Lo deja ver con cierta nitidez el deporte de alta competencia, en donde los triunfos parecieran depender cada vez más de los laboratorios. Ciertamente que la búsqueda e incorporación de mejoras, con el objetivo de lograr elevar el desempeño del atleta, es muy antiguo, pero hoy en día gravita con mucho mayor peso, al punto de que, de manera cada vez más frecuente, los nuevos récords se explican por el uso de alguna innovación. El modelo de deporte concebido en torno a la competencia, el negocio y el espectáculo, lo ha determinado así. Es que, lejos del evangelio que predicaba el Barón de Coubertain, considerado el fundador del olimpismo, lo importante no es competir sino ganar (casi a como dé lugar, con desdén del *fair play*).

No hay, pues, disciplina que escape a la poderosa influencia de la tecno ciencia, amoldándose a las particularidades de cada una, es decir, tomando en cuenta si se practica de manera individual o en equipo, si priva la resistencia y la fuerza (ciclismo, natación y atletismo) sobre la habilidad (esgrima y tenis de mesa), si es una mezcla de ambas cosas (fútbol, béisbol y gimnasia) o si concierne a actividades en donde es preponderante la expresión estética, y en consecuencia los criterios de evaluación guardan un significado diferente (nado sincronizado). Sin embargo, la situación podría cambiar en la medida en que, como vaticinan ciertos expertos, resulte factible la introducción de implantes cognitivo-motores que incrementen las habilidades que parecen no encontrarse en nuestro código genético, sino en la experiencia.

Por otro lado, las aplicaciones de los nuevos avances se abren a todos los aspectos involucrados en el deporte, vale decir, la vestimenta, la elaboración de equipos y materiales, el entrenamiento, la nutrición y la salud del atleta, las estrategias para competir, el arbitraje de los eventos, el mejoramiento de estadios y canchas, la evaluación del desempeño de los jugadores y la intervención sobre el propio cuerpo humano a fin maximizar sus potencialidades. En síntesis, no hay nada que no tenga (o vaya a tener) su huella cada vez más decisiva. No se olvide, por último, que todo ello es posible gracias a un formidable entramado institucional, muy bien lubricado desde el punto de vista financiero e integrado por numerosas y diversas organizaciones (públicas, privadas y académicas), cuyos hilos son manejados fun-

³ Basado parcialmente en Ávalos (2014).

damentalmente por las más importantes empresas mundiales, para las cuales el deporte constituye, sin duda, un espacio clave desde el punto de vista de sus metas industriales y comerciales. Este hecho le da, obviamente, un sesgo al trabajo innovador que llevan a cabo.

4.2. Dicen que Pistorius corre con ventaja

En 2008 se le negó su participación en los Juegos Olímpicos de Beijing, cuando pretendía correr contra rivales “normales”. Fue la respuesta que tuvieron más a la mano las autoridades con respecto a Oscar Pistorius, un ser considerado híbrido que combinaba elementos de carne y hueso con dispositivos mecánicos y electrónicos. Más tarde, luego de haber sido examinado en varias ocasiones a fin de determinar si las prótesis que empleaba le daban o no ventaja, fue finalmente autorizado a participar en las últimas olimpiadas, celebradas en Londres, en las que llegó hasta semifinales en el evento de los 400 metros planos, convirtiéndose en el primer atleta discapacitado en rivalizar con deportistas no paraolímpicos. Sin embargo, recientemente su caso fue nuevamente revisado y se determinó que no podría aspirar a competir en las próximas olimpiadas, que se celebrarán en Brasil, puesto que para entonces sus prótesis representarían, dada su probable evolución, una clara superioridad con relación a sus rivales.

El de este atleta –hoy en día condenado a prisión, culpable del asesinato de su novia y seguramente sin ninguna oportunidad de volver al deporte de alto nivel– es un caso sorprendente. Su participación en competencias con corredores no discapacitados ha causado un verdadero motín en los medios deportivos, colocando en la vitrina mundial las consecuencias que se desprenden del brusco desarrollo de la tecnología. En efecto, Pistorius replantea su condición de discapacitado al poder competir frente a deportistas “no especiales”, dando así el preaviso al deporte paraolímpico. Y por otro lado, lo que tal vez sea aún más significativo, nos muestra en perspectiva al atleta post humano.

4.3. ¿Que hará el COI con el dopaje genético?

En el marco de los innumerables cambios que se vienen sucediendo, la genética lleva ya un buen rato tocando las puertas del deporte, buscando mejorar a los atletas más allá de sus posibilidades naturales. Actualmente tiene lugar mediante terapias que hacen que los músculos crezcan más, se recuperen más rápido y adquieran más fuerza, pero ello es apenas el comienzo del camino. No obstante, ha prendido las alarmas en el Comité Olímpico Internacional (COI).

Así, con miras a las próximas olimpiadas, que tendrán lugar en 2016, este organismo se ha dado a la tarea de diseñar medidas de control de posibles innovaciones genéticas y, casi por reflejo condicionado, sus primeras acciones caminan por la vía de su tradicional política antidoping (no muy exitosa que digamos, por cierto), en función, según se justifica, de la protección de la salud de los deportistas y la garantía del juego limpio, entendido éste como equitativo y sin trampas.

Pero a más largo plazo, las autoridades deportivas han empezado a pasearse tímidamente por la idea de eventos exclusivos para los llamados atletas “ciborgizados”, en los que el dopaje genético pudiera no ser penalizado. No son pocos, así pues, los que divisan un nuevo concepto

de deporte, producto de la utilización de una gama amplia de innovaciones, cuyo uso plantea cuestiones complejas, difíciles de descifrar en sus repercusiones y, por otro lado, trabajosas llegado el momento de establecer criterios y normas que le den cierto cauce a su uso.

Hasta ahora, las autoridades se han visto sobrepasadas, de lo cual han dejado constancia la manera de tratar el caso de Oscar Pistorius y la forma como parecieran plantarse ante las aplicaciones que pudieran venir desde la genética. Dan idea, en general, de encontrarse desamparadas desde el punto de vista conceptual, ético y legal a fin de poder enfrentar la amplia variedad de cambios provenientes del desarrollo tecnológico. Empeora las cosas, además, el hecho de que el deporte se gobierne casi al margen de las reglas de la democracia, mostrando una alta propensión a hacerlo en clave autoritaria a través de grupos reducidos que se perpetúan en los cargos de dirección, no rinden cuentas y resultan permeables a los intereses económicos (santos y no tanto) asociados al espectáculo deportivo.

En el marco de lo anteriormente expresado, la administración del progreso tecnológico se torna un factor crucial en la gobernabilidad del deporte, haciendo aún más indispensable la creación de mecanismos institucionales que permitan que las decisiones se tomen por la vía más informada y amplia posible. Éstas no pueden continuar alimentadas exclusivamente a partir de la lógica que guía a las empresas en la concepción y difusión de sus innovaciones. Además, no pueden ser tampoco disposiciones que ignoren el gran debate que tiene lugar a propósito de los escenarios que plantea la citada sociedad transhumana⁴.

5. Conclusiones

Soplan vientos críticos cada vez más fuertes en la opinión pública mundial, tanto respecto a la crisis del modelo de desarrollo como con referencia a la complejidad de los desafíos que insinúa la sociedad transhumana. Así, despunta una agenda de cambio que, obviamente, contempla al desarrollo tecnológico y propone la necesidad de revisar la lógica que lo gobierna en el presente, alimentada por intereses económicos que se manifiestan sobre todo en la competitividad, las presiones del mercado y la centralidad de la empresa (sin descartar, desde luego, los fines e intereses militares).

5.1. La democratización es el nombre del juego

Como se ha tratado en forma profusa en la literatura sobre el tema, la sociedad del conocimiento no debe pensarse como una sociedad despolitizada, sino todo lo contrario. Desde hace

⁴ Siendo éste un tema cuyo análisis desborda los límites del presente documento, cabe señalar que en la literatura se han identificado dos puntos de vista, el de los Bioconservadores y el de Transhumanos. Aquéllos un poco cautelosos y hasta temerosos con los cambios, mientras estos últimos miran las cosas con optimismo, argumentando que el progresivo dominio sobre la propia condición humana es una muy buena noticia.

algún tiempo ha habido una preocupación en este sentido, ocupada particularmente en el tema de la rendición de cuentas y en el de los riesgos tecnológicos. Pero hoy en día tal preocupación se ha extremado y ampliado, al punto de que poco a poco la democracia de nuestros días va suponiendo la existencia de mecanismos legales y políticos a fin de que las personas puedan intervenir, de diversas maneras, en las decisiones asociadas al desarrollo tecnocientífico. Es esta intervención, no cabe duda, una condición de ciudadanía en la actualidad. De hecho, en diversos países ya existen ciertos esquemas institucionales (comisiones parlamentarias, organismos ciudadanos, referéndum) que le abren espacio a las presiones encaminadas hacia la mayor participación de la gente en este ámbito. El argumento es inapelable: no puede hablarse de democracia si las personas no cuentan con la posibilidad de intervenir con el propósito de opinar y encauzar uno de los factores que más influyen su vida, tanto en el plano particular, como en el colectivo.

El debate público y la vigilancia social sobre las transformaciones tecnocientíficas pasan a entenderse, así pues, como un valor político propio de la época, a fin de que no se encuentren únicamente supeditadas a la dirección y el ritmo impuestos por el mercado. Debate y vigilancia, digo, que conduzcan al objetivo de que los aspectos éticos, políticos, ambientales, jueguen su papel modulando la producción de conocimientos (infiltrando todo el proceso de creación de innovaciones), lo cual, es bueno advertirlo, no es asunto de estatizar, como con cierta frecuencia se piensa, sino de democratizar.

La participación democrática crea un ambiente más propicio y mejores condiciones para abordar con mayor propiedad los asuntos relacionados con la producción y utilización de conocimientos, dado que abre la agenda política y la diversifica en cuanto a objetivos e intereses, reforzando, por ende, la legitimidad respecto a la formulación e implementación de las políticas públicas correspondientes⁵.

El ejercicio de la democracia debe ajustarse a la naturaleza y a las condiciones propias de las actividades científicas, tecnológicas y de innovación. En este sentido, la historia recomienda sortear ciertas experiencias que lo pervierten (el caso de Lysenko en la Unión Soviética es tal vez el más emblemático, pero no el único ni el último) y, por otra parte, salirle al paso a quienes se valen del argumento tecnocrático para limitar la “intromisión de la gente que no sabe”, bajo el manido argumento, entre otros, de que “frena” el avance de la ciencia.

⁵ La democratización de la que se viene hablando incluye otros componentes, además de la injerencia política ciudadana en las decisiones. La misma encierra, así pues, objetivos tales como el acceso equitativo a los frutos del progreso tecnocientífico, la apropiación (alfabetización) científica y tecnológica, la flexibilización de los sistemas de propiedad intelectual, la diversidad de saberes, en fin. No es éste el espacio para examinarlas, pero sí es bueno llamar la atención de que se trata de aspectos que, de manera importante, caen bajo el paraguas de la participación ciudadana en las decisiones políticas sobre las actividades CTI.

En suma, se deja ver con vigor, aunque con el viento soplando en contra, una agenda que, en lo concerniente al desarrollo tecnocientífico, pone de manifiesto a actores heterogéneos, en cuanto a argumentos y preferencias. Una agenda que supone una mirada distinta sobre la actualidad y el futuro de la vida humana y reclama nuevas formas de vincular a las actividades científicas, tecnológicas y de innovación con la sociedad.

5.2. Inventar otro futuro (según aconsejaría Maquiavelo)

Sea cual sea el talante con el que se prefieran considerar las mutaciones que vienen en camino (ya empezamos a toparnos con algunas), el hecho es que asoman temas esenciales de índole muy variada, sin que aún tengamos las herramientas para identificarlos y comprenderlos y actuar sobre ellos con siquiera mediana eficacia.

Nada sobresale con más claridad, entonces, que la urgente necesidad de ir creando nuevos marcos de análisis para enfrentar la situación actual y un futuro que empezó a hacerse presente a partir del trabajo sinérgico entre las ciencias sociales y humanas y las ciencias naturales. El intelectual francés Bruno Latour (citado en Medina, 2008) ha caracterizado las innovaciones tecnocientíficas como la proliferación de híbridos, es decir, de realizaciones que embrollan las divisiones esencialistas en un complejo entramado de ciencia, tecnología, política, economía, naturaleza, derecho, etcétera. Según él, en la larga lista de los híbridos actualmente más representativos habría que colocar, entre otros muchos, los implantes electrónicos en el cerebro humano, los microprocesadores biónicos, la clonación de animales, los alimentos transgénicos, la congelación de embriones humanos, las píldoras abortivas y poscoitales, el Viagra, así como una larga lista de psicofármacos como Prozac. A pesar de todo ello, afirma Latour, nuestra cultura intelectual no sabe cómo categorizar el entramado de los híbridos que la tecnociencia produce. Esto no es de extrañar, añade, pues para ello es preciso cruzar repetidamente las líneas divisorias que separan la ciencia y la sociedad, la naturaleza y la cultura, las cuales se siguen marcando en la actualidad.

En síntesis, es preciso un gran esfuerzo de comprensión intelectual que proporcione los códigos requeridos para descifrar los acontecimientos, así como los mapas que se precisan para desenvolverse con respecto a ellos, so pena de que el futuro nos agarre sin paraguas, según nos parece alertar lo que acontece en el escenario deportivo. La tarea pendiente es, entonces, inventar otro futuro, “conociendo los caminos que conducen al infierno”, según habría aconsejado Nicolás Maquiavelo. Y tal como están planteadas las cosas, este nuevo futuro depende no sólo, pero si en alto grado, de cómo orientar y organizar políticamente el desarrollo tecnocientífico en torno a las aspiraciones dirigidas a humanizar la sociedad desde lo local, pero en un entorno que es, a la vez, cada vez más global.

Queda pendiente una tarea que también deben realizar, claro está, los países iberoamericanos. Guardando las diferencias entre ellos (naciones como Brasil, Argentina, México, España, parecerían estar “fuera del promedio”), les toca hacerla (individualmente y mediante alianzas de diverso tipo) en una situación de partida caracterizada por un déficit en su equipamiento institucional (precariedad del sistema nacional de innovación, para explicarlo en corto) y una debilidad manifiesta en cuanto a sus capacidades tecnocientíficas, en particular con respecto a las que

alimentan el nuevo paradigma. Adicionalmente muestran la carencia del tejido organizativo requerido para que puedan darse los procesos relacionados con la participación ciudadana con referencia a las actividades CTI. En general, este último ha sido un tema de importancia menor en el diseño de políticas en este ámbito.

La cuestión es, así pues, cómo terciar en tales circunstancias, en un debate de tantas repercusiones, que remiten a eventos cuyo epicentro se encuentra fundamentalmente en otras partes del mundo y de los que no cabe desentenderse porque, entre otras cosas, los procesos de globalización establecen que casi todo pasa en casi todos lados.

Este asunto podría ser harina de otro artículo.

Bibliografía

ÁVALOS GUTIÉRREZ, I. (2011): *La investigación universitaria con pertinencia social (En el marco de un Sistema Nacional Innovación precario)*, Universidad Católica Andrés Bello (UCAB), Caracas.

ÁVALOS GUTIÉRREZ, I. (2014): *El Dopaje Genético (O que diría el Barón de Coubertain)*, Caracas, Próxima publicación.

BECK, U. (2002): *La Sociedad del Riesgo Global*, Editorial Siglo XXI, España.

ECHEVERRÍA, J. (2001): “Tecnociencia y sistemas de valores”, en J. L. López Cerezo y A. Sánchez Ron (eds.): *Ciencia, Tecnología, Sociedad y Cultura en el cambio de siglo*.

ELIAS, N., y DUNNING, E. (1986): *Deporte y ocio en el proceso de civilización*, Fondo de Cultura Económica, México.

FUKUYAMA, F. (2002): *El fin del hombre, consecuencias de la revolución biotecnológica*, Ediciones B, S.A. Barcelona, España.

GONZALEZ, M., LÓPEZ CEREZO, J. A., y LUJÁN, J. L. (1999): *Ciencia, Tecnología y Sociedad*, Editorial Tecnos, Madrid.

LÓPEZ CEREZO, J. A. (2012): *Democracia en la frontera*, Universidad de Oviedo, España.

MUJICA, V. (2014): *Nanotecnología y Deportes: Una tecnología disruptiva que está cambiando el juego*, Corporación Colombia Digital (por publicarse).

NATIONAL SCIENCE FOUNDATION (2002): *Converging Technologies for Improving Human Performance. Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Science*, Washington, EE.UU.

PÉREZ TRIVIÑO, J. L. (2013): “Deportistas genéticamente modificados y los desafíos del deporte”, *Revista de Bioética y Derecho*, España.

SOLANES, R. S. (2013): “Tranhumanistas y Bioconservadores: El dopaje genético”, *Revista de Filosofía, Ética y Derecho del Deporte*.

Conocimiento para el desarrollo: problemas actuales y alternativas posibles en Iberoamérica

Judith Sutz*

El trabajo analiza los modelos de relación entre ciencia, tecnología y sociedad desde una doble perspectiva. En primer lugar se subraya la cuestión de la debilidad de la demanda de conocimientos como explicación de primer orden en el tipo de relacionamiento entre CTS presente en América Latina. En segundo lugar se plantea, desde un enfoque normativo, el papel a cumplir por la política de ciencia, tecnología e innovación en una sociedad crecientemente desigual, en parte debido al poder altamente asimétrico del conocimiento. A partir de allí, se sugiere una posible orientación de la política de CTI orientada hacia la inclusión que hace palanca en la demanda social de conocimientos.

Palabras clave

Demanda de conocimiento, inclusión social, política de CTI

* Coordinadora Académica de la Comisión Sectorial de Investigación Científica y profesora de Ciencia, Tecnología y Sociedad en la Licenciatura en Desarrollo de la Facultad de Ciencias Sociales, Universidad de la República, Uruguay. Sus temas de trabajo se centran en “universidades para el desarrollo” y la cuestión del conocimiento y la innovación orientados a la inclusión social. Correo electrónico de contacto: jsutz@csic.edu.uy.

1. Introducción

La convocatoria de la mesa de trabajo sobre *Modelos de relación entre Ciencia, Tecnología y Sociedad* en el marco del Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Innovación y Educación (Buenos Aires, noviembre de 2014) indica que “las estrategias y políticas destinadas a dar impulso al desarrollo científico y tecnológico se basan en diferentes modelos de relación entre la ciencia, la tecnología y la sociedad, así como de los procesos de innovación”. Esta afirmación, totalmente compatible, es un buen punto de partida para plantear la cuestión que nos interesa analizar de forma por demás sucinta en este texto: las relaciones entre conocimiento y desarrollo, los problemas que enfrenta su articulación virtuosa y algunas estrategias para enfrentarlos.

Las opiniones acerca de cuáles son las mejores estrategias y políticas para impulsar el desarrollo científico y tecnológico, considerado hoy por hoy fundamental en todas partes del mundo, presentan, como es bien sabido, marcadas diferencias. Las más connotadas y aún vigentes oponen a quienes privilegian la excelencia científica general en la hipótesis de que de allí derivan aplicaciones tecnológicas e innovaciones, frente a quienes priorizan de manera relativamente excluyente la investigación aplicada y la transferencia de resultados a la producción en áreas consideradas de importancia económica especial para el país de que se trate. Comunidades científicas defendiendo sus empequeñecidos espacios y planificadores de Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI) que manejan los presupuestos públicos respectivos, generalmente marginales en relación a la riqueza nacional, han sido protagonistas de una discusión que lleva décadas en América Latina. Dado que las estrategias y políticas para impulsar el desarrollo científico y tecnológico de la región no han sido particularmente exitosas, conviene volver a pensar los “modelos de relación” entre ciencia, tecnología, innovación y sociedad y buscar a partir de ellos abordajes quizá más adecuados.

Esos “modelos de relación” Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) son en parte normativos y, en parte, reflejan esquemas analítico-interpretativos de las diversas dinámicas que moldean dichas relaciones. Comenzando por estos últimos, se mostrará en la siguiente sección del trabajo que un aspecto central de dichas dinámicas está asociado, en América Latina, a la debilidad de la demanda de conocimientos tanto del sector privado como del sector público. De allí se deriva, como consecuencia, la debilidad recurrente de las políticas de CTI, tanto en términos políticos como presupuestales. En la segunda sección se abordará, de manera necesariamente muy parcial, la cuestión normativa del relacionamiento CTS. En este sentido, puede afirmarse que existe una coincidencia terminológica que no necesariamente se traduce en coincidencia sustantiva. Hay un consenso amplio acerca de que las relaciones entre ciencia, tecnología, sociedad e innovación deben estar orientadas al desarrollo. Sin embargo, más allá de que probablemente lo anterior constituya la base de cualquier política, el desarrollo suele ser entendido de maneras diversas, derivándose de ello diferencias en el plano normativo, en este caso, respecto de las relaciones necesarias o deseadas entre ciencia, tecnología y sociedad. En el trabajo se plantea como eje normativo de las relaciones CTS la búsqueda de un desarrollo inclusivo que reduzca de forma sistemática la desigualdad basada en el conocimiento y, para ello, se

oriente hacia la democratización del conocimiento. La última parte del trabajo, en base a lo anterior, ofrece a la discusión una modalidad concreta de estrategia política para la CTI que apunta a revertir algunos de los factores más negativos de la dinámica actual de las relaciones CTS y a transitar hacia el horizonte normativo deseado.

2. El problema de la demanda de conocimientos

Un aspecto de particular significación en las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad es la demanda que esta última le plantea a las primeras; otro es el espacio geográfico hacia el que se orienta dicha demanda; otro aun, sumado al anterior, es el grado de sofisticación de dicha demanda. Las sociedades cuyas economías, al decir de La Mothe y Paquet (1996) están basadas en el conocimiento y motorizadas por la innovación, se caracterizan no sólo por la atención prestada a la producción de capacidades científicas y tecnológicas sino por una dinámica que las moviliza, las desafía y, de esa forma, asegura su crecimiento sustantivo. El punto central es el reconocimiento, en los hechos, de la centralidad de los procesos de aprendizaje, que requieren tanto de capacidades de formación como de oportunidades para la aplicación, al más alto nivel posible, de las formaciones adquiridas.

Las relaciones CTS en torno a procesos de aprendizaje están fuertemente mediadas en todos los países por políticas específicas, en particular políticas públicas, en los aspectos asociados con la formación. Incluimos en el concepto “formación” la atención prestada a la investigación fundamental, en todas las áreas de conocimiento, columna vertebral de la formación avanzada. En algunas partes, allí donde los procesos de aprendizaje están más consolidados, los aspectos asociados a la utilización de las capacidades adquiridas –y a través de dicha utilización, su fortalecimiento– es también objeto de políticas públicas o de acción pública. En algunas orientaciones científico-tecnológicas consideradas estratégicas, como por ejemplo automatización industrial, computación o telecomunicaciones, los países hoy altamente industrializados desarrollaron políticas diversas de articulación que, desde el estado, promovieron la utilización de las capacidades nacionales, apoyaron su fortalecimiento cuando los desafíos cognitivos las superaban y las volvieron a utilizar a un nivel mayor de formación. El circuito virtuoso derivado de ese tipo de políticas explica en parte las notorias divergencias en materia científica, tecnológica y de innovación que persisten actualmente entre las sociedades que las implementaron y las que no lo hicieron. El considerar estratégico tener capacidades de aprendizaje –para la producción y utilización de conocimiento en general– hizo que la política pública se orientara a asegurar un nivel importante de relacionamiento entre ciencia, tecnología, innovación y sociedad dentro del espacio nacional. El objetivo de esta orientación siempre fue doble: establecer capacidades propias, por una parte, y permitir un mejor relacionamiento con las capacidades existentes en el resto del mundo, por otra.

Este tipo de estrategia se hace más difícil de legitimar y de poner en práctica cuanto menos adelantado relativamente esté el país de que se trate. El pragmatismo asociado al argumento de no reinventar la rueda no hace sino resultar más convincente a medida que las dife-

rencias en materia de producción de conocimiento avanzado y de capacidades para traducirlo en innovaciones de creciente sofisticación se afianza. Dicho pragmatismo luce racional en términos de acceso a lo ya inventado: otros inventaron, pagaron los costos de desarrollo, refinaron los nuevos productos o procesos y los ofrecen, listos para su uso. Muchas veces el precio a pagar por ellos es razonable, aunque no siempre –alcanza con pensar en los precios de ciertos fármacos–. Esta racionalidad se debilita notoriamente, sin embargo, cuando la cuestión se mira desde una perspectiva de aprendizaje. Sobre estos temas hay abundante evidencia y análisis empírico, que en particular explican irracionalidades económicas a partir de racionalidades de aprendizaje. Un ejemplo de este tipo de análisis es el que hace Alice Amsden sobre Corea del Sur, cuando indica que: “Sea en la construcción de barcos, en la industria del acero, en la fabricación de maquinaria, en las empresas de automóviles o de electrónica, el credo (en Corea del Sur) devino ‘Invertir ahora en capacidades tecnológicas en las empresas –aunque la experticia externa sea más barata– para cosechar la recompensa de la auto-confianza después’” (Amsden, 1989; p. 21, traducción propia). Esta apreciación es corroborada por esta otra: “Aunque el conocimiento puede transferirse de diversas maneras, a la habilidad para hacer de él un uso efectivo no le ocurre lo mismo. Esa habilidad sólo puede adquirirse a través de un esfuerzo tecnológico endógeno” (Kim, 1993; p.3, traducción propia). La afirmación de Kim refleja otras, clásicas en el campo de la pedagogía, en particular porque sustenta la única metodología que permite equivocarse y aprender a solucionar lo errado. La afirmación de Amsden apunta a una cuestión más compleja, asociada a opciones que trascienden largamente la racionalidad tecno-económica: la construcción de auto-confianza en contextos situados del lado más débil del espectro tecnológico e innovativo internacional. El padre de la conceptualización de los Sistemas Nacionales de Innovación, Christopher Freeman, plantea algo similar. Refiriéndose no a un país en desarrollo sino al Reino Unido, indica que una buena razón para preferir diseño y producción endógena a la compra de licencias es el impacto negativo que lo segundo podría tener sobre la moral de científicos e ingenieros locales (Freeman, 1992; p. 47). No se trata así sólo de una cuestión de sentido común asociada a los procesos de aprendizaje –hay que enfrentarse a problemas para poder llegar a resolverlos y, a su vez, enfrentarse a problemas exige que éstos sean planteados a quienes intentarán resolverlos. Se trata también de revertir imaginarios científicos, tecnológicos e innovativos desvalorizantes, resultado de una situación general de profundas asimetrías cognitivas, donde quienes saben más parecerían –en el imaginario de mucha gente– haber adquirido el monopolio de la aplicación eficiente del conocimiento a un punto tal que desestimula emprender esfuerzos propios de resolución de problemas. Podríamos decir así que las políticas públicas asociadas a procesos de aprendizaje científico-tecnológico son tanto de carácter tecno-económico como cultural.

Ahora bien, además de la desatención a los procesos de aprendizaje, otro de los elementos –relacionados con el anterior pero distinto de éste– presentes en el escaso impacto de las políticas de CTI en el desarrollo económico de la región es la escasa demanda de conocimientos volcada al medio local y, no menos importante, la escasa importancia que dichas políticas le dan a ese elemento. La debilidad de la demanda de conocimientos por parte de la producción ha sido reconocida en América Latina y en el subdesarrollo en general. Las dos citas que siguen

aluden a una situación estructural a la que ya nos referimos antes: economías escasamente basadas en el conocimiento y donde la innovación está lejos de ser motor central de las actividades productivas presentan una escasa demanda cognitiva hacia el medio local.

“La conformación productiva de América Latina y el Caribe induce, por una parte, al sector privado y a las empresas a expresar una escasa demanda de conocimiento y, por otra parte, estimula que los agentes domésticos busquen mayoritariamente vinculaciones con el exterior, privilegiando a empresas y a laboratorios extranjeros que ya han adquirido una sólida reputación y que tienen una reconocida experiencia internacional respecto a sus eficaces y eficientes esfuerzos en I+D. De esta forma se produce un desajuste entre el lado de la demanda orientado por necesidades y el lado de la oferta y sus capacidades, lo que frena el impacto de las políticas” (Cimoli *et al.*, 2009; p. 43, traducción propia).

“La innovación en los países periféricos se ve trabada no tanto por el lado de la oferta como por el lado de la demanda; las innovaciones no se ven perjudicadas principalmente por la falta de científicos e ingenieros capacitados, la ausencia de laboratorios de I+D o la inadecuada protección de la propiedad intelectual sino por la falta de demanda proveniente de sus usuarios potenciales en la economía real, los empresarios” (Rodrik, 2007; p. 101, traducción propia).

Este problema ha sido recientemente reconocido también en España, a partir de una evaluación de su sistema de CTI. La descripción que sigue es igualmente válida –en el mejor de los casos– para buena parte de los países latinoamericanos; sus consecuencias en términos de demanda de conocimientos por parte del sector productivo resultan claras.

- Predominancia de micro-empresas con escasos recursos y limitada inclinación para realizar I+D o comprometerse con la innovación.
- Especialización en actividades de baja y media tecnología con escasa presencia de empresas de alta tecnología.
- Débil cultura innovadora entre las pequeñas y medianas empresas (...) La falta de capacidades de absorción [se refiere a la capacidad interna de la empresa de absorber conocimiento externo a ella] está en el corazón de este problema (...).
- Sorprendentemente escasa inclinación de las pequeñas y medianas empresas para establecer cooperaciones, a nivel nacional y aún más internacional, para la innovación.
- Limitada cooperación entre empresas grande y pequeñas.
- Barreras para la creación de nuevas empresas basadas en tecnología (NEBT), particularmente debido a la escasez de capital de riesgo para financiar etapas tempranas de desarrollo (...).
- Vínculos público-privados débiles como resultado del desajuste entre los incentivos académicos y la base científica de la industria así como sus capacidades de absorción” (ERAC, 2014; p. 41, traducción propia).

Atacar de raíz esa situación constituye un objetivo central de la CEPAL, formulado hace ya 25 años: avanzar hacia una transformación productiva capaz de liderar un proceso de desarrollo económico que permita acortar la brecha de productividad con la frontera internacional y, de ese modo, crear sostenidamente empleos de calidad, base importante de la equidad social. Entre otras cosas, por no haber atacado de frente el problema de la debilidad de la demanda de conocimientos de la actual estructura productiva, apuntando a entender sus causas y a procurar revertirlas, es que la política de CTI ha podido contribuir poco a la transformación productiva.

El panorama del sector público –tanto en América Latina como en España– no es mucho mejor que el que presenta el sector privado en materia de demanda cognitiva y, especialmente, de apertura y protección de espacios de aprendizaje. En particular, son débiles y poco efectivas las políticas dirigidas a la compra pública tecnológica, liberadas recientemente en el marco de la Unión Europea y también de la OCDE del ostracismo al cual habían estado sometidas por razones predominantemente ideológicas. En realidad, al sector público le cabe aún más fuertemente que al privado el comentario de Cimoli *et al.* respecto a la preferencia por volcar demanda cognitiva a empresas y laboratorios extranjeros. La exigencia de mostrar una amplia experiencia internacional en los pliegos de licitaciones públicas para proyectos tecnológicos complejos suele descartar de plano la oferta nacional; las dificultades en la coordinación interinstitucional hacen de cada ente público un comprador independiente, dificultando grandemente la generación de una masa de demanda que impulse a empresas nacionales a constituirse en proveedoras de soluciones.

Sabato y Botana describieron esta situación hace ya casi 50 años, en su clásico trabajo sobre la ciencia y la tecnología en el desarrollo de América Latina y su esquema analítico del triángulo de relaciones Gobierno-Academia-Producción. Su insistencia en que más importante aún que la fortaleza individual de cada vértice era la de las interrelaciones entre éstos los llevó a concluir que cuando los vértices no interactuaban adecuadamente dentro del territorio nacional tendían a “cerrar el círculo” con actores externos. Eso ocurre con una academia empujada a seguir una agenda de investigación pautaada en exceso por lineamientos internacionales, tanto por la débil demanda interna que se le plantea como por un sistema de incentivos académicos totalmente descontextualizado. Ocurre también, como se indicaba anteriormente, por la preferencia del espacio público a recurrir a la producción externa de soluciones. Por último, las empresas nacionales, que interactúan poco entre sí y menos aún con la academia y son escasamente movilizadas por la demanda pública, se nutren de tecnología fundamentalmente a través de la importación de bienes de capital; tienen por consiguiente relaciones débiles con los otros actores del Sistema Nacional de Innovación (SNI). El clásico triángulo de Sabato toma la forma que aparece en la **Figura 1**.

Uno de los resultados de esta situación es que un conjunto de indicadores de CTI toman en nuestras sociedades valores muy alejados de los prevaecientes en países donde se hace jugar a la ciencia y a la tecnología nacional un papel preponderante en el desarrollo económico y, en algunos casos, también social. Se trate del porcentaje de la inversión en I+D respecto de la riqueza

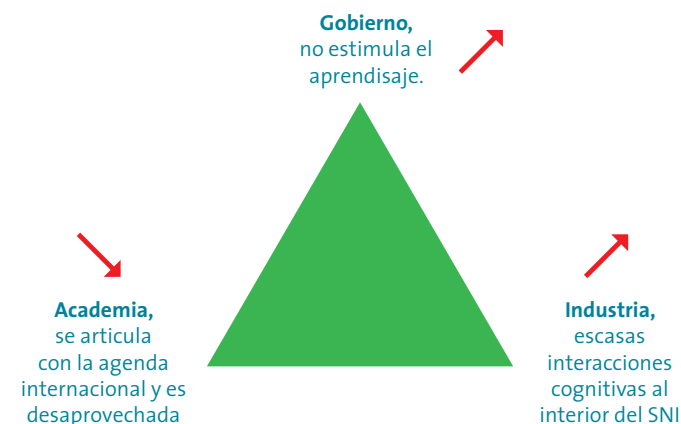


Figura 1. Triángulo de Sabato.

nacional, del número de investigadores cada 1000 integrantes de la población económicamente activa, del mercado de trabajo principal de trabajo para los investigadores –en Uruguay, por ejemplo, más del 80% de los investigadores trabaja en el sector público académico–, de la parte de la inversión en I+D asumida por el sector productivo, la distancia con la media de los países altamente industrializados orilla un orden de magnitud. Esto juega a dos puntas. Por una parte es el resultado de políticas de CTI poco adecuadas, que a su vez deslegitima las políticas públicas en la materia, de lo cual es testimonio la muy baja prioridad presupuestal que tienen desde hace décadas. Particularmente nociva en ese sentido ha sido, y sigue siendo, la atribución de responsabilidades por la situación de la CTI a la distribución de esfuerzos entre investigación básica, investigación aplicada y desarrollo experimental. No cabe duda que en nuestra región la investigación académica (parte de I en I+D) contribuye mucho más al acervo mundial de conocimientos que lo que los esfuerzos de desarrollo (D) contribuyen al conjunto mundial de patentes. Pero alcanza con comparar la distribución porcentual de los esfuerzos entre investigación básica y desarrollo experimental entre países en desarrollo y otros mucho más industrializados para explicar de forma directa ese resultado. Uruguay destina 23% de su esfuerzo en I+D a investigación básica y 13% a desarrollo experimental, mientras que esos guarismos son, para Estados Unidos, respectivamente 17% y 63% (OCDE, 2013). La dificultad mayor para mejorar la situación en Uruguay no es, entonces, como insistentemente recomiendan organismos multilaterales con sistemas de préstamos para CTI, disminuir el peso de la investigación básica, sino incrementar el peso del desarrollo experimental. Pero este último está financiado fundamentalmente por las empresas o por la demanda voluminosa, sostenida en el tiempo y sofisticada que hacia ellas dirige el sector público. La debilidad estructural de la vinculación del sector productivo con el conocimiento, por una parte, y la dificultad que tienen los estados de la región para configurarse en demandantes activos de la CTI nacional, por otra, son explicaciones más robustas del estado de cosas prevaeciente.

Se ha intentado responder a esta situación indeseada con transformaciones institucionales que transfieren la responsabilidad de la política de CTI a los ministerios de economía. Ello se in-

tentó hacer en Chile en 2012 sin lograrlo, por la oposición organizada de la comunidad científica, con fuerte participación de las universidades nacionales. Esa transformación fue en cambio implementada en España como uno de los primeros actos del gobierno instalado a fines de 2011, transfiriendo la conducción del conjunto de instituciones de ciencia y tecnología al Ministerio de Economía y Competitividad. La evaluación del sistema de CTI español ya mencionada recomienda fuertemente revertir la asfixia financiera a la que ha sido sometida la investigación académica española y procurar estimular la alicaída demanda interna de conocimientos tanto del sector privado como público.

La reversión de la situación de debilidad ya descrita es visualizada habitualmente como necesaria a partir de un ejercicio de comparación con las mejores prácticas internacionales. Fortalecer las propias capacidades es una afirmación que no genera discrepancias a nivel discursivo. Pero las razones que la fundamentan presentan matices. Una fundamentación escasamente invocada es que la ciencia y la tecnología que realizan los países “centrales” no están en condiciones de dar respuesta a buena parte de los problemas planteados en nuestros países y que requieren de conocimiento para ser resueltos. Vale la pena detenerse brevemente en esta cuestión. Las soluciones a problemas no tienen, en general, carácter universal sino que están referidas a un determinado contexto. Dicho contexto plantea las condiciones que debe cumplir una solución para resolver un problema. Por ejemplo, una nueva vacuna será la solución de un problema sanitario allí donde su costo permita a la política pública de salud hacerla accesible a la población y no será una solución en caso contrario. Otro ejemplo tiene que ver con infraestructuras: medicamentos que exigen cadena de frío son soluciones a problemas allí donde dicha cadena existe, pero no lo son en buena parte de África, donde no las hay. Además, las soluciones son buscadas en contextos culturales determinados y pueden resultar inadecuadas, inaceptables o incomprensibles, en tanto soluciones, en otros. Por otra parte, cuando en un contexto delimitado no se presenta un determinado problema, no será allí que se busquen soluciones al mismo. Finalmente, el proceso, la heurística de búsqueda de soluciones, también están fuertemente condicionados por el contexto. Si éste es de abundancia –en términos de todo tipo de recursos, financieros, de formación, institucionales– la búsqueda recurrirá a ciertos insumos y desarrollará ciertas estrategias; si el contexto es de escasez, otros insumos y estrategias resultarán harán falta para llegar a soluciones.

Hay soluciones a problemas, desarrolladas en contextos marcados por la abundancia, que por diversas razones tienen validez mucho más general. A ellas acceden una gran cantidad de países –aunque no necesariamente el conjunto de sus poblaciones– vía importaciones. El punto a remarcar es que estas soluciones no abarcan un conjunto relativamente amplio de problemas. El esquema que sigue (Srinivas y Sutz, 2008) está ilustrado en la **Figura 2**.

No prestarle atención a las tres celdas grisadas puede llevar a queden vacías o bien a que las soluciones encontradas resulten encapsuladas, sin capacidad de incidir ni en el desarrollo económico ni en el desarrollo social.

La celda superior derecha es la de soluciones a problemas que no se plantearon como tales en países altamente industrializados y fueron resueltos en países en desarrollo de maneras ade-

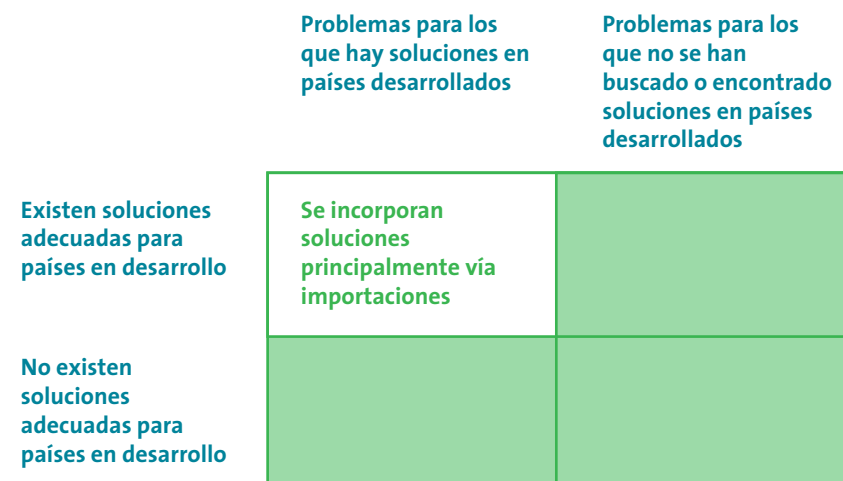


Figura 2. Países desarrollados y en desarrollo: problemas y soluciones.

cuadas para ellos. Muchas de esas soluciones están basadas en el conocimiento y el ingenio local; algunas están basadas en tecnologías relativamente sofisticadas. Un ejemplo de necesidad que ha dado lugar a una solución ubicable en esa celda es contar con un sistema de potabilización de agua autónomo para localidades aisladas sin acceso a sistemas centralizados.

La celda inferior derecha está asociada a problemas de mucha complejidad y que requieren investigación sostenida y de largo plazo para avanzar en su solución pero que, por un lado, no están presentes en el mundo desarrollado –típicamente las enfermedades de la pobreza– y, por otro lado, no tienen en los países en desarrollo demanda solvente suficiente para estimular la búsqueda de soluciones. En el ámbito de la salud, esta celda representa lo que la Organización Mundial de la Salud ha denominado la “brecha 90/10”, que indica que sólo el 10% de la investigación mundial en salud se dedica a los problemas del 90% de la población mundial.

La celda inferior izquierda está llena de soluciones que son a la vez satisfactorias para países desarrollados e insatisfactorias, por diversos motivos, para países en desarrollo. En buena parte de los casos las dificultades para la aplicación de las soluciones tiene que ver con sus costos; en otros, típicamente en el ámbito productivo, con sofisticación excesiva –también reflejada en costos– para las condiciones locales. Aquí la búsqueda de soluciones se encuentra aquejada de una doble dificultad: aquella intrínseca al proceso de búsqueda y también a que la existencia de una solución suele deslegitimar indagatorias que buscan caminos alternativos.

La situación que el esquema comentado procura mostrar ha sido abordada también desde la siguiente perspectiva:

“Dado que las élites económicas y políticas tienen los recursos para regar y cuidar el jardín del conocimiento, éste tiende a crecer (a ser ‘seleccionado’) en direcciones que son consistentes con los objetivos de dichas élites. Cuando líderes de movimientos sociales o reformadores industriales que quieren cambiar nuestras sociedades buscan en la ‘Ciencia’ respuestas a sus preguntas de investigación, frecuentemente se encuentran con un espacio vacío –el número especial de una revista que nunca fue editada, una conferencia que nunca tuvo lugar, un estudio epidemiológico que nunca obtuvo recursos para hacerse– mientras que sus mucho mejor financiados adversarios tienen a su disposición un arsenal de conocimientos al cual recurrir. Le llamo a esto ‘el problema de la ciencia no hecha’” (Hess, 2007; p. 33, traducción propia).

El punto a remarcar, entonces, es que si bien existe una tendencia hacia la homogeneización tecnológica en muchos dominios, siendo particularmente notoria la ampliamente generalizada difusión de la telefonía celular, un enorme cúmulo de problemas de amplios sectores de la población en países en desarrollo no encuentra soluciones a través de la ciencia y la tecnología ya hechas. Orientar la agenda de trabajo de CTI es parte de los cometidos de la política de CTI: ésta define en gran medida qué temas se priorizan y a cuáles se destinan recursos, lo que a su vez emite señales que influyen sobre la investigación académica y sobre la formación especializada. Si la agenda de trabajo de CTI no le presta atención a los problemas que la ciencia y la tecnología ya hechas o que se están haciendo no pueden resolver, éstos seguirán sin contar con apoyo de conocimiento para su solución. Pero además, la agenda nacional de CTI será, objetivamente, poco relevante para el desarrollo económico y social. Esa falta de relevancia contribuye a deslegitimar los esfuerzos nacionales en CTI. Abrirle un espacio en la agenda a ese tipo de problemas parece así una estrategia sensata; hacerlo requiere que dichos problemas sean desinvisibleizados a partir de una demanda que los asimile a tantos otros problemas que lograron convocar CTI a su servicio; dado que parte importante de esa invisibleización se debe a que los actores sociales que tienen esos problemas carecen de demanda efectiva, hacer efectiva su demanda es parte del desafío. Éste es un desafío que va más allá de la política de CTI y apunta a otra cuestión: la de la desigualdad y, en particular, la de la desigualdad basada en el conocimiento. A esbozar esta cuestión se dirige la sección que sigue.

3. La desigualdad estructural basada en el conocimiento

La tendencia hacia un incremento de la desigualdad ha sido puesta de manifiesto en la producción académica proveniente de fuentes tan dispares como el Banco Mundial, a través de los trabajos de Branco Milanovic (2011), o la impactante obra de Thomas Piketty (2014). Ha sido reconocido, además, explícitamente, que la desigualdad ha derrotado la expectativa de que la sociedad del conocimiento tuviese un efecto igualador:

“La desigualdad ha llegado a las primeras planas no sólo porque ha estado creciendo, sino por una aparentemente inexorable concentración del ingreso en la parte más

alta de la cadena de distribución... Esto ha presionado tanto a políticas nacionales como transnacionales, como las de la Unión Europea, para que se concentren no sólo en el crecimiento ‘inteligente’, sino en un crecimiento que sea también ‘inclusivo’ y ‘sustentable’, reconociendo así que no todos se han beneficiado de la economía del conocimiento” (Lazonic y Mazzucato, 2012; p. 6, traducción propia).

Algunos, como Charles Tilly (2001), plantean que una desigualdad basada en el conocimiento prevalece en el mundo de hoy. No es difícil acordar con esta afirmación, aun a partir de posturas y enfoques muy diferentes. Para la Organización Mundial de la Salud, las enfermedades olvidadas o huérfanas son una prueba palpable de una de las formas en que se expresa la desigualdad basada en el conocimiento. Para la CEPAL, los empleos de calidad en el sector formal de la economía son la garantía más sólida de inclusión social; que no alcancen a una muy vasta parte de la población latinoamericana responde a la fuerte heterogeneidad de la estructura productiva, lo que a su vez deriva de una profunda diferenciación en términos de uso de conocimiento al interior de dicha estructura. A esto se suma otra forma de desigualdad basada en el conocimiento, asociada con el acceso a la enseñanza avanzada de calidad: en América Latina, no sólo dicho acceso es notoriamente más restringido que en el mundo desarrollado, sino que la asociación de dicha desigualdad con el nivel socioeconómico es muy marcada.

La desigualdad basada en el conocimiento no se expresa sólo en los beneficios de los cuales los postergados están excluidos, sea porque sus problemas no se estudian, sea porque las soluciones existentes están fuera de su alcance, sea porque no acceden a determinados niveles educativos. También se expresa en la mayor vulnerabilidad de los más débiles frente a los perjuicios derivados de prácticas intensivas en conocimiento. En el Uruguay, los trabajadores sindicalizados del arroz plantearon de este modo su problema a un equipo de investigadores universitarios: “las maestras, los conductores de ómnibus y tantos otros trabajadores se jubilan y luego se mueren; los trabajadores del arroz no llegan a jubilarse porque se mueren antes”. Esas muertes se debían a enfermedades “normales”, pero estaba presente la sospecha de que sumergirse en agua por períodos prolongados a las pocas horas de una aplicación masiva de agroquímicos podía explicar la anomalía. El cúmulo de dificultades que planteó llegar a formular el problema, así como el temor a la represión contra los trabajadores que participaban del proyecto de investigación brindando información, no son excepcionales: situaciones similares se han vivido en los alrededores de las zonas plantadas con soja transgénica. Esta desigualdad, la producida por un desbalance en términos de perjuicios vinculados con el uso de conocimiento, puede verse como una “exclusión pasiva” en la taxonomía de exclusiones planteada por Amartya Sen (2000), es decir, como un subproducto no buscado de una determinada situación, decisión o proceso. Pero también hay “exclusión activa” basada en el conocimiento. Tal como lo registró Bloomberg Businessweek, un alto ejecutivo de Bayer habría dicho, en diciembre de 2013 en relación con un medicamento asociado a la hepatitis C que había sido objeto de una licencia obligatoria por parte del gobierno de la India: “No desarrollamos esta medicina para los indios, sino para pacientes occidentales que puedan pagarlo.”

El ejemplo anterior ilustra las dificultades que presenta revertir una de las formas más difundidas de desigualdad: el acceso dispar a bienes y servicios asociados a la satisfacción de necesidades básicas debido a barreras que enfrenta la esfera pública para brindarlos de forma universal con calidad adecuada. Así, proveer bienes y servicios públicos de calidad se plantea como esfuerzo mayor en la búsqueda de equidad. El conocimiento está directamente ligado con esta cuestión: la política de salud durante el gobierno brasileño a partir de 2003 lo muestra con claridad. Dicha política sumó a millones de personas a un sistema único de salud pública que se buscó fuera de calidad aceptable. La masividad y la celeridad de la implementación hizo que se recurriera extensivamente a importaciones; al cabo de siete años, el déficit comercial de la balanza comercial en salud alcanzó los 10 billones de dólares. El 50% de ese déficit corresponde, en partes iguales, a fármacos y medicamentos, 21% a equipamiento médico, 13% a hemoderivados y 11% a vacunas (Maldonado, 2011). La estrategia que fuera planteada para revertir esta situación es múltiple y compleja, con aspectos que hacen a la política de salud, a la regulación general del estado y a la política de CTI. Esta última consiste en ampliar la base endógena de innovación en salud a partir de una amplia agenda que va desde investigación fundamental hasta desarrollo experimental y producción. Esta estrategia podría también caracterizarse a partir del esquema en cuatro celdas presentado anteriormente: llenar con investigación e innovación endógena las tres celdas que no corresponden a la adquisición de soluciones vía importaciones es precisamente lo que está planteado.

Por último, hay un aspecto de la desigualdad estructural basada en el conocimiento que tiene que ver con el carácter escasamente democrático de las orientaciones predominantes en las políticas de CTI de varios países. Esto se expresa de varias formas. Una de ellas es la preeminencia de consideraciones de mercado en el diseño de dichas políticas, lo que limita fuertemente el tipo de problemas que puede abordar, dejando fuera de consideración legítimas preocupaciones presentes en la sociedad. La siguiente consideración plantea esto claramente:

“Como una forma de balancear la tendencia colonizadora emanada de las políticas de innovación orientadas por el mercado necesitamos desarrollar un campo más amplio de políticas –políticas de conocimiento– que cubra todos los aspectos de la producción de conocimientos y tome en cuenta que dicha producción tiene un alcance mucho más amplio que la sola contribución al crecimiento económico” (Lundvall, 2010; p. 346, traducción propia).

Por otra parte, la neutralidad fáctica de la expresión “sociedad del conocimiento” es engañosa, en dos sentidos. En primer lugar, porque superpuesta a la geografía real es claro que buena parte del planeta está fuera de una sociedad de ese tipo. Y, además, porque en realidad parte del planeta vive en una “sociedad capitalista del conocimiento” mientras otra sufre sus consecuencias.

“Si se tiene en cuenta tanto la base tecnológica como las relaciones de poder organizado, a lo que se asiste, al menos a partir de la década de 1980, es a la emergencia de

una sociedad capitalista del conocimiento, cuyo impacto a la escala del planeta entero es el verdadero motor de la segunda globalización (...) La configuración de la sociedad capitalista del conocimiento potencia naturalmente la tendencia hacia la privatización del conocimiento. Ejemplo notable de ello es ‘el segundo cercamiento’ (Boyle, 2003) que, como antaño el cercamiento de las tierras comunales las convirtió en propiedad privada, convierte a un amplio ámbito de ideas y descubrimientos acerca de la naturaleza, considerados como bienes comunales del conocimiento, en propiedad privada. Ello fomenta la capitalización de las diversas actividades ligadas a la educación superior, la investigación y sus aplicaciones, lo que ha sido denominado capitalismo académico (Slaughter y Rhoades, 2004). Esa privatización dificulta el uso del conocimiento avanzado para mejorar la calidad de vida de los más pobres en el subdesarrollo, a un extremo que, en el terreno de la salud, ha sido comparado al efecto de armas de destrucción masiva (Weber and Bussell, 2005; p. 82)” (Arocena y Sutz, 2013; p. 29).

“Las políticas de CTI en sociedades capitalistas del conocimiento, tienden a reforzar ese carácter puesto que, como lo indica la cita de Lundvall antes transcrita, las influencias que reciben las orientan predominantemente hacia el mercado. Una consecuencia mayor de este tipo de políticas es que promueven desigualdad, esto es, una desigual distribución de poder entre naciones y al interior de las naciones. Por lo tanto, estrictamente hablando, se trata de políticas no democráticas” (Arocena y Sutz, 2012, traducción propia).

“Las políticas no democráticas de conocimiento poco podrán hacer para impulsar un desarrollo que apunte específicamente a construir sociedades más igualitarias. Una de las definiciones ofrecidas para el concepto de ‘desarrollo inclusivo’ justifica claramente la anterior afirmación: el desarrollo inclusivo es un proceso de cambio estructural que le da voz y poder a las preocupaciones y aspiraciones de grupos excluidos” (Andersen y Johnson, 2012; p. 10, traducción propia).

Democratizar el conocimiento se transforma así en un horizonte normativo y, también, en una orientación para la acción, de políticas de CTI comprometidas con un desarrollo inclusivo. Una vez dicho esto, queda pendiente un interrogante central: ¿a quién le interesa que haya políticas democráticas de conocimiento, que se traduzcan concretamente en una relación menos desigual con los beneficios y los perjuicios derivados de la utilización del conocimiento, y cuánto poder tiene para impulsarlas? Hasta no hace demasiado tiempo, la respuesta a la conjunción de ambas partes de la pregunta –interés y poder– estaba muy cerca del conjunto vacío. Pero el reconocimiento explícito y reciente de la desigualdad creciente y estructural y de que parte de esa situación está relacionada con muchas de las formas prevaletentes de producción de conocimientos le abre oportunidades al planteo de alternativas de política de CTI. De hecho, varios países de América Latina han incorporado al discurso de dichas políticas el término “inclusión social”. Cómo hacer operativo ese discurso es, todavía, una asignatura pendiente. Aquí, la articulación con lo planteado en la sección anterior puede proveer una respuesta. A elaborar brevemente esa idea se dedica la parte final del trabajo.

4. Políticas de innovación como políticas sociales; políticas sociales como políticas de innovación

Forma parte ya del sentido común considerar a las políticas de CTI desde un enfoque de sistemas de innovación. Dichos sistemas suelen a su vez pensarse fundamentalmente desde la oferta, es decir, del lado de la producción, sea de conocimientos, sea de innovaciones. Por eso, en los SNI se considera las universidades, los institutos de investigación, las empresas y diversos organismos que contribuyen a vincular a todos los que producen algo tan diverso institucional y funcionalmente como conocimiento e innovación. La política de CTI busca robustecer los sistemas de innovación fortaleciendo a sus actores y, sobre todo, a sus interrelaciones. En algunos enfoques de los SNI, la gama de actores considerados se amplía. Por ejemplo, en el “enfoque de Aalborg”, liderado por B. A. Lundvall, los sindicatos son tenidos en cuenta a la par que actores más clásicos. Esa ampliación refiere en general a actores organizados, con capacidad de reconocer sus necesidades, transformarlas en demandas y, eventualmente, hacerlas valer a partir de cambios en la orientación de las políticas de CTI. Las dificultades para abrirle camino a “la ciencia que no se hace” así como para cerrárselo a ciertas avenidas de la que sí se hacen están bien documentadas en el libro de Hess (2007) ya citado. Pero aun allí esas dificultades se le presentan a movimientos sociales organizados que saben lo que quieren y lo que no quieren con relativa precisión. Muy distinta es la situación cuando quienes necesitan de CTI como parte de la solución de sus problemas son actores aislados, fragmentados, incluso sin una noción clara de que CTI puede proveer parte de la solución que se necesita.

En el ámbito de la salud, la vivienda, el saneamiento, la educación, la energía, la información, el trabajo, los sectores más vulnerados y vulnerables de la sociedad sin duda reconocen sus problemas, pero difícilmente reconozcan en el conocimiento un aliado para resolverlos. Hacer que el conocimiento se transforme en ese aliado es clave para su democratización. Eso requiere que otros actores, con una orientación normativa acorde y con capacidad política y de organización suficiente, identifiquen, trabajando con éstos, cuáles de los problemas de los vulnerados y vulnerables requieren conocimiento e innovación para su solución, impulsen agendas de trabajo dirigidas a su generación y aseguren la solvencia económica necesaria, un mercado, para que las soluciones sean producidas efectivamente.

Una dificultad importante en este sentido, presente no solamente en el subdesarrollo, es la compartimentación de las políticas públicas y la dificultad consiguiente para el funcionamiento de SNI aún más amplios, que incluyan los espacios con responsabilidad por asegurar diversos aspectos de la calidad de vida de la población en tanto usuarios de conocimiento y de innovación. A espacios de ese tipo podemos llamarlos “políticas sociales como políticas de innovación”, de la cual es ejemplo la política de salud brasileña ya comentada. Pero esas políticas sociales, para promover la innovación, deben tener quien las escuche: políticas de innovación que se vean a sí mismas no sólo como herramientas para la competitividad, sino también al servicio de un desarrollo inclusivo. Dicho de otro modo, políticas de innovación como políticas sociales. No se trata por cierto de borrar las fronteras entre las políticas sociales y las de innovación, lo que sería tan utópico como ineficaz, sino de lograr un grado suficiente

de interpenetración entre ambos tipos de políticas como para integrar sinérgicamente la identificación de problemas con la búsqueda de conocimiento y la producción de innovaciones que contribuyan a su solución.

Una consecuencia de un proceso de ese tipo sería un acrecentamiento sostenido de la demanda de conocimientos y de innovación, motorizado por la demanda de soluciones de las políticas sociales, apoyado por la orientación a atender esa demanda desde las políticas de CTI y sustanciado finalmente como innovación por las políticas de compra pública que le generan mercado a esas soluciones. Otra consecuencia sería una acrecentada legitimidad de las políticas de CTI y de la ciencia nacional en general, con consecuencias culturales difíciles de apreciar en el corto plazo, pero sin duda significativas. Otra aún podría llegar a ser la consolidación de un perfil productivo novedoso, asociado a la capacidad de resolver problemas no resolubles mediante importaciones, tomando en cuenta diversas condiciones de escasez imperantes, con perspectivas de servir a mercados donde la población enfrenta problemas similares con parecidas restricciones de contexto. Por último, un proceso de ese tipo, llevado adelante en amplia consulta con la población involucrada (por ejemplo, Ostrom, 1996) permite avanzar hacia la democratización del conocimiento.

Las dificultades para lograr una articulación virtuosa entre conocimiento y desarrollo planteadas en la primera y segunda sección de este trabajo son muy serias; las dificultades para avanzar, en especial en nuestra región, en la dirección esbozada en la última parte no lo son menos. Pero, sin ser todavía una alternativa real, esa dirección apunta a levantar algunas restricciones de carácter estructural que han minado por décadas la eficiencia de las políticas de CTI en la región y, a la vez, responde a una orientación normativa a la que el crecimiento de la desigualdad a nivel mundial ha dado una voz más fuerte. Sin duda es difícil, pero es una alternativa posible en Iberoamérica.

Bibliografía

AMSDEN, A. (1989): *Asia's Next Giant: South Korea and Late Industrialization*, Oxford University Press, Londres.

ANDERSEN, A., y JOHNSON, B. (editores): *Learning, Innovation and Inclusive Development, Globelics Thematic Report*, Aalborg.

AROCENA, R., y SUTZ, J. (2012): “On structural change and democratic knowledge policies”, *Globelics Academy 2012*, Rio de Janeiro. Disponible en www.redesist.ie.ufrj.br/ga2012/textos/Judith/Lecture%2013_FoArocena&Sutz.pdf.

AROCENA, R., y SUTZ, J. (2013): “Innovación y democratización del conocimiento como contribución al desarrollo inclusivo”, en G. Dutrénit y J. Sutz (editoras): *Sistemas de Innovación para un desarrollo inclusivo. La experiencia latinoamericana*, Foro Consultivo Científico y Tecnológico, México, D.F.

BOYLE, J. (2003): "The second enclosure movement and the construction of the public domain", *Law and Contemporary Problems*, vol. 66, pp. 33-74.

CIMOLI, M., FERRAZ, J. C., y PRIMI, A. (2009): *Science, Technology and Innovation Policies in Global Open Economies: Reflections from Latin America and the Caribbean*, GCG Georgetown University, vol. 3 n° 1.

DE LA MOTTE, J. y PAQUET, G. (editores) (1996): *Evolutionary Economics and the New International Political Economy*, Pinter, Londres.

ERAC (2014): "Peer Review of the Spanish Research and Innovation System", *Final Report*, European Research and Innovation Area Committee.

FREEMAN, C. (1992): "Science and economy at the national level", *OECD Experimental Working Session on Science Policy*, reimpresso en C. Freeman: *The Economics of Hope*, Pinter Publishers, pp. 31-49.

HESS, D. (2007): *Alternative Pathways in Science and Industry. Activism, innovation and the environment in an era of globalization*, MIT Press, Cambridge.

KIM, L. (1993): "Absorptive capacity and industrial growth: A conceptual framework and Korea's experience", *Institute reports / East Asian Institute*, Columbia University.

LAZONICK, W., y MAZZUCATO, M. (2012): "The Risk-Reward Nexus. Innovation, Finance and Inclusive Growth", *Policy Network Paper*, Nueva York.

LUNDEVALL, B. A. (2010): *Postscript, in idem Editor, National Systems of Innovation. Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*, The Anthem Other Cannon Series, Anthem Press, London.

MALDONADO, J. (2011): "Políticas de Inovação no Complexo Industrial da Saúde", *International Seminar Innovation Policies and Structural Change in a context of Growth and Crisis*, Rio de Janeiro.

MILANOVIC, B. (2011): *The Haves and the Have-Nots. A Brief and Idiosyncratic History of Global Inequality*, Nueva York, Basic Books.

OCDE (2013): "Science, Technology and Industry Scoreboard", Paris.

OSTROM, E. (1996): "Crossing the Great Divide: Coproduction, Synergy, and Development", *World Development*, vol. 24, n° 6, pp. 1073-1087.

PIKETTY, T. (2013): *Capital in the Twenty-First Century*, Harvard University Press, Cambridge, MA.

RODRIG, D. (2007): *One Economics, Many Recipes: Globalization, Institutions, and Economic Growth*, Princeton Univ. Press, Princeton, USA.

SABATO, J., y BOTANA, N. (1968): "La ciencia y la tecnología en el desarrollo futuro de América Latina", *Revista de la Integración*, n° 3, Buenos Aires.

SEN, A. (2000): "Social Exclusion: Concept, Application and Scrutiny", *Social Development, Papers*, n° 1, Asian Development Bank.

SLAUGHTER, S., y RHOADES, (2004): *Academic Capitalism and the New Economy: Markets, State and Higher Education*, The Johns Hopkins University Press, Baltimore, MD.

SRINIVAS, S. y SUTZ, J. (2008): "Developing Countries and Innovation: Searching for a New Analytical Approach", *Technology in Society*, vol. 30, pp. 129-140.

TILLY, C. (2005): *Identities, Boundaries, and Social Ties*, Paradigm Publishers, Boulder, Colorado, USA.

WEBER, S., y BUSSELL, J. (2005): "Will Information Technology Reshape the North-South Asymmetry of Power in the Global Political Economy?", *Studies in Comparative International Development*, vol. 40, n° 2, pp. 62-84.

ECONOMÍA DE LA INNOVACIÓN

Consideraciones para un nuevo enfoque latinoamericano sobre ciencia, tecnología e innovación para atender problemas sociales

Rosalba Casas*

Se discuten algunos aspectos que puedan aportar a la construcción de un nuevo enfoque analítico, así como una nueva concepción de políticas sobre el conocimiento y la innovación que generen bienestar social en nuestros países. Se sostiene que los estudios de economía de la innovación requieren estar integrados con los estudios sociales que consideran las necesarias relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad, así como con las políticas sociales de nuestros países. Los análisis parciales de cada uno de esos campos limitan la comprensión y propuestas para orientar la CTI hacia el desarrollo social.

Palabras clave

Conocimiento, innovación, bienestar social, economía de la innovación, estudios CTS

* Investigadora Titular del Instituto de Investigaciones Sociales de la Universidad Nacional Autónoma de México. Socióloga y Doctora en Políticas de Ciencia y Tecnología, SPRU, Universidad de Sussex, Inglaterra. Correo electrónico de contacto: rcasas@sociales.unam.mx. Este trabajo está basado en dos trabajos publicados previamente: Torres et al. (2013) y Casas et al., (2014). Asimismo, se avanza ideas de un trabajo en proceso sobre “Conocimiento e Innovación: ¿Claves para la Inclusión Social?”.

1. Introducción

El conocimiento y la innovación son recursos fundamentales para construir un nuevo modelo de desarrollo que promueva el desarrollo incluyente. Sin embargo, esas actividades no son factores determinantes, por lo que deben estar acompañados de políticas sociales, políticas productivas y otros ámbitos de política que impacten en el desarrollo sustentable de nuestros países.

La relación entre ciencia, tecnología e innovación con el desarrollo social es una vieja preocupación en América Latina, con la que se inician los estudios de Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) en la región (Herrera, 1971; Sabato, 1975; Sabato y Botana, 1968; Sagasti, 1974; Varsavsky, 1971, entre otros). A pesar de las numerosas argumentaciones generadas en torno a esta relación en el mundo académico y las propuestas de organismos internacionales en diversos momentos históricos desde el final de la Segunda Guerra Mundial, dicha relación no ha logrado concretarse.

Las estrategias de desarrollo económico emprendidas en la región a partir de los años 90, centradas en el crecimiento económico y la competitividad, significaron en algunos países un incentivo a las actividades de ciencia y tecnología y en otros una disminución de los apoyos a las mismas. La crisis de finales de la década del 2000 planteó nuevamente importante limitantes a estas actividades.

Algunos países latinoamericanos que transitan hacia un sistema político progresista han asignado, en el plano normativo, una alta prioridad a la inclusión social y al incremento del bienestar de sus poblaciones, argumentando que el conocimiento, la ciencia, la tecnología y la innovación tienen un papel sustantivo que jugar.

Ante el incremento de la pobreza y la desigualdad en el mundo y en particular en la región latinoamericana el campo de los estudios sociales de la ciencia y la tecnología, así como el de la economía de la innovación, manifiestan una preocupación creciente por encontrar un enfoque adecuado que permita integrar el conocimiento con la mejora de las condiciones de vida de la población (Alzugaray et al., 2011; Casas, 2012; Dagnino et al., 2012; Dutrénit y Sutz, 2013; Thomas, 2008; Vessuri, 2012). Asimismo, en otras regiones del mundo, particularmente algunos países del norte han incluido en sus agendas de investigación sobre Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI) la preocupación por la inclusión social.

Este artículo tiene como objetivo discutir algunos aspectos que puedan aportar a la construcción de un nuevo enfoque analítico, así como una nueva concepción de políticas sobre el conocimiento y la innovación que mejoren la calidad de vida de la población en nuestros países. Se sostiene que, para avanzar en esa dirección, los estudios de economía de la innovación requieren estar integrados con los estudios sociales que consideran las necesarias relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad, así como con las políticas sociales de nuestros países. Los análisis parciales de cada uno de esos campos limitan la comprensión y propuestas para orientar la CTI hacia el desarrollo social.

El trabajo se estructura en los siguientes apartados: en el primero se elabora una sistematización de algunos enfoques conceptuales relevantes para el estudio de la pobreza, la desigualdad y la exclusión social, así como los referidos al concepto de innovación social; en la segunda parte se hace referencia al caso de México y a los principales problemas que enfrenta para una nueva concepción de políticas de ciencia, tecnología e innovación (PCTI); posteriormente, se discuten algunas dimensiones para un nuevo enfoque para las políticas de ciencia, tecnología e innovación (PCTI), ejemplificando con algunas propuestas realizadas como resultado de un esfuerzo de trabajo colectivo en el Foro Cosultivo Científico y Tecnológico (FCCyT) de México, con motivo de la elaboración del nuevo Programa Especial de Ciencia y Tecnología 2012- 2037; y a manera de conclusiones, se incluyen reflexiones generales para nuestra región.

2. Enfoques relevantes para un nuevo marco analítico

2.1. Pobreza, desigualdad y exclusión social

Uno de los aspectos a considerar en la construcción de un nuevo enfoque analítico para la ciencia, tecnología e innovación, así como una nueva concepción de políticas para el conocimiento y la innovación, es la literatura y las conceptualizaciones sobre pobreza, desigualdad y exclusión social.

Los esfuerzos para afrontar esos temas están en el centro del debate de las agendas de investigación en ciencias sociales, así como de los discursos y políticas de organismos nacionales e internacionales. Hay diversos enfoques que resultan sugerentes para la investigación sobre ciencia, tecnología e innovación (CTI).

Al respecto, algunos planteamientos teóricos se han convertido en dominantes a nivel internacional. Uno de ellos es el enfoque de Sen (2000), quien sostiene que la pobreza equivale a algún grado de privación de una persona que impide el desarrollo pleno de sus capacidades y de su libertad. Sus planteamientos han tenido gran influencia en organismos internacionales como el PNUD, cuyo impacto es ampliamente reconocido no solo a nivel internacional sino en particular en América Latina.

Sin embargo, América Latina ha sido una región muy rica en contribuciones para el estudio de la pobreza y la desigualdad y en alternativas teórico conceptuales que son sugerentes para construir un nuevo enfoque de la CTI que contribuya a los objetivos de desarrollo social en la región.

La construcción de los enfoques para el estudio de la pobreza ha pasado por la adopción de varios paradigmas en los que, de acuerdo con Barba (2005 y 2009), se han sustentado las políticas sociales en diversos momentos a nivel internacional y particularmente en la región latinoamericana. Entre los que se distinguen al menos tres: el conservador, el residual y el universalista, que a su vez están estrechamente relacionados como lo sostiene Esping-Andersen, (1990, 1999, citado por Barba, 2009) en discursos sociopolíticos: el neoliberalismo, con el paradigma residual; el corporativismo, con el paradigma conservador; y el discurso social demó-

crata, con el paradigma universalista. Es en este último enfoque en el que pueden encontrarse marcos teórico conceptuales para orientar la CTI y las políticas hacia la solución de problemas sociales, en particular la consideración de la construcción de ciudadanía, como vía para resolver la pobreza y la desigualdad.

A lo anterior habría que agregar que entre las alternativas para superar la pobreza y la desigualdad se ha extendido el uso de diversos conceptos de desarrollo tales como sostenible, sustentable, auto-sostenible, en relación a los cuales se han desarrollado conceptualizaciones sobre el papel del Estado y de la sociedad civil. Asimismo, otros enfoques para el desarrollo enfatizan el carácter espacial o territorial, como el desarrollo local y regional (Coraggio, 2003; Gallicchio, 2004), perspectiva en la cual surge la importancia de procesos sociales sustentados en construcción de redes, procesos interactivos y aprendizaje que han sido aplicados al análisis de las relaciones entre CTI y sociedad, así como al diseño de políticas en esos campos (Casas, 2001).

Más recientemente se ha puesto el énfasis en el bienestar, concebido como calidad de vida que es un amplio concepto que abarca varios significados: calidad del entorno en que vivimos; calidad de acción; y disfrute subjetivo de la vida. En el concepto de calidad de vida, asociado al de bienestar social, intervienen aspectos objetivos y subjetivos.

En el **Cuadro 1** se sintetizan estos enfoques y se subrayan los conceptos sugerentes para un nuevo enfoque latinoamericano para la CTI:

Desarrollo Humano / Incluyente	Sostenible, Sustentable, Auto-sostenible	Desarrollo local y regional	Desarrollo con equidad / Cohesión	Bienestar social (objetivos y subjetivos)
Proceso de ampliación de las opciones de la gente, aumentando las funciones y las capacidades humanas.	Diversas conceptualizaciones sobre el papel del Estado y la sociedad civil. No comprometer el futuro. Racionalidad de recursos ambientales. Integración de Capitales: humano, físico y natural.	Procesos sociales sustentados en el territorio. Construcción de redes, procesos interactivos y aprendizaje.	Reducción de la desigualdad en sus múltiples manifestaciones. Sociedades más integradas. Fortalecimiento de la ciudadanía. Intereses colectivos. Respeto a derechos.	Dignidad del ser humano como ser ético. Evaluación que la persona hace de su vida. Apreciación de estar bien.

Cuadro 1. Enfoques sobre el desarrollo y conceptos sugerentes para la CTI. **Fuente:** Elaboración propia, en base a los autores revisados en este apartado.

En ese amplio espectro, el concepto de exclusión/inclusión social es uno de los enfoques que se ha extendido en su uso, tanto por organismos internacionales, como por estudiosos en el campo CTI. Como lo han sostenido otros autores (Rawal, 2008) dicho concepto surge en Europa con la crisis del estado de bienestar. Otros autores sostienen que el concepto de exclusión/inclusión es vago e impreciso. Cortés (2006, pp. 71) afirma que la referida imprecisión se erige a partir de la carencia de sentido, ya que el concepto de exclusión social no suele estar inserto en una teoría. Asimismo, se sostiene que hay paralelismos entre exclusión social y otros conceptos utilizados en los estudios de pobreza en América Latina, como el de marginalidad económica. Rawal (2008) sostiene que la idea ha sido adoptada por las agencias de desarrollo y es otra forma de entender la reducción de la pobreza en el sur. Por lo tanto, tiene una fuerte connotación basada en las agencias de donantes para los programas sociales hacia el sur.

De esta rápida revisión se desprende actualmente, tanto en el plano internacional como en la región latinoamericana, que existen importantes contribuciones a las cuales recurrir para pensar en un nuevo enfoque de la ciencia, la tecnología y la innovación que pueda contribuir a la solución de problemas, y con ello a impactar positivamente en el desarrollo social de nuestros países.

Asimismo, tanto el concepto de pobreza como el de inclusión social incluyen numerosas categorías analíticas, lo que hace que su uso sea bastante complejo para relacionarlo con la ciencia, la tecnología y la innovación, ya que muchas de sus dimensiones no tienen una relación directa con esas actividades. Por lo anterior, diversos académicos en la región hemos preferido pensar en que la CTI puedan contribuir a satisfacer ciertas necesidades sociales, resolver problemas que atañen a diversos grupos sociales y mejorar su condiciones de vida, referidos a satisfactores básicos como alimentación, agua, salud, vivienda, saneamiento, energía, etc. Por lo anterior, en la reflexión sobre la CTI para la solución de problemas sociales es importante dimensionar los alcances de esas actividades para evitar determinismos que comprometan al conocimiento y la CTI con posibilidades que no tienen.

2.2. La innovación social y su relevancia para los estudios CTSI

Otro marco analítico de interés en la construcción de un nuevo enfoque para la CTI en nuestra región es la literatura sobre innovación social que no ha estado en diálogo con el enfoque de economía de la innovación. En esencia, incluye muchas de las preocupaciones de quienes han desarrollado marcos analíticos relacionados con las tecnologías sociales (Thomas, 2008) o con la innovación para la inclusión social (Arocena y Sutz, 2012; Cozzenns y Pereira, 2008).

Este enfoque ha estado referido principalmente al conocimiento que se genera en las Ciencias Sociales y las Humanidades, y que generalmente no está considerado en lo que se denomina conocimiento científico y se desarrolla desde los años 70.

Sus proponentes han estado preocupados por tres aspectos centrales: satisfacción de las necesidades; reconfiguración de las relaciones sociales y empoderamiento; y la movilización política. Se sustenta en dimensiones materiales, sociales, políticas y discursivas, basadas en la acción colectiva.

Este enfoque se plantea como un reto al enfoque de la innovación, visto no solamente en términos tecnológicos y organizacionales. Está sustentado en el concepto de cambio social, desarrollo territorial, gobernanza multi-nivel, transformación política, desarrollo sustentable, investigación acción, planeación estratégica, nuevos enfoques socialmente creativos. Tiene fuertes bases en el enfoque de economía social, el nuevo emprendedurismo social, las redes sociales y productivas; y se le considera el motor del desarrollo sustentable o sostenible.

Recientemente se ha realizado un estado del arte de concepto, dados los múltiples usos y acepciones que ha tenido. Moulaert *et al.* (2013) afirman que la Innovación Social ha sido un eje para el análisis de las ciencias sociales y tiene diferentes significados: uno político-ideológico, enfoque reformista para resolver problemas sociales; como reacción ideológica contra las posiciones economicistas y tecnologicistas del desarrollo socio-económico y socio-político; es un concepto cuya naturaleza es social y espacial.

Moulaert *et al.* (2013) también sostienen que la innovación social se refiere en general a la innovación que atiende las necesidades sociales de las comunidades -la creación de nuevos productos, servicios, estructuras organizacionales o actividades- que son mejores y más efectivas que los enfoques del sector público tradicional, la filantropía, o el mercado para responder a la exclusión social. La innovación social se refiere a nuevas formas de organización social, de relaciones sociales, que conduzcan a un cambio social y a una mejora en las condiciones de vida de las poblaciones.

En esta acepción consideramos que las innovaciones sociales se conciben como la dimensión social que pretenden incorporar los economistas o sociólogos de la innovación y la tecnología, cuando se refieren a tecnologías sociales o innovaciones incluyentes.

Queda, por lo tanto, como un reto analítico y conceptual, realizar una discusión de los aspectos relevantes del concepto de innovación social y las aportaciones realizadas recientemente en el ámbito de las tecnologías sociales. Asimismo, es preciso reflexionar sobre la pertinencia del concepto de “innovación inclusiva” (Johnson y Andersen, 2012), que tiene su herencia teórico conceptual en un cuerpo de literatura que no ha estado enfocado desde su inicio a los problemas de pobreza y exclusión social, sino principalmente a problemas de competitividad y crecimiento económico.

3. El caso de México: problemas para una nueva concepción de PCTI¹

El modelo económico impulsado durante las últimas décadas en México ha estado basado en la eficiencia productiva y la competitividad internacional; sin embargo, no se ha dado un decidido impulso a la CTI.

¹ Esta sección está basada en Torres *et al.* (2013).

A pesar de que el gobierno ha puesto en marcha iniciativas específicas para combatir la pobreza durante las últimas décadas (Progesa, 1997; Oportunidades, 2002, recientemente convertido en Prospera, 2014), en México persisten amplias brechas sociales. Dichos programas han tenido serias limitaciones, primero porque han estado basados en una política asistencialista y después en una política de transferencia de recursos a la población que no ha contribuido a desarrollar capacidades ni procesos productivos, y por lo cual no han abatido los niveles de inequidad social y de pobreza, que a la fecha siguen siendo muy altos.

En México existe una diversidad de áreas en las que la población enfrenta diferentes grados de desigualdad, tales como alimentación, salud, energía, vivienda, agua, entre otras.

Esas áreas requieren de la acción pública y de la participación privada, para construir capacidades de conocimiento e innovación, generar oportunidades productivas y mejorar los niveles de vida y de bienestar social de la población.

Se trata de áreas en las que el conocimiento y la innovación podrían aportar a la producción de alimentos accesibles, productos para atender la salud de la población de escasos recursos, fuentes de energía renovables, vivienda barata y provisión de agua potable, entre otros productos y procesos. Esto requiere la articulación de los procesos de creación y difusión del conocimiento e innovación con las políticas y mecanismos de combate a la pobreza, lo que se constituye en otro gran reto para las las PCTI.

En el caso de México, existe un conjunto de elementos institucionales, así como un conjunto de factores que han limitado la gobernanza del sistema nacional de ciencia, tecnología e innovación (SNCTI):

- Las distintas concepciones subyacentes de política de CTI en relación a la evolución histórica de la misma: la concepción académica, la de la gestión pública, la empresarial y la cívica.
- A pesar de la coexistencia de estas concepciones, en la práctica de las políticas, de los instrumentos y del ejercicio del presupuesto ha seguido predominando la concepción académica que refuerza un enfoque lineal que va de la ciencia a la generación de innovaciones.
- Las numerosas políticas públicas que tienen efectos en las actividades de CTI. A pesar de la amplitud y diversificación de políticas que directa o indirectamente fomentan la CTI, no existe una coordinación entre ellas, ni objetivos nacionales estratégicos definidos que las integren.
- En el caso mexicano se ha avanzado en la creación de estructuras institucionales para sustentar la gobernanza; sin embargo, hay una baja densidad en las interacciones que los agentes establecen entre sí.
- En México, los objetivos generales de las políticas de CTI, han dado prioridad a las metas de salud, medio ambiente, pobreza y seguridad; sin embargo, la orientación sigue enfatizando el crecimiento económico sustentado en la productividad al diseñar las políticas nacionales.

- Al incorporar a las PCTI los temas de salud, pobreza y educación, entre otros, se observa la incapacidad del sistema para dar solución a los problemas presentes en estos ámbitos, ya que las soluciones que se requieren van más allá del mercado. Esto ha propiciado la conformación de rezagos económicos y sociales acentuando la desigualdad social y regional del país.

El SNCTI ha mostrado importantes avances. Sin embargo, se requeriría pensar en nuevos mecanismos y cambios en el sistema de estímulos para articular el uso de los recursos físicos, humanos y de las capacidades existentes en los diferentes agentes del sistema con las demandas sociales, asociadas a los problemas de exclusión o la disminución de los niveles de carencias.

Las PCTI se enfrentan actualmente a un triple reto, consistente en desarrollar las capacidades científicas y tecnológicas, satisfacer las necesidades sociales y estimular la innovación y competitividad de las empresas.

El modelo de políticas de CTI que ha prevalecido a nivel internacional y que ha seguido nuestro país durante las últimas décadas ha estado centrado en los efectos que tienen la creación, transferencia y explotación del conocimiento científico, tecnológico y la innovación en el progreso de la ciencia, el cambio tecnológico, la productividad y la competitividad. La premisa que subyace implícitamente esta visión, es que lo anterior llevará al crecimiento económico y al mejoramiento del nivel de vida de la población, lo que como se ha mencionado no ocurre así.

Los esquemas de gobernanza para la solución de problemas sociales requieren de una mayor participación, en la que los usuarios del conocimiento no se comporten meramente como agentes pasivos o receptores de una información inalterable, sino que se involucren en los procesos de generación de soluciones a problemas de salud, vivienda, etc.

Por su parte, las políticas de combate a la pobreza se focalizan principalmente en la distribución del sector social y operan casi enteramente sin referencia o sin reflexionar sobre las políticas de ciencia, tecnología e innovación, ni las de producción. Es necesaria la articulación entre las PCTI y otras políticas nacionales, regionales y locales, sobre todo dirigidas a sectores específicos cuyo objetivo sea dar respuesta a necesidades y resolver problemas específicos de salud, alimentación, educación, empleo y vivienda, entre otros.

4. Dimensiones para un nuevo enfoque de políticas públicas de CTI que atiendan problemas sociales

La respuesta a problemas de interés social por medio de la CTI implica la consideración de un conjunto de dimensiones en el nuevo enfoque de la CTI (Casas, Corona y Rivera, 2013). Entre otros, el abordaje multi, inter y transdisciplinario en la construcción de conocimiento; el abordaje transversal nacional y sus interacciones con las especificidades regionales y locales; la interacción de las PCTI con las políticas sociales y sectoriales responsables de las

necesidades de la población; y el apoyo a sectores y ramas económicas que generen bienes y servicios para mejorar el bienestar social.

La CTI para el desarrollo social tendrá que sustentarse en la innovación social, en procesos participativos para la definición de agendas, desarrollo de proyectos participativos mediante la coordinación de actores, atender a las dimensiones sociales y culturales de la innovación tecnológica, y apoyar equilibradamente sectores tradicionales, construcción de capacidades locales de innovación y tecnologías de punta.

Un aspecto fundamental en esta perspectiva es reconocer que lo social debe estar en el centro y no en la periferia de la discusión sobre las PCTI. Como lo sostiene Barba (2009, p. 28), el nuevo enfoque del desarrollo ha planteado como tema central la cuestión social como un componente fundamental del desarrollo económico y ha desembocado en agendas alternativas de política social. La idea contenida en la noción de innovaciones sociales, así como en la de tecnologías sociales (Thomas y Fressoli, 2007), cobra vital importancia en este planteamiento.

El proceso participativo que se generó en México durante 2012 y 2013, orientado a la formulación del nuevo Plan Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación (2012-2037), fue la ocasión para diseñar y proponer nuevas maneras de definir objetivos nacionales o estrategias para dicho plan que se vinculen con el desarrollo social. Un grupo conformado para este propósito planteó que una de las estrategias del nuevo PECITI, debería ser el fomento de grandes iniciativas estratégicas nacionales (IEN) orientadas a la atención de problemas, oportunidades o necesidades del desarrollo nacional (FCCyT, 2013; PECITI, 2014).

Es decir, generar una nueva orientación de las políticas para la CTI mediante interacciones entre diversos actores, aprovechando las capacidades construidas y fomentando otras en campos y disciplinas de interés para nuestro país.

Se partió de las oportunidades que se planteaban en ese momento en el contexto nacional, en el que se daban condiciones para generar propuestas paradigmáticas y acciones de gran trascendencia, pertinencia y aportaciones del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI) al desarrollo económico y social de México. Esto debido a dos condiciones centrales: la elaboración por primera vez de un PECITI de largo plazo (25 años) y la expectativa de una inversión incremental del GIDE al 1% del PIB.

Para ese propósito se definió el siguiente conjunto de criterios para diseñar las Iniciativas Estratégicas Nacionales (INE): consistencia con las políticas nacionales, es decir con los ejes estratégicos del Plan Nacional de Desarrollo; orientación a problemas, necesidades y oportunidades de desarrollo basados en CTI; oportunidad de consenso y acuerdos entre sectores clave; iniciativas integrales, en campos amplios y transversales; pertinencia social, económica, ambiental; potencial de creación de valor social y económico; aprovechamiento de capacidades de CTI existentes; generación de nuevo conocimiento; y potencial de articulación, alianzas, redes entre instituciones del sector público y entre gobierno, academia y sectores productivos.

En total se propusieron ocho iniciativas estratégicas: enfermedades emergentes, seguridad alimentaria, seguridad hídrica y derecho del agua, sustentabilidad energética, aprovechamiento y conservación de la biodiversidad, mitigación y adaptación del cambio climático, manufactura avanzada, y economía digital. Para ejemplificar sintetizamos en el **Cuadro 2** algunos de los aspectos de la propuesta de las tres primeras iniciativas estratégicas, resaltando su relación con el área problemática del Plan Nacional de Desarrollo 2012-2018, el problema específico a afrontar, los sectores y ramas industriales que requieren participar y los campos de conocimiento que pueden contribuir al objetivo. Para cada iniciativa, a través del FCCyT se convocó a especialistas de la academia, los sectores productivos y los sectores gubernamentales.

Área problemática en el PND	Problema específico	Sectores / Ramas Industriales	Campos de conocimiento
Enfermedades Emergentes	Prevención, detección y control de la diabetes Tipo 2	Farmacéutico Alimentario Textil Agropecuaria Deportiva	Ciencias Médicas Ciencias Biológicas Ciencias de la Nutrición Ciencias Sociales
	Adicciones	Información y Comunicación	TICs
Seguridad Alimentaria	Innovación para la agricultura familiar sustentable	Agricultura Ganadería Alimentaria Acuicultura Silvicultura	Nutrición, Genómica, Recursos genéticos, C. Agropecuarias, C. Del Suelo, C. Sociales, Geomática, Nanotecnología, Biotecnología, Bioseguridad, Inocuidad, Pos cosecha, etc.
	Cadenas Alimenticias Acuícolas Sustentables; Cadena Alga Ulva-Camarón		
Seguridad Hídrica y derecho del Agua	Medición del Ciclo Hidrológico	Instrumentación Electrónica Informática Telecomunicación Nuevas tecnologías para el cuidado del medio ambiente	Hidráulica, Hidrología Tratamiento del Agua Riego y drenaje, C. Sociales, Económicas y Jurídicas, Electrónica, Informática, Mecatrónica, Nanotecnología, Percepción remota, Diseño Industrial

Cuadro 2. Algunos ejemplos de INE, propuestas por el FCCyT, 2013.

Fuente: Elaboración propia en base a Iniciativas Nacionales Estratégicas, Foro Consultivo Científico y Tecnológico, 2013.

5. Conclusiones

Los campos CTS y el de Economía de la Innovación precisan dialogar entre sí y con las aportaciones de las Ciencias Sociales relativos a problemas de pobreza, desigualdad y desarrollo.

Hay numerosos conceptos sugerentes para avanzar en un nuevo enfoque analítico, como se ha mostrado. Sin embargo, como los hemos afirmado en otros trabajos (Casas, Corona y Rivera, 2014), cuando se pretende la inclusión social en planes y programas de CTI en países de la región latinoamericana se sigue utilizando el mismo esquema de políticas e instrumentos que fueron diseñados y puestos en operación bajo la concepción de competitividad y crecimiento económico.

Un nuevo enfoque de PCTI para atender los problemas sociales en la región requiere orientarse a problemas específicos diseñando nuevos instrumentos de acuerdo a las dimensiones que hemos señalado en esta exposición. Es decir, se requiere cambiar el enfoque.

En esa búsqueda se deberán poner en juego y consensar los siguientes principios orientadores (Casas, Corona y Rivera, 2013), con la participación de un conjunto de actores: el avance del conocimiento, en la búsqueda de la excelencia nacional e internacional, a través de la comunidad científica; el desarrollo social, con lo cual se garantizará la relevancia social de la CTI, con la participación de la sociedad civil; la competitividad, mediante procesos y productos rentables para los mercados nacional e internacional, con el involucramiento de los sectores productivos públicos y privados nacionales; el papel del Gobierno como facilitador, promotor coordinador y vigilante del logro de los objetivos nacionales; y un ámbito de incidencia, a diferentes niveles: federal, regional y local.

Bibliografía

ALZUGARAY, S., MEDEROS, A., y SUTZ, J. (2011): “La investigación científica contribuyendo a la inclusión social), *Revista CTS*, vol. 6, n° 17, pp. 11-30.

AROCENA, R., y J. SUTZ (2012): “Research and Innovation Policies for Social Inclusion: An Opportunity for Developing Countries”, *Innovation & Development*, vol. 2, n° 1, pp. 147-158.

BARBA, C. (2005): “Paradigmas y Regímenes de Bienestar”, *Cuadernos de Ciencias Sociales*, vol. 137, FLACSO, San José, Costa Rica.

BARBA, C. (2009): “Los estudios sobre la pobreza en América Latina”, *Revista Mexicana de Sociología*, Número Especial, diciembre, México.

CASAS, R. (Coord.) (2001): *La formación de redes de conocimiento. Una perspectiva regional desde México*, IIS-UNAM / Anthropos, Barcelona.

CASAS, R. (2012): "Social cohesion in distributive policies and the role of knowledge", *Science and Public Policy*, Special Issue, "The use of scientific knowledge for social cohesion", Oxford University Press, vol. 39, n° 5, pp. 562-569, Inglaterra.

CASAS, R., CORONA, J. M., y RIVERA, R. (2013): "Objetivos nacionales estratégicos para el PECITI, 2012-2037. Principios, Criterios y Metodología", *Propuestas para contribuir al diseño del PECITI*, 2012-2037, Foro Consultivo Científico y Tecnológico. Disponible en: www.foroconsultivo.org.mx/home/index.php/politicas-publicas/peciti-2012-2037.

CASAS, R., CORONA, J. M., y RIVERA, R. (2014): "Políticas de Ciencia, Tecnología e Innovación en América Latina: entre la competitividad y la inclusión social", en P. Kreimer, L. Velho, H. Vessuri y A. Arellano (coords.): *Perspectivas latinoamericanas en el estudio social de la ciencia, la tecnología y el conocimiento*, Red Cyted / FCCyT / Siglo XXI, México.

CORAGGIO, J. L. (2003): "El papel de la teoría en la promoción del desarrollo local, Documento preparado para el módulo Teoría y práctica del Desarrollo Local", *Programa de Especialización Superior en Gestión y Desarrollo Local, organizado por la Universidad Andina y Ciudad*, junio, Quito.

CORTÉS, F. (2006): "Consideraciones sobre la marginación, a marginalidad, la marginalidad económica y la exclusión social", *Papeles de Población*, Universidad Autónoma del Estado de México, vol. 12, n° 47, enero-marzo, pp. 71-84.

COZZENS, S., y SANTOS PEREIRA, T. (2008): "The social cohesion policy paradigm in Science and Technology Policy", ponencia presentada en *Prime-Latin America Conference*, Ciudad de México, septiembre 24-26.

DAGNINO, R. (2012): "Why science and technology capacity building for social development?", *Special Section: The Use of Knowledge for Social Inclusion, Science and Public Policy*, vol. 39, n° 5, octubre, pp. 548-556.

DUTRÉNIT, G., y SUTZ, J. (eds.) (2013): *Sistemas de Innovación para un Desarrollo Inclusivo. La experiencia Latinoamericana*, Foro Consultivo Científico y Tecnológico / LALICS, D.F., México.

FCCYT (2013): "Iniciativas Nacionales Estratégicas, Propuestas para contribuir al diseño del PECITI 2012-2037", *Foro Consultivo Científico y Tecnológico, A.C.*, México. Disponible en www.foroconsultivo.org.mx/home/index.php/politicas-publicas/peciti-2012-2037.

GALLICCHIO, E. (2004): "El desarrollo local en América Latina. Estrategia política basada en la construcción de capital social", ponencia presentada en el Seminario *Desarrollo con inclusión y equidad: sus implicancias desde lo Local*, SEHAS, Córdoba, Argentina, mayo.

HERRERA, A. (1971): *Ciencia y Política en América Latina*, Siglo XXI, México.

JOHNSON, B., y ANDERSEN, A. D. (2012): *Learning, Innovation and Inclusive Development*, Thematic Report 2011/2012, GLOBELICS.

MOULAERT, F., MACCALLUM, D., MEHMOOD, A., y HAMDOUCH, S. (2013): *International Handbook on Social Innovation. Collective Action, Social Learning and Transdisciplinary Research*, Edward Elgar, EE.UU.

PECIT (2014): *Programa Especial de Ciencia y Tecnología 2012-2037*, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México.

RAWAL, N. (2008): "Social Inclusion and Exclusion: A review", *Dhauagiri Journal Of Sociology and Anthropology*, vol. 2, pp. 161-180.

SABATO, J. (1975): *El pensamiento latinoamericano en ciencia, tecnología y desarrollo-dependencia*, Paidós, Buenos Aires.

SABATO, J., y BOTANA, N. (1968): "La ciencia y la tecnología en el desarrollo futuro de América Latina", *Revista de la Integración*, n° 3.

SAGASTI, F. (1974): *Tecnología, Planificación y Desarrollo autónomo*, Instituto de Estudios Peruanos, Lima.

SEN, A. (2000): *Social Exclusion: Concept, Application and Scrutiny*, Asian Development Bank, Manila.

THOMAS, H. (2008): "En búsqueda de una metodología para investigar Tecnologías Sociales", Workshop *Tecnologías para la inclusión social y políticas públicas en América Latina*, Río de Janeiro, 24-25 de noviembre.

THOMAS, H., y FRESSOLI, M. (2007): "Repensar las Tecnologías Sociales: de las Tecnologías apropiadas a la Adecuación socio-técnica", presentado en el *Congreso Latinoamericano y Caribeño de Ciencias Sociales – 50° Aniversario de FLACSO*, Quito, 29 de octubre.

TORRES, A., CASAS, R., DE FUENTES, C., y VERA-CRUZ, A. (2013): "Estrategias y gobernanza del Sistema Nacional de Innovación Mexicano: Retos para un desarrollo incluyente", en G. Dutrénit y J. Sutz, op cit, pp. 35-64.

VARSAVSKY, O. (1971): *Proyectos Nacionales: planteo y estudios de viabilidad*, Ediciones Periferia, Buenos Aires.

VESSURI, H. (2012): "Introduction, The Use of Knowledge for Social Inclusion", *Science and Public Policy*, Special Section, vol. 39 n° 5, octubre, pp. 545-547.

POLÍTICA CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA

Políticas en Ciencia, Tecnología e Innovación: la experiencia Argentina

Ruth Ladenheim*

La Argentina otorga gran importancia a la ciencia, la tecnología y la innovación (CTI) como impulsores protagónicos del desarrollo económico y social desde 2003. A fin de avanzar sobre el actual contexto mundial y sortear los desafíos del desarrollo socio productivo, es crucial contar con recursos humanos altamente capacitados y nuevas herramientas de apoyo y financiamiento a la innovación. El Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva ha enfocado sus líneas de acción en el marco de un proceso de fortalecimiento inédito del sistema científico tecnológico de nuestro país a través de un sostenido apoyo a la innovación productiva y a la asociatividad público privada.

Palabras clave

Estado; desarrollo; políticas en ciencia, tecnología e innovación; economía del conocimiento; capital intelectual; recursos humanos

* Secretaria de Planeamiento y Políticas en Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva. Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva. Presidencia de la Nación. Correo electrónico de contacto: sepp@mincyt.gov.ar.

El diseño de políticas públicas en Ciencia, Tecnología e Innovación presenta grandes desafíos en un contexto como el actual caracterizado por el dinamismo de la globalización, el incremento poblacional, los procesos de urbanización, el crecimiento de la edad promedio, de la demanda agregada mundial, al mismo tiempo que se incrementan las emisiones de gases de efecto invernadero y el consiguiente cambio climático.

A su vez, nuevas oportunidades han surgido con los avances experimentados por las denominadas Tecnologías de Propósito General (TPG) como la biotecnología, la nanotecnología y las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC). Un sinnúmero de innovadoras soluciones tecnológicas a problemáticas socio productivas son posibles a partir de sus aplicaciones.

En nuestro país, desde hace poco más de una década, el Estado volvió a posicionarse como un actor central en la tarea de promover el desarrollo autónomo, otorgando al conocimiento un lugar de relevancia y de transversalidad respecto de todos los sectores socio-productivos. La creación del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva es sin dudas un signo de la jerarquización de la ciencia y la investigación no sólo como fines en sí mismos y como incremento del acervo cognoscitivo, sino como medios para alcanzar una mejor calidad de vida. Dos objetivos concretos han orientado la consecución de tal logro y fueron definidos en el marco del Plan Nacional de Ciencia, Tecnología “Argentina Innovadora 2020” con el fin de señalar prioridades y asignar recursos con un criterio democrático y federal. Por un lado, las políticas de fortalecimiento de la base científico-tecnológica nacional; por otra parte, las acciones dirigidas a impulsar la innovación tecnológica para el desarrollo productivo y la inclusión social.

En primer lugar, para promover las políticas de fortalecimiento del sistema fue fundamental la decisión política de aumentar de manera ostensible la inversión en investigación y desarrollo (I+D), pasando de \$1542 millones en 2003 a \$19.925 en 2013 (medidos en pesos corrientes), con un incremento del 1192 %¹. A su vez, uno de los mayores desafíos (incluso antes de la creación formal del Ministerio) consistió en revertir la tendencia de los años 90, caracterizada por la reducción del plantel de investigadores y la fuga de cerebros, a través una creciente incorporación de recursos humanos tanto para la investigación básica como para la orientada a prioridades socio-productivas. En tal sentido, desde una base de 39.393 investigadores, becarios y personal técnico de apoyo existente en el año 2003 medidos en EJC, en 2013 se llegó a un total de 73.818 personas dedicadas a investigación y desarrollo (I+D) (medidas en EJC), constatado de esta manera un crecimiento del 87 %². La incorporación de becarios e investigadores jóvenes permitió una mejora en la pirámide etaria: mientras en 2003 los menores de 40 años apenas alcanzaban el 39 %, en 2013 detentaban alrededor del 49% de los puestos de trabajo de jornada completa³. Asimismo, cabe destacar que en el marco de la Carrera de Investigador Científico (CIC) del CONICET, se han incorporado nuevos criterios de evaluación que

¹ Fuente: Dirección Nacional de Información Científica/SePPCTIP.

² EJC: Equivalente Jornada Completa.

³ Ídem 2.

le otorgan al desarrollo de tecnologías un nuevo valor. Hoy, la Argentina cuenta con un nutrido plantel de científicos, renovado (en términos generacionales) y dedicado no exclusivamente a la producción de ciencia básica, sino también al desarrollo de ciencia aplicada a la resolución de problemas productivos y sociales⁴.

Por otra parte, el déficit existente en 2007 de 120.000 m² de infraestructura para la ciencia y la tecnología, fue saldado con creces a través del Plan de Obras para la Ciencia y la Tecnología, gracias al cual hoy se dispone de más de 57.000 m² de superficie construida y otros 26.740 m² en obra⁵. El mismo implicó importantes esfuerzos para la recuperación o ampliación de edificios dedicados a la ciencia en las diferentes provincias de nuestro país. Asimismo, en la primera etapa del centro de gestión, producción y divulgación del conocimiento a nivel nacional e internacional denominado “Polo Científico-Tecnológico” se construyeron 45.000 m² que abarcan la sede del Ministerio, la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCyT) e institutos de investigación, sede administrativa de CONICET, Museo Interactivo de Ciencia y Tecnología, salas de conferencias y un sector educativo. Todo esto sumado a numerosos apoyos financieros realizados por el Ministerio para refacciones en instituciones de I+D con el objetivo de acondicionar sus instalaciones y ampliar su capacidad operativa.

Otro de los ejes centrales de la política de fortalecimiento del sistema científico-tecnológico nacional ha sido la adquisición de equipamiento de última generación. De esta manera, a lo largo de la gestión se han creado Sistemas Nacionales de microscopía, resonancia magnética, espectrómetros de masa, rayos X, computación de alto desempeño y redes avanzadas. Asimismo, el Ministerio ha impulsado el desarrollo de verdaderas Plataformas Tecnológicas que brindan servicios de alta complejidad a nuestros científicos y al sector productivo en temas como biomateriales, genómica, proteómica, biología estructural, células madre, desarrollo racional de fármacos, síntesis orgánica, bioterios e ingeniería de software y bioinformática. En conjunto, estas iniciativas posibilitaron generar una suerte de “efecto multiplicador” de los recursos y equipamientos disponibles ya que apuntan a la optimización del acceso a los mismos.

Si analizamos el panorama mundial, podemos observar que la globalización y el incremento de la complejidad de los problemas han impulsado la colaboración local e internacional de la

⁴ Estudio sobre la “Inserción de Doctores Recientemente Graduados (DRG) en Actividades de Investigación y Transferencia (AIT) para el Desarrollo Regional”. Programa Nacional de Innovación Inclusiva, Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la Nación (2014). El objetivo del mismo fue abordar la situación laboral actual y las expectativas de carrera de doctores con no más de cinco años desde la obtención de su título. Uno de los resultados arrojados puso de manifiesto que el 68% de los DRG, tienen interés en dedicarse a la investigación aplicada con transferencia desde la universidad u organismos de ciencia y tecnología. Las conclusiones extraídas del estudio, han permitido generar insumos para el diseño e implementación de políticas de recursos humanos en ciencia y tecnología orientadas a los DRG.

⁵ Fuente: relevamiento realizado por CONICET a pedido del ex Presidente Néstor Kirchner (2003).

investigación a través del desarrollo de las nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), la WEB 2.0 y las políticas que han facilitado el intercambio de los científicos y estudiantes a través de las fronteras. El estímulo a la investigación colaborativa desde las etapas de formación facilita la difusión de información, posibilita el acceso al nuevo conocimiento en el proceso mismo de producción, se asocia con el incremento de la productividad científica y capacidad de innovación y estimula la consolidación de agendas de investigación para grandes proyectos. Frente a este panorama, es cada vez más necesario el desarrollo de infraestructuras para gestionar el manejo de datos que transitan a través de diferentes regiones y organismos en términos de acceso, seguridad, calidad y propiedad intelectual. Es por eso que desde el Ministerio se han puesto a disposición de las instituciones grandes bases de datos biológicos, del mar, climáticos, repositorios digitales, biblioteca electrónica y el CVAR, una base de datos de investigadores de Argentina.

Dado que el nuevo paradigma de conocimiento requiere de una nueva metodología de trabajo inter y transdisciplinario, desde el Ministerio se están impulsando diferentes experiencias innovadoras en términos de formación de recursos humanos y acceso a infraestructura para la investigación: IBIOBA Max Planck, el Centro de Investigaciones en Bionanociencias, el Centro Argentino-Francés en Ciencias de la Ingeniería (CAFCI), el Centro Bilateral de Diseño Industrial Argentina/Italia (CEBIDI) y el primer Centro Latinoamericano de Formación Interdisciplinaria (CELF). Este último articulará, por primera vez en la región, centros de excelencia en la investigación en biología molecular, neurociencias, física, química, bioinformática, nanotecnología, ciencia de la computación, meteorología, etc. El objetivo será crear una plataforma regional de formación para el abordaje de problemas complejos que requieren la interacción de diferentes áreas del conocimiento.

Como corolarios de los esfuerzos de fortalecimiento anteriormente descriptos, podrían destacarse dos grandes hitos: el retorno de 1140 científicos para su incorporación laboral en las principales instituciones de nuestro Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología y el reconocimiento internacional de nuestras instituciones⁶. En este sentido, a su vez, es importante mencionar que el CONICET se encuentra entre las 80 instituciones más importantes del mundo en producción científica, de un total de 5000⁷.

Un sistema fortalecido y reconocido internacionalmente es indispensable para llevar a cabo una profunda transformación estructural de la matriz productiva, involucrando mejoras en la productividad de las empresas, mayor diversificación y agregado de valor en origen, creación de nuevos puestos de trabajo y empleos de mayor calidad. Una fuerte convicción sobre el conocimiento científico-tecnológico como camino imprescindible para alcanzar estos objetivos ha orientado la gestión del Ministerio desde su creación. Sabemos que se trata de un proceso que requiere del compromiso de todos los sectores de la sociedad y reconocemos el

⁶ Cifra actualizada en mayo de 2014

⁷ Ranking Scimago 2014

rol fundamental que juega la mano visible del Estado en el acompañamiento de ese recorrido. Es por ello que el Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva desarrollado desde la Secretaría de Planeamiento y Políticas en Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (SePPCTIP) constituye el andamiaje a través del cual se establecieron las prioridades que han orientado al Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología en su conjunto.

Una de las primeras cuestiones a afrontar desde la planificación tuvo que ver con la búsqueda de un mayor acercamiento del mundo científico/académico con el mundo de las empresas a fin de estimular una mayor transferencia tecnológica. En primera instancia, se identificó la necesidad de formar recursos humanos capaces de comprender ambos lenguajes, ya que el ecosistema innovador argentino carecía de profesionales con habilidades para el desarrollo de proyectos de I+D+i y para la identificación de demandas y posibles soluciones tecnológicas. Esta situación dio lugar a una política diseñada e impulsada por la SePPCTIP conjuntamente con la ANPCyT, que tuvo como eje principal la creación del posgrado de especialización para la formación de Gerentes Tecnológicos. Actualmente podemos decir que en más de 20 universidades de todo el país se están formando más de 1000 especialistas en gestión tecnológica.

Otro gran desafío consistió en traccionar la inversión privada en I+D con el fin de hacer frente al desequilibrado aporte del sector público en los esfuerzos que tradicionalmente se realizaban en este sentido. Así es como desde la Secretaría, en colaboración con la ANPCyT, se diseñó e implementó un novedoso sistema de priorización y financiamiento denominado Fondos Sectoriales. El mismo introdujo una nueva dinámica de colaboración entre el sector público y privado para promover el desarrollo de proyectos científico-tecnológicos de gran envergadura en temáticas identificadas en el Plan Nacional Argentina Innovadora 2020. A través del Fondo Argentino Tecnológico Sectorial (FONARSEC) de la ANPCyT se gestionaron los subsidios, acompañando mediante aportes del 50% las inversiones privadas en I+D, que representan generalmente un alto riesgo para las empresas. La estrategia de asociatividad ha hecho posible la constitución de alrededor de 100 consorcios público-privados y con ello la generación de nuevas relaciones y diálogos entre los sectores científico y productivo que, a la vez, resultaron en experiencias virtuosas de cooperación. Gracias a este trabajo conjunto ha sido posible, por ejemplo, la instalación de la primera planta de Argentina y de Sudamérica productora de anticuerpos monoclonales⁸. Además, se han llevado a cabo las primeras experiencias para la obtención de bioenergía y bioproductos a partir de desechos provenientes de plantas industriales y se comenzaron a producir alimentos funcionales a partir de lácteos, posibilitando el agregado de valor en las PyME lecheras de nuestro país. También se comenzó a trabajar en el desarrollo de una industria dedicada a la producción de partes de aerogeneradores de alta potencia, equipos para la generación energía solar y las primeras experiencias piloto para redes

⁸ Anticuerpos monoclonales: son anticuerpos idénticos porque son producidos por un solo tipo de célula del sistema inmune, es decir, todos los clones proceden de una sola célula madre. Es posible producir anticuerpos monoclonales que se unan específicamente con cualquier molécula con carácter antigénico. Este fenómeno es de gran utilidad en bioquímica, biología molecular y medicina.

inteligentes en diferentes ciudades de nuestro país que están a la vanguardia mundial, entre otros casos destacados⁹.

Además del impulso a la inversión privada en I+D, el Ministerio, a través de la SePPCTIP, ha desarrollado una política activa para promover la creación de nuevas empresas de base tecnológica (EBT), apuntando a fortalecer lo que Kantis y Angelelli (2005) señalan como las principales debilidades asociadas a la creación de las mismas: la falta de financiamiento y la elevada exposición al riesgo, por un lado, y la carencia en materia de recursos humanos calificados, por el otro. Este tipo de emprendimientos contribuye a generar una mayor intensidad tecnológica y diversificación de la matriz productiva, como también a la generación de puestos de trabajo altamente calificados. En cuanto al financiamiento, cabe mencionar el importante apoyo que el Ministerio realiza a través de aportes de capital semilla para el desarrollo de la etapa temprana. Actualmente se registran 95 proyectos aprobados para la creación de nuevas EBT en áreas como la salud, la bioingeniería, la agroindustria, la producción de nuevos alimentos, la acuicultura, las comunicaciones, la industria del plástico y la energía, por citar algunas. Por otra parte, el Fondo Fiduciario de Promoción de la Industria del Software (FONSOFT) ha financiado desde su creación un total de 860 proyectos para la constitución de nuevas empresas en el sector.

Cabe mencionar asimismo el continuo apoyo conferido a las empresas que realizan innovación tecnológica a través del Fondo Tecnológico Argentino (FONTAR), adjudicando aproximadamente \$3200 millones entre 2005 y 2013 para el financiamiento a proyectos en más de 2200 PyME. Precisamente, el déficit de financiamiento se manifiesta como la principal barrera a la innovación en el sector industrial argentino, afectando con mayor intensidad a las pequeñas y medianas empresas (Katz et al., 2009). De esa forma, se contribuyó a la modernización tecnológica, a la diversificación productiva, al aumento del capital humano y empresarial, al incremento de las exportaciones y sustitución de importaciones con desarrollo de proveedores locales y a un conjunto de retornos sociales que resultó ampliamente superior a los recursos involucrados (Lugones y Porta, 2011). Como complemento al abanico de instrumentos disponibles para las empresas, desde la SePPCTIP se implementaron una serie de iniciativas de apoyo a la innovación:

- La Antena Tecnológica (antenatecnologica.mincyt.gob.ar) es una plataforma online de vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva cuyo objetivo es apuntalar mediante la provisión de información estratégica a las empresas que emprenden proyectos innovadores. El acceso y la interpretación de este tipo de datos posibilitan a los emprendedores tecnológicos conocer y estar al tanto de las últimas novedades en materia de

⁹ Redes inteligentes: son el producto de la integración dinámica de los desarrollos en ingeniería eléctrica y los avances de las tecnologías de la información y comunicación (o TIC), dentro del negocio de la energía eléctrica (generación, transmisión, distribución y comercialización, incluyendo las energías alternativas); permitiendo que las áreas de coordinación de protecciones, control, instrumentación, medida, calidad y administración de energía, etc., sean concatenadas en un solo sistema de gestión con el objetivo primordial de realizar un uso eficiente y racional de la energía.

patentes, nuevos desarrollos y tendencias mundiales de relevancia para sus sectores, facilitando de esta manera la toma de decisiones. En el marco de este programa se han creado 12 Unidades Territoriales/Antenas en diferentes latitudes de nuestro país y se ha gestionado la emisión de boletines de novedades en sectores como el energético, la industria alimentaria, las autopartes, los textiles, el plástico, entre otros.

- Las rondas de tecnonegocios y los relevamientos de demandas tecnológicas realizados en diferentes regiones de nuestro país tuvieron el propósito de acercar la variada oferta de financiamiento disponible a las provincias con menor acceso relativo a este tipo de apoyo.
- El fortalecimiento de Oficinas de Vinculación y Transferencia Tecnológica es estratégico, ya que representan un espacio de interacción entre el sector académico y el productivo. Es por ello que tienen un rol clave en materia de transferencia y servicios tecnológicos a empresas, creación de EBT, gestión de patentes y constitución de complejos de I+D+i. A través de un programa dedicado específicamente a apuntalar el trabajo que las mismas realizan, fue posible la contratación de 81 expertos y la gestión de 226 proyectos en 13 oficinas del país.
- Diseño de dos nuevos instrumentos de financiamiento con el objetivo de promover la creación de centros dedicados a la prestación de servicios tecnológicos y mejorar los existentes tendiendo a lograr estándares de calidad para poder contribuir con la innovación y el desarrollo nacional. A la fecha, se cuenta con 34 proyectos aprobados por el FONTAR para mejoras y seis para la creación de nuevos centros.

No sólo las empresas han ocupado un lugar trascendental para las políticas de innovación llevadas a cabo durante esta última década. Con la idea de promover iniciativas y proyectos que favorezcan la interacción entre el sector científico-tecnológico y las demandas sociales y productivas ligadas al ámbito de la economía social de pequeña escala productiva, se creó el Programa Consejo de la Demanda de Actores Sociales (PROCODAS). El mismo persigue el objetivo de contribuir a la detección de demandas sociales que requieran participación del sector científico-tecnológico en su resolución. A través de diferentes tipos de apoyo financiero, se comprometieron alrededor de 10 millones de pesos para la ejecución de proyectos en áreas relativas a Economía Social, Agricultura Familiar, Hábitat, Discapacidad y Diseño, entre 2011 y 2014.

En este mismo sentido, es fundamental destacar que una buena parte de Consorcios Asociativos Público Privado (CAPP) se han orientado al desarrollo de actividades productivas de alto impacto social y al fortalecimiento de cadenas de valor en economías locales tales como la fibra fina de camélidos, la acuicultura y las bioenergías; como así también a la puesta en marcha de proyectos vinculados a mejorar las condiciones ambientales en las que vivimos y producimos.

Otro lineamiento de políticas en CyT estuvo orientado particularmente al sector salud. Con el propósito de acercar la investigación científica a la práctica médica asistencial, la SePPCTIP ideó un instrumento de financiamiento para la constitución de Unidades de Investigación Traslacional en Hospitales (UIT). A través de estas UIT es posible aplicar tecnologías de avan-

zada como las de las plataformas tecnológicas de genómica, bioinformática y células madre a la práctica médica asistencial. A través de esta iniciativa, se han aprobado ocho proyectos y se ha logrado generar un nuevo tipo de asociatividad público-público destinada a mejorar la atención en los centros de salud del país. Además, con el objetivo de atender a la demanda insatisfecha de medicamentos para las denominadas “enfermedades olvidadas” o “desatendidas”, el Ministerio, a través de la SePPCTIP, impulsó una serie de proyectos para la producción pública de medicamentos. Actualmente se están financiando cinco proyectos para la elaboración de fármacos contra enfermedades como la tuberculosis, las intoxicaciones, entre otras. Asimismo, se contribuyó al fortalecimiento de la industria farmacéutica a través de apoyos para el descubrimiento de nuevos fármacos y biosimilares.

Por otra parte, y en respuesta a la concentración estructural del sistema productivo y científico-tecnológico que presenta nuestro país, hemos desarrollado una política que tiene en la federalización de las capacidades de investigación, de la transferencia tecnológica y de la generación de demandas de conocimiento en el sector productivo, sus metas regentes. Su materialización ha sido llevada a cabo mediante diferentes acciones orientadas por el Plan Nacional Argentina Innovadora 2020. Entre las iniciativas más salientes podemos citar la creación de los Centros de Investigación y Transferencia (CIT) del CONICET, ubicados en localidades en las que no se contaba con presencia institucional del Consejo. Allí se conformaron grupos de investigación orientados a la generación y transferencia de conocimiento asociado a las necesidades y oportunidades que puedan promover el desarrollo productivo local. De la misma manera, la SePPCTIP puso en marcha el Programa D-TEC conjuntamente con la Secretaría de Políticas Universitarias (SPU) del Ministerio de Educación, el Consejo Interuniversitario Nacional (CIN) y la ANPCyT. En 2014, a través de este Programa se asignaron becas para la incorporación de 81 doctores y 119 profesionales en formación en 22 proyectos radicados en universidades nacionales de reciente creación o bien en aquellas ubicadas en zonas periféricas. Por último, con el fin de aportar recursos a actores productivos en sociedad con universidades y/o centros de I+D en estas regiones, el FONARSEC ha abierto una convocatoria a proyectos asociativos público-privados excluyendo a los principales grandes centros urbanos. En resumen, nuevos centros científico-tecnológicos, nuevas universidades, nuevos equipos de investigación en temáticas relevantes para el desarrollo regional y financiamiento para proyectos asociativos orientados por el Plan Nacional Argentina Innovadora 2020 fueron los ejes que permitieron poner en marcha una verdadera política de federalización de la ciencia, la tecnología y la innovación.

Promediando los siete años de gestión desde la creación del Ministerio, se ha avanzado en el fortalecimiento del sistema, poblándolo de científicos e incrementando el equipamiento y la infraestructura disponible, se ha fomentado el desarrollo inclusivo, la innovación y la asociatividad público-privada. Con el propósito de completar el ciclo de política pública es menester incorporar instancias de evaluación para poder retroalimentar estas iniciativas y continuar creando una capacidad científica y tecnológica autónoma. Es por ello que desde 2010 la SePPCTIP ha impulsado la creación del Centro Interdisciplinario de Estudios en Ciencia, Tecnología e Innovación (CIECTI), que actualmente se encuentra en proceso de construcción institucional. El Centro tiene como propósito fundante el de concertar un verdadero y virtuoso ciclo

de política pública capaz de contribuir a través de sus aportes al diseño y la implementación de las políticas de ciencia, tecnología e innovación y en consecuencia al desarrollo productivo e inclusivo del país.

En conclusión, estas políticas sostenidas desde el 2003 permiten afirmar que hoy se cuenta con un sistema de CTI fortalecido, con capacidad de orientarse a la resolución de problemas y prioridades productivas y sociales. Asimismo, ya se encuentran en marcha una serie de proyectos de desarrollo tecnológico que han traccionado importantes inversiones privadas y que apuntan a generar nuevas capacidades en el sector productivo. Por último, es necesario destacar también el apoyo que se ha brindado a proyectos con alto impacto social y/o ambiental. Todas estas experiencias han contribuido fuertemente a la consecución de un objetivo bien definido en el ADN mismo del Ministerio: lograr que el conocimiento científico-tecnológico producido en nuestro país se traduzca en mejoras en el tejido productivo, en la calidad de vida de nuestra población y por consiguiente mayores niveles de desarrollo económico y social para la Argentina.

Bibliografía

EVANS, P. (1995): *Embedded Autonomy: States and Industrial Transformation*, Princeton University Press, Princeton.

KANTIS, H., y ANGELELLI, P. (2005): “Las empresas basadas en el conocimiento en América Latina: factores clave que influyen en su surgimiento y desarrollo”, *UNGS*. Disponible en www.littec.ungs.edu.ar/pdfespa%F101/Kantis-Angelelli.pdf.

KATZ, J. (coord.) (2009): *Del Ford Taunus a la Soja Transgénica. Reflexiones en torno a la transición argentina al Siglo XXI*, Editorial Edhasa.

LUGONES, G., y PORTA, F. (eds.) (2011): *Investigación Científica e Innovación Tecnológica en Argentina. Impacto de los fondos de promoción*, Editorial UNQ-BID, Buenos Aires.

MINCYT (2014): *Indicadores de Ciencia y Tecnología. Argentina 2012*, Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, Buenos Aires.

OCDD/CEPAL: “Perspectivas económicas de América Latina 2013. Políticas de Pymes para el cambio Estructural”. Disponible en www.eclac.org/publicaciones/xml/4/48374/LEO_2013.pdf.

Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación: “Argentina Innovadora 2020”. Disponible en: www.argentinainnovadora2020.mincyt.gob.ar.

SCHAPER-RINKEL, P. (2013): “Exploring the future of research. Trends and drivers in doing and governing research”, *RIF Research & Innovation Futures 2030*, European Commission.

**EL PAPEL DE LA UNIVERSIDAD
IBEROAMERICANA EN LA GENERACIÓN
DEL CONOCIMIENTO**

La universidad para el desarrollo y la generación de conocimientos

Rodrigo Arocena*

La transformación de la universidad en protagonista mayor de la generación de conocimientos, a través de la asociación entre enseñanza e investigación, ha merecido el nombre de Revolución Académica. Fue anticipada por el denominado “modelo humboldtiano”, seguramente el más famoso de los que se han planteado en el contexto de la educación superior. Sus fundamentos doctrinarios formaron parte de la “Idea de Universidad en Alemania”. Diversos modelos han sido propuestos para dar cuenta de las sucesivas etapas de la larga historia universitaria, así como para encarar el debate actual. La irrupción del conocimiento avanzado como factor productivo (y destructivo) central de nuestro tiempo ha puesto al rojo vivo las discusiones acerca de los cometidos de la Universidad, así como de sus relaciones con el desarrollo. Basado en un trabajo de investigación en curso, este artículo presenta sumariamente una concepción alternativa de universidad y considera en particular su papel en la generación de conocimientos, temática del panel que dio origen a este breve texto.

Palabras clave

Universidad, revolución académica, generación de conocimiento, enseñanza e investigación

* Profesor de Ciencia y Desarrollo, Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Uruguay. Correo electrónico de contacto: roar@fcien.edu.uy.

1. “Ideas de universidad” y nuevas exigencias del desarrollo

La transformación de la universidad en protagonista mayor de la generación de conocimientos, a través de la asociación entre enseñanza e investigación, ha merecido el nombre de Revolución Académica. Fue anticipada por el denominado “modelo humboldtiano”, seguramente el más famoso de los que se han planteado en el contexto de la Educación Superior. Sus fundamentos doctrinarios formaron parte de la “Idea de Universidad en Alemania” (Fichte *et al.*, 1959). Diversos modelos han sido propuestos para dar cuenta de las sucesivas etapas de la larga historia universitaria (por ejemplo, Muller, 1996) así como para encarar el debate actual. La irrupción del conocimiento avanzado como factor productivo (y destructivo) central de nuestro tiempo ha puesto al rojo vivo las discusiones acerca de los cometidos de la universidad así como de sus relaciones con el desarrollo. Probablemente, el punto de vista dominante lo expresa un reciente editorial de *Nature*:

“Las universidades ya no son vistas predominantemente como lugares impulsados por la curiosidad y la sed del conocimiento. En cambio, las impulsa el desarrollo económico. El éxito se define por la salida laboral de los graduados. La investigación está orientada a los problemas. Los científicos son empresarios en potencia. El conocimiento está incluido en el balance y las políticas se implementan para producir el mayor retorno a la inversión” (*Nature*, 2014)¹.

Basada en un trabajo de investigación en curso (Arocena, Göransson y Sutz, 2014, 2015), se presenta aquí sumariamente una concepción alternativa de universidad y se considera en particular su papel en la generación de conocimientos, temática del panel que dio origen a este breve texto.

Nuestro punto de partida es la concepción del desarrollo humano que se basa en “la expansión de las libertades y las capacidades de las personas para llevar el tipo de vida que valoran y tienen razones para valorar” (PNUD, 2011; p. 1). Ésta es la formulación debida a Amartya Sen (1999), en la cual el desarrollo se define por su propósito normativo, que es también la clave primera para la práctica: expandir las capacidades y las libertades es tanto lo que se quiere lograr como la manera de avanzar en tal dirección, apostando a la “agencia” de la gente, lo cual supone verla no como pacientes sino como agentes.

Dado el creciente riesgo ambiental para la calidad de vida ya hoy y sobre todo en el futuro, cabe sugerir una revisión de la definición que mantiene su esencia e incorpora la dimensión anotada: el desarrollo humano sustentable consiste en la expansión de las libertades y las capacidades de las personas para llevar en el presente y cada vez más en el mañana el tipo de vida que valoran y tienen razones para valorar.

¹ Traducción del editor.

En relación a esta noción de desarrollo se plantean las disyuntivas ligadas al conocimiento: éste es factor fundamental en la expansión de las capacidades para mejorar la calidad de vida, pero también alimenta riesgos, procesos destructivos y tendencias a la desigualdad geográfica y social. Las orientaciones que prevalezcan en las universidades –instituciones fundamentales para el acceso al conocimiento avanzado, para su generación y también para su uso– gravitarán poderosamente en lo que acontezca con tales disyuntivas. Las concepciones hoy predominantes apuntan más bien al crecimiento económico con exclusión social que al desarrollo humano sustentable de carácter inclusivo.

2. Una lección del éxito de la universidad humboldtiana

Vale la pena recordar que el modelo humboldtiano no fue planteado originalmente como lo que ha llegado a encarnar, una universidad de investigación de alto nivel estrechamente vinculada a las aplicaciones de la ciencia.

Su formulación como proyecto para la fundación de la Universidad de Berlín apuntaba a cuatro separaciones mayores: del conocimiento y la propiedad; de las ideas y los intereses; de la teoría y de la práctica; de la ciencia y del estado. “Estas separaciones fueron introducidas para permitir actividades de investigación independientes por parte de las universidades sin que el gobierno o las empresas privadas ejerzan influencia. Este concepto indujo a una orientación distintiva de las universidades hacia la generación del conocimiento puro y por lo tanto hacia la investigación básica” (Schmoch, 2011; p 270)².

Esa propuesta, que tenía como cimiento la práctica conjunta de la enseñanza y la investigación, fue planteada en la primera década del siglo XIX. Por entonces el modelo prevaleciente era el vigente en Francia, donde ambas tareas estaban separadas pues la enseñanza era confiada a escuelas profesionales o facultades y la investigación a institutos especializados. Esta fue la pauta que, más o menos parcialmente importada, orientó la estructuración de la Educación Superior en las nuevas naciones independientes de América Latina.

El modelo alemán se fue a la vez imponiendo y modificando a partir de la segunda mitad del siglo XIX. Cabe sugerir que un factor que gravitó fundamentalmente en ello fue ese gran salto que se configuró por entonces en la incidencia del conocimiento teórico para la transformación de la industria que signa la denominada Segunda Revolución Industrial. Se ha sostenido que lo más destacado de esta última fue precisamente el llamado matrimonio de la ciencia y la tecnología que, según North (2005), es lo característico de la Segunda Revolución Económica, sólo equiparable en su relevancia histórica con la Primera Revolución Económica, caracterizada a su vez por la emergencia de la agricultura.

² Traducción del editor.

Las universidades alemanas que combinaron a alto nivel enseñanza e investigación se convirtieron en uno de los lugares mayores donde se consumó aquel matrimonio, siendo el otro el laboratorio empresarial de Investigación y Desarrollo (I+D). El potencial creativo teórico práctico de tales universidades fue captado, estimulado y aprovechado particularmente por las grandes empresas de las nuevas industrias de base científica –como la electricidad o la renovada química orgánica– y también por el gobierno alemán, que hizo de su apoyo a la ciencia y la tecnología una de las claves en su estrategia para alcanzar a Gran Bretaña en la carrera de la industrialización.

El modelo humboldtiano, así reorientado, combinado con otras innovaciones institucionales como los mencionados laboratorios de I+D y los politécnicos, y reformulado sistemáticamente de manera más próxima a las aplicaciones en su importación a Estados Unidos, se convirtió en el paradigma más exitoso para la Educación Superior. Lo impulsaban los dos países –Alemania y Estados Unidos– que durante la Segunda Revolución Industrial alcanzaron y superaron a Inglaterra en la carrera del desarrollo económico, entendido sucintamente como combinación de crecimiento económico con innovación (técnico-productiva).

Cuando después de la II Guerra Mundial cobraron fuerza las políticas para la ciencia orientadas por el modelo lineal de innovación, se afirmó aún más la propuesta originalmente asociada al nombre de Humboldt, ahora frecuentemente rebautizada como “universidad de investigación”.

Las sumarias consideraciones precedentes recuerdan que el éxito de la universidad humboldtiana se vinculó ante todo con las dinámicas del conocimiento –que modificaron e incrementaron a la vez su incidencia en la economía–, así como también con las políticas prevalecientes para el conocimiento.

3. La universidad empresarial como nuevo modelo dominante

En las políticas para la Educación Superior un cambio de orientación ha tenido lugar a escala global:

“La universidad humboldtiana se transformó en un modelo global en el siglo XIX, expandiéndose de Europa a Estados Unidos (y más tarde, a través del colonialismo, hacia América Latina y Asia); en años recientes, una política de transferencia inversa tuvo lugar donde la universidad ‘empresarial’ norteamericana se convirtió en el faro de los reformistas universitarios alrededor del mundo” (Benner, 2011; p. 13)³.

Uno de los mayores propulsores y analistas de la noción de Universidad Empresarial la ha caracterizado sucintamente por la misión, junto a las de enseñanza e investigación, de impulsar la capitalización del conocimiento (Etzkowitz, 2004).

Esa precisa caracterización subraya la directa vinculación del nuevo modelo prevaleciente con las transformaciones en curso de las relaciones sociales de poder y de sus bases tecnológicas. Esto último podría recapitularse como sigue, en un pantallazo exageradamente sintético, pero que quizás contempla coincidencias significativas de diversos enfoques.

La Revolución Industrial de la segunda mitad del siglo XVIII inició el tránsito, en ciertas regiones del mundo que se fueron ampliando, de sociedades de base agraria a sociedades cuya base tecnológica principal era la industria. El doble proceso de avance de la ciencia y de su creciente vinculación con las actividades productivas (y destructivas) impulsó notablemente la expansión de la base tecnológica de la sociedad industrial. Cabe sugerir que ésta llegó a su apogeo en las décadas posteriores a la II Guerra Mundial. Por entonces, la sociedad de base industrial se combinaba con dos tipos bastante diferentes de relaciones sociales de poder: las de tipo capitalista en el Primer Mundo y las propias del socialismo de estado en el Segundo Mundo. En síntesis: una sociedad capitalista industrial y una sociedad estatista industrial.

Cuando tales sociedades dominaban la escena ya una nueva mutación tecnológica, la Revolución de las TIC, inducía transformaciones entre las que se fue haciendo evidente una que desborda a las TIC y tiene que ver con la gravitación social del conocimiento avanzado en su conjunto, a la vez bastante diferente y considerablemente mayor que hace medio siglo. En el contexto de complejas interacciones entre la expansión de la base tecnológica y las relaciones sociales de poder, el socialismo de estado vivió su ocaso y el capitalismo una profunda reestructuración. De esta última emergió en el Norte un tipo de sociedad cuya base tecnológica principal radica en el conocimiento científico y tecnológico avanzado, y cuyas relaciones sociales dominantes son claramente capitalistas. La mayor concentración de poder en nuestro tiempo radica en esta bastante nueva sociedad capitalista del conocimiento.

Para captar la relevancia al alza que tiene la universidad en tal contexto, conviene recordar que el papel del conocimiento no sólo se ha incrementado sino que también ha cambiado. Esquematisando siempre mucho, cabe decir que la generación y la utilización de la ciencia han devenido mucho más próximas en el tiempo, lo que induce a aproximarlas también en el espacio, en los marcos institucionales que fomentan tales actividades, en las labores de las personas que a ellas se dedican. La universidad de investigación está así cerca –potencialmente al menos– de la innovación y aun de la producción. Las políticas prevalecientes para la educación superior apuntan en esa dirección, fomentando la conexión de las actividades universitarias con el mercado y las empresas, el espíritu empresarial de los investigadores, la inversión en las áreas disciplinarias con mayores retornos monetarios. La universidad empresarial, según Etzkowitz lo ha destacado en su prolífica obra, puede llegar a ser una “institución nuclear” de la sociedad contemporánea. Ello resulta viable en la medida en que parece constituir un componente medular de la sociedad capitalista del conocimiento.

³ Traducción del editor.

4. Cambiando el punto de vista

La universidad empresarial ha sido cuestionada, en particular por eminentes estudiosos de la ciencia y la tecnología, que ven en ella un medio poco idóneo para un fin que comparten, la contribución al desarrollo económico a través primordialmente de la expansión de la competitividad empresarial. Aducen que la vinculación reforzada de la investigación al mercado y sus mecanismos de evaluación a corto plazo afecta las principales contribuciones de la universidad a la innovación, que tienen que ver con la investigación de largo aliento y la formación de investigadores en tanto personas capacitadas esencialmente para encarar problemas difíciles de maneras originales.

Sin incursionar en ese tema, aquí adoptamos un punto de vista diferente, que nos devuelve a la cuestión del desarrollo en sentido integral, tal como se le evocó en la primera sección de este texto. En tal perspectiva, es de observar que el modelo de la universidad empresarial asume como doble hipótesis, explícita o implícita, tanto la viabilidad como la deseabilidad para el mundo en su conjunto del tipo de crecimiento económico que ha prevalecido en el Norte durante largo tiempo y al menos hasta la Gran Recesión desencadenada en 2008.

Semejante estilo de crecimiento, cuyo ejemplo más impresionante lo constituye al presente China, es altamente perjudicial desde el punto de vista ambiental y simplemente inviable si se le imagina a escala del planeta entero⁴. Aquí asumimos la última afirmación –corroborada por ejemplo por los sucesivos informes del Panel Internacional de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático– y agregamos que semejante crecimiento es, desde el punto de vista social, también difícilmente viable y sobre todo poco deseable. En efecto, las pautas dominantes en el mundo de hoy tienden a combinar crecimiento con desigualdad (PNUD, 2011). Ello es así en los países “centrales” y, en líneas generales, más aún en las “periferias”.

Tal fenómeno no parece coyuntural. Ni siquiera es fruto tan sólo de las políticas neoliberales, que tanto han contribuido a la desigualdad (aunque bastante menos al crecimiento). Siendo el conocimiento un recurso con rendimientos crecientes a su mayor uso en la producción, la desigualdad en el acceso a sus beneficios, y a la protección antes sus perjuicios, tiende a incrementarse cuanto mayor es la relevancia de tal recurso. Así por ejemplo, las personas que logran acceder a una formación avanzada tienen bastante más posibilidades que las otras de acceder también a ocupaciones no sólo bien remuneradas sino que ofrecen oportunidades de seguir aprendiendo a alto nivel como parte misma del desempeño laboral. De manera análoga, las regiones y los sectores económicos que logran incorporar más conocimiento avanzado

⁴ La agencia informativa uruguaya Uypress reseñó el 6 de noviembre de 2014 un artículo del mismo día del diario South China Morning Post según el cual un estudio realizado por organismos gubernamentales establece que en China la contaminación causó unas 670.000 muertes en 2012, año en el cual más del 70% de la población estuvo expuesto a niveles de polución muy superiores al límite saludable definido por la Organización Mundial de la Salud.

a la producción de bienes y servicios llegan a disponer, en grado considerablemente mayor a las regiones y sectores que no alcanzan logros semejantes, tanto de recursos monetarios como de capacidades cognitivas que les permiten consolidar tal dinámica.

Los que saben y tienen, cuando hacen uso de esa doble ventaja, tienden a saber y a tener más, cosa que difícilmente les sucede a quienes poco tienen y saben. Ello parece inherente a las dinámicas del conocimiento en el contexto de relaciones de poder económico basadas en el mercado, que al presente en gran parte del planeta no son contrabalanceadas sino más bien respaldadas por las relaciones prevalecientes de poder político e ideológico. Recapitulando, en el marco de la sociedad capitalista del conocimiento, la creciente gravitación social de la ciencia, la tecnología y la educación superior apunta a reforzar la desigualdad.

En tal contexto, la vinculación creciente de la educación y la investigación de la universidad con el mercado –como la promueve la universidad empresarial– favorece a quienes tienen mayor poder de mercado combinado con mayor poder de conocimiento.

La demanda solvente de conocimientos –vale decir, la demanda respaldada con poder de compra, que es la que cuenta en el mercado– es comparativamente grande en los países “centrales”. No puede en realidad ser de otra manera, pues su “centralidad” en la economía contemporánea se apoya cada vez más en el papel del conocimiento para la producción de bienes y servicios. Pero esa demanda solvente es muy desigual: resulta grande entre grandes empresas y entre aquellas vinculadas con la alta tecnología en general; es bastante o mucho menor entre las micro, pequeñas y medianas empresas, las cooperativas, los sindicatos, las organizaciones ambientalistas y los movimientos sociales en general. Por consiguiente, si esa demanda solvente se afirma como orientación principal de las actividades universitarias, éstas no apuntarán primordialmente a la “sostenibilidad y equidad” que constituyen las claves de “un futuro mejor para todos” (PNUD, 2011).

La situación es aún menos promisoría en la periferia. Ésta puede caracterizarse hoy por la especialización en la producción de bienes y servicios con relativamente bajo contenido de altas calificaciones y conocimiento avanzado. Así, en los países y regiones que no han escapado de la condición periférica ni están en vías de hacerlo, es débil la demanda solvente de conocimientos. Eso es lo que sucede en gran parte del planeta. En tales condiciones resulta muy difícil construir, mantener y aprovechar una oferta de conocimientos en la cantidad y el nivel requeridos para mejorar la producción de bienes y servicios en sentido amplio, de modo tal que contribuya a la calidad de vida y a la preservación del ambiente. Así entendida, la mejora de la producción es condición necesaria para el desarrollo humano sustentable.

Lo anotado en el párrafo anterior subraya la conexión esencial que debe existir entre generación y uso de conocimientos, por un lado, y desarrollo humano sustentable, por otro lado. Esa conexión es, en los hechos, particularmente débil en el mundo del subdesarrollo, donde se genera comparativamente poco conocimiento y se le usa aún menos para fines de desarrollo. La universidad empresarial, en la realidad de la condición periférica, impulsa aún menos que en

los países centrales la conexión entre conocimiento y desarrollo humano sustentable. Pero esa misma conexión hace indeseable toda alternativa a la universidad empresarial que apunte a un retorno a condiciones en las cuales las labores puramente académicas constituyen la única preocupación de las universidades.

En realidad, esas condiciones nunca existieron y, además, pretender afianzarlas hoy iría a contramano de lo que la sociedad necesita de la universidad:

“En un sentido, las universidades siempre han mantenido cierto grado de vínculos con segmentos influyentes de la sociedad, y no sólo de la mano de la búsqueda del oscuro *l'art pour l'art* como los críticos han gustado a veces sostener. La enseñanza religiosa de las universidades medievales y el ‘encontrar a Dios en la ciencia’ actuaron en función del cumplimiento de la voluntad de los gobernantes, así como más tarde la Universidad Humboldtiana hizo con la educación y la ciencia como instrumentos para la formación del carácter y la percepción del mundo del estudiante. Es con la llegada de los servicios integrales de educación de masas de finales del siglo XX, sin embargo, cuando las tareas más precisas y las obligaciones de la universidad se han convertido en una preocupación para los segmentos más amplios de la sociedad” (Brundenius y Göransson, 2011, p. 348)⁵.

Así, el punto de vista que se intenta elaborar a continuación puede resumirse en una pregunta: ¿qué ideas de (las tareas y obligaciones de la) universidad pueden contribuir mejor al desarrollo entendido como la expansión de las libertades y las capacidades de la gente, en perspectiva socialmente igualitaria y ambientalmente sostenible?

5. Elaborando la noción de universidad para el desarrollo

La noción de universidad para el desarrollo de la que nos ocupamos a continuación fue presentada originalmente en Sutz (2005), en relación al debate sobre la “tercera misión” de las universidades. Ha sido ejemplificada y elaborada en trabajos como los mencionados en la primera sección de este texto, tarea que retomamos aquí. Lo hacemos “en diálogo” con la propia concepción del desarrollo (humano sustentable).

En las condiciones de nuestra época, las estrategias para el desarrollo que apunten a la inclusión social tienen que prestar atención fundamental a las dinámicas del conocimiento y a las problemáticas del medio ambiente. En cualquier época, deben considerar a la gente no como pacientes sino como agente. Manejamos pues la noción de desarrollo humano como la plantea el PNUD (2011), en el entendido de que se alude al desarrollo inclusivo, sustentable, basado en el conocimiento y orientado a la agencia.

⁵ Traducción del editor.

En tal perspectiva, la universidad para el desarrollo puede caracterizarse por el compromiso con el desarrollo que se expresa mediante ciertas formas de practicar interconectadamente y en cooperación con otros actores colectivos las tres misiones de: enseñanza, investigación, e impulso al uso socialmente valioso del conocimiento.

Detallaremos e intentaremos clarificar tan sumaria caracterización, explicitando en particular algunas formulaciones que la misma no incluye.

Por ejemplo, tendría el atractivo de la brevedad y la simetría aludir a la triple misión de transmitir, generar y usar el conocimiento. Pero sería una formulación defectuosa, ante todo porque la concepción de la enseñanza como transmisión del conocimiento es incompatible con el desarrollo orientado a la agencia. Esta idea es, por el contrario, pariente próxima de la enseñanza activa, donde los estudiantes no son receptores de un conocimiento que se les transmite como a pacientes, sino agentes, protagonistas principales, individual y colectivamente, de los procesos de aprendizaje. Este protagonismo crecientemente autónomo de quienes aprenden –que debe prepararlos para estudiar con la actitud creativa de quien resuelve problemas en las tareas de investigación e innovación– es condición necesaria para que personas y colectivos aprendan a aprender, herramienta relevante para la permanente expansión de las capacidades y, específicamente, para enfrentar las tendencias a la exclusión social. Cuando el conocimiento cobra la relevancia de hoy, la inclusión social pasa por abrir a todos oportunidades tanto de acceso a la formación avanzada como de progreso en ella a través de trayectorias variadas, construidas en diálogo de las vocaciones y los intereses de los estudiantes con las ofertas educativas.

En tal entendido, la misión de enseñanza de una universidad para el desarrollo es la de contribuir a generalizar el acceso a la Educación Superior, vista como educación permanente de alto nivel y creciente calidad, cada vez más conectada con el trabajo, el ejercicio de la ciudadanía, la cultura y, en general, las libertades y capacidades para vivir vidas que la gente valore y tenga razones para valorar.

Cabría definir sucintamente universidad para el desarrollo como la que combina enseñanza, investigación y cooperación en tareas de desarrollo. Pero la cooperación con otros actores, si bien especialmente relevante en la tercera misión –y hasta constitutiva de la misma–, tiene papeles gravitantes en las otras dos. Por ejemplo, generalizar la educación avanzada y permanente pasa necesariamente por conectarla con el trabajo a lo largo de toda la vida activa. Se aprende estudiando y se aprende también trabajando en actividades no rutinarias, donde interactúan actores y saberes diferentes para resolver problemas y hacer cosas nuevas, vale decir, para innovar.

Fomentar la enseñanza en ámbitos creativos vinculándola con la investigación es rasgo central del modelo humboldtiano y razón mayor de su éxito. Avanzar en esa dirección pasa por impulsar la enseñanza activa también en espacios potencialmente innovativos. Cabe conjeturar que educación avanzada y trabajo calificado se vincularán cada vez más, lo que llevará a las universidades a cooperar crecientemente con los más diversos espacios –hospitales, fábricas,

laboratorios, granjas, estudios profesionales, organismos públicos, empresas de tipo variado, etc.– donde una tarea socialmente valiosa es desempeñada eficientemente. Se trata de aulas potenciales que debieran aprovecharse.

La cooperación es también necesaria para la investigación; ello es obvio en lo que se refiere a la colaboración entre instituciones académicas, pero vale asimismo para las relaciones entre universidades y otro tipo de actores. Concentrando la atención en la periferia, el desarrollo requiere expandir tanto la oferta como la demanda de conocimientos. Así por ejemplo, las universidades deben cooperar con otros actores para que éstos planteen a aquéllas demandas de investigación y así estimulen la oferta de nuevos conocimientos; también tienen que practicar esa cooperación para impulsar la investigación fuera de las universidades, en ámbitos territoriales y funcionales cada vez más densos, de modo que la oferta de conocimientos no sólo crezca sino que se conecte más con demandas efectivas o potenciales.

En esa perspectiva, la misión de investigación de una universidad para el desarrollo consiste en expandir las capacidades endógenas para generar conocimientos –a nivel local, regional y nacional– en todas las disciplinas y en actividades interdisciplinarias, con calidad internacional y vocación social.

No hay desarrollo basado en el conocimiento sin investigación endógena del más alto nivel. No hay desarrollo inclusivo de largo aliento si esa investigación no incluye efectivamente en sus agendas prioritarias los problemas sociales más relevantes.

Volveremos sobre lo antedicho en la próxima sección. Antes completaremos la sucinta descripción de las tres misiones correspondientes a la idea de Universidad que aquí nos ocupa.

La tercera misión de una universidad para el desarrollo es esencialmente impulsar el uso socialmente valioso del conocimiento a través de la cooperación con una amplia variedad de actores en procesos interactivos que expanden las capacidades para resolver problemas y mejorar la producción de bienes y servicios en general, con atención prioritaria a las necesidades de los sectores más postergados.

Esa cooperación se da pues a través de procesos interactivos de aprendizaje orientados a innovar, lo que constituye una conexión fundamental de la tercera misión con la investigación y asimismo con la enseñanza. Consiguientemente, incorporar a los estudiantes universitarios, como parte misma de sus tareas curriculares, a labores enmarcadas en la tercera misión puede nutrir la enseñanza activa; se trata de enseñar en estrecho contacto con variados actores y problemas sociales, lo que constituye un aporte potencialmente fecundo para la formación técnica e incluso ética de los estudiantes.

La formulación propuesta para las tres misiones universitarias asume que estrategias para el desarrollo basadas en el conocimiento son las que apuntan a incorporar gente altamente calificada y conocimiento avanzado a todas las actividades productivas de bienes y servicios

socialmente valiosos. Esta es condición necesaria para afrontar el subdesarrollo, que hoy en día podría definirse como la combinación de la condición periférica –caracterizada como se dijo por la especialización en actividades productivas con bajo valor agregado de conocimientos y calificaciones– con la subordinación externa en lo económico y lo político, a menudo también en lo militar, e incluso en lo ideológico. Subordinación externa y condición periférica se refuerzan mutuamente, teniendo entre sus causas la debilidad en materia de generación endógena y uso innovativo de conocimiento avanzado.

La tercera misión induce pues a que las universidades colaboren con una amplísima gama de actores, desde organismos estatales y empresas tanto privadas como públicas hasta movimientos sociales y organizaciones comunales. Ahora bien, las necesidades y posibilidades en materia de conocimiento de actores como los mencionados son muy diferentes, por lo cual no pueden ser idénticas las maneras de afrontarlas. Una cosa es una empresa con I+D propia, capacidad para detectar sus requerimientos de innovación técnico-productiva y potencial para financiarla. Otra cosa bastante distinta es el panorama predominante entre las micro, pequeñas y medianas empresas o entre asociaciones de pequeños productores. Y otra cosa totalmente distinta es la situación de los sectores más postergados, a los que son en buena medida ajenas las actividades de investigación e innovación, al punto que apenas si las tienen en cuenta las propias políticas sociales dirigidas a tales sectores.

La cooperación para impulsar el uso socialmente valioso del conocimiento debe incluir pues a sectores tan variados como los antes mencionados. La noción de desarrollo inclusivo lleva a priorizar a los más postergados, tanto por razones éticas –lo más urgente es combatir la exclusión social, cosa que poco hacen las políticas de ciencia, tecnología e innovación prevalentes– como por razones prácticas: en efecto, la cohesión social y la desigualdad comparativamente baja son factores clave en los procesos que mejor combinan rasgos afines al desarrollo humano con amplia capacidad de innovación (por ejemplo, Gregersen y Rasmussen, 2011).

La colaboración con movimientos sociales y sectores postergados ha sido enérgicamente priorizada, por ejemplo, en la tradición extensionista de las universidades públicas latinoamericanas, a menudo contraponiéndola a la cooperación con otros sectores y jerarquizando poco a la investigación. Una concepción de desarrollo inclusivo, basado en el conocimiento y orientado a la agencia, entiende a la extensión como parte medular de la tercera misión de las universidades, de manera revisada y ampliada. Prioriza la cooperación con los sectores más amenazados por la exclusión y menos favorecidos o aún perjudicados por las dinámicas prevalentes de la innovación, al tiempo que impulsa la colaboración con todos los actores que pueden contribuir al uso socialmente valioso del conocimiento. Esa cooperación es entendida, según lo reivindica la doctrina de la extensión universitaria latinoamericana, como diálogo “horizontal” entre actores y saberes distintos, donde cada uno aporta y aprende de los otros; al mismo tiempo se asume que los actores universitarios deben contribuir con el más alto nivel posible de conocimiento en las diversas áreas de las ciencias y las tecnologías, lo que implica en especial que la tercera misión de la universidad se cumple efectivamente cuando está estrechamente conectada con la investigación.

6. La viabilidad de la universidad para el desarrollo analizada desde la generación de conocimientos

Del papel de las universidades en la generación de conocimientos nos venimos ocupando desde la primera frase de este texto. Ahora intentamos conectar esa temática con la viabilidad de la universidad para el desarrollo, lo cual, por cierto, debe ser entendido como la pregunta acerca de las posibilidades de que rasgos vinculados a ese modelo o tipo ideal tengan presencia significativa en la realidad. Se trata, específicamente, de analizar las perspectivas de una estrategia para la generación de conocimientos en las universidades iberoamericanas que se inspire en la noción de la universidad para el desarrollo. El asunto ha sido abordado en un trabajo reciente (Arocena, 2014), por lo cual aquí cabe limitarse a ciertas observaciones bastante breves.

El punto de partida lo constituye la comprobación de que, en la periferia, la demanda solvente de conocimiento endógenamente generado es realmente muy pequeña mientras que la demanda social de tal conocimiento es potencialmente muy grande. El eje de la estrategia sugerida apunta a expandir en la agenda de investigación universitaria el lugar de las demandas sociales, aun si no son solventes. Un ejemplo mayor lo constituye la emergente gama de políticas de investigación e innovación orientadas a la inclusión social, lo cual subraya la conexión de la estrategia manejada con el desarrollo inclusivo. La experiencia muestra que parte significativa de los problemas que surgen cuando se hacen llamados a proyectos enmarcados en dichas políticas son de carácter ambiental, cuyo encare aporta al desarrollo sustentable. Una orientación de este tipo para la investigación en una universidad que la vincula estrechamente con la enseñanza puede contribuir a la formación ética de los estudiantes, a tono con el énfasis normativo del desarrollo humano a la Amartya Sen. Fomentar la investigación ligada a la demanda social de conocimientos tiene escasas perspectivas si no se involucra a los sectores directamente interesados, desde la detección de necesidades, pasando por su traducción en problemas de investigación, hasta la implementación efectiva de eventuales soluciones. El papel de la agencia es pues notorio. También lo es la conexión entre la generación de conocimientos y la tercera misión de la universidad para el desarrollo, contribuir al uso socialmente valioso del conocimiento.

Los obstáculos para la estrategia esbozada suman legión, dentro y fuera de las universidades. Ejemplo de lo primero es el sistema de evaluación que realmente no orienta la investigación universitaria hacia resolver problemas sociales, reflejando así los intereses predominantes en la academia que no son, más allá de las palabras, los del desarrollo inclusivo. Este obstáculo desborda a la universidad; afecta a toda la propuesta para el desarrollo a la Sen, tan compatible normativamente pero para la cual es tan difícil encontrar respaldos fuertes en “los intereses materiales e ideales” que, según Weber, gobiernan la conducta de los seres humanos.

Se puede aventurar que esos intereses deben ser contruidos, lo cual puede sonar extraño, pero ¿acaso no es lo que sucedió en los casos exitosos de industrialización tardía? No parece razonable esperar que la construcción de una base de conocimiento para el desarrollo exija menores esfuerzos financieros, políticos e ideológicos. Se trata de construir legitimidad y res-

paldos activos, a través de una política de vinculación de la generación de conocimientos con la detección y atención a la demanda potencial de uso socialmente valioso de conocimientos. La contribución de una institución de educación superior a tal objetivo es un indicador relevante de la medida en que ha llegado a ser universidad para el desarrollo.

Bibliografía

AROCENA, R., GORANSSON, B., y SUTZ, J. (2014): “Universities and Higher Education in Development”, en B. Currie-Alder, R. Kanbur, D. Malone y R. Medhora (editores): *International Development. Ideas, Experience, and Prospects*, Oxford University Press, pp. 582-598.

AROCENA, R., GORANSSON, B., y SUTZ, J. (2015): “Development Universities and Knowledge Policies”, a aparecer en *Technology in Society*.

AROCENA, R. (2014): “La investigación universitaria en la democratización del conocimiento”, *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, vol. 9, n° 27, pp. 85-102.

BENNER, M. (2011): “In Search of Excellence? An International Perspective on Governance of University Research”, en *Goransson y Brundenius* (editores), pp. 11-24.

BRUNDENIUS, C. y GORANSSON, B. (2011): “The Three Missions of Universities: A Synthesis of UniDev Project Findings”, en *Goransson y Brundenius* (editores), pp. 329-352.

FICHTE, J., SCHLEIERMACHER, F., VON HUMBOLDT, A., NIETZSCHE, F., WEBER, M., SCHELER, M., y JASPERS, K. (1959): *La idea de la Universidad en Alemania*, Ed. Sudamericana, Buenos Aires.

ETZKOWITZ, H. (2004) “The evolution of the entrepreneurial university”, *International Journal of Technology and Globalization*, vol. 1, n° 1, pp. 64-77.

GORANSSON, B. y BRUNDENIUS, C. (editores) (2011): *Universities in transition. The Changing Role and Challenges for Academic Institutions*, Springer – International Development Research Centre, Ottawa.

GREGERSEN, B. y RASMUSSEN, J. G. (2011): “Developing Universities: The Evolving Role of Academic Institutions in Denmark”, en *Goransson y Brundenius* (editores), pp. 283-305.

MULLER, S. (editor) (1996): *Universities in the Twenty-First Century*, Berghahn Books, Providence, RI, EE.UU.

NATURE (2014): “Universities challenged”, *Nature*, en www.nature.com/news/universities-1.16123.

NORTH, D. C. (2005): *Understanding the Process of Economic Change*, Princeton University Press, EE.UU.

PNUD (2011): *Sostenibilidad y equidad: un futuro mejor para todos, Informe sobre el Desarrollo Humano 2011*, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Nueva York.

SCHMOCH, U. (2011): "Germany: The Role of Universities in the Learning Economy", en *Goransson y Brundenius* (editores), pp. 261-282.

SEN, A. (1999): *Development as Freedom*, Oxford University Press.

SUTZ, J. (2005): "The role of universities in knowledge production", SciDevNet, Policy Briefs, abril. Disponible en www.scidev.net/dossiers/index.cfm?fuseaction=policybrief&dossier=13&policy=59.

El papel de las universidades en la generación, apropiabilidad, transferencia y difusión de conocimiento para contribuir al desarrollo y la inclusión social

Gustavo Eduardo Lugones*

Este trabajo está dirigido a explorar el papel actual y potencial de las universidades en la relación entre ciencia, tecnología e innovación (CTI) con el desarrollo en su sentido integral. La referencia a la relación CTI-desarrollo apunta a la necesidad de escalamiento productivo y cambio estructural (procurando un incremento paulatino pero constante y generalizado de conocimiento en la matriz productiva de nuestros países) y evitar los peligros siempre latentes de experimentar los problemas de la llamada "enfermedad holandesa" (particularmente en América Latina y el Caribe). Con respecto al papel de las universidades en esa relación, nos referimos, por un lado, a su aporte en la formación y capacitación de recursos humanos (RR.HH.) y al carácter inclusivo de la educación; por el otro, a la generación y desarrollo de conocimientos a partir de las actividades de investigación. Asimismo, a la necesidad de asegurar la "apropiabilidad" por parte de nuestra sociedad, tanto de los RR.HH. formados como de los conocimientos adquiridos, para lo cual son centrales las tareas de difusión y transferencia (reforzando los vínculos resumidos por Sábato en su famoso "Triángulo"), así como las de extensión (también llamada, quizás con mayor propiedad, "cooperación"), tan importante para la inclusión social. Desde luego, esta preocupación por el papel de las Universidades lleva a la necesidad de cuestionarse cómo se definen las prioridades tanto en docencia (disciplinas, carreras, títulos, modalidades, etc.), como en investigación (básica u orientada).

Palabras clave

Universidad, recursos humanos, investigación y desarrollo, conocimiento

* Investigador del Centro REDES y de la Universidad Nacional de Quilmes, de la que fue rector entre 2008 y 2012 y donde es director de la Maestría en Ciencia, Tecnología y Sociedad. Ex-director general del Consejo Interuniversitario Nacional (CIN). Correo electrónico de contacto: glugones@unq.edu.ar.

1. Introducción

En los últimos años han crecido exponencialmente las oportunidades, las posibilidades, las expectativas y, consecuentemente, las responsabilidades para las instituciones de educación superior (ES) en la Argentina.

El aumento en la participación del presupuesto universitario como porcentaje del PIB (incluyendo una fuerte inversión en infraestructura y la creación de nuevas casas de estudio) han impulsado a las universidades de gestión pública (UU.NN.) a asumir un mayor protagonismo y a diversificar sus funciones abarcando un campo de acción más amplio y complejo, expandiendo sus actividades, sus compromisos y su visibilidad y presencia en la sociedad.

El reto en el futuro inmediato es ampliar y profundizar el papel estratégico de la educación terciaria como herramienta para la inclusión y como fuente de estímulos para el desarrollo humano, económico y social, en el marco de tres tendencias que han dado firmes indicios de consolidación: expansión y complejización de la demanda en ES; diversificación y diferenciación del sistema de educación superior (SES); y mayor participación del conocimiento en la agregación de valor y en las competencias requeridas por la sociedad a nuestros recursos humanos (RR.HH.).

Es importante remarcar la última de las tendencias mencionadas ya que, en efecto, el papel del conocimiento es crucial para el éxito de los esfuerzos que se llevan a cabo en los diversos aspectos del quehacer social, esto es, tanto en la competitividad empresarial como en el desenvolvimiento de las organizaciones sociales, en los campos de la salud y la educación, en lo cultural, en el cuidado del medio ambiente, en el transporte, las comunicaciones, la vivienda, etc.

En este sentido, el factor de producción más importante es el conocimiento y, precisamente, las UU.NN. son un locus vital, tanto para la formación de RR.HH. como para la generación de conocimiento.

El acervo de conocimientos de nuestra sociedad no es más que el resultado de los esfuerzos previos realizados en formación de RR.HH. y en investigación y desarrollo (I+D). Del mismo modo, nuestro futuro depende de las acciones que, al respecto, estamos llevando a cabo en el presente. Lo hecho antes y lo que hacemos hoy puede tanto resultar un condicionante o una limitante de lo que hagamos mañana o bien potenciar nuestras capacidades y ensanchar nuestras posibilidades. Somos, en este sentido, “dependientes de la trayectoria”. Esto es lo que hace tan importante que educación y ciencia deban ser ubicadas siempre al tope entre las prioridades sociales.

2. La importancia de un cambio estructural en nuestra estructura productiva

A lo largo de nuestra historia, el mercado internacional ha favorecido con precios altos (es decir, más altos que los vigentes en el plano doméstico) a diversos productos primarios y *commodities*, respecto de los cuales hemos contado oportunamente con ventajas comparativas for-

midables: la carne y/o los cereales durante décadas y las oleaginosas más recientemente.

La consecuencia y el riesgo que viene asociado a una excesiva concentración de la producción y las exportaciones en bienes primarios y “commodities low-tech” es el desplazamiento de otras opciones de inversión y la postergación de senderos de crecimiento alternativos que darían mucha mayor solidez y sustentabilidad a nuestra estructura económica a largo plazo. Nos referimos a intentar un escalamiento productivo hacia una creciente proporción de bienes con mayor complejidad tecnológica en nuestra pauta productiva y comercial.

Un sendero de desarrollo orientado en esta dirección no sólo apunta a mayores posibilidades de crecimiento en los ingresos empresarios, sino también en los de los trabajadores, a la vez que consolida una posición robusta en nuestro sector externo (Lugones y Suárez, 2012) y aleja el peligro de la llamada “enfermedad holandesa” (*Dutch disease*) (Bresser-Pereira, 2008).

Cierto es que el referido escalamiento productivo exige esfuerzos importantes, sostenidos y sistemáticos en materia de I+D y de introducción de innovaciones, tanto en los procesos como, sobre todo, en el diseño, características y prestaciones de los bienes (diferenciación de productos).

Sin embargo, contra lo que suele suponerse, en todos los sectores de actividad (no sólo en los *high-tech*) existe un grupo (si bien aún pequeño) de empresas que muestran conductas innovativas que solemos denominar “virtuosas”. Estas conductas se caracterizan por un gasto en actividades innovativas superior a la media de su sector, y por hacerlo de manera equilibrada y continua¹. Este grupo de empresas “virtuosas” da cuenta del 20% del empleo total en la industria manufacturera pese a representar entre el 7 y el 10% del total de las firmas, paga salarios 20% por encima de la media de sus respectivos sectores de actividad y logra niveles de productividad muy superiores al resto (Lugones *et al.*, 2009).

Por lo tanto, si bien la innovación presenta especificidades sectoriales (Pavitt, 1984), esto no implica que existan exclusividades sectoriales o, dicho de otra forma, no sólo en los sectores *high-tech* pueden advertirse conductas innovativas “virtuosas”.

En efecto, la incorporación de conocimiento presenta características diferentes según el sector, pero en todos los sectores es posible y ventajoso incorporar conocimiento. Esto conduce a otra forma de pensar las tendencias de especialización productiva.

Evidentemente, el reto es incrementar el número de estas firmas y su proporción sobre el total. Para ello es imprescindible reforzar los vínculos del sistema de CyT con las empresas de manera

¹ Una conducta innovativa “equilibrada” supone un gasto relativamente semejante o parejo entre las distintas actividades innovativas; esto es, I+D, adquisición de bienes de capital, capacitación de los trabajadores, adquisición de conocimiento vía transferencias o consultorías, entre otras actividades destinadas a la introducción de innovaciones.

que las firmas adquieran las competencias endógenas requeridas para una reorientación productiva hacia un mayor contenido de conocimiento en la producción. A su vez, el fortalecimiento de las vinculaciones exige una mejor y más fina coordinación micro-macro de los incentivos diseñados al efecto.

En este contexto es prioritario que nuestras UU.NN. continúen profundizando las acciones en materia de transferencia, extensión y difusión a fin de que las empresas y otras organizaciones incrementen la incorporación a sus planteles de RR.HH. formados en nuestras aulas y laboratorios y de los conocimientos generados en éstas y otras instituciones de CyT. Parece ser ésta una vía ineludible para asegurar la máxima apropiabilidad social de los logros alcanzados por nuestras UU.NN. tanto en docencia como en investigación.

3. El efecto multiplicador de los eslabonamientos

Es imposible dudar de la importancia de contar con un creciente número de empresas *high-tech*. Desde luego, esto le daría a cualquier economía la ventaja de incursionar en mercados en constante expansión, donde se comercializan bienes con alta elasticidad-ingreso de la demanda. Además, una trayectoria de esta naturaleza implicaría haber logrado dominar y acumular capacidades que significan estímulos positivos para el conjunto de la economía por el posible derrame de conocimientos hacia el resto de las actividades.

Precisamente para el aprovechamiento pleno de los recursos y potencialidades asociados a las actividades de alto contenido de conocimiento, es necesario que éstas maximicen los eslabonamientos y vinculaciones con proveedores y/o usuarios locales. Los efectos positivos para el conjunto tienden a debilitarse si esas actividades están eslabonadas principalmente con el exterior, particularmente en los casos en que la mayoría de los insumos, partes y componentes dependen de proveedores externos.

Precisamos, entonces, tanto de un incremento en las capacidades para producir bienes *high-tech* como de encadenamientos hacia atrás y hacia delante de modo de reforzar los tejidos productivos y de servicios locales.

En efecto, un escenario de debilidad de los tejidos locales afecta la difusión de impulsos dinámicos entre actividades impide una adecuada difusión de conocimiento entre los actores y agudiza los síntomas de heterogeneidad estructural que han afectado históricamente a la economía argentina.

4. Una estructura productiva equilibrada

Una estructura productiva ideal (o hacia la cual deberíamos intentar dirigirnos) sería entonces aquella que combina al menos tres elementos:

- Presencia creciente de capacidades para la producción de bienes *high-tech*.
- Presencia importante y creciente de significativos esfuerzos innovativos, que deben ser también equilibrados y continuos, aun en las ramas comúnmente caracterizadas como de bajo contenido de conocimiento (alimentos, calzado, textiles, etc.).
- Una sólida trama de encadenamientos y vinculaciones entre productores domésticos y entre éstos y los oferentes de servicios locales.

Esto implica una importante transformación estructural de nuestra economía, ya que lo que ha prevalecido históricamente en nuestras actividades productivas es una presencia preponderante de actividades de bajo contenido de conocimiento y/o débiles eslabonamientos locales, con tendencias a requerir de importaciones en proporciones significativas, lo que ha llevado a cíclicos y recurrentes problemas de estrangulamientos en el sector externo.

5. El papel de las UU.NN. en este contexto

Las UU.NN. tienen un muy importante papel que cumplir en el apoyo a un cambio estructural de nuestra economía en la dirección antes planteada. En primer término, en lo que hace a la función básica y primordial de las UU.NN., esto es, la docencia y la consecuente formación de RR.HH. calificados. En segundo lugar, hay que tener en cuenta que, en la Argentina, un porcentaje mayoritario de la generación de conocimiento, vía actividades de I+D, se lleva a cabo en las UU.NN., las que engrosan sus planteles de investigadores con una buena parte de los investigadores de carrera del CONICET que se encuentran radicados en las mismas².

Adicionalmente, es de destacar la creciente preocupación de las UU.NN. tendientes a la transferencia y difusión del conocimiento generado por sus investigadores y las actividades que desarrollan al respecto.

En rigor, son cuatro los aspectos que es necesario analizar en relación con el papel de las UU.NN. en el contexto actual:

- Los aportes a la inclusión social a partir de la diversidad de actividades que despliegan.
- La cuestión de la apropiabilidad o captura del conocimiento generado, tanto en formación de RR.HH. como por resultados de las actividades de I+D.
- La necesidad o pertinencia de fijar prioridades en las agendas de investigación.
- La vinculación entre producción científica y la producción de bienes y servicios y sus implicancias en el crecimiento y el empleo.

² En muchas UU.NN., quienes pertenecen a la carrera del CONICET (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas) son mayoría entre sus investigadores.

6. Los aportes a la inclusión social

En este sentido, cabe destacar el carácter inclusivo que caracteriza a las actividades de docencia, pilar fundamental de la vida universitaria, cuya misión es contribuir a que en su tránsito por nuestras aulas los estudiantes se enriquezcan como ciudadanos, como académicos, como profesionales y como técnicos.

A partir de la creación de un número importante de nuevas universidades en los años recientes y la rápida respuesta en materia de inscriptos a las mismas, se ha podido advertir que la demanda por educación superior en la Argentina es amplísima y aún resta mucho para que sea plenamente satisfecha. Acercar físicamente las UU.NN. a los estudiantes potenciales implica para ellos un muy significativo ahorro en materia de tiempo y costos de transporte por lo que esto es ya, de por sí, un impulso importante hacia una mayor inclusión. Otro tanto puede decirse de los incrementos en la capacidad para incorporar nuevos estudiantes a las UU.NN. ya existentes, posibilitado por los significativos montos de inversión pública destinados a ampliar la infraestructura universitaria (aulas, laboratorios y equipamiento). Éste es, en efecto, otro considerable impulso hacia la inclusión.

Todo esto debe ser acompañado, sin embargo, por una concepción de la misión universitaria que deje de lado definitivamente cualquier atisbo de elitismo y asuma la educación superior como un derecho básico de los ciudadanos y un bien público³. Pero una universidad inclusiva no implica sólo que debe ser abierta y democrática y bregar por la retención de los ingresantes y el aumento sistemático de la tasa de graduación; es necesario, además, asegurar una educación de máxima calidad para que las prácticas inclusivas lo sean realmente y no sólo en lo aparente. De lo contrario, se estaría incurriendo en fraude al estudiante y en un empleo indebido de los recursos que la sociedad en su conjunto destina a estos fines.

Inclusión y calidad son, por tanto, dos aspectos de un mismo proceso en el que los esfuerzos públicos por incrementar la inversión en educación superior, para dar los mejores frutos, deben conjugarse con la actitud, el compromiso y la responsabilidad de quienes conducen y de todos quienes desarrollan tareas docentes, de investigación o administrativas en las UU.NN.

Hay otro grupo de actividades a las que la vida universitaria presta cada vez más atención. Nos referimos a la función editorial, gracias a la cual se interviene crecientemente en el campo de la difusión y debate de ideas, a fomentar el espíritu crítico, el desarrollo cultural y un acceso más amplio al conocimiento.

También en relación con el aporte de las UU.NN. a la inclusión social, cabe referirse a las nuevas funciones que se están asumiendo en el campo de la comunicación social, como la producción

³ En la Declaración final de la Conferencia Regional de Educación Superior en América Latina y el Caribe realizada en Cartagena de Indias, Colombia, en 2008, se sostiene: “La Educación Superior es un bien público social, un derecho humano y universal y un deber del Estado”.

de contenidos audiovisuales de carácter científico, artístico, cultural, histórico, periodístico o documental y su difusión por medio de emisoras radiales y televisivas universitarias

7. La cuestión de la apropiabilidad de los RR.HH. formados y del conocimiento generado

La misión primigenia, básica y fundamental de nuestras UU.NN. es la formación de RR.HH. Antes que nada, las instituciones de ES deben apuntar a la formación de ciudadanos más conscientes de sus derechos y obligaciones, y de futuros técnicos, profesionales o académicos, llamados a contribuir con sus talentos y esfuerzos a incrementar el acervo de conocimientos, capacidades, habilidades y potencialidades de nuestra sociedad.

Esto está dicho, en principio, para abogar por la revalorización de la docencia como misión principal y por la jerarquización de la enseñanza en contra de la idea de otorgarle una menor jerarquía con respecto a las actividades de investigación, publicación, transferencia y extensión, que también llevan a cabo nuestros docentes. También está dicho para propugnar la plena y activa incorporación de los RR.HH. que logramos formar, a las actividades de nuestras organizaciones, instituciones y empresas. Éste es el broche necesario para coronar los esfuerzos sociales invertidos en este aspecto.

En contrapartida, su aprovechamiento parcial o nulo, da lugar a una sangría que es doblemente perjudicial, ya que no sólo nos privamos de aprovechar el fruto de los esfuerzos sociales invertidos sino que éstos terminan incrementando capacidades ajenas que luego pueden resultar determinantes en los posicionamientos relativos de nuestro país en el concierto internacional.

Es bien conocido el fenómeno llamado “fuga de cerebros” que ha afectado severamente a nuestro país en años pasados y que afortunadamente se está revirtiendo, como lo prueba la repatriación de científicos que habían migrado al exterior (y que ha superado recientemente al número 1000) gracias al programa Raíces pero, sobre todo, a las nuevas y favorables condiciones para el desarrollo de actividades científico-tecnológicas en la Argentina.

La otra función esencial es la que alude a las actividades de investigación, que permiten la generación, desarrollo y adaptación de conocimientos útiles para transformar la realidad y para ayudar a satisfacer las necesidades sociales, es decir, la investigación básica y aplicada, el desarrollo tecnológico a partir de conocimientos generados o adquiridos, la adaptación de conocimientos y técnicas disponibles, la búsqueda de nuevas aplicaciones a conocimientos previos y de soluciones técnicas para la resolución de problemas en los diversos campos que abarcan el quehacer humano y la amplia variedad de situaciones que requieren de conocimientos científico-tecnológicos y los aprovechan para superar los obstáculos que deben superar permanentemente las empresas (públicas y privadas), las organizaciones sociales y las instituciones o para acceder a nuevos y mejores niveles de desempeño.

La generación de conocimiento, la búsqueda de nuevas aplicaciones y el desarrollo de conocimientos preexistentes o, en otras palabras, las actividades que llevan a cabo nuestros laboratorios y grupos de investigación, sirven precisamente para ensanchar la frontera de posibilidades e incrementar nuestras potencialidades como sociedad para enfrentar los desafíos que implica la permanente búsqueda de mejoras en nuestra calidad de vida.

Cuando hablamos de “ensanchar la frontera de posibilidades” nos referimos a una de las funciones socialmente más importantes de la actividad científica, como es la de poner a nuestra disposición nuevas herramientas para aprovechar mejor y más plenamente nuestros recursos humanos y materiales para diversificar la producción de bienes y servicios, lograr un escalamiento de los mismos hacia mayores contenidos de conocimiento mejorando la competitividad de nuestras empresas y organizaciones, fortalecer nuestros sistemas de salud, de educación y de transporte, avanzar hacia una mejor gestión ambiental y hacia entornos que potencien nuestras capacidades y multipliquen nuestros valiosos logros en el plano de la cultura, entre tantos otros aspectos dignos de mención.

8. Transferencia y extensión

Para que puedan ser empleados y aprovechados plenamente como herramientas para la superación y mejora de los métodos y los productos, estas actividades deben necesariamente ser coronadas por esfuerzos destinados a la transferencia de esos conocimientos a la esfera de la producción de bienes y servicios. Tanto o más importantes aún son los esfuerzos destinados a la extensión (actividad también llamada, quizás más apropiadamente, cooperación social), es decir, las acciones que se llevan a cabo conjuntamente con las organizaciones sociales y la comunidad para utilizar las capacidades con que cuentan nuestros laboratorios y equipos de investigación para la búsqueda, generación o desarrollo, de forma mancomunada, de soluciones y aplicaciones destinadas a dar respuesta a requerimientos sociales.

El desafío de la hora parece ser procurar que la creciente masa de titulados (técnicos, magisteres, doctores) y que los importantes logros en materia de desarrollo científico-tecnológico, sean efectiva y plenamente aprovechados por la sociedad, para que los esfuerzos desplegados se traduzcan en el crecimiento de la calificación promedio de los planteles de empresas y organizaciones y en una mayor incorporación de conocimiento a la producción de bienes y servicios (a lo que solemos referirnos como “escalamiento productivo”).

Que los RR.HH. formados y que el conocimiento generado en nuestras UU.NN. lleguen a ser efectivamente adoptados e incorporados plenamente por las empresas, organizaciones sociales y agencias gubernamentales para mejorar sus prácticas y resolver sus problemas de desenvolvimiento y desarrollo es la forma de cerrar el círculo virtuoso de generación y apropiación del conocimiento por parte de la sociedad.

No es aventurado decir que ésta es la única vía para consolidar una estructura productiva más equilibrada y sustentable, capaz de apuntalar el incremento sistemático del empleo y de los ingresos de los trabajadores: un modelo productivo con innovación e inclusión social.

Esto nos remite a un esquema planteado por Jorge Sábato como modelo de política científico-tecnológica, conocido como el “Triángulo de Sábato”, donde uno de los vértices representa al Estado (de quien se espera que asuma el rol de diseñador y ejecutor de la política científico-tecnológica), otro al sistema de CyT (la “oferta” de conocimiento) que incluye, desde luego, a las UU.NN., y el restante al sector productivo (a quien se presume como “demandante” de conocimiento) (Martínez Vidal, 1996).

Si bien hace más de 30 años que Sábato nos dejó este valioso legado (entre muchos otros), no ha perdido vigencia y representa fielmente una preocupación permanente en el pensamiento sobre CyT en particular y sobre desarrollo en general en Argentina y América Latina.

El triángulo nos da la idea de que habrá un funcionamiento virtuoso en el sistema de CyT de un país en tanto y en cuanto los vínculos o relaciones entre sus vértices sean robustos. Dicho en otros términos, sólo tendremos un sistema científico-tecnológico bien desarrollado si logramos una fuerte interacción entre los tres componentes mencionados. Esto implica, tácitamente, que al interior de cada vértice también deben ser sólidas las articulaciones entre sus respectivos componentes.

Podría afirmarse, con escaso margen de duda, que entre las asignaturas pendientes en materia de articulación la más importante parece ser la que refiere a los vínculos entre el vértice empresa del “Triángulo de Sábato” y los dos restantes (sistema de CyT y Estado). En particular, se siguen registrando dificultades u obstáculos en los vínculos entre los organismos de CyT y las empresas productivas. Destacamos este aspecto porque se hace más notorio a la luz de los notables avances en las relaciones que esos organismos sostienen con instituciones y agencias públicas y con organizaciones sociales de diverso orden y que han determinado, por ejemplo, un crecimiento exponencial de las actividades y los presupuestos asignados en las UU.NN. a sus respectivas áreas de extensión o cooperación social y que son fiel registro de esas interacciones.

El desarrollo y fortalecimiento de los vínculos de las empresas productivas con las UU.NN. y las demás instituciones del sistema de CyT reviste una importancia crucial para ampliar la difusión de conocimiento, la introducción de innovaciones y, consecuentemente, las mejoras en el bienestar social general. Sin embargo, son múltiples y considerables los obstáculos a superar para que esos vínculos se fortalezcan. Entre otros, merecen destacarse los problemas de cultura asociativa, las preferencias de los actores (los empresarios, principalmente) por el corto plazo, estímulos insuficientes, inadecuados o sub-aprovechados, problemas de escala, problemas de entorno, etc.

Más allá de estos problemas, sin duda, reales y concretos, un aspecto parece tener particular capacidad explicativa, por lo que merece ser considerado especialmente. Éste se refiere al patrón de especialización productiva y comercial prevaleciente, fuertemente inclinado hacia productos primarios y *commodities* industriales con baja intensidad tecnológica. En otras palabras, si nuestra producción, mayoritariamente, es poco demandante de conocimiento y basa su competitividad en otros factores, es esperable un escaso nivel de vinculación entre las empresas y el sistema de CyT. En este caso, el patrón de especialización prevaleciente sería la causa de la debilidad en los vínculos empresa-sistema de CyT.

Claro que se podría plantear el problema en términos inversos, esto es que, como consecuencia de los débiles lazos con quienes pueden proveer conocimientos y soluciones tecnológicas, la producción se concentra en bienes *low tech* debido a dificultades supuestamente insalvables para acceder a los conocimientos necesarios para encarar otras opciones productivas diferentes a las que prevalecen.

Sin embargo, creemos que es mucho más plausible la primera explicación. A lo largo de nuestra historia, el mercado internacional ha favorecido con precios altos (es decir, más altos que los vigentes en el plano doméstico) a diversos productos primarios, respecto de los cuales hemos contado oportunamente con ventajas comparativas formidables: la carne y/o los cereales durante décadas y las oleaginosas más recientemente.

La consecuencia y el riesgo que viene asociado a una excesiva concentración de la producción y las exportaciones en bienes primarios y *commodities low-tech* es el desplazamiento de otras opciones de inversión y la postergación de senderos de crecimiento alternativos que darían mucho mayor solidez y sustentabilidad a nuestra estructura económica a largo plazo. Nos referimos a intentar un escalamiento productivo hacia una creciente proporción de bienes con mayor complejidad tecnológica en nuestra pauta productiva y comercial.

Un sendero de desarrollo orientado en esta dirección no sólo apuntala mayores posibilidades de crecimiento en los ingresos empresarios, sino también en los de los trabajadores, a la vez que consolida una posición robusta en nuestro sector externo y aleja el peligro de la llamada “enfermedad holandesa” (*Dutch disease*) (Bresser-Pereira, 2008).

Esto implica ni más ni menos que visitar Prebisch, otro de nuestros pensadores que nos dejaron en la década de los 80 (al igual que Sábato, mencionado más arriba), pero cuyo legado intelectual mantiene una sorprendente actualidad.

En los años 50, Raúl Prebisch sostenía que para combatir lo que él bautizó como “deterioro secular de los términos de intercambio” era menester incrementar la proporción ocupada por las manufacturas en nuestra estructura productiva y en nuestras exportaciones (Prebisch, 1950). Hoy podemos decir que, pese al ciclo de precios altos de los productos primarios y las *commodities* industriales en los últimos años, si pensamos en el largo plazo (como es menester) esta premisa no sólo se mantiene sino que una mirada estratégica nos exige ir un poco más allá y proponer que el cambio tecnológico (la introducción de innovaciones) reconoce variantes socialmente superiores a otras.

Concretamente, sostenemos que entre las innovaciones posibles a introducir por nuestras unidades productivas existen innovaciones (y empresas innovadoras) preferibles a otras (Ferrer, 2010). En efecto, las innovaciones de proceso (los métodos de producción) son importantes para mejorar la eficiencia y lograr ganancias de productividad. Pero una creciente introducción de innovaciones de producto (diseño, características y prestaciones de los bienes) permitirá el escalamiento productivo antes mencionado con consecuencias positivas en la evolución del ingreso medio de los trabajadores. Ciertamente es que allí radica el principal reto o desafío: para se-

guir esa dirección es menester incrementar sustantivamente el gasto (inversión, en realidad) en actividades de innovación, hacerlo de manera continua, equilibrada y sistemática y avanzar en la diferenciación de producto⁴.

Evidentemente, el reto es incrementar el número de firmas con conductas innovativas como las mencionadas y su proporción sobre el total. Para ello es imprescindible reforzar los vínculos del sistema de CyT con las empresas de manera que las firmas adquieran las competencias endógenas requeridas para una reorientación productiva hacia un mayor contenido de conocimiento en la producción. A su vez, el fortalecimiento de las vinculaciones exige una mejor y más fina coordinación micro-macro de los incentivos diseñados al efecto.

En este contexto, es prioritario que nuestras UU.NN. continúen profundizando las acciones en materia de transferencia, extensión y difusión a fin de que las empresas y otras organizaciones incrementen la incorporación a sus planteles de RR.HH. formados en nuestras aulas y laboratorios y de los conocimientos generados en éstas y otras instituciones de CyT. Parece ser ésta una vía ineludible para asegurar la máxima apropiabilidad social de los logros alcanzados por nuestras UU.NN. tanto en docencia como en investigación.

Bibliografía

BRESSER-PEREIRA, L. C. (2008): “La ‘enfermedad holandesa’ y su neutralización, *Serie Cuadernos del Desarrollo*, n° 9, INTA.

DECLARACIÓN FINAL DE LA CONFERENCIA REGIONAL DE EDUCACIÓN SUPERIOR EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE (2008): Cartagena de Indias, Colombia.

FERRER, A. (2010): “Raúl Prebisch y el dilema del desarrollo en el mundo global”. *Revista de la CEPAL*, n° 101, agosto.

LUGONES, G., y SUÁREZ, D. (2008): “Especialización, tendencias del cambio tecnológico y patrón de innovaciones”, en E. Correa, J. Denis y A. Palazuelos (Coords): *América Latina y Desarrollo Económico. Estructura, Inserción Externa y Sociedad*, AKAL, Madrid.

LUGONES, G. (con la colaboración de BIANCO, C., y PEIRANO, F.) (2012): *Teorías del Comercio Internacional, Colección Economía y Sociedad*, Centro Cultural de la Cooperación, Universidad Nacional de Quilmes.

LUGONES, G., PORTA, F., MERCADO, R., y GERBER, M. (2009): “Innovación Productiva en Argentina”, en *Aportes para el Desarrollo Humano en Argentina 2009*, Libro 1, PNUD.

⁴ I+D, adquisición de bienes de capital, capacitación de los trabajadores, adquisición de conocimiento vía transferencias o consultorías, entre otras actividades destinadas a la introducción de innovaciones.

MARTÍNEZ VIDAL, C. (1996): “Idealista entre pragmáticos y humanista entre tecnólogos”, en *Sabato en CNEA*, Comisión Nacional de Energía Atómica, Universidad Nacional de General San Martín, pp. 3-24.

PAVITT, K. (1984): “Sectoral patterns of technical change: Towards a taxonomy and a theory”, *Science Policy Research Unit, University of Sussex*, Brighton.

PREBISCH, R. (1950): “El desarrollo económico de la América Latina y algunos de sus principales problemas”, en *Desarrollo Económico*, vol. 26, n° 103, octubre-diciembre de 1986.

Condicionantes de la generación de conocimiento científico y tecnológico en las universidades latinoamericanas

Jesús Sebastián*

En este artículo se analiza el papel de la universidad latinoamericana en la generación de conocimiento desde la perspectiva de diferentes condicionantes asociados a los entornos internacionales, nacionales e institucionales, a las lógicas de las comunidades científicas y a los procesos para la conformación de las agendas de investigación. Se concluye que uno de los principales condicionantes para aumentar el papel de las universidades latinoamericanas en la generación de conocimiento científico y tecnológico se encuentra en la potencia, calidad y pertinencia de las políticas nacionales de fomento y orientación de la I+D.

Palabras clave

Investigación universitaria, política científica, América Latina

* Investigador científico (jubilado) del Consejo Superior de Investigaciones Científicas de España. Ex Secretario General del Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el desarrollo (CYTED). Correo electrónico de contacto: jesussebastianaudina@gmail.com.

1. El peso de la I+D universitaria en la generación de conocimiento

Las instituciones de educación superior (IES) juegan en todos los países un importante papel en la investigación y desarrollo (I+D), especialmente en la I y en menor medida en la D. Este papel está asociado a la asunción general de que la investigación es una función sustantiva de las universidades y a la existencia de capacidades para ello. Sin embargo, su peso es relativo en el conjunto de la I+D mundial. La **Tabla 1** muestra, según datos de la *National Science Foundation* (NSF), la participación de las IES en la ejecución del total del gasto en I+D de diferentes países. El total del gasto se distribuye entre entidades dependientes del gobierno, IES, empresas y organizaciones sin fines de lucro.

China	Corea del Sur	Japón	EE.UU.	Alemania	Francia	RU
7,9 %	10,1 %	13,2 %	14,6 %	18 %	21,2 %	26,9 %

Tabla 1. Porcentaje del gasto ejecutado por IES del total del gasto en I+D.

Fuente: Science and Engineering Indicators, NSF, 2014.

Considerando el conjunto de los siete países con mayores capacidades para la I+D, las empresas ejecutan el 70% del total del gasto en I+D, las instituciones de educación superior el 16%, las instituciones dependientes de los gobiernos el 12% y las organizaciones sin fines de lucro, el 2%.

El escenario en América Latina es diferente. Según datos de 2011 de la Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología (RICYT), las instituciones del gobierno ejecutan el 36,4% del total del gasto en I+D de América Latina y el Caribe (ALC), las IES el 30,5%, las empresas el 27,1% y las organizaciones sin fines de lucro, el 5,9%. Estos porcentajes presentan variaciones entre los diferentes países, siendo en general mayores los porcentajes ejecutados por las IES en países con menores capacidades para la I+D. El porcentaje del gasto mundial en I+D de ALC fue del 3,2% en 2011, por lo que la ejecución de las IES de ALC respecto a la I+D mundial fue del 1%.

Los datos de gasto en I+D no reflejan la contribución al conocimiento de las IES que se hace visible a través de las publicaciones científicas, donde las IES ocupan un lugar predominante en todos los países. La estructura del gasto en I+D y las prácticas en la generación de conocimiento científico y tecnológico de los diferentes actores muestra diferentes motivaciones, enfoques de la investigación y culturas de difusión, jugando el conocimiento invisible y/o protegido un papel central en el conjunto de procesos de I+D que se llevan a cabo a nivel mundial.

2. Entornos condicionantes de la I+D universitaria

La I+D universitaria tiene una serie de funciones que caracterizan su especificidad respecto a otros actores de los sistemas de ciencia y tecnología (SCT). Entre estas funciones pueden

mencionarse la contribución a la mejora de la calidad de la formación de los estudiantes, la generación de conocimiento científico y tecnológico con calidad y pertinencia, la fundamentación del posgrado, la vinculación de la universidad con los entornos sociales y productivos, la contribución a la generalización de la cultura científica y el fortalecimiento de una cultura institucional basada en el espíritu crítico y el servicio a la sociedad. Las políticas y los esquemas de evaluación de la I+D universitaria deberían contemplar estas funciones, teniendo en cuenta los diferentes condicionamientos que inciden en el desarrollo de los procesos de investigación.

Los condicionamientos de la I+D universitaria se pueden analizar en relación a tres entornos, el internacional, el nacional y el institucional. Estos entornos no son independientes y existen variadas interrelaciones entre ellos. Sin embargo, presentan características propias en el conjunto del escenario de la I+D. Determinan condiciones, tanto desde el punto de vista de las oportunidades como de las limitaciones, que inciden directamente en los planteamientos, procesos y consecuencias de las actividades de I+D. La intensidad y características de las influencias y condicionantes de estos entornos desembocan en una variada heterogeneidad entre las universidades dentro de un país y en el conjunto de los países.

2.1. Entorno internacional

En el entorno internacional, el ámbito de la I+D, especialmente el más relacionado con la I+D universitaria, muestra actualmente usos y tendencias que tienen múltiples expresiones en las agendas de investigación, los modos de producción del conocimiento, los esquemas de difusión de los resultados y el uso de indicadores para medir la I+D.

Se observa una tendencia hacia la generalización de las temáticas y enfoques de la investigación. Por una parte, debido a las políticas editoriales de las revistas más influyentes, y por otra, a las políticas de las instituciones financiadoras que demandan una orientación de la I+D en función del valor económico y en menor medida social. Todo ello desemboca en la adopción de agendas globales que alinean las actividades de investigación.

En cuanto a los modos de producción del conocimiento, se observa una creciente tendencia a la colaboración como instrumento para la complementación de capacidades, el abordaje de temas complejos y de enfoques multidisciplinarios. El incremento de la colaboración se encuentra en la composición de los equipos de investigación, en el peso de las asociaciones interinstitucionales e internacionales y en las modalidades de la cooperación. En los últimos años, los equipos de investigación, medidos por el número de autores de las publicaciones, han aumentado significativamente, especialmente en las ciencias experimentales. Los datos de la NSF muestran que el número de autores en publicaciones de física han crecido de 4,5 autores por publicación en 1990 a 10,1 en 2010; en medicina, de 3,5 a 6; en biología, de 3,2 a 5,9, y en química, de 3 a 4,3.

Por su parte, la colaboración interinstitucional nacional e internacional domina actualmente en los procesos de investigación. Del total de la producción científica mundial indexada en el Science Citation Index, las publicaciones sin colaboración han pasado del 60% en 1990 al 31%

en 2012, por lo que el peso de la colaboración ha crecido del 40% al 69% en los últimos veinte años. Especialmente significativo está siendo la creciente internacionalización de la investigación como consecuencia de la cooperación científica internacional. La **Tabla 2** muestra la evolución del peso de las co-publicaciones internacionales en la producción científica indexada de diferentes países.

País	% DE CO-PUBLICACIONES INTERNACIONALES			
	1976	1986	1998	2012
Francia	10,3	21	38	58
Alemania	9,7	21	36	56
Reino Unido	10	17	32	55
España	9,5	19	34	53
USA	5,6	10,2	20	35
Japón	3,5	7,5	17	30
China			24	28

Tabla 2. Evolución del porcentaje de co-publicaciones internacionales en la producción científica.

Fuente: NSF y elaboración propia.

Las modalidades de cooperación se han diversificado y se están haciendo más complejas con el consiguiente aumento del valor añadido de las colaboraciones internacionales. De las clásicas modalidades basadas en las interacciones e intercambios entre científicos y los proyectos conjuntos se ha pasado a un cierto protagonismo de las redes temáticas y de investigación y a un mayor peso de las colaboraciones institucionales a través de los programas conjuntos de fomento de la I+D, las alianzas estratégicas, las plataformas tecnológicas, los centros internacionales de I+D y los *clusters* de conocimiento.

Los esquemas de difusión de los resultados de la investigación se están ampliando respecto a las tradicionales publicaciones en revistas mayoritariamente comerciales. Especialmente existe un auge de publicaciones en revistas y bases de datos de libre acceso, siendo la *Public Library of Science* (PLOS) la de mayor difusión actualmente a través de la revista PLoS ONE que publica unos 30.000 artículos al año. Adicionalmente, los repositorios institucionales y los foros abiertos constituyen también nuevos canales de intercambio y difusión de los planteamientos y resultados de las investigaciones.

La generalización del uso de determinados indicadores para evaluar la investigación está contribuyendo a una cierta homogeneización en el entorno internacional de la métrica del impacto de la investigación. La tendencia a la utilización del número de publicaciones como indicador de la producción científica, el factor de impacto de las revistas como un indicador de calidad de la investigación y otros indicadores relacionados con la visibilidad de las publicaciones, están configurando en varios países de América Latina un ambiente que puede

frenar un desarrollo científico donde la calidad y la pertinencia debería relacionarse con los contextos locales y nacionales. La sustitución de las políticas por los indicadores y la obsesión por los rankings pueden enturbiar las decisiones políticas necesarias, especialmente en países que están en transición hacia un mayor fortalecimiento de los SCT. Además, buena parte de estos indicadores y especialmente su uso como criterios de evaluación están en cuestión en este momento por numerosas instituciones y sociedades científicas y por las comunidades investigadoras, quienes a finales de 2012 suscribieron la Declaración de San Francisco sobre la evaluación de la investigación donde plantean los límites de los indicadores y algunas recomendaciones para relativizar su utilización.

El entorno internacional con sus lógicas y características plantea algunos condicionantes a la investigación universitaria en América Latina. Este entorno tiene un efecto de atracción y arrastre de una parte de la comunidad investigadora. Los investigadores formados en el exterior, con una trayectoria consolidada, con suficiente capital relacional internacional y mejores competencias para captar financiación externa, suelen plantearse como meta la inserción en la comunidad científica internacional. En la medida en que se adapten a las tendencias globales tendrán una mayor visibilidad e impacto científico internacional.

Estas motivaciones y objetivos plantean la cuestión del papel de este conjunto de capacidades para la investigación en el contexto nacional e institucional. Su inserción y liderazgos en el SCT nacional y la aportación de sus capacidades, tanto en la investigación como en la formación de investigadores, dependerá de las oportunidades que ofrezcan los entornos nacionales e institucionales a través de sus políticas e incentivos para satisfacer las motivaciones e intereses de estos grupos. Por otra parte, el impacto social y económico de los resultados de las investigaciones dependerá muy posiblemente de las capacidades de absorción y apropiación que tengan los países de los conocimientos generados.

2.2. Entorno nacional

El entorno nacional es fundamental para el desarrollo de la investigación universitaria debido a la dependencia de financiación que esta investigación requiere y que los presupuestos de las universidades escasamente contemplan. El conjunto de IES contribuyen con recursos de sus presupuestos al 3% del gasto total de I+D de América Latina. Sin embargo, ejecutan investigación con el 31% del gasto total. Es decir, la mayor parte de la investigación realizada en las universidades se realiza con financiación externa, principalmente de los gobiernos nacionales. La contribución porcentual de los presupuestos universitarios a la I+D de los países presenta variaciones, en unos casos debido a la estructura presupuestaria del país, como el caso de Uruguay, o a la menor contribución de los presupuestos nacionales al fomento de la I+D, como es el caso de Colombia y de países con escaso desarrollo científico.

La dependencia de la financiación de la investigación universitaria de fuentes externas, fundamentalmente nacionales, plantea como principal condicionante de la investigación universitaria el enfoque y objetivos de la política científica nacional y sus correspondientes instrumentos.

La fundamentación, concreción, solidez, capacidad de movilización y disponibilidad de recursos financieros de las políticas científicas nacionales son el terreno de juego en el que la mayoría de las universidades descansan sus actividades de investigación. Por ello, se encuentra una buena correlación entre la potencia de estas políticas y el desarrollo de la investigación universitaria en los diferentes países.

La cantidad, calidad e impacto de la investigación universitaria dependen de los enfoques de las políticas científicas nacionales. La cantidad se relaciona con la capacidad de movilización de las capacidades existentes y la financiación disponible. La calidad se relaciona, además de con la formación y las trayectorias de investigación de la comunidad científica, con los esquemas organizativos que se fomenten a través de los instrumentos de financiación, especialmente las colaboraciones intra e interinstitucionales para favorecer la complementación de capacidades y superar la carencia de masas críticas, uno de los cuellos de botella más frecuentes, así como la existencia de esquemas de evaluación rigurosos y transparentes.

Por su parte, los impactos científicos de la investigación están asociados a la calidad de los procesos y a la relevancia de los resultados en el contexto del ámbito científico de la investigación. Los impactos sociales y económicos se relacionan con la pertinencia de las prioridades temáticas en el contexto nacional, su articulación con las estrategias de desarrollo del país y su vinculación a problemáticas específicas, como las derivadas del deseable objetivo de fomentar la investigación para la inclusión social.

La existencia de políticas científicas “blandas”, muy abiertas y generalistas respecto a las temáticas, llegando en algunos casos a la sustitución de las políticas por una canasta de instrumentos y el planteamiento de financiar básicamente la demanda espontánea, con el consiguiente predominio de las iniciativas *bottom up*, probablemente atentan contra la obtención de impactos significativos, especialmente cuando las capacidades científicas de los países son limitadas.

Un aspecto condicionante adicional ha surgido en los últimos años como consecuencia del desarrollo de organizaciones para la evaluación y acreditación de las universidades. La investigación es uno de los componentes a evaluar y se han establecido criterios e indicadores, entre los que los referidos a las publicaciones científicas tienen un especial valor. Esta situación, junto a la valoración fundamentalmente política de los rankings, está produciendo cambios notables en las culturas de investigación de algunos países, donde el objetivo político son las publicaciones y el espejo a mirarse es la base de datos Scopus.

En conclusión, el entorno nacional tiene una notable influencia en las universidades sobre en qué se investiga, cómo se investiga y para qué se investiga debido a su fuerza de arrastre de la mayoría de la comunidad científica universitaria. En consecuencia, el futuro de la investigación universitaria en América Latina dependerá en muy buena parte de la evolución de los enfoques, contenidos e instrumentos de las políticas científicas nacionales.

2.3. Entorno institucional

El entorno institucional es el principal condicionante de la I+D universitaria, tanto para llevar a cabo agendas propias institucionales como para aprovechar las oportunidades que ofrecen los entornos nacionales e internacionales.

Por otra parte, las IES concentran el 72% de los investigadores (58% en Equivalente Jornada Completa) de América Latina. En relación a este dato hay que señalar la heterogeneidad existente entre los diferentes países para caracterizar al personal académico como investigador por los diferentes criterios utilizados y por la laxitud que puede existir en cuanto a la caracterización de las actividades de investigación.

Los condicionantes de los entornos institucionales se relacionan con la consideración de la investigación en la misión y visión de las universidades, la cantidad y calidad de las capacidades humanas con formación para la investigación, probablemente el principal condicionante, el modelo organizativo de la investigación, la normatividad, el enfoque de la política científica institucional, la financiación disponible y los esquemas para su utilización, las culturas dominantes de investigación y difusión y las vinculaciones con los entornos sociales y productivos.

La consideración de la investigación en la misión y cultura institucional es un condicionante que permite establecer una primera tipología de las IES y que se traduce en su grado de aportación al desarrollo científico local y nacional. La formación y dedicación del profesorado son condicionantes en cuanto al potencial investigador de la universidad, así como el marco normativo en relación a las actividades de investigación, supeditadas en ocasiones a la dedicación a la docencia, que aparece como prioritaria. Relacionada con la normatividad se encuentran los criterios para la selección del profesorado y el peso de la experiencia investigadora en estos criterios, las facilidades para la movilidad y los incentivos para las actividades de investigación, más allá de las bonificaciones a los investigadores por las publicaciones científicas, práctica que se está extendiendo en algunos países y que debería revisarse, en cuanto que no valora suficientemente los contenidos, resultados e impactos de la investigación, contribuyendo a investigaciones predecibles y a la hiperinflación actual de publicaciones.

La existencia de investigadores formados y con cierta trayectoria es el principal condicionante de una universidad para las actividades de I+D. En la actualidad hay una fuerte presión en las universidades por la obtención de doctorados por parte de los profesores en paralelo con otra pulsión para generalizar la investigación. Sin embargo, hay que considerar que el doctorado es solamente el inicio de una futura trayectoria de investigación. La densidad y calidad de los investigadores, su capital relacional y sus trayectorias son la base sobre la que construir el sistema de investigación de la universidad. A veces se percibe que la investigación se considera como una actividad que solamente requiere la voluntad de ponerse a hacerla.

La investigación universitaria está condicionada por la existencia de entornos institucionales favorables relacionados con la organización, los equipamientos y servicios. La existencia de modalidades organizativas intermedias, como los centros, institutos y departamentos o

estructuras funcionales, como las redes temáticas, ofrecen entornos favorables para las interacciones, las colaboraciones, la optimización de los equipamientos y la vida científica. La justificación para la organización de estas modalidades se basa en la existencia de suficientes masas críticas con intereses científicos compatibles. La tendencia a organizar la investigación en un primer nivel sobre la base de “grupos” de investigación puede ser adecuada siempre que no dominen criterios administrativos y normativos para su caracterización y reconocimiento formal, como se observa en algunos países y universidades. Considerando los grupos como asociaciones estables pero dinámicas de investigadores cohesionados científicamente por una línea específica de investigación y socialmente por su autorreconocimiento e identidad, deben contemplarse con gran flexibilidad y autonomía, en la medida en que su propia evolución contempla ciclos de crecimiento y segregación.

La política científica institucional es el instrumento que tienen las universidades para definir objetivos y estrategias realistas para fortalecer las capacidades de investigación y orientar sus actividades, contribuyendo a la conformación del sistema universitario de investigación y a conseguir los objetivos previstos en el plan de desarrollo institucional respecto a la función de la investigación. Por ello, los enfoques, prioridades, contenidos y metas de la política institucional contribuyen a crear un entorno fundamental en relación a la calidad y pertinencia de investigación universitaria.

El diseño de la política institucional tiene sus límites, que a su vez la condicionan; por una parte, las capacidades reales existentes para la investigación, incluyendo las disponibilidades financieras propias, y por otra, las condicionalidades impuestas por la dependencia de la financiación externa. Dentro de estos márgenes, la política puede establecer objetivos y planes de acción para la utilización de su financiación propia y establecer estrategias institucionales para aprovechar con mayor eficacia las oportunidades que ofrecen los programas de fomento de la I+D nacionales e internacionales.

Los esquemas para la utilización de la financiación propia definen en numerosas ocasiones la calidad de las políticas. Se observa un uso generalizado de utilizar los recursos propios para establecer convocatorias abiertas para atender la demanda interna para financiar pequeños proyectos, contribuyendo a la dispersión y atomización de las capacidades existentes. Probablemente no sean estos casos la mejor expresión de una buena política científica institucional. Alternativamente, la política institucional puede ser más sistémica, estableciendo prioridades relacionadas con la arquitectura normativa y los incentivos, los recursos organizativos y humanos, la internacionalización como un medio para mejorar la calidad, la consolidación y el desarrollo de ámbitos temáticos y la elaboración de agendas propias de investigación, que singularicen la investigación de la universidad y creen espacios para mejorar la pertinencia y el impacto, especialmente local y social, de la investigación. La Universidad de la República en Uruguay es un caso paradigmático en este sentido.

Otro elemento condicionante del entorno institucional se relaciona con las culturas de investigación dominantes en las universidades, fruto del desarrollo histórico de la investigación en

la institución, de la formación y experiencia de los investigadores y de las condiciones internas y externas en que éstos se desenvuelven. La caracterización de las culturas de investigación incluye aspectos relacionados con la ejecución: individual, grupal, redes, colaborativa nacional e internacional; con el enfoque: básica, orientada, aplicable, desarrollo; con la temática: disciplinar, multidisciplinar y con la difusión de los resultados.

Finalmente, los condicionantes del entorno institucional incluyen la intensidad y características de las vinculaciones de la universidad con los sectores sociales y productivos. Las vinculaciones incluyen las interacciones con las administraciones públicas, con organizaciones sociales y con organizaciones del sector productivo de servicios: empresas, cooperativas, comunitarias. Los enfoques, organización y fomento de las vinculaciones para facilitar las interacciones y la atención a sus demandas crean un entorno institucional que contribuye a cumplir con la función social de la universidad y a crear espacios para aumentar la pertinencia de las actividades de investigación.

En el marco de la vinculación, hay que señalar que la dimensión internacional, la participación de las universidades en organizaciones y redes internacionales y su visibilidad y prestigio internacional, constituyen actualmente un componente cada vez más importante del entorno institucional.

3. Heterogeneidad universitaria y entornos críticos para la I+D

Se calcula que en América Latina existen alrededor de 3500 Instituciones de Educación Superior, de las que aproximadamente 1000 son públicas. El grado de desarrollo de la investigación es muy variado, fundamentalmente por sus objetivos misionales y por sus capacidades.

En una taxonomía muy amplia y general, se puede considerar un primer grupo de universidades que desarrollan actividades de investigación sostenidas y consolidadas, con nichos de alta calidad y reconocimiento, alta productividad y alto grado de internacionalización. En un segundo grupo se pueden incluir numerosas universidades con foco en la docencia, que desarrollan más o menos actividades de investigación, en un variado gradiente de intensidad. Este grupo de universidades priorizan la docencia y la cobertura. La investigación suele ser una actividad complementaria en entornos débiles para la investigación, con una productividad baja y una difusión limitada de los resultados. También pueden existir grupos de investigación puntuales de calidad y la aspiración institucional de ir avanzando en la consolidación de un espacio para la investigación. El tercer grupo de IES, posiblemente el de mayor número, incluye instituciones puramente docentes con escasas capacidades que, eventualmente, realizan algunas actividades esporádicas.

En relación a los entornos críticos para la I+D de estos grupos de universidades, en el primer grupo son principalmente los entornos nacionales, principal financiador de sus actividades de investigación y el entorno internacional. Generalmente el entorno institucional está sufi-

cientemente organizado y consolidado. Los entornos críticos para el segundo grupo de universidades son el institucional, no suficientemente desarrollado, y el nacional, en cuanto posible financiador de actividades de los grupos de investigación con mayores competencias. El entorno crítico del tercer grupo es el institucional, por la debilidad de sus capacidades y la probable baja motivación institucional por la investigación.

Esta tipología de las universidades plantea la conveniencia de revisar los criterios para la evaluación institucional de la investigación. Las universidades del primer grupo permiten poner el énfasis de la evaluación en los resultados y los impactos. Mientras que en las universidades del segundo grupo, el énfasis podría ponerse en las políticas institucionales y los procesos en relación con la investigación.

4. Conclusiones

La investigación universitaria está condicionada por diferentes entornos con sus características, oportunidades y limitaciones. Dependiendo del nivel de desarrollo de la investigación en las universidades los condicionantes pueden ser diferentes. Sin embargo, el entorno nacional y en concreto las políticas científicas nacionales pueden considerarse muy determinantes.

El futuro del papel de las universidades como generadoras de conocimientos científicos y tecnológicos sólidamente fundamentados y pertinentes puede depender de dos estrategias. Por una parte, del diseño e implementación de políticas científicas nacionales robustas y con prioridades bien fundamentadas que alimenten y orienten el desarrollo científico, y por otra, de la existencia de políticas explícitas para el fortalecimiento institucional de la I+D en IES con baja intensidad de investigación que se propongan planes para transitar hacia universidades con investigación alineada con las prioridades institucionales y nacionales. En este sentido, puede señalarse que los esquemas actuales de financiación de la I+D están más orientados a los investigadores y grupos de investigación que a las instituciones para el fortalecimiento de sus sistemas de investigación. Un cambio en estos esquemas sería deseable.

Bibliografía

ALBORNOZ, M. (2014): “La universidad iberoamericana en debate”, *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, n° 27, pp. 49-61.

BIANCO, M., y SUTZ, J. (Coord.) (2014): *Veinte años de políticas de investigación en la Universidad de la República: Aciertos, dudas y aprendizajes*, Ediciones TRILCE, Montevideo.

BRUNNER, J. J. (2014): “América Latina en la geopolítica internacional del conocimiento”, *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, n° 27, pp. 103-112.

NATIONAL SCIENCE FOUNDATION (2014): *Science and Engineering Indicators*, Washington. Disponible en www.nsf.gov.

REVISTA NATURE (2014): “South American Science”, vol. 510, n° 7504.

SAGASTI, F. (2013): *Ciencia, tecnología e Innovación. Políticas para América Latina*, Fondo de Cultura Económica, Lima.

SAN FRANCISCO DECLARATION ON RESEARCH ASSESSMENT (2012): disponible en <http://am.ascb.org/dora>.

Sitios web

<http://www.plos.org>

<http://www.ricyt.org>

CULTURA CIENTÍFICA

Discursos y prácticas de promoción de cultura científica en las políticas públicas de Iberoamérica*

Carmelo Polino y Carina Cortassa**

El estudio que presentamos en este trabajo analiza la importancia relativa que se le ha venido asignando a la cultura científica en las políticas públicas de ciencia y tecnología de los países iberoamericanos. La estrategia empírica consistió, por una parte, en un examen de los documentos de políticas (leyes, programas y demás) y, por otra parte, en una revisión y clasificación de las prácticas institucionales impulsadas desde el sector público (concursos, exposiciones, ferias de ciencias), con el objetivo de discutir críticamente los conceptos y las estrategias discursivas, así como la institucionalización y potencialidad de las prácticas para el alcance de los objetivos planteados. Las evidencias del estudio muestran que aunque el panorama general es auspicio, el escenario es complejo y heterogéneo. Por un lado, la mayor parte de los países enfatizan la necesidad de promover la cultura científica pero, por otro lado, esta importancia retórica no siempre se corresponde con lo que acontece en el dominio de las prácticas efectivas (o en los recursos movilizados para llevar a cabo las actividades). Además, la falta de información pública y, más allá, de indicadores obstaculiza las evaluaciones de resultados y las comparaciones entre países.

Palabras clave

Cultura científica, Iberoamérica, políticas públicas

* Este artículo se elaboró en base al documento “La promoción de la cultura científica. Un análisis de las políticas públicas en los países iberoamericanos”, Papeles del Observatorio, N°8, Buenos Aires, Observatorio Iberoamericano de la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad (OCTS-OEI, 2015).

** Observatorio Iberoamericano de la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad.

Introducción

La consolidación de la cultura científica ciudadana es una materia pendiente en Iberoamérica, incluso en aquellos países que durante los últimos años han incrementado los esfuerzos destinados a consolidar y expandir sus sistemas nacionales de ciencia y tecnología. En contextos en los cuales los recursos resultan más escasos que las necesidades, es comprensible que las inversiones se orienten de manera prioritaria a satisfacer lo que podrían considerarse exigencias básicas: fortalecer las capacidades de investigación y desarrollo del sistema, mejorar las condiciones de infraestructura, formar recursos humanos. Entre otros factores, eso contribuye a comprender –aunque no a justificar– el carácter secundario que con frecuencia se asigna en los marcos regulatorios a las iniciativas vinculadas con la circulación y apropiación social de la ciencia.

Esa situación parece, sin embargo, ir revirtiéndose. Los resultados del estudio que aquí se presenta sugieren que en la actualidad, con escasas excepciones, la mayoría de los gobiernos iberoamericanos reconoce que el estímulo a las prácticas de comunicación y apropiación del conocimiento científico constituye no ya un complemento sino una dimensión inherente a sus políticas de ciencia y tecnología. Progresivamente se advierte que la necesidad de reducir la brecha entre ciencia y sociedad debe considerarse un aspecto per se relevante en el diseño de un enfoque integral de la producción, aplicación, transferencia y circulación social del conocimiento.

La implicación activa del Estado en la expansión de la cultura científica persigue objetivos diversos, si bien vinculados entre sí: democratizar el acceso al conocimiento, aumentar el apoyo de la sociedad a las inversiones en ciencia y tecnología y visibilizar los esfuerzos públicos en el área, favorecer la construcción de una cultura innovativa, fomentar las vocaciones científicas entre los jóvenes, ampliar la participación ciudadana en la discusión sobre temas controversiales (Felt, 2003; Gonçalves y Castro, 2003; Chavot y Masseran, 2003; Valenduc y Vendramin, 2003; Department of Science and Technology, Rep. of South Africa, 2014). Aun cuando su interés oscile entre propósitos más “pragmáticos” o “iluministas” (Schiele, Landry y Schiele, 2011; Muñoz et al, 2006), la responsabilidad de las autoridades políticas en la promoción de la cultura científica y su capacidad para liderar a otros actores sociales en esa dirección se encuentra actualmente fuera de discusión (Miller et al, 2002).

Esas afirmaciones provienen de análisis de las políticas públicas de promoción de la cultura científica en países con sistemas nacionales de ciencia y tecnología completa o relativamente consolidados, cuyas agendas –aun con sus peculiaridades– han sido influenciadas por los lineamientos establecidos al respecto por entidades supranacionales como la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) y la Unión Europea (UE). Si bien hasta el momento las tendencias en otros contextos resultan menos conocidas y profundizadas, otras instituciones regionales han llevado adelante proyectos con objetivos e intereses convergentes con el nuestro. Hace una década, un estudio realizado entre los países integrantes del Convenio Andrés Bello de Integración Educativa, Científica, Tecnológica

y Cultural¹ (CAB) comparaba las iniciativas de popularización de la ciencia en ese contexto (Lozano, 2005). En la actualidad, de manera paralela a esta investigación, una encuesta promovida conjuntamente por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) y la Red Pop produjo un inventario detallado de normativas e instrumentos en el campo².

Una cuestión compleja a la cual se enfrentan los intentos por sistematizar la labor de cultura científica desplegada por el sector público es la amplia variedad de nociones empleadas para referir al tópico (Felt, 2003; Gonçalves y Castro, 2003; *Department of Science and Technology*, 2014). El carácter ubicuo de expresiones como *percepción*, *comprensión*, *implicación de y con la ciencia* y *la tecnología*, *apropiación social del conocimiento*, *alfabetización y cultura científica*, entre las más frecuentes, representa una clara dificultad al momento de determinar en qué medida el recurso a ciertos términos constituye una opción reflexiva, una toma de posición epistemológica y teórica deliberada o más bien, por el contrario, se trata de un “uso ambiguo, pragmático y en algunos casos fútil” –como señalan críticamente Lozano Borda y Pérez Bustos (2012: 47) respecto de la noción de apropiación social. Adicionalmente, los conceptos relacionados de *comunicación*, *popularización*, *divulgación* de la ciencia también son empleados habitualmente de manera sinonímica.

No es posible reflejar en profundidad en este artículo las extensas e intensas discusiones epistemológicas, teóricas y metodológicas en torno de cada una de las expresiones señaladas. Por esa razón, nos limitaremos a situar la perspectiva de cultura científica asumida como una noción comprensiva en un doble sentido: en primer lugar, como aquella que refleja un entorno social general de apreciación, valoración y apoyo de y a la ciencia (Burns, O'Connor y Stocklmayer, 2003), en el que cobran sentido las prácticas destinadas a promover la circulación y comprensión del conocimiento y a mejorar la implicación ciudadana. En segundo lugar, como “la expresión de todos los modos mediante los cuales los individuos y la sociedad se apropian de la ciencia y la tecnología” (Godin y Gingras, 2000:44); modos que incluyen a las iniciativas generadas desde el ámbito de las políticas públicas que nos ocupan específicamente. Y, en dicho sentido, la cultura científica (además de un fenómeno individual) refleja dimensiones institucionales e incluye los temas de participación ciudadana. Siendo la participación ciudadana una de las dimensiones de la cultura científica, la promoción de la participación no debería en dicho sentido descuidar las nexos evidentes entre comunicación y participación ni la componente formativa de ésta, la cual tiene una doble vía de acceso (López Cerezo, 2005): por un lado, se genera nuevo conocimiento entre los ciudadanos que se involucran en un asunto social relativo a cuestiones ambientales o de innovación tecnológica. Por otro lado, la apropiación del conocimiento disponible produce participación y movilización. López Cerezo (2005) llama a esta relación de direccionalidad doble entre conocimiento y participación como el “bucle de la participación formativa”.

¹ Los países analizados en esa oportunidad fueron Bolivia, Chile, Colombia, Cuba, Ecuador, España, Panamá, Paraguay, Perú y Venezuela.

² La Red Pop agrupa a centros y programas de popularización de la ciencia y la tecnología en América Latina y el Caribe.

En las páginas que siguen a continuación discutimos los resultados de un estudio que llevamos a cabo para determinar de qué manera la cultura científica se ha ido incorporando al marco general de las políticas de ciencia y tecnología en los países de la región iberoamericana³. En particular nos interesaba analizar la existencia de estructuras institucionales responsables del diseño y coordinación de acciones de cultura científica a nivel de los gobiernos nacionales⁴; el interés manifiesto en el nivel discursivo de las leyes y documentos de políticas vigentes; y el nivel de las prácticas concretas promovidas, apoyadas o implementadas por el sector público. Y, sobre esta base, avanzar en el planteo de un conjunto de indicadores preliminares destinados a clasificar las prácticas que, con el tiempo, dieran lugar a mediciones comparadas sobre desempeños institucionales en los distintos países de la región⁵.

Cultura científica discursiva: estructuras institucionales, leyes y documentos sectoriales

Los resultados del estudio indican que el interés de los gobiernos iberoamericanos por la promoción de la cultura científica se encuentra presente, en diversos grados, en 19 de los 22 países analizados: todos los anteriormente mencionados, con excepción de Guinea Ecuatorial, Honduras y Nicaragua. Esa tendencia se refleja en: a) las referencias explícitas en las respectivas leyes marco de ciencia y tecnología y en los planes sectoriales vigentes (17 casos); b) la existencia de una agencia gubernamental responsable de las estrategias en el área (11 casos); c) la implementación de acciones concretas (18 casos). Es importante señalar que las tres variables no siempre son coincidentes: la relevancia asignada en el plano discursivo o la presencia de una dependencia a cargo no suponen necesariamente prácticas concretas; ni tampoco, a la inversa, su ausencia implica falta de actividad.

En general, las leyes que rigen en cada país las actividades de ciencia y tecnología aluden al tema de la cultura científica de manera genérica entre los objetivos, funciones o competencias de los organismos del sistema o de los planes específicos, en términos como difundir,

³ Esta investigación se realizó como parte de un proyecto más amplio que coordinamos de forma conjunta orientado al análisis de prácticas y valores en la comunicación social de la ciencia en Iberoamérica, en el marco de la línea de trabajo sobre percepción pública y participación ciudadana del Observatorio CTS de la OEI.

⁴ No fueron incluidas en esta instancia iniciativas implementadas por las administraciones autonómicas, provinciales o municipales.

⁵ En términos metodológicos el estudio adoptó un enfoque *naturalista*, es decir, se registraron todas las acciones e instrumentos que los respectivos organismos o programas en cada país consideran parte de sus estrategias para disminuir la distancia entre ciencia y sociedad. Esto es, evitando asumir una posición *a priori* acerca de lo que sería o no procedente desde la perspectiva de las discusiones vigentes en la literatura especializada. El diseño metodológico y las fases de desarrollo del trabajo de campo pueden consultarse en el documento de trabajo que dio origen a este artículo.

FINES	MEDIOS
Apropiación: social, pública, colectiva; de la ciencia; de la ciencia y la tecnología; del conocimiento científico; del conocimiento científico y tecnológico (9 casos)	Divulgación, difusión, comunicación: social, pública; de la ciencia; de la ciencia y la tecnología; del conocimiento científico (13 casos)
Cultura científica (9 casos)	Popularización: de la ciencia; de la ciencia y la tecnología; de la ciencia, la tecnología y la innovación; del conocimiento (9 casos)
Otros términos: reconocimiento social de la CTI (1 caso); visibilidad de la ciencia (1 caso); alfabetización científica (1 caso)	Otros términos: socialización del conocimiento (1 caso)

Tabla 1. Referencias a cultura científica y términos relativos en los documentos de políticas.

transferir, divulgar o popularizar el conocimiento científico. No obstante, las leyes de Colombia, España, México y Perú argumentan detalladamente el interés que revisten los procesos de circulación y apropiación social para el logro de los objetivos de las políticas sectoriales y, de manera más amplia, para el desarrollo nacional.

Diecisiete documentos regulatorios incluyen en sus contenidos referencias explícitas al tópico, expresado literalmente o mediante el abanico de términos cercanos descrito previamente. En ese amplio campo semántico se emplean de manera indistinta conceptos que aluden tanto a fines cuanto a los medios para alcanzarlos. La **Tabla 1** resume los usos más frecuentes.

Comparar la jerarquía asignada al tema en cada caso es una tarea compleja, debido a que los documentos se estructuran de formas diversas en cuanto a lo que consignan como estrategias, objetivos, metas, líneas, planes, programas. Se trata además de un análisis cualitativo, pues en la mayoría de los casos no se detallan los presupuestos asignados⁶, lo cual permitiría tener una idea más acabada de la correspondencia entre las afirmaciones retóricas y las inversiones que permiten concretarlas.

No obstante, aun en términos generales, existe una serie de elementos a destacar: la mayoría de los planes vinculan a las prácticas de comunicación y apropiación del conocimiento con el impulso a las vocaciones científicas entre niños y jóvenes—lo cual es consistente, como se verá en secciones siguientes, con la cantidad de actividades destinadas a ellos. Otro argumento co-

⁶ Esta cuestión -las dificultades para obtener indicadores cuantitativos y sus consecuencias para evaluar comparativamente las distintas situaciones- se retoma más adelante.

mún es el objetivo de fomentar la participación pública en temas controversiales relacionados con la ciencia y la tecnología –si bien en este caso las acciones concretas identificadas no superan el 2% del total. En tercer lugar, prácticamente todos los documentos enfatizan los efectos beneficiosos de la expansión de la cultura científica para la profundización de la cultura innovativa. En concreto, los planes de Colombia y México incluyen un diagnóstico nacional del estado de la cultura científica ciudadana como fundamento de sus medidas específicas. Ambos, al igual que Brasil y España, refieren explícitamente a la problemática como una condición previa del buen funcionamiento de los planes sectoriales y, en general, del desarrollo nacional.

El documento de Venezuela también incide en esa línea, añadiéndole un matiz ideológico. El tema se incorpora en un marco más amplio de discusión acerca de la necesidad de alcanzar un “desarrollo endógeno”, en el cual la apropiación de la ciencia contribuya a facilitar la potenciación de las capacidades regionales. De manera similar, Bolivia incluye la exigencia de crear una cultura científica inclusiva “con características propias” como parte de sus estrategias para lograr un patrón de desarrollo integral. Para ello plantea un extenso y detallado programa de popularización, si bien sus alcances efectivos no pudieron ser valorados más allá de las cinco actividades concretas identificadas en el país.

Los casos de República Dominicana, Guatemala y Chile representan polos opuestos en lo que concierne a la relación entre el interés discursivo reflejado en los documentos de políticas y su traducción al plano fáctico. Si bien los países caribeños dedican abundantes páginas de sus planes a resaltar la importancia de la comunicación y apropiación de la ciencia, a juzgar por la ausencia o el carácter muy incipiente de las acciones consecuentes esa inclusión podría considerarse más bien nominal. En Chile, por su parte, el tópico no ocupa un lugar destacado en los documentos sectoriales; sin embargo, el país cuenta con el Programa Explora, una de las experiencias de promoción de la cultura científica desde el sector público con mayor trayectoria y nivel de reconocimiento en el contexto regional.

Cultura científica práctica: acciones e instrumentos de promoción

Entre los países analizados, 18 presentan como mínimo una iniciativa estatal de promoción de la cultura científica⁷. El rango de actividades en cada caso se distribuye de la siguiente manera: a) países con 15 o más acciones (España, Portugal, Chile, Argentina y Brasil); b) países con diez a 14 acciones (México, Colombia y Costa Rica); c) países con cinco a nueve acciones (Venezuela, Uruguay, Panamá, Bolivia, Guatemala y Perú); d) países con menos de cinco acciones (Cuba, Paraguay, Ecuador, El Salvador).

⁷ En ese registro se excluyeron los museos nacionales de ciencia, ciencia y tecnología o museos de disciplinas específicas, debido a las dificultades halladas al momento de obtener información posible de comparación entre los países. Ya sea por falta de datos precisos al respecto o por cuestiones de dependencia institucional compartida, entre las principales razones.

Esas cifras deben ser interpretadas con precaución. En primer lugar, debe tenerse en cuenta que se trata de países con realidades dispares en lo que concierne a sus problemáticas, desafíos y capacidad de inversión en ciencia y tecnología, como así también en el nivel de institucionalidad y articulación de sus sistemas institucionales (véanse al respecto los indicadores publicados en RICYT, 2014). Esa diversidad supone un condicionamiento de base que debe ser cuidadosamente considerado al momento de interpretar y evaluar el interés depositado en cada caso y sus grados de concreción. Asimismo, como ya fue mencionado, por la variedad de alternativas incluidas en los diferentes contextos bajo el paraguas de etiquetas como *comunicación*, *divulgación*, *popularización* de las ciencias y la tecnología, *apropiación*, de la ciencia, *cultura científica*. Por último, es preciso evitar comparaciones ingenuas, pues la información refiere a cantidad de actividades y no –debido a la falta de información– a la real magnitud del esfuerzo presupuestario de cada país. Sería erróneo inferir de los datos equiparaciones o diferencias taxativas en cuanto al interés por la cultura científica, pues es probable que conociendo la asignación de recursos esas valoraciones podrían modificarse. Esta situación abona la necesidad de avanzar en la producción de un sistema común de indicadores –entre ellos, la medición de inversiones– que permitan un cotejo más efectivo entre los distintos contextos.

Como se mencionó anteriormente, el relevamiento de acciones por países se realizó sin establecer un criterio normativo *a priori* de pertinencia; por el contrario, el objetivo era reconstruir el panorama de prácticas de estímulo a la cultura científica desde el punto de vista de los propios ONCYT. De esta manera se conformó un corpus de prácticas muy heterogéneas, cuya sistematización fue construyéndose a partir del análisis inductivo de la información. Como resultado, se generó una matriz de criterios y categorías que se expone a continuación, que clasifica a las acciones en función de cuatro aspectos significativos: a) su modalidad; b) el grado de participación del organismo en su concreción; c) su intencionalidad manifiesta o inferible; c) el o los principales públicos meta, explícitos o implícitos, a los cuales se dirigen.

El primer grupo de indicadores refiere a la categoría “tipo de acciones según su modalidad”, la cual apunta a determinar la forma que asumen las distintas iniciativas promovidas por las agencias públicas. Como se infiere de la Tabla 2, éstas pueden agruparse en tres niveles:

- En un primer nivel se ubica la categoría que nuclea a los premios, concursos y organización de eventos, los cuales constituyen la clase de acciones más frecuentes: en conjunto representan a casi la mitad del total. Los primeros incluyen premios al periodismo y la divulgación científica; incentivan a inventores e innovadores; así como numerosos certámenes: de pintura, fotografía, productos audiovisuales y multimedia, ensayos y otros géneros literarios, cuyo tema es la ciencia y la tecnología. Brasil, Argentina y Portugal son países particularmente activos en esta categoría. Los eventos están presentes en casi todos los casos bajo diferentes formatos: Café Científico; Ferias y Exhibiciones; Conferencias y paneles; Encuentros y Seminarios. Entre los más consolidados y extendidos en la región, en algunos casos con décadas de vigencia, se encuentran las Semanas Nacionales de la Ciencia y la Tecnología establecidas de manera sistemática en once países.

- En un segundo nivel, con un grado similar de frecuencia, aparecen las actividades escolares y los medios y productos de comunicación y cultura científica elaborados por los ONCYT. El primer tipo de actividades articula a las agencias gubernamentales con las instituciones educativas de los niveles primario y secundario con el objetivo de atraer a niños y jóvenes a la ciencia y la tecnología y, como consecuencia, promover las vocaciones por carreras de esa índole. En esta categoría se encuentran tanto iniciativas de amplio alcance destinadas a mejorar la enseñanza de las ciencias –con programas de referencia como *Ciência Viva* en Portugal, *Ondas* en Colombia y *Explora* en Chile– como aquellas acciones más acotadas vinculadas con el impulso a los Clubes de Ciencias,

Campamentos Científicos y Olimpiadas disciplinares. Por otra parte, algunas agencias estatales producen recursos, contenidos y materiales de comunicación científica, o sostienen sus propios canales de divulgación audiovisual –es el caso de la señal de TV de la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT TV), *Ciência Viva* TV en Portugal, *ConCiencia* TV en Venezuela y TEC-TV en Argentina. Cabe señalar que la FECYT abrió un rumbo en este sentido al lanzar en 2008 la primera agencia oficial de noticias y contenidos de divulgación en Iberoamérica (SINC).

- Finalmente, en un tercer nivel, y con menor incidencia en el total de acciones, se encuentran los fondos para subsidiar proyectos competitivos de productores de contenidos y otros agentes –más usuales en países con mayor trayectoria en el campo de sus políticas científicas como Brasil, Chile, Colombia, España, México y Portugal– y las encuestas de percepción pública de la ciencia y la tecnología. Estas últimas, consideradas entre los instrumentos más relevantes para el diseño de políticas de cultura científica, presentan una trayectoria dispar en la región. Cuando en 2001 la RICYT y la OEI pusieron en marcha el primer estudio comparativo de indicadores percepción pública de la ciencia a nivel regional, había pocas encuestas nacionales implementadas. Durante la última década, si bien con distintos grados de periodicidad, el panorama cambió sustancialmente. En algunos países estos estudios se aplican regularmente (Argentina, Brasil, España, México y Uruguay), mientras que en otros casos se realizan solo eventualmente o con una línea temporal menos definida (Portugal, Ecuador, Costa Rica y demás países).

El segundo grupo de indicadores refleja el “tipo de acciones según el grado de participación de los ONCYT”. La expansión de la cultura científica es una responsabilidad que no concierne solamente a las políticas públicas sino que involucra –o sería deseable que involucrara– a un conjunto de actores sociales: instituciones educativas, comunidades de investigadores, organizaciones de la sociedad civil, medios de comunicación, entidades culturales y productivas. La posibilidad de articular esfuerzos provenientes de diversos sectores resulta valiosa por diferentes motivos. En primer lugar, porque requiere discutir y alcanzar ciertos acuerdos de base respecto de los intereses, objetivos y el sentido asignado a las tareas. Además, desde una perspectiva práctica, porque permite optimizar los recursos humanos y materiales disponibles, evitar solapamientos o interferencias en la planificación y aprovechar las capacidades diferenciales de los agentes implicados.

La **Tabla 2** muestra que esto es así en más de la mitad de las acciones, en las cuales el ente público trabaja cooperativamente con instituciones educativas y/o científicas, otras agencias de gobierno, otros organismos nacionales e internacionales, o bien formando parte de redes interinstitucionales que agrupan a muy diversas entidades. Eso refleja, en general, una buena disposición a la cooperación de los organismos con otros actores sociales con intereses y capacidades para aportar a la cuestión. No es de extrañar, asimismo, que los socios provengan del ámbito educativo o científico: eso es consistente con el hecho de que las actividades con intencionalidad pedagógico-educativas se cuentan entre las más numerosas, como se detalla en el siguiente apartado. Por su parte, en la categoría Acciones Directas (37%) se incluyen todas aquellas que son promovidas, financiadas y ejecutadas en su totalidad por el o los organismos en el área –abarcan los medios y

INDICADORES	CATEGORIAS	%
(I) Modalidad	1. Premios y Concursos	24 %
	2. Eventos	23 %
	3. Actividades escolares	15 %
	4. Medios y productos propios de comunicación de la ciencia	15 %
	5. Fondos competitivos	8 %
	6. Encuestas de percepción	7 %
	7. Otros	8 %
	Total	100 %
(II) Grado de Participación del / los ONCYT	1. Colaborativa	55 %
	2. Directa	37 %
	3. Indirecta	8 %
	Total	100 %
(III) Intencionalidad*	1. Divulgativa	44 %
	2. Pedagógico-Educativas	35 %
	3. Promoción de RR.HH en comunicación y cultura científica	17 %
	4. Investigación	8 %
	5. Participación social	2 %
	6. Otras	9 %
(IV) Públicos Meta	1. General	36 %
	2. Infantil-Juvenil	21 %
	3. Varios públicos	17 %
	4. Instituciones y/o comunidad científica	11 %
	5. Divulgadores, productores de contenido	9 %
	6. Colectivos específicos (minorías)	3 %
	7. Estudiantes universitarios	1 %
	8. No es posible precisar el público	2 %
	Total	100%

* Las actividades pueden tener más de una intencionalidad; por esa razón el porcentaje acumulado puede exceder el 100%. Proyecto Prácticas Valores de la Comunicación Social de la Ciencia en Iberoamérica (Observatorio CTS, OEI).

Tabla 2. Iniciativas gubernamentales de promoción de la cultura científica en países iberoamericanos

productos de divulgación propios, las encuestas de percepción y la mayoría de premios y concursos. Finalmente, como Acciones Indirectas (8%) se consignaron las que involucran la participación del Estado como promotor, apoyo o financiador pero son diseñadas y ejecutadas por otros actores.

El tercer grupo de indicadores define el **“tipo de acciones según su intencionalidad”**. La evidencia recabada muestra que las acciones encaradas por las agencias públicas resultan diversas no sólo en lo que respecta a sus modalidades sino también en cuanto a sus motivaciones. Esta cuestión adquiere una relevancia particular por distintas razones. En primer lugar, identificarlas contribuye a inferir la concepción de cultura científica que subyace en cada contexto a la planificación de acciones y de los mecanismos que serían más apropiados para promoverla (divulgación, educación formal, transferencia, entre ellos). En segundo lugar, cabe presumir que los ONCYT son agentes intencionales, que eligen las acciones más apropiadas como medios para alcanzar sus metas. Desde este punto de vista, las estrategias adoptadas se encuentran en estrecha relación con los fines y ambos, a su vez, se vinculan con interrogantes normativos que subyacen a las distintas concepciones de *cultura científica*. ¿Por qué es menester que el Estado se comprometa con su expansión? ¿Cuál es el sentido último de promoverla: difundir conocimientos, promover vocaciones, generar actitudes de apoyo y valoración del público al desarrollo científico-tecnológico, favorecer un diálogo razonable y horizontal entre ciencia y sociedad civil, lograr una ciudadanía más plena, con sujetos críticos, participativos, conscientes de sus derechos y responsabilidades? ¿Todos esos fines, algunos de ellos, otros diferentes?

Lo anterior conduce a una dimensión evaluativa, aún poco explorado en este marco, que debe ser abordada tanto en su dimensión intrínseca -de la calidad de las acciones en sí- como extrínseca -de su adecuación para alcanzar los fines previstos. ¿Mediante qué parámetros juzgar ambos aspectos? ¿Más siempre es mejor? En última instancia, los recursos que los Estados destinan a la promoción de la cultura científica, ¿están bien o mal aplicados, y en función de qué determinarlo? El criterio de intencionalidad puede ser un buen punto de partida para explorar esos interrogantes. Así, la Tabla 2 pone de manifiesto que la mayor parte de las iniciativas de los ONCYT se rigen por una intencionalidad divulgativa (44%). Esta tendencia se reproduce prácticamente en la totalidad de países analizados y refleja la orientación dominante de las acciones promovidas por las políticas públicas, ancladas en un enfoque de comunicación de información y conocimientos claramente vinculado al modelo del déficit cognitivo de los ciudadanos. Un segundo núcleo relevante agrupa a las actividades destinadas a incrementar el interés de niños y jóvenes por la ciencia y las carreras especializadas (35%). Considerando conjuntamente ambos indicadores, puede concluirse que ocho de cada diez iniciativas gubernamentales de expansión de la cultura científica se orientan a la diseminación de conocimientos, tanto sea a través de la divulgación como de los mecanismos propios de las instituciones educativas.

Un tercer grupo de acciones, presente en catorce países, está destinado a la formación de recursos humanos en el área, mediante el auspicio de cursos especializados y reuniones profesionales, becas y premios a periodistas y divulgadores. Finalmente, luego de las encuestas de percepción y otras iniciativas orientadas a la investigación, el listado se cierra con un porcentaje ínfimo de prácticas tendentes a promover la participación ciudadana en la discusión pública de temas vin-

culados con la ciencia y la tecnología, o su intervención en procesos cooperativos de producción de conocimientos. El escaso interés de las agendas públicas en este tipo de acciones contrasta notablemente con la relevancia que se les asigna en el plano de los debates académicos vigentes, como resultado de la transición del modelo del déficit cognitivo a enfoques que destacan su valor para impulsar una mayor implicación de los ciudadanos con la ciencia y la tecnología.

El último grupo de indicadores da cuenta de los **“tipos de acciones según el o los Públicos Meta”**: ¿Quiénes son los principales destinatarios de las acciones de cultura científica impulsadas por las agencias públicas? Los colectivos específicos -como los adultos mayores, las personas con capacidades diferentes o minorías étnicas- ¿son suficientemente tenidos en cuenta en esos planes? El ordenamiento de públicos meta es coherente con la distribución de acciones según su intencionalidad descrita en el apartado anterior: entre las primeras se ubican tanto aquellas de divulgación dirigidas a público en general como las que revisten una intencionalidad pedagógico-educativa y se destinan por ende a niños y jóvenes en edad escolar. Varias actividades abarcan distintas categorías de públicos (por ejemplo, las Semanas de la Ciencia no sólo se dirigen a los escolares sino a la comunidad en general, a los divulgadores y a las propias instituciones científicas), mientras otras se encuentran claramente focalizadas. Un aspecto relevante a tener en cuenta es que, del total de acciones registradas, sólo ha podido constatarse una que se plantea como destinatario a un colectivo con capacidades diferentes: el *Proyecto Nacional Ciencia en Señas*, una iniciativa interinstitucional de la cual participan organismos del sistema científico-tecnológico venezolano conjuntamente con otras organizaciones de la sociedad civil y la comunidad de personas con discapacidad auditiva.

La confluencia entre discursos y prácticas

Teniendo en cuenta la salvedad ya expresada acerca de la factibilidad de una comparación exacta entre los países, ¿qué ocurre cuando analizamos la confluencia entre discursos y prácticas considerando la situación de los distintos países de la región? El gráfico 1 plantea la relación entre interés en la promoción de la cultura científica a nivel de los documentos de políticas (dominio discursivo) y el modo en que esta preocupación se expresa en acciones concretas (dominio de las prácticas). El eje vertical (ordenadas) representa la atención dedicada a la cultura científica a nivel retórico. El ordenamiento de los países sobre este factor es el resultado de estimar la intensidad discursiva aplicando tres indicadores⁸. El eje horizontal (abscisas), por su parte, refleja la dinámica

⁸ Por un lado se evaluó si las referencias a la cultura científica en las leyes son fuertes (“1”), débiles (“,50”) o inexistentes (“valor nulo”). Por otro lado se examinó la jerarquía de la cultura científica, esto es, si constituye (“1”) o no (“valor nulo”) una condición de base para el correcto funcionamiento del sistema de ciencia y tecnología y su integración con la sociedad. Finalmente, se analizó si la cultura científica emerge de los documentos de políticas públicas como una acción estratégica de primero (“1”), segundo (“,5”) o tercer (“,25”) orden de importancia. Así ponderadas las variables, se construyó un índice sumatorio que posteriormente se normalizó para que sus valores oscilaran entre “0” (mínima intensidad discursiva) y “10” (máxima intensidad discursiva), así como están proyectados en el gráfico.

de la cultura científica en función de la intensidad de las prácticas, medidas a partir de la cantidad de actividades promovidas por los ONCYTs de cada país de la región⁹. Aunque esta clasificación se fundamenta en una aproximación cualitativa al fenómeno estudiado, también consideramos que se trata de un ejercicio útil para reflejar de forma general y esquemática la distribución y los perfiles de los países en función de su desempeño en términos de prácticas y discursos.

La representación gráfica nos permite identificar cuatro grupos de países que reflejan realidades diferentes y elevada heterogeneidad. Un primer grupo, compuesto por España, Brasil, Argentina, Portugal, Colombia y México, parece ser el más dinámico tanto en la promoción



Gráfico 1. Distribución de los países en función de prácticas y discursos sobre cultura científica.
Fuente: Proyecto prácticas y valores en la comunicación social de la ciencia en Iberoamérica (Observatorio CTS, OEI).

⁹ También esta variable fue normalizada para que sus valores fluctúen entre “0” (mínima intensidad de prácticas) y “10” (máxima intensidad de prácticas) y luego proyectar los datos sobre el eje factorial correspondiente.

como en la institucionalización de la cultura científica. A pesar de que existen diferencias en los desempeños individuales, en conjunto se podría decir que estos países han consolidado prácticas institucionales e incorporaron el tópico de la cultura científica a sus agendas de políticas de una forma más significativa que en otros contextos. En oposición, otro grupo está compuesto por los países donde la cultura científica está menos institucionalizada tanto a nivel discursivo como práctico. También al interior de este grupo hay marcadas diferencias: véase, por ejemplo, el desempeño relativo de Uruguay en comparación con lo que ocurre en El Salvador, Ecuador o Paraguay. El tercer grupo de países se correspondería principalmente con los casos de Chile (uno de los más dinámicos en términos de la producción de actividades y materiales de comunicación de la ciencia) y Costa Rica, donde las prácticas parecen ser más significativas que el dominio retórico. Finalmente, en el cuarto grupo encontramos a países como República Dominicana, Guatemala y Panamá los cuales durante los últimos años han resaltado en documentos programáticos la importancia de la cultura científica para el desarrollo nacional incluso cuando la intensidad de las prácticas sea más baja que la que se observa en otros contextos.

Conclusiones

Durante la última década, diferentes gobiernos e instituciones científicas de la región se han mostrado convencidos de la importancia de promover la cultura científica en la sociedad (entre otros aspectos: aumento del nivel de conocimiento sobre ciencia y tecnología; despertar el interés por los temas científico-tecnológicos; generación de actitudes y disposiciones favorables; promoción de vocaciones científicas entre las nuevas generaciones). También otras instituciones sociales, grupos académicos y grupos de presión o interés también han enfatizado que la información y la cultura científica deben ser la base para la participación ciudadana y la democratización de los procesos de toma de decisión en ciencia y tecnología. De esta forma, las políticas públicas se han terminado por confrontar al desafío de estimular la cultura científica en contextos de diálogo, participación cívica e inclusión social (fundamentalmente en países donde las condiciones de acceso a los bienes de la cultura son muy desiguales y las asimetrías sociales muy pronunciadas).

Nuestra investigación nos ha permitido identificar un conjunto de factores que reflejan cómo durante este mismo período las prácticas de comunicación, divulgación, apropiación o, más ampliamente, de promoción de cultura científica han tenido un cierto grado de institucionalización. Así, se pueden apreciar algunas coincidencias sustanciales entre los países analizados. Un aspecto especialmente relevante lo constituye el hecho de que prácticamente todos los documentos de políticas actuales refieren explícitamente al tópico de la comunicación o la cultura científica confiriéndole al tema una legitimación política probablemente sin precedentes en relación con lo que acontecía en el pasado. Ello no supone, sin embargo, homogeneidad en el tratamiento, puesto que también los países difieren en la relevancia que le asignan a la cultura científica; en los términos que específicamente utilizan para designar al conjunto de actividades que promocionan; en los propósitos; y también en los objetivos planteados.

Otro resultado a destacar es que las agencias de ciencia y tecnología fueron desarrollando un número relevante de iniciativas (premios nacionales, semanas de las ciencias, festivales de ciencia y tecnologías, olimpiadas, actividades en escuelas) en las que es posible identificar objetivos específicos, alcances diferenciados y públicos objetivo diversos cubriendo un espectro relativamente amplio del universo social. Además, en algunos países especialmente, las actividades de cultura científica continúan o bien retoman una tradición institucional de importancia que se remonta a décadas atrás. Sin embargo, también de nuestro análisis se desprende que pese al volumen creciente de actividades –y, en ciertos casos, también a su progresiva institucionalización– los países de la región comparten otra característica en común: la falta de información empírica, datos de terreno e indicadores que permitan evaluar –sobre fuentes independientes– el desempeño de las prácticas de cultura científica promovidas por los ONCYT y otras agencias nacionales. Así, salvo en casos puntuales, no existe información sobre recursos financieros, personal destinado o desempeño de cada actividad. En esta misma línea cabe mencionar la falta de mecanismos de evaluación del impacto de las actividades. También nuestra investigación pone de manifiesto que a pesar de que como vimos existen algunas tendencias comunes (relativa importancia discursiva y comunalidad en el tipo de acciones puestas en marcha), los países no tienen un desempeño homogéneo. Existe, por cierto, una elevada heterogeneidad. Las diferencias entre los países iberoamericanos se expresan tanto a través de patrones diferentes en relación al dominio de las estrategias discursivas cuanto de las prácticas. En esta línea, podríamos agregar que hay una concordancia entre países con estructuras institucionales de ciencia y tecnología más consolidadas o desarrolladas y mayor dinamismo e importancia relativa de las actividades de cultura científica (Argentina, Brasil, Chile, Colombia, España, Portugal)¹⁰. Además, en sintonía con la descripción realizada por Polino y Castelfranchi (2012) para las prácticas específicas de comunicación de la ciencia en la región, nuestra evidencia también sugiere que en los países donde los sistemas nacionales de ciencia y tecnología han crecido más rápido durante los últimos años, las políticas de cultura científica también se incrementaron en tamaño y relevancia.

Por lo tanto, podríamos concluir que aunque el panorama general es auspicioso, existen asimetrías entre los países (e instituciones al interior de cada país) así como limitaciones estructurales que en algunos casos no hacen más que resaltar la distancia entre los discursos y las prácticas institucionales efectivas. Pero aún con estas limitaciones, el crecimiento de las prácticas y la consolidación relativa de estos temas en la agenda política permite plantear que estamos frente a la oportunidad de diseñar una agenda de gestión política e investigación empírica que tome seriamente en cuenta una discusión teórica y política sobre los objetivos de promover cultura científica en la ciudadanía (informar, educar, comunicar, dialogar, participar); sobre la coherencia interna entre los fines, los objetivos, las estrategias, los contenidos y

¹⁰ No hay que olvidar que considerando solamente a los países de América Latina, Argentina, Brasil y México, son responsable de la mayor parte de la expansión regional en ciencia y tecnología: estos países contribuyen con más del 80% de la inversión regional en I+D y, en conjunto, reúnen del orden del 85% del número total de investigadores de la región (RICYT 2011).

los recursos destinados para el cumplimiento de las acciones; sobre los conceptos, las categorías y los términos utilizados; y, como una consecuencia derivada de la necesidad de evaluar el desempeño de las prácticas, sobre la producción de indicadores comparables regionalmente sobre la calidad y el impacto de las actividades a fin de fortalecer las políticas y el involucramiento públicos.

Bibliografía

BURNS, T., O'CONNOR, D. Y STOCKLMAYER, S. (2003): "Science communication: a contemporary definition", *Public Understanding of Science*, vol. 12, pp. 183-202.

CHAVOT, P. y MASSERAN, A. (2003): "La 'mise-en-culture' of science: PUS in the French policy context", en U. Felt (ed.): *O.P.U.S. Optimising Public Understanding of Science and Technology*. Final Report, pp. 78-84.

DEPARTMENT OF SCIENCE AND TECHNOLOGY OF THE REPUBLIC OF SOUTH AFRICA (2014): *Science engagement framework*.

FECYT, OEI y RICYT (2009): *Cultura Científica en Iberoamérica. Encuesta en grandes núcleos urbanos*, Madrid, FECYT, OEI, RICYT.

FELT, U. (2003): "When societies encounter "their" sciences: Conceptualising the relationships between science and publics", en U. Felt (ed.): *O.P.U.S. Optimising Public Understanding of Science and Technology*. Final Report, pp. 16-46.

GODIN, B. y GINGRAS, Y. (2000): "What is scientific and technological culture and how is it measured? A multidimensional model", *Public Understanding of Science*, n° 9, pp. 43-58.

GONÇALVES, M. E y CASTRO, P. (2003): "PUS Policies. Introduction", en U. Felt (ed.): *When societies encounter "their" sciences: Conceptualising the relationships between science and publics*, pp. 47-58.

LÓPEZ CEREZO, J. A. (2005): "Participación ciudadana y cultura científica". *Arbor*, vol. CLXXXI, n° 715, pp. 351-362.

LOZANO, M. (2005): *Programas y experiencias en popularización de la ciencia y la tecnología. Panorámica de los países del Convenio Andrés Bello*. Bogotá, Convenio Andrés Bello.

MILLER, S., CARO, P., KOULALIDIS, V., DE SEMIR, V., STAVELOZ, W. y VARGAS, R. (2002): *Benchmarking the Promotion of RTD Culture and Public Understanding of Science*, Bruselas, Commission of the European Communities.

I+D: DEL DESEO DE CONOCIMIENTO AL DESEO DE RESULTADOS

MUÑOZ, E., PLAZA, M., SANTOS, D., ESPINOSA DE LOS MONTEROS, J. y PONGE, G. (2006): “El espacio social de la ciencia y la tecnología: percepción, comunicación y difusión”, en J. Sebastián y E. Muñoz (eds.): *Radiografía de la investigación pública en España*, Madrid, Biblioteca Nueva.

POLINO, C. (2011): *Los estudiantes y la ciencia*. Encuesta a jóvenes iberoamericanos. Buenos Aires, OEI.

POLINO, C. y CASTELFRANCHI, Y. (2012): “The ‘communicate turn’ in contemporary technoscience: Latin American approaches and global tendencies”, en B. Schiele, M. Claessens y S. Shi (eds.): *Science communication in the world: Practices, theories and trends*, Londres y Nueva York, Springer.

RICYT (2015): *Manual de Antigua. Indicadores de percepción pública de la ciencia y la tecnología*. Buenos Aires, RICYT-OEI.

RICYT (2011): *El estado de la ciencia*. Buenos Aires, RICYT-OEI.

SCHIELE, B., LANDRY, A. y SCHIELE, A. (2011). *Science Communication in Canada. An inventory of the major PCST initiatives carried out in Canada*, Montreal, CRIST-UQAM.

VALENDUC, G. y VENDRAMIN, P. (2003): The Belgian policy context for “Raising public awareness on science and technology”, en U. Felt (ed.): O.P.U.S. *Optimising Public Understanding of Science and Technology*. Final Report.

I+D: del deseo de conocimiento al deseo de resultados

Javier López Facal*

Al comenzar el siglo XX, los científicos eran ya conscientes de que su actividad era merecedora de recibir apoyo público, los políticos empezaban a ver en la investigación científica una útil herramienta para el desarrollo de sus pueblos, y no pocos empresarios vieron claro que la ciencia les podía ofrecer ventajas competitivas frente a la competencia. Las inversiones en aplicaciones de descubrimientos científicos se desarrollaron después de la Primera Guerra Mundial. Comenzaron a surgir instrumentos ad hoc y organismos promotores. Científicos y teóricos empezaron a extender la idea de que tras las innovaciones industriales estaba la ciencia básica. Fue adquiriendo cuerpo la ideología de que había que financiar la investigación académica para que de ella surgiese la industrial. Nació, muy lentamente, la I+D.

Palabras clave

Ciencia básica, innovación industrial, I+D

* Profesor de investigación. Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), España.

Con su “Feliz el que está capacitado para descubrir las causas de las cosas” (“*Felix qui potuit rerum cognoscere causas*”, Geórgicas, 249o), Virgilio encapsuló en una sola frase tanto el origen como el efecto último del acto de conocer. La búsqueda del conocimiento era una búsqueda de la dicha. Se trataba, al menos en este aspecto, de tiempos más simples: siglo I antes de Cristo.

Mucho tiempo después, E. Stokes ahondó en el mismo punto: “En cualquier otro siglo, la creencia de que la tecnología está basada en la ciencia hubiera sido tomada por falsa. Durante la mayor parte de la historia humana, las artes prácticas se han visto perfeccionadas por ‘mejoradores de la tecnología’... que no conocían la ciencia y que no habrían contado con ninguna ventaja de haberla conocido”¹. Los adelantos provenían de la praxis, del interminable ciclo de prueba y error, de esfuerzo y pura intuición que llevaban adelante los inventores y los artesanos, sin reparar en lo que la teoría científica tenía para decir al respecto o en lo que ella podría haber aportado para alcanzar esos avances.

Luego vino la Revolución Industrial y, con ella, a partir del cimbronazo que provocó en el interior del paradigma del conocimiento, la frontera que mantenía al avance tecnológico escindido del conocimiento teórico empezó a difuminarse. Para comienzos del siglo XX, los científicos eran ya conscientes de que su actividad era merecedora de recibir apoyo público, los políticos empezaban a ver en la investigación científica una útil herramienta para el desarrollo de sus pueblos, y no pocos empresarios vieron claro que la ciencia les podía ofrecer ventajas competitivas frente a la competencia.

Las inversiones en aplicaciones de descubrimientos científicos se desarrollaron después de la Primera Guerra Mundial. Comenzaron a surgir instrumentos ad hoc y organismos promotores. Científicos y teóricos empezaron a extender la idea de que tras las innovaciones industriales estaba la ciencia básica. Fue adquiriendo cuerpo la ideología de que había que financiar la investigación académica para que de ella surgiese la industrial.

En estas circunstancias, por una parte, empezaron a crearse entidades públicas de fomento de la investigación científica, como las *Caisses des Recherches Scientifiques* en Francia (1901), la Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas en España (1907), la *Kaiser Wilhelm Gesellschaft* en Alemania (1911) y el *Comitato Nazionale Scientifico Tecnico per lo Sviluppo e L'Incremento dell'Industria Italiana* en Italia (1916), por no mencionar sino algunos que han ido mutando a lo largo del siglo y son hoy organismos públicos de investigación (OPI), relativamente conocidos por sus siglas respectivas: CNRS, CSIC, MPG, CNR.

¹ *Pasteur's Quadrant*, 1993. La traducción es del editor. En el original: “*In every preceding century the belief that technology is science-based would have been false. For most of human history, the practical arts have been perfected by ‘improvers of technology’... who knew no science and would not have been much helped by it if they had*”.

Por otra parte, los empresarios más “schumpeterianos”, es decir, los más emprendedores y más proclives a la innovación, empezaron a crear unidades de “desarrollo” (*development*) en sus propias empresas, al principio sin autonomía propia y dentro del área de marketing, como simples unidades de *development & research* (por este orden).

A punto de comenzar la Segunda Guerra Mundial, el 2 de agosto de 1939, Albert Einstein escribió una carta al presidente Roosevelt, alertándolo del riesgo de que la Alemania nazi desarrollase una bomba de fisión nuclear, posibilidad que todavía parecía muy remota a la mayoría de los físicos. Cuando estalla la Guerra, en todos los países, pero muy notablemente en Estados Unidos, se crearon ambiciosos programas de desarrollo de armamento financiados con fondos públicos. Dada la gran concentración de físicos que había en Nueva York, muchos de ellos europeos huidos de nazis y fascistas, se organizó en torno a la Universidad de Columbia el llamado “Proyecto Manhattan” con el objetivo de desarrollar la bomba atómica antes que el Tercer Reich. Fue un programa muy ambicioso, dirigido por J. Robert Oppenheimer, y que incorporó a decenas de grupos de investigación de universidades y centros de investigación del Reino Unido, de Canadá y, sobre todo, de los Estados Unidos.

Terminada ya la guerra, el modelo de financiación pública de proyectos finalistas había caído, y así, en 1947, aparece por primera vez el binomio I+D (R&D, en inglés) en un informe estadístico de la Oficina Presidencial de Investigación Científica (*President's Scientific Research Office*). Se creó entonces la Fundación Nacional de la Ciencia (NSF, en inglés) y se le encomendó que llevase las estadísticas del esfuerzo del país en actividades científicas y tecnológicas. La NSF tuvo que crear categorías que no existían e improvisar definiciones, y decidió agrupar los gastos en tres cestos: investigación básica, investigación aplicada y desarrollo tecnológico. De esta manera, contentaba por igual a dos poderosos grupos de presión, el de los científicos académicos y el de los ingenieros de las empresas. Lo que había comenzado como una improvisación para salir del paso y poder clasificar el gasto a efectos estadísticos se convirtió enseguida en un modelo cognitivo y axiológico y, ya en su segundo informe anual, la NSF afirmaba categóricamente: “La secuencia tecnológica consiste en investigación básica, investigación aplicada y desarrollo, donde cada uno de los sucesivos estadios depende del anterior (*where each of the successive stages depend upon the preceding*)”. Había nacido, así, la I+D.

Cuando se creó la OCDE en 1961 para dar continuidad a una oficina fundada en 1947 con el objeto de gestionar las ayudas del Plan Marshall de reconstrucción de la Europa devastada, se convocó a una conferencia de ministros responsables de ciencia en los países miembros y se decidió encargar a un grupo de científicos sociales la redacción de un manual que sirviese de estándar para la recogida de datos estadísticos y permitiera medir de manera comparable el esfuerzo en I+D de todos. Por España asistió a esta conferencia Manuel Lora Tamayo y, a raíz de ella, el correspondiente ministerio dejó de llamarse de “Educación Nacional” y pasó a llamarse de “Educación y Ciencia”. El caso es que la reunión de expertos convocada por la OCDE tuvo lugar en las afueras de Roma, en Frascati, donde se redactó un documento, conocido posteriormente como Manual de Frascati (1963), que viene a ser algo así como el catecismo de la I+D. Con las series estadísticas que la NSF y entidades similares en cada país ofrecían regularmente

ESPACIOS PRIORITARIOS EN I+D: NANOTECNOLOGÍA

te, los científicos sociales se lanzaron a hacer estudios y análisis. Como declaró R. R. Nelson, del *National Bureau of Economic Research*, en 1962: “Las series estadísticas que la NSF ha recolectado y publicado han provisto a los científicos sociales de algo con lo que poder trabajar”. Empezó a crecer una nueva subdisciplina que se conoce por “política científica”, pero a la que hay que distinguir de las actividades de planificación, fomento y gestión que hacen los gobiernos, y que también se denomina “política científica”. Bajo esta denominación coexisten, pues, dos actividades diferentes, la que hacen los gobernantes y administradores (política científica 1), y la que hacen economistas, sociólogos, politólogos y otros estudiosos de los fenómenos sociales (política científica 2). Normalmente, los primeros no suelen hacer mucho caso a los segundos, e incluso se puede decir que con frecuencia se llevan como el perro y el gato.

Años más tarde, en 1966, se añadió al binomio I+D la *i* (en minúscula) de “innovación”, agregado que sacralizó la OCDE en su *Government and Technical Innovation*. El modelo I+D+i es, pues, una especie de trinidad que refleja los intereses corporativos de científicos, ingenieros y economistas, lo que le confiere una gran solidez política. Cada miembro del polinomio responde a una prioridad política y a unos intereses: *I* (apoyo público a la investigación universitaria) + *D* (importancia de la tecnología para la empresa) + *i* (impacto de la investigación en la economía y en la sociedad). La pervivencia del modelo de I+D+i se debe también a su simplicidad. Otros modelos que intentan reflejar la complejidad real con flechas y curvas parecen “un plato de espaguetis con albóndigas” (P. Kelly, *Technological Innovation*, 1975).

¿Pero cuál es, en el fondo, la utilidad de este modelo? A los científicos les aporta financiación y les permite excluir a los aficionados; a los ingenieros les prestigia su status; a los empresarios les permite atraer a científicos sin mala conciencia; a los políticos les confiere legitimidad y *glamour*.

La nanotecnología en Iberoamérica. Situación actual y tendencias*

Rodolfo Barrere y Laura Trama**

La necesidad de no ser meros espectadores de esta potencial “nueva revolución industrial” ha llevado a algunos países iberoamericanos a desarrollar programas orientados específicamente a la promoción de la nanotecnología. Las autoridades de estos países tienen crecientemente la percepción de que la nanotecnología puede impactar positivamente en la producción de energía, la salud, el medio ambiente, los alimentos y la agricultura, entre otros temas de particular interés en la región. Desde un punto de vista más amplio, la nanotecnología es crecientemente percibida por autoridades y especialistas como una oportunidad de reducir la brecha con los países más industrializados, dado el carácter disruptivo que presentará sobre algunas de las actuales tecnologías.

Palabras clave

Nanotecnología, Iberoamérica, tecnología, industrialización

* Este artículo constituye una actualización del informe “Nanotecnología en Iberoamérica. Situación actual y tendencias”, publicado en la edición 2008 de El Estado de la Ciencia, y cuenta con información publicada en el artículo “Las tecnologías de propósito general en Iberoamérica. Situación actual y tendencias comparadas de la I+D en Nanotecnología, Biotecnología y TIC” publicado en la edición 2014 de la misma fuente.

** Observatorio Iberoamericano de la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad.

1. La nanotecnología iberoamericana en el mundo

La nanotecnología se refiere a la creación de materiales funcionales, dispositivos y sistemas a través del control de la materia a nivel atómico y molecular. Es una actividad fuertemente interdisciplinaria que involucra, entre otras, a la física, la química, la biología, la medicina y la ingeniería. Desde un punto de vista formal, la nanotecnología se refiere a la comprensión y al control de la materia en escalas de tamaño menores a los 100 nm ($1 \text{ nm} = 1 \times 10^{-7} \text{ cm}$). En esta escala, que se denomina escala mesoscópica, aparecen fenómenos únicos, originados en la naturaleza cuántica de la materia, que pueden ser utilizados para nuevas aplicaciones.

El rápido crecimiento de la nanotecnología registrado mundialmente a partir de los años ochenta se basa en la invención de nuevas microscopías, las cuales no sólo permiten observar la materia a escalas atómicas sino también la manipulación de átomos y moléculas, en el fenomenal crecimiento de las capacidades computacionales junto al desarrollo de nuevos métodos de cálculo teóricos y en los avances de la química sintética y la química supramolecular. En este desarrollo ha tenido también influencia la visión de destacados científicos sobre la capacidad de la nanotecnología para producir un impacto significativo en la sociedad. Todo ello ha llevado a la incorporación de la nanotecnología como una cuestión central en los sistemas de ciencia, tecnología e innovación de los países más industrializados, que están invirtiendo cifras millonarias (y crecientes cada año) en las actividades públicas y privadas de investigación y desarrollo en esta temática.

Sin embargo, la nanotecnología no constituye un campo bien definido de la actividad tecnológica sino un conjunto de tecnologías que evoluciona a diferentes velocidades y características. Los especialistas señalan que la nanotecnología está impactando e impactará cada vez más, en forma directa o indirecta, en diferentes industrias, especialmente en la manufacturera, la electrónica, la farmacéutica y la textil, entre otras. También indican que está impactando progresivamente, y continuará haciéndolo, en áreas tan disímiles como la salud, la cosmética la energía, el transporte, el medio ambiente y la seguridad. Este listado ilustrativo aunque no exhaustivo, se encuentra, además, en permanente expansión y produciendo cambios incrementales en los mercados existentes y la creación de nuevos mercados difícilmente imaginables en estos momentos.

Asimismo el rápido desarrollo de la nanotecnología ha vuelto inevitable el debate sobre ciertas cuestiones éticas. Éstas incluyen temas como la equidad (el incremento de la brecha entre países más y menos industrializados), el medio ambiente (los nanomateriales como posibles contaminantes), la privacidad y la seguridad (ante los dispositivos no detectables y nuevas armas), la modificación de organismos vivos, entre otros. Las regulaciones en desarrollo y a desarrollar están destinadas a prevenir usos destructivos o accidentes siguiendo los esfuerzos realizados en genómica y biotecnología.

La necesidad de no ser meros espectadores de esta potencial “nueva revolución industrial” ha llevado a algunos países iberoamericanos a desarrollar programas orientados específicamente a la promoción de la nanotecnología. Las autoridades de estos países tienen crecientemente la percepción de que la nanotecnología puede impactar positivamente en la producción

de energía, la salud, el medio ambiente, los alimentos y la agricultura, entre otros temas de particular interés en la región. Desde un punto de vista más amplio, la nanotecnología es crecientemente percibida por autoridades y especialistas como una oportunidad de reducir la brecha con los países más industrializados dado el carácter disruptivo que presentará sobre algunas de las actuales tecnologías.

2. Huellas de la I+D iberoamericana en nanotecnología

En el marco del interés que ha despertado la nanotecnología a nivel mundial para quienes diseñan políticas y estrategias en ciencia, tecnología e innovación, con el objetivo de potenciar el campo y facilitar la incorporación de conocimiento al sistema de I+D y a la industria, la información es un bien de importancia crítica. En ese sentido, el análisis de la información contenida en las bases de datos bibliográficas, como huellas tangibles de la producción de conocimiento, resulta de particular importancia.

El desafío inicial de este tipo de estudios es la selección precisa de los documentos que dan cuenta del campo que se desea analizar, y que luego podrán ser procesados con diferentes técnicas propias de la informática y la estadística. Esta tarea se realizó en base a una revisión bibliográfica y con la guía de expertos en el tema estudiado.

La fuente utilizada ha sido el *Science Citation Index (SCI)*, en su versión *Web of Science*, la base de datos más prestigiosa y difundida a nivel mundial. El SCI cuenta con una colección de más de ocho mil revistas científicas de primer nivel, recopiladas con estrictos criterios de calidad y cobertura, que dan cuenta de la investigación en la frontera científica internacional. Además, se trata de una base de datos que cubre ampliamente las ciencias exactas y naturales, por lo que es perfecta para observar un campo fuertemente interdisciplinario como la nanotecnología.

Sin embargo, la definición del corpus de datos resulta un tarea compleja que, dada la mencionada transversalidad disciplinaria, sólo puede realizarse de manera efectiva en base a un conjunto de palabras clave representativas del objeto de estudio. Existen varios trabajos que contienen estrategias alternativas para seleccionar las publicaciones con contenido nanotecnológico en bases de datos bibliográficas. Para este trabajo se revisaron tres de ellas, incluidas en los trabajos *Refining Search Terms for Nanotechnology Research* (Porter et al, 2008), *The Seminal Literature of Nanotechnology* (Kostoff et al, 2005) y *Nano Sciences and Nano Technologies in Austria* (Friedewald et al, 2006).

Luego de someter las posibilidades a nanotecnólogos expertos, se optó por la incluida en el trabajo de Friedewald para el Instituto Fraunhofer por ser más representativa de los temas actuales en el terreno de la nanotecnología a nivel mundial. Se trata de una estrategia amplia, que busca abarcar todos los campos de la nanotecnología, aplicada a una base de datos con estrictos estándares de calidad como es el SCI. El detalle de la estrategia utilizada se encuentra en el Anexo de este informe.

3. La evolución de la producción científica

La búsqueda bibliográfica realizada permitió recuperar 1.187.498 publicaciones en nanotecnología entre los años 2000 y 2013, representando el 7% del total de la producción científica registrada en el SCI en ese período. La producción mundial en nanotecnología, como muestra el **Gráfico 1**, ascendió de 38.134 publicaciones en 2000 a 145.952 en 2013.

La producción en nanotecnología creció, además, a un ritmo muy superior al presentado por el total de la producción científica registrada en SCI en el período 2000-2013. Mientras que el total de la base creció un 75%, los artículos sobre nanotecnología alcanzaron un incremento del 283%. De esta manera, el peso relativo del área en SCI logró duplicarse: en el año 2000 los artículos en nanotecnología representaron el 3,9% del total de publicaciones en SCI y en el año 2013 el 8,5%.

En este contexto, fueron registrados 73.007 documentos publicados sobre nanotecnología por países iberoamericanos durante los catorce años del período comprendido entre 2000 y 2013. Se trata del 5% del total de las publicaciones iberoamericanas registradas en esa base de datos internacional.

Sin embargo, como muestra el **Gráfico 2**, las publicaciones en nanotecnología manifestaron un crecimiento más fuerte en Iberoamérica que en el mundo: de 1.957 documentos registrados en el año 2000 se pasó a 9.624 publicaciones en 2013, es decir un valor casi cinco veces mayor.

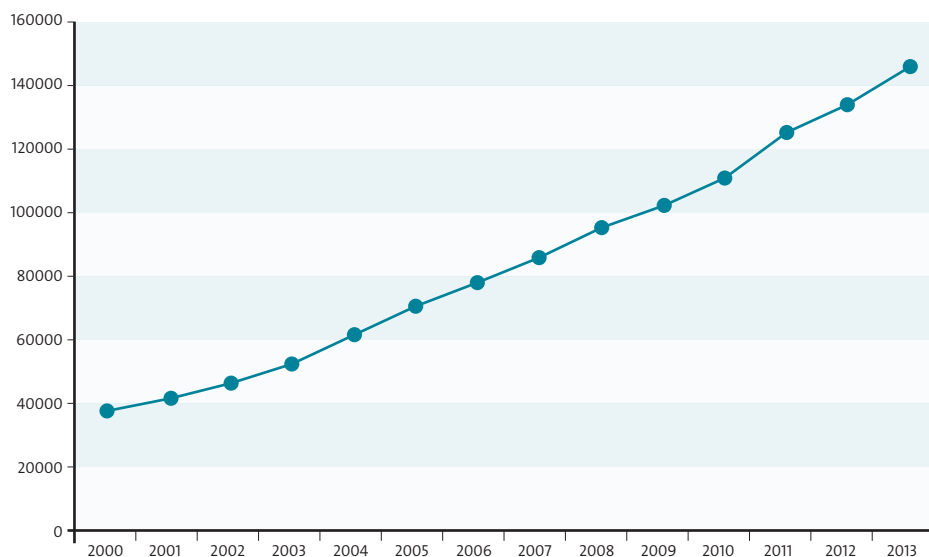


Gráfico 1. Total de publicaciones en nanotecnología (2000-2013).

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.

El **Gráfico 3** muestra la evolución de las publicaciones científicas de los cinco países del mundo más productivos en el campo de la nanotecnología durante el período 2000-2013. En este caso se ha utilizado la metodología de contabilización por enteros, es decir que se ha contado un registro completo para cada uno de los países participantes en el mismo. Existiendo así duplicaciones generadas por la colaboración internacional, la suma de la producción de los países es superior al total mundial.

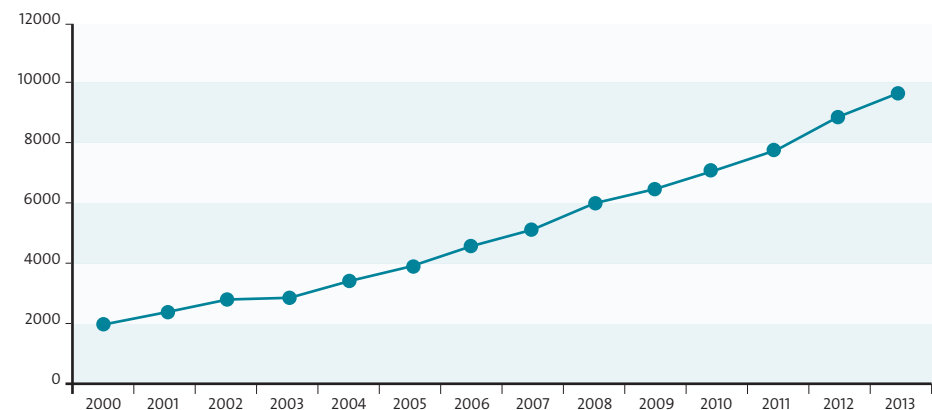


Gráfico 2. Total de publicaciones iberoamericanas en nanotecnología (2000-2013).

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.

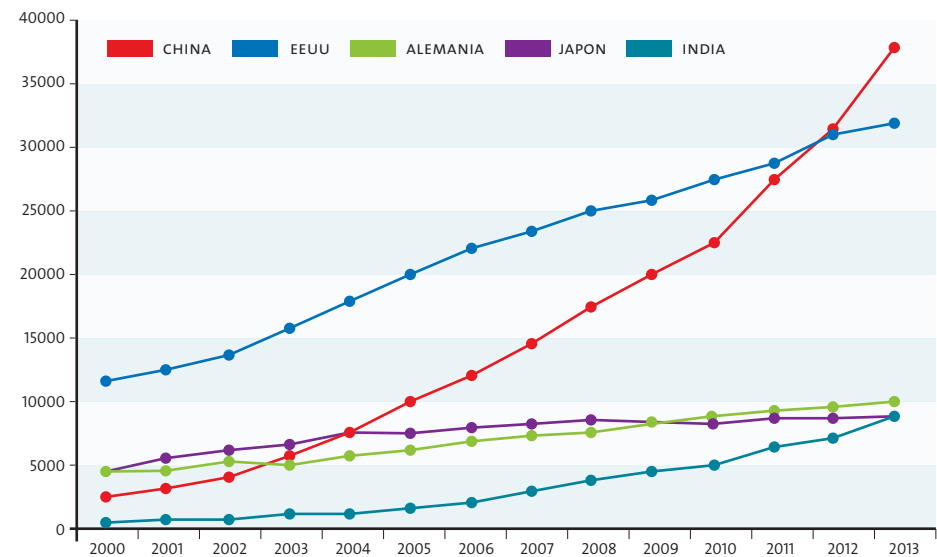


Gráfico 3. Publicaciones de los principales países del mundo en nanotecnología.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.

Se puede observar que el liderazgo en la producción científica en nanotecnología lo tienen Estados Unidos y China, con valores muy por encima del resto. Estados Unidos comenzó el año 2000 con alrededor de 11.700 publicaciones y fueron registrados más de 32.000 documentos de autores estadounidenses en 2013.

El fenómeno del crecimiento de la producción china es sumamente destacable, ya que comenzó la serie en el cuarto lugar mundial con apenas 2.770 artículos publicados en 2000 para terminar desplazando a Estados Unidos del liderazgo en la producción científica en esta área a partir del 2012, con un total de 37.870 artículos registrados en 2013. El tercer y cuarto lugar son ocupados por Alemania y Japón respectivamente, registrando un crecimiento moderado.

Por último, es importante destacar el crecimiento de la presencia india en las publicaciones sobre nanotecnología en SCI, particularmente a partir del 2004. India incrementó más de doce veces su producción científica en nanotecnología, pasando de 707 artículos registrados en 2000 a 9.008 para el año 2013.

Los cinco países con mayor presencia en la producción nanotecnológica a nivel iberoamericano son España, Brasil, México, Portugal y Argentina (Gráfico 4).

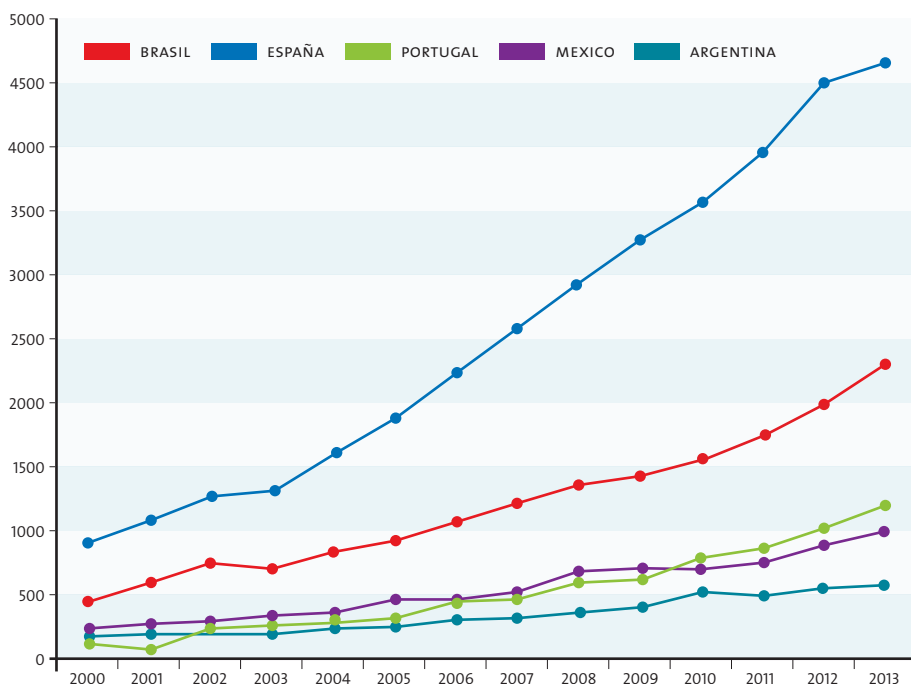


Gráfico 4. Publicaciones de los principales países iberoamericanos en nanotecnología.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.

España mantiene un fuerte liderazgo con un total de 35.834 publicaciones durante el período 2000-2013, casi la mitad de la producción científica en nanotecnología del bloque (49,08%). El país ibérico también se destaca por un crecimiento sostenido, llegando a quintuplicar su producción científica entre los años de inicio y fin del período en análisis (930 registros en el año 2000 a 4.669 en 2013).

En segundo lugar aparece Brasil que, al igual que España, ha quintuplicado su producción durante el período y representa el 23,28% de la producción científica en Iberoamérica. En este sentido es importante señalar que la brecha con el resto de los otros países que completan el ranking de los cinco países más productivos es significativa, ya que México y Portugal cuentan con alrededor de la mitad del volumen de documentos generados por Brasil, mientras que Argentina representa la cuarta parte de la publicación brasileña.

Portugal, en el tercer lugar, es responsable del 10,25% de la producción total iberoamericana en nanotecnología, con un crecimiento de 807% entre puntas (pasando de 133 registros en el año 2000 a 1.206 en 2013). México ocupa el cuarto lugar, habiendo perdido terreno con respecto a Portugal, pasando de 220 documentos en 2000 (lo que representaba el tercer lugar ese año) a 989 en 2013. Argentina, por último, ocupa el quinto puesto del ranking con un crecimiento relativo menor y con un aumento de su producción científica en nanotecnología de un 257%. En el último año, a estos cinco países iberoamericanos más productivos le siguen, en orden decreciente, Chile con 293 documentos en nanotecnología, Colombia con 168 documentos, Cuba y Venezuela con 56, Uruguay con 41 y el resto de los países de la región registran menos de quince artículos en el área.

Asimismo, si se observa la cantidad de documentos que un país produce en nanotecnología en relación con el número total de sus publicaciones se obtiene una proporción que representa el nivel de especialización que ese país tiene en el área. De esta manera, se puede observar

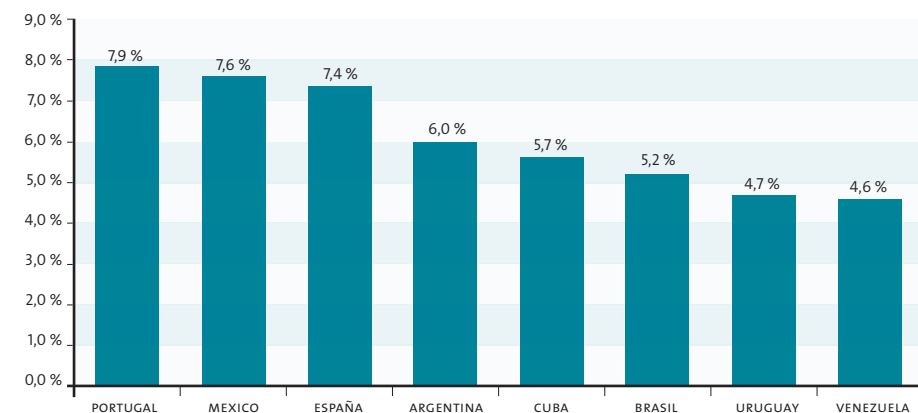


Gráfico 5. Porcentaje de publicaciones en nanotecnología en relación al total (2013).

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.

que la nanotecnología en Portugal, México y España acumula entre el 7% y el 8% de la producción total de los países, mientras que en Argentina alcanza el 6% y en Cuba el 5,7%. En Brasil representa el 5% de su producción total.

4. La colaboración internacional

La colaboración científica, como desarrollo de actividades y realización de productos en forma conjunta con colegas, puede cobrar diversas manifestaciones, como la cooperación internacional en proyectos de I+D o la realización de actividades de formación en colaboración. Sin embargo, una de las evidencias empíricas más claras que representa la interacción exitosa entre los investigadores, es la coautoría de publicaciones, interacción que muchas veces es vista por sus protagonistas como una sinergia que propicia la productividad científica a través de un importante intercambio de conocimiento.

En los últimos años es posible observar un incremento sostenido en los niveles de colaboración en la firma conjunta de artículos científicos. Este proceso ha traspasado las fronteras y de la mano de las facilidades que otorgan las TIC para el trabajo a distancia y de políticas que la promueven, la colaboración internacional es un fenómeno cada vez más frecuente. Más aún, en países como los latinoamericanos donde en la mayoría de los casos se cuenta con sistemas científicos y tecnológicos pequeños o en consolidación, la colaboración internacional se vuelve una necesidad para el desarrollo de I+D de frontera.

A continuación se presenta el nivel de cooperación internacional en las publicaciones iberoamericanas en nanotecnología en dos momentos, al inicio y al final del período en análisis. Se considera que un artículo fue realizado en colaboración internacional cuando es firmado por instituciones de más de un país. En el **Gráfico 6** podemos ver que se dio un notable aumento de la cooperación en nanotecnología, pasando de 38% de artículos en colaboración internacional en 2000 a un 45% en 2013.

Sin embargo, la intensidad de la cooperación internacional varía entre países. El **Gráfico 7** presenta los niveles de colaboración internacional de 2013 en nanotecnología para los países iberoamericanos que registraron más de 1.000 artículos totales en SCI en ese año.

La colaboración internacional resulta muy importante para la mayor parte de los países de la región con sistemas de ciencia y tecnología pequeños y con baja producción científica en nanotecnología disponible en las bases de datos internacionales del SCI. Por lo general, se puede sostener que cuanto mayor es el sistema nacional de ciencia y tecnología de un país, menor será el nivel de colaboración internacional de sus publicaciones. Esto puede estar relacionado con la necesidad de contar con socios extranjeros para el desarrollo de I+D en áreas de frontera como la nanotecnología, donde además la disponibilidad de grandes equipamientos resulta crítica.

A partir del **Gráfico 7**, se puede observar que el nivel de colaboración internacional es mayor en

Chile, Colombia y Venezuela donde entre el 65 y el 70% de sus publicaciones fueron registradas como artículos de coautoría con instituciones de otros países.

Pueden identificarse patrones diferenciados también entre los países ibéricos y los latinoamericanos. En España y Portugal los niveles de colaboración internacional también son altos, con el 54% y 58% respectivamente. Una posible explicación para este fenómeno es la inserción de estos países en redes internacionales de la corriente principal de la ciencia, principalmente europeas. Desde hace muchos años existen intensas políticas de integración de la I+D entre los países de esa región para la conformación de un “espacio europeo de investigación” –por ejemplo mediante el financiamiento de grandes proyectos colaborativos- cuyos resultados quedan plasmados en estos datos.

La mencionada necesidad de colaboración internacional por parte de los países de menor desarrollo relativo pone en evidencia la importancia de la integración regional. Tengamos en cuenta que, si bien ha crecido de forma sostenida en la última década, la inversión total en

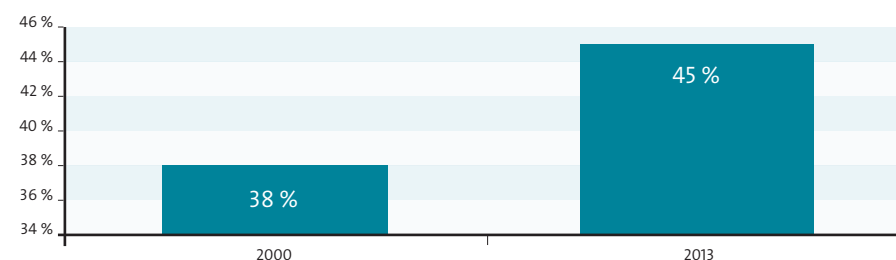


Gráfico 6. Colaboración internacional en nanotecnología.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.

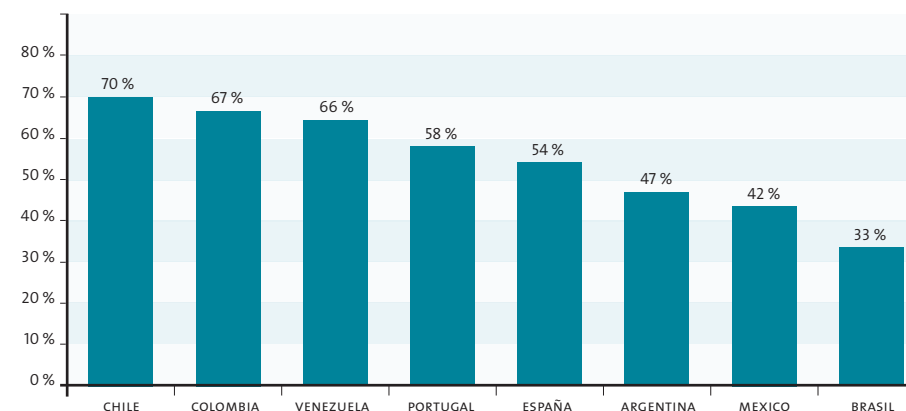


Gráfico 7. Publicaciones según colaboración internacional (2013).

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.

I+D de todos los países latinoamericanos agregados es de tan sólo el 3,5% del total mundial. Al mismo tiempo, entre Brasil, México y Argentina suman más del 90% del esfuerzo latinoamericano en I+D. En ese contexto, la integración de los esfuerzos dentro de la región es tanto una oportunidad como una necesidad.

El **Gráfico 8** muestra el porcentaje de la producción científica en nanotecnología que es realizada con la colaboración de dos o más países iberoamericanos. Vemos que se trata de una parte pequeña en el marco de la colaboración internacional de la región. Sin embargo es un fenómeno que, si bien incipiente, ha crecido de forma considerable entre 2000 y 2013.

5. Redes mundiales de colaboración científica

Para conocer con mayor detalle el comportamiento colaborativo de los países iberoamericanos en la producción de conocimiento, es interesante analizar pormenorizadamente la posición que ocupan en la investigación internacional en nanotecnología. Para ello, utilizaremos técnicas de análisis de redes que nos permitirán reconstruir el entramado de las relaciones establecidas a partir de la firma conjunta de artículos científicos. Esta información relacional completa el panorama ya perfilado a lo largo de este informe.

En el **Gráfico 9** se presenta la red mundial producida por la co-publicación de documentos en nanotecnología en el año 2013. Se han incorporado todos los países con al menos 10 publicaciones en ese año y se han resaltado en color verde los pertenecientes a la región iberoamericana.

Considerando que la cantidad de nodos de la red es muy grande y el entramado conectivo muy complejo, interfiriendo en la legibilidad y el análisis de los actores y enlaces principales, se ha recurrido a técnicas de poda. El objetivo perseguido por estas técnicas es, mediante la

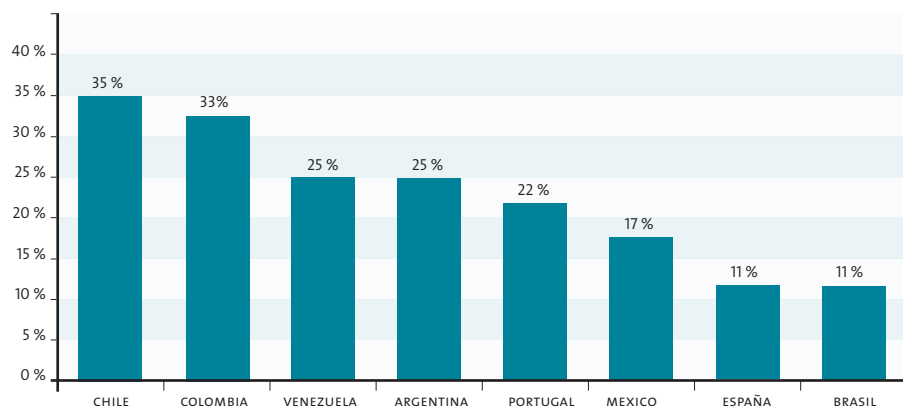


Gráfico 8. Porcentaje de publicaciones en colaboración intraregional (2013).

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.

aplicación de algoritmos que eliminan los lazos menos significativos de la red, dejar tan sólo la cantidad mínima necesaria para no desconectar ningún nodo. El criterio para esto es que el peso de los caminos totales resultantes (en nuestro caso la cantidad de documentos en colaboración) sea el mayor posible. De esta manera se obtiene la estructura básica que subyace en una red de mucha mayor complejidad.

El resultado de estas técnicas de poda es el árbol de caminos mínimos (*minimum spanning tree* o MST) de un grafo. En este caso se ha utilizado una implementación del algoritmo de Prim. En la representación gráfica, el grosor de los vínculos es proporcional a la intensidad de co-publicación de los países que unen, así como el tamaño de los nodos al volumen de su producción.

Tal como se puede observar en el **Gráfico 9**, los países que articulan a nivel mundial las redes son los de mayor tradición científica y volumen de producción, particularmente en Estados Unidos. China, se destaca por su gran volumen de producción científica, incluso mayor al de Estados Unidos, pero no logra articular aún redes extensas de colaboración con otros países, demostrando un comportamiento de tipo cerrado en términos de colaboración.

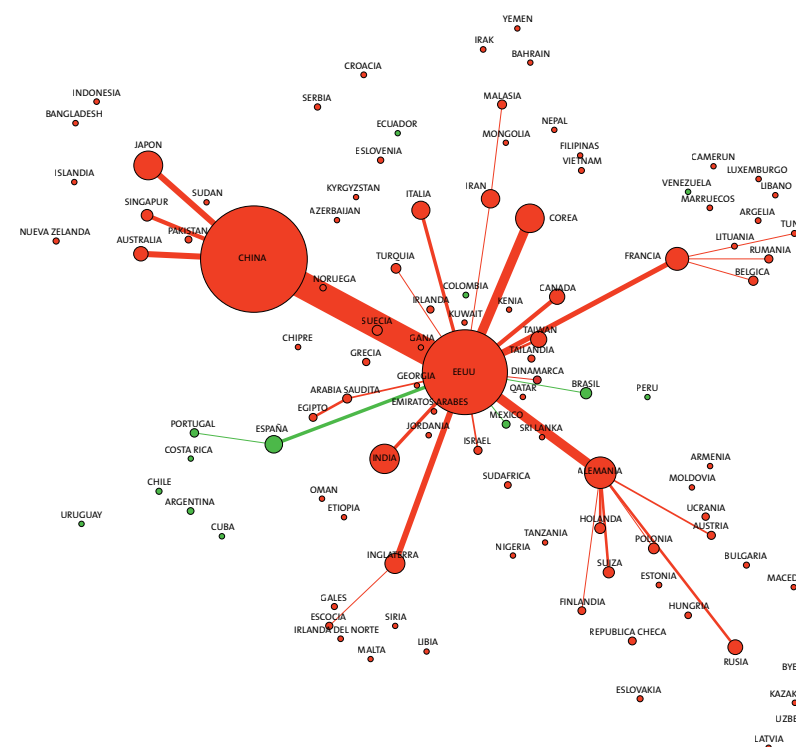


Gráfico 9. Red de colaboración en nanotecnología (2013).

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.

En la red de colaboración en nanotecnología puede observarse cómo Portugal, Argentina, Costa Rica, Chile y Cuba se aferran a la red mundial a través de su vínculo directo con España. Brasil, por el contrario, aparece desligado de la región relacionándose directamente con Estados Unidos.

6. La colaboración iberoamericana en nanotecnología

En el apartado anterior, mostrando la posición de los países iberoamericanos en la red mundial de colaboración científica, se ofrecían las primeras evidencias sobre la cohesión regional. Para profundizar, a continuación llevamos a cabo un análisis descriptivo de la cohesión de las redes de colaboración entre países iberoamericanos en nanotecnología.

En primer lugar se analiza la densidad que presenta la red, con el objetivo de obtener un panorama acerca del grado de integración de la región. La densidad se calcula en función del número de nodos, en este caso países, que componen una estructura de red y el número de lazos presentes entre los mismos. El carácter proporcional del valor que asume la densidad nos posibilita asumir que una estructura tenderá a ser más densa a medida que se acerque al valor máximo, el cual se encontraría representado por la proporción 1.0. Por lo tanto, a medida que los valores del índice de densidad se acercan a 1 la red puede interpretarse como una comunidad integrada y cohesionada.

El **Gráfico 10** nos muestra la evolución de las tres redes de colaboración en términos de densidad a lo largo del periodo 2000-2013, medido sobre el eje derecho de los gráficos. Las columnas muestran el número de países que conformaban las redes iberoamericanas en cada año, valor que se refleja sobre el eje izquierdo de cada gráfico.

La lectura de los datos nos permite señalar que la comunidad científica iberoamericana en nanotecnología se encuentra más cohesionada en 2013 que en el año 2000, es decir que se dio un paso hacia la integración regional. En el año 2000 el índice de densidad fue de 0,27 mientras que para el año 2013 este valor ascendió a 0,45.

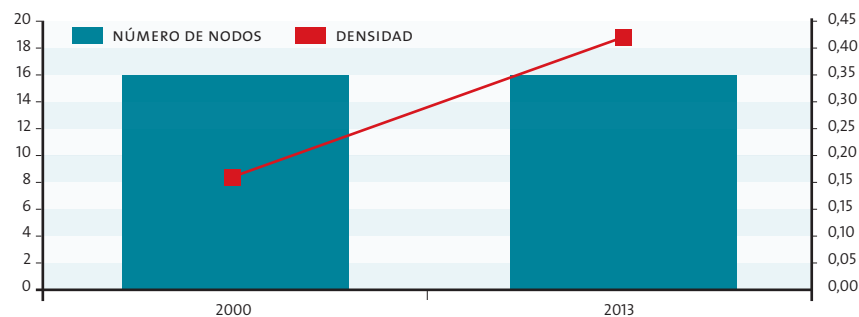


Gráfico 10. Densidad de la red iberoamericana en nanotecnología.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.

En el año 2000 de los dieciséis países iberoamericanos que presentaban producción científica en materia de nanotecnología, 12 se encontraban interconectados a la red de colaboración. Los cuatro países restantes a saber, República Dominicana, Ecuador, Guatemala y Uruguay, si bien presentaban producción ninguno de ellos colaboraba con el resto de los países de la región. En este sentido estos cuatro países representan los elementos aislados de la red, los cuales se pueden observar en el **Gráfico 11**.

En ese año, tres países lideraban la producción científica, en primer lugar España con casi el 41% de la producción iberoamericana, en segundo Brasil con el 20% y tercero México con aproximadamente el 10%, tal como puede apreciarse en la **Tabla 1**. Asimismo estos países representan a los actores más centrales en términos de su número de conexiones. Al observar los valores de centralidad de grado podemos señalar que España y Brasil representan a los actores más centrales con un valor de 0,53 cada uno seguidos por México con un grado de 0,40.

A partir del **Gráfico 12** podemos señalar que hacia el año 2013 la red de colaboración entre países en nanotecnología presenta algunos cambios. Ya no hay elementos aislados, los dieciséis países forman parte de la red, todos poseen al menos una publicación compartida con algún país iberoamericano. A partir de la **Tabla 2** podemos señalar que en materia de publicaciones España y Brasil continúan siendo líderes en la región, con casi el 45% del total regional para el primero y 22% para el segundo. En este panorama México ha perdido el tercer puesto ante Portugal el cual ahora se perfila con el 11,7%.

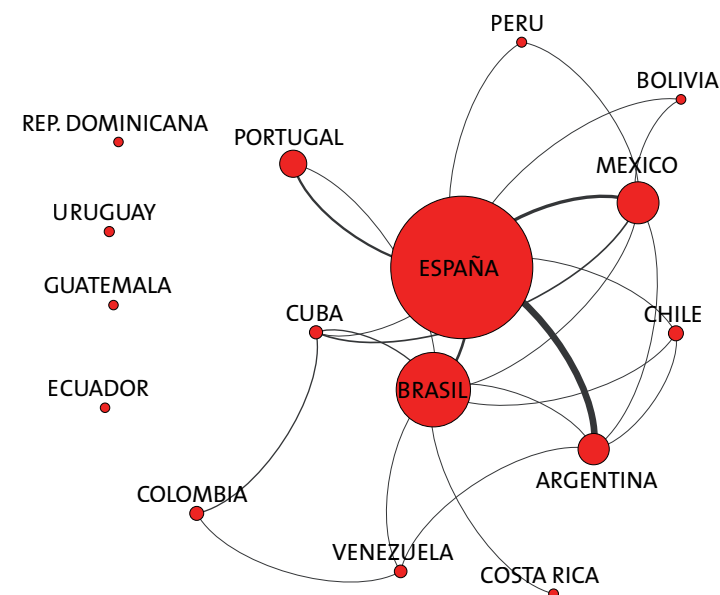


Gráfico 11. Densidad de la red iberoamericana en nanotecnología.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.

País	Participación en la producción iberoamericana	Grado	Intermediación
España	40,83%	0,53	0,14
Brasil	19,98%	0,53	0,18
México	10,02%	0,4	0,07
Argentina	6,75%	0,33	0,03
Portugal	5,47%	0,13	0
Chile	1,74%	0,2	0
Colombia	1,43%	0,13	0,01
Cuba	1,18%	0,27	0,06
Venezuela	1,02%	0,2	0,03
Uruguay	0,26%	0	0
Perú	0,20%	0,13	0
Costa Rica	0,15%	0,07	0
Bolivia	0,10%	0,13	0
Rep. Dominicana	0,05%	0	0
Ecuador	0,05%	0	0
Guatemala	0,05%	0	0
Panamá	0,00%	0	0

Tabla 1. Participación en la producción en nanotecnología, grado e intermediación (2000).

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.

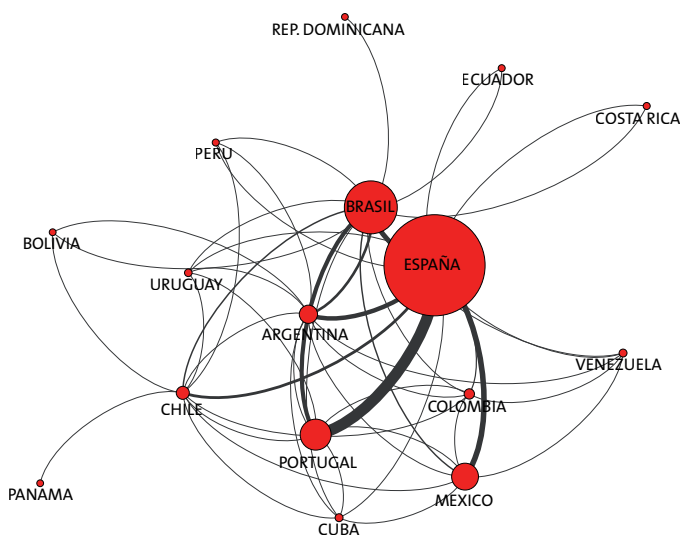


Gráfico 12. Red de países iberoamericanos en nanotecnología (2013). **Fuente:** Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.

Recordando que la red de nanotecnología ha demostrado una evolución tendiente hacia la centralización consideremos ahora los países que ocupan las posiciones más centrales en términos de su grado o número de conexiones. Claramente se puede ver que Brasil y España, con valores de 0,93 y 0,80 respectivamente en su centralidad de grado, continúan hacia el año 2013 manteniendo posiciones privilegiadas en la red de colaboración (**Tabla 2**). Por otro lado vale resaltar que Argentina y Chile, dos países cuya producción científica no presenta una proporción considerable sobre la producción total de Iberoamérica, se han perfilado como actores centrales ocupando el tercer puesto con valores de 0,73 cada uno.

En cuanto a la intermediación de los actores, en la **Tabla 2** podemos observar que al año 2013 tres países se perfilan como actores centrales. Primero se encuentra el caso de Brasil, presentando un grado de intermediación de 0,31, este representa al actor con mayor centralidad de intermediación. Su ubicación privilegiada en la red le permite acceder a los flujos de información con una potencialidad para el manejo y control de los mismos. En segundo lugar se encuentra Chile, el cual demuestra un gran posicionamiento con respecto al año 2000 (**Tabla 1**). Este país ha pasado de la periferia de la red en términos de intermediación a ocupar un lugar central hacia 2013. En tercer lugar se posiciona España, país que si bien demuestra un pequeño descenso con respecto al año 2000 aún logra estar entre los actores más centrales.

País	Participación en la producción iberoamericana	Grado	Intermediación
España	45,59%	0,8	0,13
Brasil	22,31%	0,93	0,31
México	9,72%	0,53	0,01
Argentina	5,56%	0,73	0,06
Portugal	11,70%	0,53	0,01
Chile	3,05%	0,73	0,18
Colombia	1,75%	0,47	0,01
Cuba	0,58%	0,4	0
Venezuela	0,58%	0,33	0
Uruguay	0,43%	0,33	0
Perú	0,16%	0,27	0
Costa Rica	0,16%	0,13	0
Bolivia	0,04%	0,2	0
Rep. Dominicana	0,01%	0,07	0
Ecuador	0,11%	0,13	0
Guatemala	0,01%	0	0
Panamá	0,03%	0,07	0

Tabla 2. Participación en la producción en nanotecnología, grado e intermediación (2013).

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.

7. El entramado institucional de la I+D

En el panorama de la red de colaboración en nanotecnología para el año 2013, expuesta en el **Gráfico 13**, se puede observar una preponderancia de instituciones españolas. El cuarenta por ciento de las 25 instituciones más productivas de la región pertenecen a España.

La red presenta un número considerable de lazos entre las instituciones, recordemos que se trata de la estructura con mayor índice de densidad en comparación con las redes de Biotecnología y TIC, es decir que es la más cohesionada de las tres. Como era de esperar, los lazos con mayor intensidad se observan en las relaciones entre instituciones del mismo país. En este caso la relación entre CONICET y UBA también representa el lazo con mayor intensidad, estas instituciones poseen 72 publicaciones en común. El segundo lazo más intenso se da entre instituciones españolas, Universidad Autónoma de Madrid y el CSIC, con 48 co-publicaciones.

A partir de la **Tabla 3** podemos señalar que CONICET representa la institución más central de la red iberoamericana en nanotecnología con un grado de 0,79. Esta institución argentina ha alcanzado una posición importante dentro de la red en función de sus conexiones aun cuando

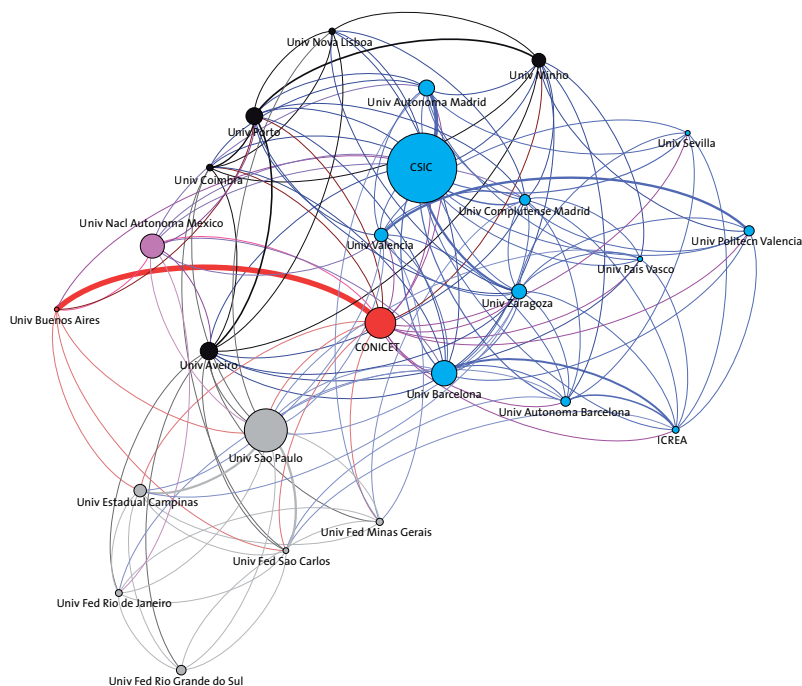


Gráfico 13. Red de instituciones iberoamericanas en nanotecnología (2013).

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.

su volumen de producción en el área no es el mayor. CONICET, con una participación relativa de casi el 3,65%, se encuentra muy por debajo del CSIC de España el cual produce poco más del 7%, incluso su volumen de producción es menor que el de la Universidad de Sao Paulo la cual posee una participación relativa del 4,8%.

CSIC, institución que presenta el mayor volumen de participación relativa tal como hemos mencionado, es la segunda institución iberoamericana más interconectada de la red en nanotecnología, con una centralidad de grado de 0,75. En términos de importancia en su centralidad de grado a la institución mencionada le siguen las universidades de Sao Paulo, Barcelona y Zaragoza, con un valor de 0,67 cada una. De estas tres instituciones es la Universidad de Sao Paulo la que posee el mayor peso relativo con respecto a la producción en nanotecnología.

Institución	Participación relativa en la producción regional	Grado
CONICET	3,65%	0,79
CSIC	7,33%	0,75
Universidad Sao Paulo	4,80%	0,67
Universidad Barcelona	3,14%	0,67
Universidad Zaragoza	2,15%	0,67
Universidad Aveiro	2,39%	0,63
Universidad Complutense Madrid	1,77%	0,63
Universidad Valencia	2,03%	0,58
Universidad Porto	2,34%	0,54
Universidad Autónoma Madrid	2,26%	0,50
Universidad Minho	2,05%	0,50
Universidad Nacional Autónoma México	3,02%	0,46
Universidad Autónoma Barcelona	3,14%	0,46
ICREA	1,40%	0,42
Universidad Federal Sao Carlos	1,30%	0,42
Universidad Coimbra	1,38%	0,42
Universidad del País Vasco	1,25%	0,38
Universidad Estadual Campinas	1,93%	0,38
Universidad Nova Lisboa	1,35%	0,38
Universidad Federal Minas Gerais	1,43%	0,38
Universidad Politécnica de Valencia	1,71%	0,33
Universidad Federal Rio de Janeiro	1,40%	0,33
Universidad Sevilla	1,23%	0,29
Universidad Buenos Aires	1,20%	0,29
Universidad Federal Rio Grande do Sul	1,66%	0,25

Tabla 3. Grado y participación en la producción en nanotecnología (2013).

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.

8. Conclusiones. Fortalezas actuales y desafíos futuros

Como en muchos otros aspectos de la ciencia y la tecnología, pero también de la economía y la sociedad, el avance de la nanotecnología en Iberoamérica es de un desarrollo desigual. Existe sin embargo una cierta cantidad de investigadores, nucleados en instituciones prestigiosas, cuya fructífera actividad se traduce en un volumen cada vez mayor de publicaciones.

Aunque se trata de una cantidad relativamente pequeña, la participación de la comunidad iberoamericana en el total de la producción sobre nanotecnología en el SCI ha crecido del 5% en 2000 al 7% en 2013.

España y Brasil son los pioneros de la región y actualmente los líderes de Iberoamérica en materia de producción científica y desarrollo tecnológico en nanotecnología, seguidos por Portugal, México y Argentina. La actividad en los otros países iberoamericanos es, en comparación, mucho menos significativa, aunque se evidencia un interés creciente en la nanotecnología. La mayor parte de los países presentan en mayor o menor medida grupos científicos involucrados en la investigación en este campo, lo cual se traduce, entre otros aspectos, en la conformación de redes regionales de conocimiento y la producción científica en colaboración.

Es importante destacar también que se trata de un terreno de investigación en el que las capacidades especializadas y la disponibilidad de equipamiento son críticas para su desarrollo. En ese contexto, y dado el tamaño relativamente pequeño de la comunidad científica y de los recursos financieros de cada uno de los países iberoamericanos por separado, sólo una intensa colaboración regional puede brindar la masa crítica necesaria para darle a la I+D en nanotecnología la sustentabilidad necesaria.

En ese sentido, el espacio iberoamericano se está demostrando cada vez más fructífero. Más allá del incremento en volumen de la producción, los países de la región se encuentran cada vez más densamente conectados entre sí, como se pudo ver en el análisis de redes a partir de la firma conjunta de artículos científicos. Asimismo, la colaboración iberoamericana es de mayor importancia para los países de desarrollo medio de la región, que han podido crecer en producción científica, en buena medida, de la mano de la colaboración con los países de mayor desarrollo relativo.

La consolidación de las instituciones de investigación en el campo de la nanotecnología, y su mayor asociación en redes de colaboración, es muy importante también para favorecer los procesos de transferencia del conocimiento hacia las instituciones del sector productivo.

Sin embargo, según revelan estudios previos (Barrere et al, 2008), la vinculación de la investigación que se realiza en este campo en la región iberoamericana con su aplicación industrial es todavía escasa. Si bien se encuentra en rápido aumento en los países de la península ibérica, en la práctica resulta relativa la relevancia industrial de las investigaciones científicas realizadas y son relativamente pocas las patentes de invención en la mayoría de los países iberoamericanos.

El principal desafío que se presenta a los países iberoamericanos en este estratégico campo está centrado en potenciar fuertemente las conexiones entre academia y producción. Ello permitiría la ejecución de proyectos conjuntos de investigación y desarrollo dirigidos a la realización de productos que permitan consolidar las pequeñas y medianas empresas nacionales y su inserción en nuevos mercados regionales e internacionales, así como a la generación de microempresas de base tecnológica que aprovechen los nichos de oportunidad que ofrece la nanotecnología.

Bibliografía

BARRERE, R., D'ONOFRIO, M. G., MATAS, L., MARCOTRIGIANO, G., SALVAREZZA, R. y BRIONES FERNANDEZ-POLA, F. (2008): "La nanotecnología en Iberoamérica. Situación actual y tendencias", *El Estado de la Ciencia. Principales indicadores de ciencia y tecnología Iberoamericanos/ Interamericanos 2008*, Buenos Aires, RICYT.

BARRERE, R., LISCOVSKY, R., PAREDES, D. y TRAMA, L. (2014): "Las Tecnologías de Propósito General en Iberoamérica – Situación actual y tendencias de la nanotecnología, biotecnología y TIC", *El Estado de la Ciencia. Principales indicadores de ciencia y tecnología Iberoamericanos/ Interamericanos 2014*, Buenos Aires, RICYT.

DELGADO RAMOS, G. C. (2007): "Sociología política de la nanotecnología en el hemisferio occidental: el caso de Estados Unidos, México, Brasil y Argentina", *Revista de Estudios Sociales*, vol. 27, Bogotá, Universidad de Los Andes.

FRIEDEWALD, M., ROLOFF, N., HEINZE, T., DOMINGUEZ-LACASA, I. y REISS, T. (2006): *Nanowissenschaften und Nanotechnologien in Österreich – Eine Fakten- und Potenzialanalyse im internationalen Vergleich. Unveröffentlichter Abschlussbericht an die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft mbH*, Karlsruhe.

KAY, L. (2008): *Nanotechnology in Latin America*, Georgia Tech Program in Science, Technology and Innovation Policy Working Paper, Georgia Tech School of Public Policy, Atlanta. Disponible en: <http://www.cherry.gatech.edu/stip/projects/Nanotechnology%20in%20Latin%20America.pdf>.

KOSTOFF, R. et al (2005): *The Seminal Literature of Nanotechnology Research*, Office of Naval Research (ONR)/United States Navy and Marine Corps, Arlington. Disponible en: <http://stinet.dtic.mil/cgi-bin/GetTRDoc?AD=ADA435986&Location=U2&doc=GetTRDoc.pdf>.

MALSCH, I. (1997): *Nanotechnology in Europe: Experts' Perceptions and Scientific Relations between Sub-areas*, Institute for Prospective Technological Studies, Sevilla.

NOYONS, E. C. M. et al (2003), *Mapping Excellence in Science and Technology across Europe. Nanoscience and Nanotechnology*, Centre for Science and Technology Studies (CWTS)/Leiden University-Fraunhofer Institute Systems and Innovation Research, Leiden-Karlsruhe. Disponible en: http://studies.cwts.nl/projects/ec-coe/downloads/Final_report_13112003_nano.pdf.

PORTER, A. L., YOUTIE, J., SHAPIRA, P. y SCHOENECK, D. J. (2008): "Refining search terms for nanotechnology", *Journal of Nanoparticle Research*, vol. 10, pp. 715–728.

Anexo Estrategia para la identificación de publicaciones científicas en nanotecnología

S (((Nanometer# or nanometre# or nm or submicro?) and (chip# or electron? or engineering or diameter or size# or layer# or scale or order or range or dimensional))/TI not (Wavelength# or roughness or absorb?)/TI)

S (((Nanometer# or nanometre# or nm or submicro?)(A)(chip# or electron? or engineering or diameter or size# or layer# or small? or scale or order or range or dimensional)) not (Wavelength# or roughness or absorb?))

S (((Nanometer# or nanometre# or nm or submicro?)(2W)(chip# or electron? or engineering or diameter or size# or layer# or small? or scale or order or range or dimensional)) not (Wavelength# or roughness or absorb?))

S (nanoparticl? or nano(w)particl?) not (absorb? or ink or polish?)

s (nanoanaly? or nanobar? or nanobot# or nanocage# or nanocontainer# or nanochannel? Or nanoceramic# or nanochannel# or nanochip# or nanocircuitry or nanocluster# or nanocoating# or nanocoll? or nanocomput? or nanocompos? or nanoconduct? or nanocry or nanocrystal? Or nanodevice# or nanodes)

S (nanodimensional or nanodispers? or nanodomain# or nanodrop? or nanoengin? Or nanocatal? or nanophoto? or nanohol? or nanopit# or nanopillar#)

S (nanogap# or nanogel or nanoglass? or nanograin? or nanogranular or nanogrid? Or nanoimprint? or nanoindentation or nanoinstructions or nanoillumination)

S (nanolayer? or nanolitho? or nanomachin? or nanomanipulator# or nanomagnet? Or nanomaterial?)

S (nanomechanic? or nanomembran? or nanometric? or nanomicr? or nanomotor# or nanopetid? or nanophase# or nanophotolithography or nanopipel? or nanoplotter# or nanopowder# or nanosensor# or nanoscale? or nanoarchitecture or nanopattern or nanocavity)

S (nanopor? or nanoprinting or nanoprobe? or nanoprocess? or nanoprogram? or nanoribbon? or nanorod# or nanoroop# or nanoscien? or nanoscop? or nanoscratching or nanosemiconductor# or nanosens? or nanosequencer or nanosilic? or nanosilver or nanosiz?)

S (nanospher? or nanospreading or nanostats or nanostep? or nanostruct? or nanosubstrate or nanosuspension or nanoswitch? or nanosyst? or nanotechnology? or nanotextur? or nanotips or nanotribology or nanotropes or nanotub? or nanowire? or nanowhisk?)

S (nanotopography or nanochemistry or nanorecognition or nanodot or nanopump# or

nanocaps?)

s ((scanning probe microscop?) or (tunnel? microscop?) or (scanning force microscop?) or (atomic force microscop?) or (near field microscop?))

s ((functionally coated surface#) and nano?)

S (biochip or biosensor)

S (DNA(W)CMOS)

S (bacteriorhodopsin or biopolymer# or biomolecule#) and nano?

s (biomolecular templat?)

S (nano? and implant?)

S ((Pattern? or organized) and (biocompatibility or bloodcompatibility or (blood compatibility) or (cell seeding) or cellseeding or (cell therapy) or (tissue repair) or (extracellular matrix) or (tissue engineering) or biosensor# or immunosensor# or biochip or (cell adhesion)))

S (micro?(2a)nano?)

S (nano(w)(architect? or ceramic or cluster# or coating# or composit## or crystal?))

S (nano(w)(device# or disperse# or dimensional or dispersion# or drop# or droplet or engineering or engineered or electrodes or electronic#))

S (nano(w)(fabricated or fabrication or filler# or gel or grain? or imprint or imprinted or layer#))

S (nano(w)(machine# or manipulator# or material# or mechanical or membrane or metric?))

S (nano(w)(phase# or powder# or pore# or poro? or printing or rod# or scalar))

S (nano(w)(size? or spher# or structure# or structuring or suspension or system# or technolog?))

S (nano(w)(textur? or tips or tropes or tub? or wire? or whisk?))

S ((atomic(w)layer#) or (molecular templates) or (supramolecular chemistry) or (molecular manipulation))

S ((quantum device#) or (quantum dot#) or (langmuir blodgett) or (quantum wire?))

S ((single electron? tunneling) or (molecul? engineer?) or (molecul? manufactur?))

S ((molecul? self assembl?) or (ultraviolet lithography) or (PDMS stamp) or (soft lithography))

S (fulleren? or (molecular motor) or (molecular beacon) or (nano electrospray) or (ion channels) or (molecule channels))

S (Lab(3W)chip)

s (coulomb blockade)

s ((drug carrier?) and nano?)

s ((positional assembl?) and nano?)

s ((drug delivery) OR (drug targeting) OR (gene therapy) OR (gene delivery)) and nano?

s (Immobilized AND (DNA OR template OR primer OR oligonucleotide OR polynucleotide)) and nano?

s Polymer AND (protein OR antibody OR enzyme OR DNA OR RNA OR polynucleotide OR virus) and nano?

s (Surface modification) AND ((self assembl?) OR (molecular layers) OR multilayer OR (layerby-layer))

s (Self assembl?) AND (biocompatibility OR bloodcompatibility OR (blood compatibility) OR cellseeding OR (cell seeding) OR (cell therapy) OR (tissue repair) OR (extracellular matrix) OR (tissue engineering) OR biosensors OR immunosensor OR biochip OR nano-particles OR (cell adhesion))

ESPACIOS PRIORITARIOS EN I+D: BIOTECNOLOGÍA

s (Single molecule)
S (nanofilt? or nanofib? or nanofluid?)
S (electron beam writing)

Fuente: Friedewald et al, 2006.

Desafíos y oportunidades en biotecnología para el desarrollo de una bioeconomía latinoamericana

Lucía Atehortúa Garcés*

Este trabajo presenta la visión de la autora con relación a los retos y las oportunidades que representa el nuevo paradigma de la bioeconomía dentro del contexto latinoamericano, teniendo como escenario el cambio climático global y basándose en el potencial de la biodiversidad como una fuente de innovación para el desarrollo de la biotecnología. Por otro lado, ilustra el papel de algunos procesos biotecnológicos dentro de este nuevo paradigma, para producir más con menos recursos debido a la reducción y la disponibilidad de tierras aptas para la agricultura, a las limitaciones hídricas, a la liberación de gases de efecto invernadero, entre otros aspectos, y su potencial para darle valor agregado a todas aquellas materias primas derivadas de los bio-recursos, facilitando de esta manera la creación de nuevas bioindustrias a través de *spin-offs* que contribuyan realmente al desarrollo de una verdadera bioeconomía para la región.

Palabras clave

Bioeconomía, biodiversidad, biotecnología, cambio climático

* Coordinadora del Programa de Biotecnología de la Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. Correo electrónico: latehor@udea.edu.co. La autora agradece la invitación a participar en el Congreso Iberoamericano de Educación, Ciencia, Tecnología e Innovación organizado por la Organización de Estados Iberoamericanos (OEI) y realizado en Buenos Aires entre el 12 y 14 de noviembre del 2014, dentro de la temática “Espacios Prioritarios de I+D: Biotecnología”. Estas investigaciones han sido factibles, gracias al apoyo del CODI, Convocatoria de Sostenibilidad (1013-2014), de la Universidad de Antioquia.

1. Introducción

Si consideramos a Latinoamérica como una sola región con un idioma español dominante y común para casi todos los países que la conforman, se podría esperar que este hecho sin fronteras pudiera contribuir a que nuestro desarrollo social, económico y ambiental fuera más uniforme, pero nuestra historia, nuestros ancestros culturales, la diversidad geográfica de nuestros territorios, la multiplicidad de etnias y de sistemas de educación y el nivel de desarrollo científico y tecnológico presentan marcadas asimetrías para cada país de la región. De algún modo, es más lo que nos separa que lo que nos une. O, en otras palabras, nuestro idioma escasamente nos permite comunicarnos y nuestra mirada del mundo es tan disímil, que nuestros territorios se asemejan más a continentes que a países.

Es claro, y hoy más que nunca, que Latinoamérica necesita de forma urgente incorporar en sus políticas de desarrollo a la ciencia y la tecnología, no como una ayuda o recurso de último momento, sino más bien como el fundamento sobre el cual se deben construir nuestras sociedades. De otra forma, seremos potencias en inequidad, pobreza y subdesarrollo.

Un aspecto crítico en nuestro desarrollo es que no nos conocemos lo suficiente en el ámbito académico, científico-tecnológico y de innovación, a pesar de que en las últimas décadas se ha avanzado en el tema de redes y de movilidad, además de la creación de los convenios CABBIO y REDBIO, que siguen siendo una estrategia valiosa, pero que aún son insuficientes frente a los desafíos científicos y tecnológicos de hoy. Con respecto a estos temas, deberíamos hacer un esfuerzo iberoamericano por incrementar las redes entre nuestros científicos y estudiantes de posgrado, con el fin de fortalecer nuestro quehacer investigativo, compartir equipos robustos y realizar agendas comunes que contribuyan al avance científico y al desarrollo social y económico de nuestra región. Esto facilitará la generación de alianzas duraderas y contribuirá a disminuir las brechas y a potenciar nuestras oportunidades en el mundo global. Aunque todavía no tenemos una masa crítica que nos consolide como comunidad científica para llevar a cabo estos retos, existe en la región un capital humano altamente capacitado, talentoso y dispuesto a contribuir a resolver algunos de los problemas más críticos de la región, siempre y cuando se disponga de los recursos a corto, mediano y largo plazo para garantizar el cumplimiento de las metas que todos deseamos y buscamos.

En cuanto a los avances en biotecnología, sólo cinco países en la región han marcado la diferencia –Cuba, México, Brasil, Argentina y Chile–, mientras que el resto de los países latinoamericanos a duras penas logra algunos avances en esta disciplina de carácter multisectorial. Parte de esta situación se puede atribuir a la falta de políticas duraderas, estables en tiempo y espacio, que den soporte a un desarrollo científico-tecnológico y de la innovación más coherente y con claros delineamientos hacia donde orientar sus desarrollos para superar la inequidad social y económica que nos domina. En la actualidad, no existen políticas y recursos financieros adecuados para un apoyo continuo a mediano y largo plazo en I+D+i, debido a que la investigación, el desarrollo y la innovación están sometidas al vaivén de la política de turno, que no siempre considera que el avance del conocimiento y su aplicación son la base para el

desarrollo sostenible. La pesada carga de inequidad acumulada en un siglo en Latinoamérica es tan protuberante que se ha convertido en la protagonista de las agendas políticas, que ignoran que salir de tal escollo requiere desarrollo en ciencia y tecnología.

Sin embargo, y salvo con algunas excepciones, la biotecnología latinoamericana no ha logrado avances propios, sino que se ha dedicado a aplicar los avances globales a situaciones puntuales; escasamente se desarrolla dentro del contexto de sus necesidades más básicas y apremiantes en salud, energía y alimentación, además de contribuir pobremente a un desarrollo más equitativo en lo social y ambiental.

El mundo globalizado ha generado un sistema de rankings en lo académico e investigativo, generalmente basados en su productividad científica y desarrollo tecnológico, dando lugar a una carrera contrarreloj para alcanzar algún nivel de prestigio que rescate y visibilice el quehacer científico-tecnológico. Son pocas las universidades latinoamericanas que están dentro de dicho ranking, pero lo más crítico para las que ya están ahí es como avanzar o mantenerse dentro de él, cuando los recursos con los que se dispone para mantenerse son inciertos y generalmente escasos o insuficientes.

Otro aspecto crítico de estos rankings es que han llevado a los investigadores y a sus instituciones a privilegiar las publicaciones científicas de alto impacto sobre cualquier otra forma de propiedad intelectual: invenciones, prototipos, protocolos, innovaciones, a juzgar por el número de patentes otorgadas a la fecha en nuestros países. Esto implica que el conocimiento y el desarrollo creativo generado se pierda o se entregue en forma de publicaciones a un tercero para su explotación comercial (SCImago, 2011). Nos dedicamos a publicar nuestros hallazgos y descubrimientos y damos poca importancia al tema de las invenciones, los descubrimientos, la capacidad creativa, el desarrollo de procesos y productos capaces de transformarse en buenas innovaciones, especialmente en el caso de creaciones disruptivas y de impacto global. Conocemos muy pobremente nuestros territorios y, en ese orden de ideas, nuestras miradas son dirigidas hacia afuera y es el afuera lo que comienza a determinar qué somos como sociedad. No sorprende que nuestros recursos naturales, vastos y diversos, sean tan pobremente conocidos, desarrollados y protegidos; es como si no existieran; tenemos todo y nuestra ignorancia ha resultado en esa percepción de que no tenemos nada.

Si observamos (**Tabla 1**) los resultados del total de patentes generadas en Latinoamérica en 2013, comparados con el total de patentes generadas sólo por Corea del Sur, vemos que estamos bastante lejos de superar estas cifras, lo que puede interpretarse de varias maneras. Una de ellas es que no damos importancia ni valor a nuestros hallazgos e innovaciones científicas, y que preferimos publicar para generar réditos rápidos, visibilidad internacional y mejorar nuestras posiciones en los rankings, aunque entreguemos esa creatividad a empresas transnacionales quienes las usufructúan económicamente, sin generar pagos o regalías a quienes las desarrollan. Otra posibilidad es que quizás nos falta más originalidad en nuestras investigaciones y desarrollos para que éstos merezcan ser protegidos bajo un sistema de patentes. O tal vez esto se deba a que no contamos con suficiente capital humano altamente calificado en toda la región, y a que los recursos económicos

no son suficientes para realizar los procesos de patentamiento y protección de nuestra propiedad intelectual, además de que estos procesos son onerosos, especialmente para hacerle frente a cualquier infracción por parte de una gran transnacional, sin contar con los procesos de negociación, licenciamiento o cualquier otra forma de comercialización de dichas patentes, en las que se requieren expertos en cada temática con un amplio conocimiento en las demandas del mercado global.

Cuando se tiene un desarrollo propio e interesante para lanzar al mercado, hay inexistencia de verdaderos capitales de riesgo para emprendedores biotecnológicos, cuyos desarrollos o productos tienen un alto grado de incertidumbre con relación a su aceptación en el mercado global, especialmente si son productos o procesos totalmente nuevos. No hay apoyos financieros para ayudar a superar el “valle de la muerte” para pequeñas empresas que desean emerger con algunos de sus desarrollos biotecnológicos. En Latinoamérica existen pocos esfuerzos, apoyos e iniciativas, tanto públicas como privadas, orientadas a la creación de *spin-offs* para generar nuevas empresas de base biotecnológica. Finalmente, uno podría afirmar que en nuestras sociedades hemos sido muy pobres en dar a entender qué es ciencia y qué es tecnología. En promedio, un ciudadano latinoamericano sabe muy poco qué es ciencia y cree mucho menos en los científicos de su país.

País	Patentes solicitadas vía PCT	Patentes concedidas UPSTO	Patentes concedidas EPO
Argentina	27	63	115
Brasil	587	196	80
Chile	118	37	13
Colombia	73	12	4
Costa Rica	5	9	
Ecuador	45	2	
México	190	122	34
Panamá	16	5	5
Perú	11	3	
Rep. Dominicana	4	3	
Trinidad y Tobago	1	3	
Uruguay	8	9	1
Venezuela	7	25	3
Total	1093	488	155
Corea del Sur	11846	13233	1989

Tabla 1. Patentes generadas en Latinoamérica en el 2013. **Fuente:** CAF, 2014.

Aunque todos estos problemas son tangibles, nuestros desafíos no son menos complejos. Aquí esbozamos una serie de preguntas que son verdaderos retos para toda Latinoamérica:

- ¿Cómo reducir las brechas y asimetrías existentes en CTI en nuestra región?
- ¿Cómo superar las limitaciones que impone la política y garantizar buenos recursos a mediano y largo plazo para desarrollar nuestra bioeconomía?
- ¿Cómo crear un fondo de capital de riesgo iberoamericano para emprendedores en biotecnología y empresas de base biotecnológica?
- ¿Cómo lograr un balance y valoración entre publicaciones científicas y patentes u otras formas de propiedad intelectual, para no perder los desarrollos creativos en I+D+i generados en la región?
- ¿Cómo eliminar o integrar las fronteras del conocimiento entre las diferentes disciplinas -biología, física, química, matemáticas, ingenierías, nanotecnología, entre otras- para potenciar nuestras oportunidades?
- ¿Cómo lograr que la biotecnología se integre más en las cadenas productivas dentro de cada contexto de país y región?
- ¿Cómo la biotecnología puede contribuir para mitigar los efectos del cambio climático global, la seguridad alimentaria saludable y la seguridad energética?
- ¿Cómo integrar nuestra rica biodiversidad para darle un mayor valor agregado a través de procesos biotecnológicos que faciliten la creación de nuevas industrias que realmente fortalezcan el desarrollo de una verdadera bioeconomía?
- ¿Cómo generar espacios interactivos para integrar más a las empresas y a los científicos en una relación estrecha para incrementar la productividad, la competitividad y la innovación?
- ¿Cómo la biotecnología puede contribuir al logro de una sociedad más equitativa?
- ¿Cómo se puede generar espacios interactivos para integrar más a las empresas y a los científicos en una relación estrecha para incrementar la productividad, la competitividad y la innovación?

Yo me atrevería a resumir todo lo anterior, en la frase de Brunner (2014): “América Latina pierde gravitación, a medida que aumenta la complejidad de las tareas del conocimiento que los países deben abordar para lograr una integración competitiva en la economía global”.

2. El nuevo paradigma de la bioeconomía

De acuerdo a la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), para 2030 seremos 8.300.000 millones de habitantes. Se espera que la renta global per cápita aumente un 57%, pasando de USD \$ 5.900 a 8.600. Lo anterior implica que habrá una población mundial más rica y numerosa que demandará más servicios sanitarios destinados a mejorar la calidad y la esperanza de vida, además de necesitar cada vez más recursos naturales básicos como alimentos, fibras textiles, agua limpia y energía. No obstante, existen otras limitaciones, debido a que muchos de los ecosistemas que abastecen las sociedades humanas

estarán sobreexplotados o serán insostenibles. Sumado a lo anterior, el cambio climático global podrá agravar estos problemas medioambientales afectando los suministros de agua y la productividad agrícola.

Ante estas perspectivas, la biotecnología ofrece soluciones tecnológicas a muchos de los retos que se plantean, tales como los problemas de polución y sanidad y la disminución de los recursos naturales del planeta, entre muchos otros, ofreciendo la posibilidad de incrementar las productividades agrícolas y pecuarias, la producción de fibras y alimentos para el consumo humano y animal, la generación de energía renovable, el mejoramiento de la salud humana y animal, la conservación de la biodiversidad, el agua y el suelo.

En otras palabras, la Biotecnología puede contribuir al logro de producir más con menos disponibilidad de tierras aptas para la agricultura, agua para riego y mano de obra, especialmente en países cuya topografía no permite una tecnificación agrícola y que a futuro deberá pensar en cultivadores y cosechadores tipo robots, debido a que la generación de relevo agrícola está compuesta por los jóvenes digitales de hoy, quienes difícilmente serán los cultivadores y cosechadores del mañana. El reto para este siglo, es un planeta libre de petróleo y esto significa una reconversión industrial y una economía basada en bio-recursos (*biobase economy*).

La OCDE define la bioeconomía como un amplio rango de actividades económicas, las cuales se benefician de los nuevos descubrimientos, productos y servicios relacionados con el desarrollo de las ciencias de la vida, en especial de la biotecnología. De acuerdo a esta definición, hay tres principales aspectos involucrados en la bioeconomía emergente:

- El uso de los conocimientos avanzados en genómica, proteómica, metabolómica y todas las OMIC emergentes.
- Los procesos celulares complejos para el desarrollo de nuevos procesos y productos (cultivo de células y tejidos; células y tejidos sintéticos; manufactura de órganos 3D y 4D, entre otros avances).
- La utilización de la biomasa renovable, conjuntamente con los bio-procesos eficientes para favorecer una producción sostenible, la integración de los conocimientos y aplicaciones de la biotecnología, la bio-informática, la ingeniería metabólica, la biología sintética y la nano-biotecnología, entre otras tecnologías emergentes.

Si tenemos en claro estos conceptos, Latinoamérica tiene su nuevo cuarto de hora para aprovechar al máximo este nuevo paradigma que podría contribuir a generar cambios socio-económicos, políticos y ambientales sostenibles para toda la región, aprovechando su riqueza biológica y los conocimientos y las herramientas biotecnológicas, con el apoyo de varias disciplinas y tecnologías emergentes como la nano-biotecnología, la biología sintética y la ingeniería metabólica, entre otras.

La biodiversidad de la principal fuente de innovación de la biotecnología (Kate y Laird, 1999) y, a su vez, es la biotecnología es la que permite darle valor agregado a los bio-recursos existentes,

con el fin de generar procesos y productos susceptibles de ser llevados al mercado a través de la creación de *spin-offs* o nuevas bioindustrias de base tecnológica que contribuyan a fortalecer una verdadera bioeconomía.

3. La bioeconomía en los tiempos del cambio climático global

De acuerdo al panel intergubernamental de expertos sobre cambio climático (IPCC, 2013), el cambio climático global es la mayor amenaza medioambiental a la que se enfrenta la humanidad. Las emisiones constantes y desproporcionadas de gases de invernadero, principalmente generados por los países industrializados, sumadas a los abusos y el agotamiento de los recursos naturales, están provocando graves modificaciones en el clima a nivel global. Sus consecuencias afectan sobre todo a los países en vía de desarrollo, lo que está implicando inundaciones, sequías, huracanes severos y frecuentes y todo tipo de desastres naturales que dejan a la población desvalida y sin medios para subsistir.

La necesidad de adaptación y mitigación al cambio climático ha hecho que la actividad prospectiva, entendida como la forma de anticipar lo que está por venir en base a los conocimientos actuales, se haya desarrollado extraordinariamente en todos los ámbitos. Dentro de las ciencias, es quizás la biotecnología una de las herramientas más poderosas para hacerle frente y mitigar los efectos de estos fenómenos naturales e irreversibles.

Uno de los principales problemas que serán una constante en el futuro es la seguridad alimentaria, la cual se constituye en barrera social, económica, política y de estabilidad global debido a la incapacidad de satisfacer las crecientes demandas nutricionales de la población mundial, además de la producción agroindustrial y bioenergética, también creciente. La pregunta a resolver es: ¿cómo la ciencia y la tecnología pueden implementar nuevos modelos de producción en caso de una catástrofe climática y ambiental?

Aunque la aplicación de herramientas biotecnológicas como la biología molecular y la ingeniería genética (Vasil, 2003) son una alternativa para superar algunos de estos desafíos, mediante la generación de organismos genéticamente modificados (GMO) tolerantes o resistentes a cambios ambientales extremos, también es necesario que estos mismos procesos puedan garantizar altas productividades y que los cultivos tengan resistencia y tolerancia a las nuevas plagas que surjan de estos cambios ambientales extremos. Esto implica que los procesos biotecnológicos son complejos cuando son de carácter multigénico y requieren de pruebas de eficacia, inocuidad y estabilidad bajo condiciones ambientales externas y extremas, las cuales toman mucho tiempo, capital humano altamente calificado y recursos financieros sustanciales. La biotecnología vegetal ofrece otras herramientas (Bajaj, 1991; Bhojwani y Razdan, 1996; Vasil, 2003; Gupta et al, 2005) y alternativas que pueden ser consideradas como nuevas opciones: los procesos de cultivo *in vitro* de células y tejidos de especies de valor económico (John et al, 1997), los cuales abren un nuevo horizonte para la producción de alimentos básicos, productos bio-energéticos y agroindustriales, independientemente de cultivos en campo

(crop free). Esta posibilidad fue enunciada hace varias décadas por Anderson (1996) y llevada a cabo por Atehortúa (2007).

A pesar de la existencia de esa posibilidad, estos procesos han sido poco estudiados e implementados. La mayor parte de las investigaciones en esta área del conocimiento han sido orientadas a la producción de metabolitos secundarios de alto valor, especialmente en el área farmacéutica y la fitoquímica, quizás debido a que los alimentos producidos por métodos convencionales o tradicionales utilizados actualmente proveen un sistema de producción más barato, factible y seguro, pero esto podría no ser el caso bajo condiciones de cambio climático extremo, debido a que éste fenómeno es impredecible y, se espera, tendrá serias repercusiones e impactos en los sistemas agrícolas globales, especialmente en países del tercer mundo, donde está concentrada la mayoría de población y diversidad agroindustrial del planeta. Con el fin de superar estos desafíos, la comunidad científica debe adelantarse en forma prospectiva a los futuros acontecimientos, con el fin de garantizar la seguridad alimentaria y energética global, además de los productos agroindustriales básicos para una bioeconomía. Es aquí donde la biotecnología vegetal puede proveer un sistema adaptable para producir los alimentos, la bioenergía y los productos agroindustriales del futuro.

A partir de este escenario, el Grupo de Biotecnología de la Universidad de Antioquia elaboró una serie de preguntas que podrían ser resueltas a través de procesos biotecnológicos alternativos. Algunas de las preguntas han dado origen a la implementación de investigaciones orientadas al desarrollo de procesos y productos mediante la aplicación de herramientas biotecnológicas que han estado latentes en el desarrollo global, pero que empiezan a considerarse. Algunas de estas preguntas fueron las siguientes:

- ¿Cómo generar un sistema de producción libre de la influencia del cambio climático y factores ambientales externos en caso de una catástrofe ambiental?
- ¿Cómo proteger la biodiversidad, el agua y el suelo de la creciente extensión de la frontera agrícola y urbana?
- ¿Cómo podríamos producir productos agroindustriales y energéticos sin el uso de grandes extensiones de tierra y agua de irrigación?
- ¿Cómo podríamos generar un sistema de producción limpia libre de patógenos y agroquímicos?
- ¿Cómo podríamos producir alimentos básicos y productos agroindustriales independientemente de la estacionalidad, durante las 24 horas del día y todo el año, incluso en el espacio exterior?
- ¿Cómo generar una agricultura y una producción agroindustrial sostenible?
- ¿Cómo podríamos producir alimentos genéticamente modificados y mejorados mediante procesos biotecnológicos sin afectar el medio ambiente natural?

Esta serie de preguntas dieron origen a las siguientes alternativas:

- La implementación de cultivos celulares a partir de células y tejidos diferenciados de

los órganos (semillas, frutos, hojas, tallos, raíces) utilizados para la producción de alimentos básicos, energía y productos agroindustriales.

- El desarrollo in vitro de procesos de producción de biomasa vegetal susceptible de ser escalada a nivel industrial, con la ventaja de poder orientar o dirigir el cultivo hacia la producción no sólo de metabolitos primarios (alimentos, productos energéticos), sino también secundarios (bio-activos para la salud).
- La posibilidad de generar un nuevo sistema de producción libre de cultivos (crop free production), con el fin de crear industrias de base tecnológica en “garajes de alta tecnología” o la que hemos denominado bioagricultura urbana o urban biofarming, (Atehortúa, 2007).

A la fecha hemos logrado producir cacao, manteca de cacao y polifenoles de cacao mediante el cultivo de células especializadas y responsables de su producción en campo (Patente US US 7,521,238 B2). Igualmente, hemos logrado demostrar que en el futuro será factible producir jugo de naranja sin cultivos en campo, mediante el cultivo in vitro de las vesículas que conforman la pulpa de la naranja y que son responsables de producir y acumular el jugo. Cada vesícula o tricoma es capaz de multiplicarse y generar nuevas vesículas. En el tema energético estamos cultivando las células de algunas especies con la propiedad de producir aceites, ya sea para uso comestible o para su transformación en biocombustibles, con diferentes perfiles de ácidos grasos. Dentro de uno de estos proyectos, logramos hacer un cambio disruptivo en los procesos de cultivos de tejidos vegetales que permiten un ahorro sustancial de tiempo y costos y mejoran la estabilidad genética de las células en cultivo. Este desarrollo nos dio la oportunidad de aplicar por una patente que fue otorgada por la oficina de patentes de los Estados Unidos en menos de un año (Patente US 7,772.002 B1) y ha sido igualmente patentada en varios países a nivel mundial. Adicionalmente, hemos implementado un dispositivo tecnológico basado en LED, con los cuales hemos logrado la expresión diferencial y cuantitativa de proteínas, polisacáridos, polifenoles, alcaloides, perfiles lípidos e incrementos sustanciales de biomasa, entre otros efectos. Estos procesos y hallazgos también han sido sometidos a aplicaciones de patentes, tanto en Colombia como en otros países. A pesar de estos logros y avances, todavía se requieren varios estudios de validación a nivel bioquímico, organoléptico, cito y genotóxico, estudios de bio-disponibilidad, bio-equivalencia, eficacia e inocuidad, evaluación de costos vs beneficios y aceptación social, entre otros. También hemos implementado el concepto de biorefinería, tanto con cultivos celulares vegetales, como de microalgas y hongos, con los cuales hemos obtenido pigmentos proteicos, alimentos funcionales y productos agroindustriales en proceso de ser escalados a planta piloto con el fin de llevar a cabo los estudios de factibilidad técnica y económica, ciclo de vida, huella de carbono y huella hídrica.

Consideramos que si logramos obtener los recursos financieros necesarios para llevar estos productos a una escala semi-industrial, éstos podrían estar disponibles en un futuro no muy lejano y podrían contribuir a mitigar los efectos del cambio climático global, la competencia por las tierras aptas para la agricultura y el agua de irrigación, además de contribuir a la conservación de la biodiversidad, el agua, el suelo, y a evitar la creciente extensión de la

frontera agrícola y urbana, con la ventaja de no depender de factores ambientales externos y de poder producir estos productos sin estacionalidad y sin afectar el medio ambiente, ya que se trabaja bajo el concepto de “cero emisiones”. Con el desarrollo de nuevos conocimientos, conceptos y tecnologías, seguimos en proceso de mejoras sustanciales y optimización de los procesos desarrollados con la posibilidad de aplicar por nuevas patentes. A modo de colofón, se podría agregar que los obstáculos, los problemas y el cumulo de dificultades para el desarrollo de la biotecnología en nuestros países puede derivarse de una sociedad con poca información e ignorante sobre lo que es ciencia, pero también que a nuestros países los hemos construido nosotros y que cada uno tiene una responsabilidad generacional, que hoy por hoy debemos pagar, so pena de permanecer como espectadores y no como protagonistas del desarrollo.

Bibliografía

ANDERSON, J. (1996): “Feeding a hunger world”, *Phytopathology News*, vol. 30, nº 6, pp. 90-91.

ATEHORTÚA, L. (2007): “Bioagricultura Urbana”, *Memorias del III Simposio de Biofábricas. La Biotecnología como herramienta para el Desarrollo y el Bienestar*, Universidad Nacional de Medellín, pp. 1-17.

BAJAJ, Y. P. S. (1991): *Biotechnology in Agriculture and Forestry*, Vol. 17, High Tech and Micro propagation I, Berlín, Springer-Verlag.

BHOJWANI, S. S., y RAZDAN, M. K. (1996): *Plant Tissue Culture. Theory and Practice*, Ámsterdam, Elsevier.

BRUNNER, J. J. (2014): “América Latina en la geopolítica internacional del conocimiento”, *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, vol. 9, nº27, 103-112.

DUTTA GUPTA, S., e IBARAKI, Y. (2005): *Plant Tissue Culture Engineering*, Springer.

JOHN, C. K., NADGAUDA, R. S., y MASCARENHAS, A. F. (1997): *Tissue Culture of Economic Plants. Centre of Science and Technology of Non-Aligned and other Developing Countries and Commonwealth Science Council*, Nueva Delhi.

KATE, K. T., y LAIRD, S. A. (1999): *The commercial use of Biodiversity, Access to Genetic Resources and Benefit Sharing*, Londres, Earth Scan Publication.

VASIL, I. K. (2003): *Plant Biotechnology 2002 and Beyond. Proceedings of the 10th IAPTC & B Congress*, Orlando.

Sitios web

<http://www.oecd.org/futures/bioeconomy/2030>. Revisado Noviembre/2014

<http://www.oecd.org/futures/longtermtchnologicalsocietalchallenges/thebioeconomyto2030designingapolicyagenda.htm>. Revisado Noviembre/2014

<http://www.oecd.org/fr/prospective/defistechnologiquesetsocialesalong-terme/bioeconomybackgrounddocuments.htm>. Revisado Noviembre/2014

<http://digital.csic.es/bitstream/10261/89093/1/SCIMAGO--Informe%20UdeA%202003-2011%20FINAL.pdf>. Diciembre 10/2014.

<http://digital.csic.es/bitstream/10261/89093/1/SCIMAGO--Informe%20UdeA%202003-2011%20FINAL.pdf>. Revisado Noviembre/2014

**ESPACIOS PRIORITARIOS EN I+D:
TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN
Y LAS COMUNICACIONES**

Algunas reflexiones sobre las tecnologías de la información y las comunicaciones en Iberoamérica

Pablo Jacovkis*

Se analiza la inclusión informática en las sociedades desarrolladas y menos desarrolladas, en particular en la región iberoamericana; se indica la relación entre exclusión informática y exclusión a secas, y se argumenta que la ya muy superior productividad del trabajo en los países desarrollados respecto de la de los países de menor desarrollo como los iberoamericanos aumenta aún más con la mucho mayor informatización de la sociedad existentes en estos países. Se dan ejemplos, informáticos y pre-informáticos, de impacto social y geopolítico de la introducción de tecnologías de avanzada; simultáneamente, se comenta que la existencia de buena ciencia (informática o no) no es garantía de desarrollo tecnológico, o sea no es lineal la relación ciencia-tecnología-impacto social.

Palabras clave

Inclusión informática; exclusión informática; informatización de la sociedad

* Secretario de Investigación y Desarrollo de la Universidad Nacional de Tres de Febrero y profesor emérito de la Universidad de Buenos Aires. Correo electrónico: pablo.jacovkis@gmail.com.

En la década de 1940 se produce la incorporación exitosa de la computadora en la sociedad, con el diseño y construcción de la “proto-computadora” ENIAC en Filadelfia, a la cual siguió la computadora EDVAC, y luego toda una línea, preponderantemente en Estados Unidos. El adjetivo “exitosa” se debe a que hubo intentos anteriores, el de la computadora alemana Z3 de Konrad Zuse y el de la británica Colossus diseñada por Tommy Flowers (Bauer, 2010), intentos que los avatares de la Segunda Guerra Mundial hicieron fracasar. A partir de entonces, y comenzando en Estados Unidos, “patria” de dichas computadoras exitosas, se fue produciendo, al principio con lentitud y posteriormente en forma cada vez más acelerada, una “informatización” de las distintas sociedades: las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) van impregnando cada vez más la vida cotidiana de buena parte de los sectores sociales en todos los países del mundo. Al principio, por supuesto, los objetivos de la computadora fueron bélicos (no en vano fueron creadas, tanto la versión exitosa como las otras, en los principales países que participaron en la Segunda Guerra Mundial), y los objetivos bélicos realimentaron los avances computacionales, como se puede leer en Dyson (2012), y enseguida con fines estrictamente científicos: cabe mencionar que ya desde 1950 en Estados Unidos se hicieron pronósticos numéricos del tiempo cada vez más completos y confiables (la influencia poderosa del gran matemático John von Neumann puede fácilmente observarse en estos desarrollos). La década de 1950 puede mencionarse como aquella en que la computación se fue incorporando a las operaciones de los bancos, de las compañías de seguros y de las grandes empresas, así como a los sistemas de reservas de pasajes aéreos. Esa informatización se empezó a notar en países de desarrollo intermedio de América Latina, como Argentina, Brasil, México y Chile, a fines de la década de 1950 y sobre todo durante la década de 1960: las primeras computadoras argentinas llegaron en 1960 (Jacovkis, 2013); la primera computadora universitaria en Brasil, en la Pontificia Universidad Católica de Río de Janeiro, también comenzó a funcionar ese año (Neves et al, 2012); en México la computación universitaria comenzó un poquito antes, en 1958, con la incorporación a la Universidad Autónoma de México (UNAM) de una IBM-605 (Ortiz Arroyo et al, 2008). Pero fue en los 1960 en que la industria empezó a tomar vuelo. En Chile la primera computadora fue una IBM 1401 que llegó en 1961 (Álvarez, 2010). A mediados de esa década aparecieron las minicomputadoras, que permitieron a compañías más pequeñas (en todo el mundo) adquirir computadoras y dejar de alquilar tiempo de máquina a grandes empresas proveedoras, aparte de insertarse fuertemente en universidades.

Los años 1970 vieron el surgimiento de las computadoras personales, que en la década de 1980 eliminaron del mercado definitivamente a las minicomputadoras, y posteriormente el de Internet y del correo electrónico; en 1990 apareció y se expandió la web; en los últimos años se produjo la enorme ampliación de usos informáticos de los teléfonos celulares y dispositivos de ese tipo y las computadoras portátiles cada vez más pequeñas, livianas y cómodas y con más capacidades y posibilidades de uso; y en fin, a lo largo de todo el tiempo, cada vez más industrias “informatizaron” sus procesos y también sus productos, y cada vez más las personas tuvieron acceso individual a las cada vez mayores posibilidades de las TIC. Las TIC influyeron también en el arte, tanto en su difusión como en la creación artística (artes electrónicas, utilización de poderosas herramientas de TIC en dicha creación artística, realidad virtual); las computadoras se convirtieron en muchos casos en verdaderos laboratorios “virtuales” y los

experimentos *in silico*, según una ingeniosa frase, a veces reemplazan a los experimentos *in vitro* y a los experimentos *in vivo*, con lo cual las TIC también se inmiscuyen en la ética de muchas maneras distintas. En ese sentido, los experimentos *in silico* se realizan al menos desde el experimento de Fermi, Pasta, Ulam y Tsingou de 1953 (Fermi et al, 1955) —o aun antes, si consideramos experimentos en que se generan números pseudoaleatorios— e incluso para demostraciones en matemáticas, como en el caso del teorema de los cuatro colores (Appel y Haken, 1977; Appel et al, 1977), primer teorema de gran envergadura demostrado por computadora. Y, por supuesto, siguieron siendo una herramienta importantísima en la industria militar, además de responder a demandas de dicha industria militar: a lo largo de la historia, los requerimientos militares incitaron al avance tecnológico, y cada avance tecnológico tuvo su aplicación militar.

De todos modos, como es fácilmente comprobable, esa informatización de la sociedad no se ha producido del mismo modo, y a la misma velocidad, en todos los países; y en cada país, la informatización impacta de manera distinta en cada sector social. Los países desarrollados, comenzando obviamente por Estados Unidos, mantienen un claro liderazgo; más aún: las tendencias de las últimas décadas indican que, en gran medida, la enorme influencia mundial de Estados Unidos se sostiene, dejando de lado su abrumadora superioridad militar, en el desarrollo tanto de sus TIC como de industrias sumamente influidas por ellas (incluyendo entre estas industrias a las industrias culturales y de entretenimiento, aparte de nuevas industrias que probablemente no habrían podido surgir sin las TIC): las predicciones que en la década de 1980 indicaban una tendencia a la declinación norteamericana basadas en cierta pérdida de competitividad de algunas de sus industrias tradicionales, como la automotriz, se mostraron erradas, muy probablemente debido a que esas debilidades eran ampliamente compensadas por la superioridad norteamericana en las industrias más de punta, entre las cuales por supuesto las relacionadas con TIC tienen un protagonismo importantísimo. (No hace falta mencionar la extraordinaria importancia mundial, tanto económica como de impacto social, que tienen las empresas Google y Facebook, surgidas en Estados Unidos, además de las más “tradicionales” como Microsoft y Apple.) Y por supuesto está la superioridad norteamericana en la ciencia en la que estas TIC se basan, ciencia desarrollada fundamentalmente en las universidades y en organismos gubernamentales, cumpliendo así en forma muy aceptada la relación gobierno —universidades—empresas, que también funciona bien en los demás países desarrollados (mucho mejor que en los nuestros) y que es parte importante de su superioridad científica, tecnológica y de innovación. De hecho, una de las más poderosas herramientas con las cuales Estados Unidos mantiene todavía su predominio científico y tecnológico en el mundo tiene que ver con su sistema universitario de investigación, formidable imán que atrae científicos y doctorandos no sólo de los países en desarrollo, sino de los propios otros países desarrollados. En cuanto a las ya mencionadas aplicaciones bélicas de las TIC, desde los orígenes de la computación, los comentarios son obvios y casi automáticos.

Que las tecnologías —en particular las nuevas tecnologías, comenzadas a usar por un país o algunos países pero no por la mayoría de ellos— dan una ventaja comparativa sustancial a quienes la poseen, y cambian la geopolítica mundial, no es ninguna novedad. Sin retroceder

demasiado en el tiempo, y para dar dos ejemplos concretos, en 1911, Winston Churchill, entonces primer Lord del Almirantazgo, ordenó que el combustible de todos los buques de guerra británicos fuera el petróleo, en vez de carbón (algunos buques ya habían llevado a cabo el cambio de combustible, pero no había una directiva general). Los motivos eran varios, e incluían desde la mejor relación energía-espacio ocupado del petróleo respecto del carbón hasta el hecho de que los barcos de guerra alimentados a carbón eran más fácilmente distinguibles por un barco enemigo que los alimentados a petróleo, por la altura del humo de las chimeneas a carbón. Ahora bien, dos de las tres grandes potencias europeas, Gran Bretaña, Alemania, disponían de abundante carbón pero no disponían de petróleo en cantidades significativas (Gran Bretaña tiene ahora el petróleo del Mar del Norte, pero esta novedad es de las últimas décadas; Francia, la tercera de las grandes potencias europeas, disponía de carbón pero no tanto como para autoabastecerse, y no disponía de petróleo). Por consiguiente, tener el dominio de, o influencia significativa en, distintos países del actualmente llamado Tercer mundo, dejó de ser solamente una posición imperialista por razones económicas (y en algunos casos por razones de prestigio) para pasar a serlo también por necesidades estratégicas esenciales para dichas tres potencias.

Muchos años después, en la década de 1990, la idea de George P. Mitchell de perforación horizontal de los yacimientos de petróleo explotables mediante la técnica de *fracking* (técnica ya conocida desde hacía tiempo) convirtió en Estados Unidos (y también en Canadá) la producción de petróleo a partir de una idea poco práctica en un método que está permitiendo a Estados Unidos incrementar espectacularmente su producción de petróleo y gas y aumentar enormemente su margen de maniobra respecto de los países tradicionalmente productores de petróleo, especialmente los de Medio Oriente. Indirectamente, esta situación provocó también la espectacular baja en los precios del petróleo de estos últimos tiempos, dado que Arabia Saudita, para desalentar en lo posible las inversiones orientadas a producción de petróleo mediante técnicas de *fracking* (que son más caras que las más tradicionales) y seguir por consiguiente manteniendo una porción significativa del mercado mundial de petróleo, reguló los precios a su conveniencia mediante su sistemática oferta masiva. Dicho sea de paso, esta baja del precio del petróleo influye en la explotación de los importantes yacimientos argentinos de Vaca Muerta.

El primero de estos dos ejemplos nada tiene que ver con la computación, que no existía en ese tiempo; pero toda la tecnología petrolera –y la de *fracking* no es una excepción– tiene insertada, en forma visible u oculta, una enorme cantidad de desarrollos de TIC, tanto en hardware como en software. Es decir, en algún sentido Argentina, como país del área iberoamericana, puede ser beneficiada o perjudicada por fuerzas tecnológicas externas en las cuales siempre aparecen las TIC, y en las cuales actualmente no tiene capacidad de decisión –como no la tienen el resto de los países del área iberoamericana.

En los países desarrollados, empezando por Estados Unidos, prácticamente toda la población no sólo tiene acceso a las TIC sino que las usa con naturalidad. Es más, es imposible prescindir de ellas: quien quiera sacar un pasaje en tren de larga distancia o avión, o una entrada a la ópe-

ra, o lleva a cabo un montón de otras actividades de la vida cotidiana, probablemente lo hará con mucha mayor comodidad a través de algún dispositivo relacionado con las TIC (o directamente no lo podrá hacer de otra manera). Si se deja un artículo para arreglar en una tienda es probable que el aviso de que la reparación está concluida sea enviado al correo electrónico del cliente (que además probablemente lo leerá en su teléfono celular, y si justamente estaba por salir de su oficina significará que aprovechará para retirar el artículo antes de volver a su casa, sin tener que llamar por teléfono para ver si ya está listo). Y por supuesto, obviamente, el comercio electrónico es moneda corriente. Como ejemplo entre muchos, Amazon permite no solamente la compra de libros nuevos, sino la de libros usados, muchas veces agotados, y también los envía. Y el impacto de esta mezcla de tecnología e innovación se siente en todo el mundo, incluida por supuesto la Argentina: la desaparición casi total de las librerías en lengua extranjera (en particular inglés) de Buenos Aires (sólo quedan, salvo excepciones, algunas librerías cuyo fuerte está en la venta de libros de estudios de idiomas) tiene que ver sencillamente con que los potenciales clientes compran sus libros, tanto en texto en papel como en formato electrónico, directamente en Amazon.

La diseminación del uso de las TIC en las sociedades desarrolladas ha contribuido aún más a dicho desarrollo, aumentando así la brecha entre países desarrollados y países no desarrollados (el desafío para los países de desarrollo intermedio, como varios de Iberoamérica, es lograr incluirse en el “lado desarrollado” de esta división). Un posible índice de desarrollo (entre los muchos que se pueden establecer) es el de la productividad del trabajo. La ya muy superior productividad del trabajo en un país desarrollado se multiplica con la generalización del uso de las TIC: cualquier ciudadano de un país subdesarrollado o de desarrollo intermedio que visita Alemania, por ejemplo, puede darse cuenta de que los alemanes trabajan mucho menos que los habitantes del país de proveniencia del visitante (y producen mucho más), sin siquiera analizar estadísticas (que por otra parte se corresponden con la idea intuitiva de dicho visitante). Ni hace falta enumerar la importancia de las TIC en esta diferencia (que, además, como se dijo antes, ya existía, aunque en menor grado, antes de su aparición): desde las automatizaciones gracias a la informática hasta el uso de robots, pasando por las teleconferencias, las capacidades casi ilimitadas de los teléfonos celulares, el funcionamiento financiero en línea, todo contribuye a este aumento de productividad. Para ello es necesario, por supuesto, poblaciones informáticamente educadas y entrenadas.

Y acá surge una diferencia significativa con los países del área iberoamericana, al menos los del continente americano (o sea, los considerandos siguientes no se aplican necesariamente a España y Portugal): lo que en el mundo desarrollado es algo que impregna toda, o casi toda la sociedad, en nuestros países deja afuera a una porción de la población –mayor o menor según el grado de desarrollo de cada país- para nada despreciable. Es decir, existe una población importante en cada uno de nuestros países que está fuera del sistema moderno informatizado de funcionamiento de la sociedad; esa población coincide en general, no casualmente, con la población que realiza trabajo marginal (fuera de lo reglamentado por las leyes laborales), que tiene un bajo nivel de educación (y por consiguiente de potencial productividad en el trabajo), y con un capital social y cultural extraordinariamente pobre. Es interesante observar

por ejemplo que en Argentina la Administración Federal de Ingresos Públicos (AFIP) tiene un eficiente sistema informático para que los contribuyentes, tanto personas físicas como jurídicas, lleven a cabo todos sus trámites en línea, y está incorporando paulatinamente a dicho sistema en forma obligatoria a todos los contribuyentes, en el sentido de que en poco tiempo más cualquier actividad de cualquier contribuyente en la que AFIP tenga que ser informada deberá indefectiblemente llevarse a cabo a través de dicho sistema. Ese sistema puede ser tomado como símbolo de inclusión (y exclusión): quienquiera esté registrado en él está incluido en la Argentina moderna y (más o menos) desarrollada, y quien no está registrado en él está excluido de dicha Argentina moderna y medianamente desarrollada; el problema es que la población excluida es una proporción no despreciable de la total.

En ese sentido, nos atreveríamos a decir que cualquier proyecto de desarrollo de los países del área iberoamericana tiene que incluir indefectiblemente un análisis de las TIC en dichos países, sus desarrollos, sus vínculos entre sí y con el mundo desarrollado. Eso teniendo en cuenta, por otra parte, que la inclusión informática es necesaria para el desarrollo de cualquier país, pero no es para nada suficiente. En particular, la comunidad iberoamericana incluye por un lado dos naciones bastante desarrolladas, y sobre todo integradas a la Europa desarrollada, que son España y Portugal, algunos países de América Latina de desarrollo intermedio (Brasil, Argentina, México, y probablemente Chile, Colombia y Uruguay) y otros países cuya incidencia en este área es mucho menor. Queda fuera de este análisis Cuba que, por un lado, tiene una interesante actividad de investigación en informática pero donde, por otro lado, las dificultades en el uso de Internet a nivel individual reducen significativamente la informatización de la sociedad; es decir, los problemas informáticos de Cuba son distintos en ese sentido de los de los demás países de Iberoamérica, en los cuales la principal característica es la separación entre los sectores incluidos (que en mayor o menor grado son los informáticamente incluidos) y los excluidos: en Cuba la mayoría de la población está incluida informáticamente, pero pobremente incluida. En ese sentido, la situación de Cuba me hace recordar mi experiencia en Venezuela, cuando viví un tiempo allí en la década de 1970: mientras que en Buenos Aires solamente se podía hacer cinco extracciones de caja de ahorro por mes, y solamente desde la sucursal en la cual uno tenía la cuenta, en Caracas se podía hacer todas las extracciones que se quisieran (mientras hubiera fondos en la cuenta, claro está) desde cualquier sucursal. O sea en esa época “pre-informática cotidiana” obviamente la Argentina era un país con mayor inclusión (en este caso bancaria) que Venezuela, pero su inclusión era más débil. La diferencia es que era mucho más fácil y rápido llegar a la “inclusión bancaria” para un país como Argentina, de mucho mayor desarrollo que Venezuela, y generalizarla a una proporción mayor de su población, que lo que es ahora convertir la inclusión informática débil de Cuba en inclusión informática fuerte, sobre todo teniendo en cuenta que esta cuestión tiene allí aristas políticas no menores.

En general, en informática como en el resto de las actividades científico tecnológicas, es más rápido y más fácil desarrollar ciencia (o islotos científicos) de nivel internacional competitivo que llevarlos a la tecnología y a la inserción en la sociedad. La situación y tendencias en investigación y desarrollo en tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) en Iberoamé-

rica están muy detalladamente analizadas, con numerosos datos y parámetros relevados, en el informe del Observatorio Iberoamericano de la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad (Observatorio, 2012). En ese sentido, como bien indica el trabajo del Observatorio recién citado, existe ya en Iberoamérica –sobre todo en Brasil– tanto una producción científica en ascenso como redes que relacionan a países del área entre sí. Pero a nivel de tecnología y de impacto en la sociedad, es muy difícil hablar todavía de impacto. Como ejemplo, usando la cantidad de publicaciones como indicador de desarrollo científico y la cantidad de patentes como indicador de desarrollo tecnológico (ambas afirmaciones son discutibles, pero pueden usarse en primera aproximación), podemos observar, consultando el documento de trabajo del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la República Argentina (MINCYT, 2012), que en 2010 la producción científica en TIC de Estados Unidos fue de 12.114 publicaciones, en Brasil fue de 706 y Argentina fue de 150, o sea que Estados Unidos publicó alrededor de 17 veces más artículos que Brasil y 80 veces más que Argentina. De todos modos, desde el año 2000 Brasil y Argentina más o menos duplicaron su producción científica, y Estados Unidos aumentó un 30%, o sea (muy lentamente) ambos países están mejorando su posición relativa respecto de Estados Unidos. Pero en cuanto a patentes, el panorama es más desolador: las patentes en TIC publicadas en 2010 por Estados Unidos fueron del orden de 16.000, mientras que las de Argentina *en todo el período 2000-2010* fueron 25 y en Brasil, también *en todo el período 2000-2010* fueron 330. Teniendo en cuenta que Brasil tiene la mayor producción científica y la mayor cantidad de patentes publicadas de América Latina, puede observarse que la publicación de patentes latinoamericanas es prácticamente despreciable, y no tiene sentido considerar una curva que pueda ir creciendo incluso significativamente: se tardaría muchos años en alcanzar un nivel competitivo. Más aún, como se indica en el documento de trabajo del MINCYT, “la décima empresa ubicada en el ranking [de empresas titulares de patentes publicadas de TIC], LG, acumula más patentes publicadas que todos los países de Latinoamérica juntos”. De todos modos, dado que la legislación norteamericana se inclina, bajo ciertas condiciones, a otorgar patentes de software, y la Argentina no, es posible que la relación real no sea tan impactante como esos números indican, aunque una mirada atenta a las estadísticas publicadas por la *World Intellectual Property Organization* (WIPO), cuyos últimos datos disponibles en Internet en diversas publicaciones de dicha organización son de 2014 (se pueden consultar por ejemplo el documento *World Intellectual Property Indicators*, 2014 en la página web <http://www.wipo.int/ipstats/en/wipi/> de WIPO), indica que en general, considerando todo tipo de patentes, la desproporción sigue siendo altísima.

La relación entre aprovechamiento de la ciencia y su desaprovechamiento (al menos, en su país de origen), en el sentido de que impacte en la tecnología y, finalmente, en la sociedad –y en la geopolítica–, puede ejemplificarse con el desarrollo de la matemática en Polonia entre las dos guerras mundiales. La escuela matemática polaca entre ambas guerras fue absolutamente excepcional; entre sus integrantes podemos mencionar (entre otros) a Waclaw Sierpinski, Kazimierz Kuratowski, Stefan Banach, Alfred Tarski, Stanislaw Ulam, Hugo Steinhaus y Marian Rejewski. Más aún, es un fenómeno muy poco común que un país atrasado y rural como era Polonia en esa época pudiera producir un conjunto tan abundante de matemáticos de primer nivel internacional. Y sin embargo, Polonia siguió siendo un país bastante poco desarrollado,

como puede constatarse por ejemplo por la rapidez con que, pese al heroísmo de sus oficiales y soldados, fue rápidamente avasallada por las tropas alemanas (y posteriormente soviéticas) al comienzo de la Segunda Guerra Mundial. Y sin embargo, dos de los matemáticos citados, en el contexto de países desarrollados, tuvieron una importancia histórica fundamental, uno de ellos al ser sus avances científicos utilizados en Gran Bretaña y el otro al insertarse en Estados Unidos: Rejewski logró avances cruciales en el conocimiento del código alemán Enigma, lo cual ayudó en grado sumo para que los británicos (entre ellos el gran Alan Turing, uno de los padres de la computación) pudieran descifrar dicho código, lo cual tuvo un impacto enorme en el desarrollo de la guerra. Y Ulam fue uno de los más importantes colaboradores en el desarrollo de la bomba atómica durante el Proyecto Manhattan y luego en el desarrollo de la bomba de hidrógeno y de la simulación estocástica; puede ser considerado como un símbolo de todos los científicos de alto valor provenientes de países subdesarrollados que se instalan en Estados Unidos y, además de hacer contribuciones científicas –que en muchos casos también las podrían haber hecho en sus países de origen, si se hubieran quedado en ellos–, hicieron y hacen aplicaciones tecnológicas de alcance fuera de lo común. Y no son ejemplos en realidad alejados de las TIC: Rejewski fue un criptógrafo excepcional (pre-computadoras), y la criptografía puede perfectamente ser considerada una rama clave de las TIC; en cuanto a los aportes bélicos, como se indica en el ya mencionado libro de Dyson, son incentivos para y resultados de las TIC.

Es decir, el verdadero desafío de los países iberoamericanos (excluyendo a España y Portugal, cuyo contexto europeo es completamente distinto) está en la tecnología, la innovación, la exportación, de productos TIC y de aquellos para los cuales la participación de TIC en los mismos es significativa (o sea, prácticamente todos los que agregan valor en la actualidad). Y simultáneamente, en la inclusión de los sectores informáticamente excluidos, que son prácticamente los mismos que los socioeconómicamente excluidos.

Bibliografía

- ÁLVAREZ, J. (2010): Reportaje en *La Tercera*, 17 de septiembre, Santiago de Chile.
- APPEL, K. y HAKEN, W. (1977): “Every planar map is four colorable Part I. Discharging”, *Illinois Journal of Mathematics*, vol. 21, pp. 429–490.
- APPEL, K., HAKEN, W. y KOCH, J. (1977): “Every planar map is four colorable Part II. Reducibility”, *Illinois Journal of Mathematics*, vol. 21, pp. 491-567.
- BAUER, F. L. (2010): *Origins and foundations of computing*, Berlin, Springer.
- DYSON, G. (2012): *Turing’s cathedral*, Nueva York, Vintage.
- FERMI, E., PASTA, J. y ULAM, S. (1955): *Studies in nonlinear problems I*, Report LA-1040, Los Alamos Scientific Laboratory, Los Alamos.

JACOVKIS, P. M. (2013): *De Clementina al siglo XXI. Breve historia de la computación en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires*, Buenos Aires, EUDEBA.

MINISTERIO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN PRODUCTIVA (2012): *Medición de áreas prioritarias. Producción científica y tecnológica en TIC*, Documento de Trabajo, Secretaría de Planeamiento y Políticas, Buenos Aires.

NEVES, M. DE S., BYINGTON, S. I y VON STAA, A. (2012): “The B-205 at PUC-Rio. History of the first computer to operate in a Brazilian university”, *XXXVIII Conferencia Latinoamericana de Informática (CLEI)*, Medellín, pp. 1-10.

OBSERVATORIO IBEROAMERICANO DE LA CIENCIA, LA TECNOLOGÍA Y LA SOCIEDAD (2012): *La investigación y el desarrollo en TIC en Iberoamérica – Situación actual y tendencias*, Observatorio Iberoamericano de la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad, Buenos Aires.

ORTIZ ARROYO, D., RODRÍGUEZ HENRÍQUEZ, F. y COELLO COELLO, C. A. (2008): “Computadoras mexicanas. Una breve reseña técnica e histórica”, *Revista UNAM.mx*, vol. 9, n° 9. Disponible en: <http://www.revista.unam.mx/vol.9/num9/art63/int63.htm>.

Las tecnologías de la información y las comunicaciones en Iberoamérica. Situación actual y tendencias*

Rodolfo Barrere y Laura Trama**

Existen características de la investigación y desarrollo (I+D) en tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en Iberoamérica que no escapan a los patrones generales de la producción de conocimiento en la región. Si bien la producción científica regional ha crecido de manera sostenida desde el 2000, el aporte de los países iberoamericanos en estas tecnologías asciende sólo a poco más del 3% de la producción mundial. Al mismo tiempo, existe una fuerte heterogeneidad y concentración en los niveles de desarrollo de los países en sus capacidades de investigación en TIC: España participa en el 60% de los artículos iberoamericanos sobre esta temática en SCI y lo sigue Brasil, con participación en el 18%. Manteniendo estos niveles de producción, y con la disponibilidad de recursos escasos para la I+D en relación a los países industrializados, la colaboración aparece una vez más como un camino privilegiado para maximizar las posibilidades de producción de conocimiento a nivel regional.

Palabras clave

TIC, Iberoamérica, colaboración

* Este artículo constituye una actualización del informe “La investigación y el desarrollo de tecnologías de la información y las comunicaciones en Iberoamérica.”, publicado en la edición 2001 de El Estado de la Ciencia y cuenta con información publicada en el artículo “Las tecnologías de propósito general en Iberoamérica. Situación actual y tendencias comparadas de la I+D en Nanotecnología, Biotecnología y TIC” publicado en la edición 2014 de la misma fuente.

** Observatorio Iberoamericano de la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad.

1. La importancia de la I+D en tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) en Iberoamérica

Desde la aparición de las computadoras en la década de 1940 se ha ido produciendo, primero en forma lenta y luego en forma casi vertiginosa, una “informatización” de las distintas sociedades, en el sentido de que las TIC van impregnando cada vez más la vida cotidiana de los diferentes sectores sociales en todos los países del mundo. Primero fue la computación con fines estrictamente científicos (y bélicos) que llevó, por ejemplo, a que ya desde 1950 en Estados Unidos se hicieran pronósticos numéricos del tiempo, cada vez más completos y confiables. Fundamentalmente a partir de la década comenzada justamente en 1950, la computación irrumpió en las operaciones de los bancos, de las compañías de seguros y de las grandes empresas; en la década de 1970 comenzó la computación personal, posteriormente Internet y el correo electrónico, en 1990 la *World Wide Web* y, a lo largo del tiempo, cada vez más industrias “informatizaron” sus procesos y también sus productos, y cada vez más las personas tuvieron acceso individual a las cada vez mayores posibilidades de las TIC. Estas tecnologías influyeron también en el arte, tanto en su difusión como en su creación (artes electrónicas). Las computadoras permitieron crear verdaderos laboratorios y los experimentos “in silico”, según una ingeniosa frase, a veces reemplazan a los experimentos “in vitro” y a los experimentos “in vivo”, con lo cual las TIC también se inmiscuyen en la ética de muchas maneras distintas.

Sin embargo, como es de esperar, esa informatización de la sociedad no se ha producido de la misma manera en todos los países ni en todos los sectores sociales de cada país. Los países centrales, comenzando por Estados Unidos, mantienen un liderazgo incuestionable; más aún: las tendencias de las últimas décadas indican que en buena medida Estados Unidos basa su hegemonía mundial en el desarrollo tanto de sus TIC como de industrias significativamente influidas por ellas (inclusive las industrias culturales y de entretenimientos). Los pronósticos que en la década de 1980 indicaban una tendencia a la declinación norteamericana basada en cierta pérdida de competitividad de algunas de sus industrias tradicionales, como la automotriz, se mostraron errados, muy probablemente debido a que esas debilidades eran ampliamente compensadas por la superioridad norteamericana en las industrias más de punta, entre las cuales por supuesto las relacionadas con TIC tienen un protagonismo importantísimo. En ese sentido, es posible pensar que cualquier proyecto de desarrollo de los países iberoamericanos tiene que incluir indefectiblemente un análisis de las TIC, sus desarrollos, sus vínculos entre sí y con el resto del mundo.

2. Las huellas de la investigación y el desarrollo en TIC

Si bien el conocimiento es de carácter intangible, su producción deja huellas que pueden ser medidas y analizadas para obtener un panorama detallado. La capacidad de dar cuenta del estado del arte y de las tendencias en la investigación científica y el desarrollo tecnológico se enriquece cuando combina información cuantitativa y cualitativa. Con la asistencia de expertos en el tema estudiado es posible configurar un mapa de tendencias y relaciones, configurando un insumo de utilidad para la toma de decisiones y la prospectiva.

Esas huellas de la producción de conocimiento son, por ejemplo, las publicaciones científicas. En ese sentido, el análisis de la información contenida en las bases de datos bibliográficas resulta de particular importancia. En este trabajo se ha utilizado una de las principales bases de datos bibliográficas internacionales, el *Science Citation Index* (SCI).

La dificultad inicial en un estudio que aborde las TIC recae en la dificultad de delimitar con claridad un área transversal como ésta. En este estudio se ha dado continuidad a estrategias utilizadas en trabajos anteriormente publicados por la RICYT y el Observatorio Iberoamericano de la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad de la OEI sobre TIC en 2011.

El SCI cuenta con una colección de alrededor de ocho mil revistas científicas de primer nivel, recopiladas con estrictos criterios de calidad y cobertura, que dan cuenta de la investigación en la frontera científica internacional. La colección que integra esta fuente de información está organizada en base a áreas temáticas que son asignadas a las revistas. Para este estudio se realizó una selección de publicaciones, representativas del campo, con el asesoramiento de expertos en la temática. Las revistas provenían de las categorías temáticas “ciencias de la computación”, “ingeniería eléctrica y electrónica” y “telecomunicaciones”. El listado completo de las revistas analizadas se encuentra en el Anexo de este documento.

Es importante tener en cuenta también que la investigación en las áreas temáticas más importantes en torno a las TIC tiene canales de comunicación particulares y que pueden diferir de las formas típicas de puesta en común del trabajo en otras áreas disciplinarias. En este caso, para científicos e ingenieros en las áreas abarcadas, las comunicaciones en congresos tienen un papel muy importante. Sin embargo, ese tipo de literatura no está completamente cubierto en el SCI, razón por la cual la información recopilada puede tener un cierto sesgo hacia la investigación de carácter menos aplicado.

3. La evolución de la producción científica

La producción científica mundial en TIC, tal como se refleja en la base de datos internacional *Science Citation Index* (versión *Web of Science*), ascendió a un total de 601.254 documentos durante el período 2000-2013, lo que representa el 3,5% del total de registros en todas las áreas científicas. Esta participación porcentual pone en evidencia que es un campo disciplinar pequeño, aunque en expansión. Los documentos publicados experimentaron un crecimiento del 103% desde el año 2000, en el que se publicaron 29.487 documentos, hasta el año 2013 en el que se registraron 59.805 publicaciones. En general se observa una tendencia ascendente de crecimiento en el período, con una leve fluctuación al comienzo y un estancamiento en 2010 (**Gráfico 1**).

La evolución de la producción iberoamericana en TIC en el período estudiado muestra un aumento notable a lo largo del tiempo (**Gráfico 2**). Su volumen productivo pasó de 1.288 publicaciones en 2000 a 5.839 en 2013, experimentando un crecimiento del 353% entre puntas. Mientras la producción mundial se ha duplicado, la de Iberoamérica se quintuplicó. La participación

relativa de la región en TIC representa el 3,6% del volumen total de documentos iberoamericanos en la base de datos, proporción similar a la observada para el total de la producción mundial en TIC. El ritmo de crecimiento productivo ha sido constante, mostrando un aceleramiento a partir de 2007, que puede atribuirse no tanto a un incremento real del volumen productivo sino a una ampliación de la cobertura de revistas de Iberoamérica en el SCI.

En el **Gráfico 3** se presenta la evolución de las publicaciones científicas de los cinco países del mundo más productivos en el campo de TIC durante el período comprendido entre 2000 y 2013. Se ha utilizado la metodología de contabilización por enteros, es decir, se ha computado un documento completo para cada una de las naciones participantes. Debido a las repeticiones gene-

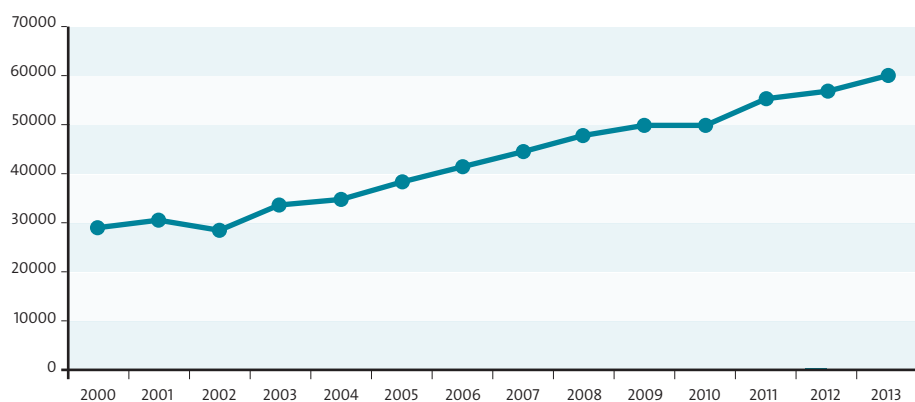


Gráfico 1. Total de publicaciones en TIC (2000-2013).
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.

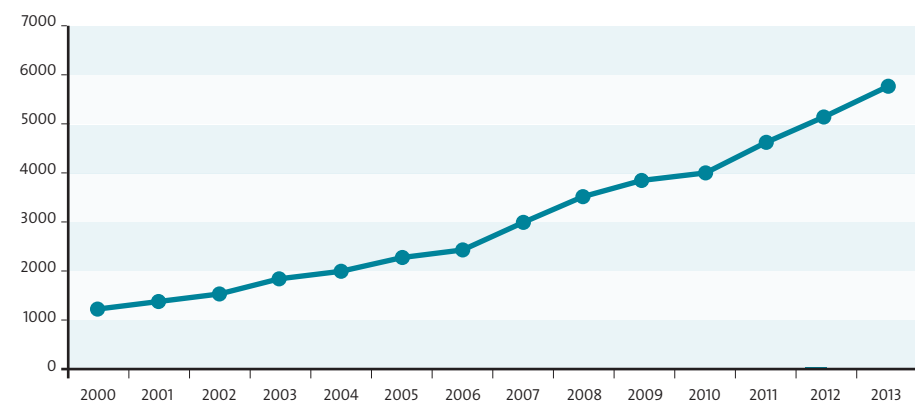


Gráfico 2. Total de publicaciones iberoamericanas en TIC (2000-2013).
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.

radas por las coautorías en colaboración internacional, la suma de la producción de los países es superior al total mundial.

Los resultados obtenidos muestran un claro protagonismo de Estados Unidos que, registrando 9.369 documentos en 2000 y 13.259 en 2013, mantuvo una participación en torno a la cuarta parte del total en todo el período, aunque ha experimentado una importante pérdida de peso relativa entre 2000 y 2013 (se redujo del 32% al 22%).

En segundo lugar, a partir del 2004, se encuentra China que se destaca por un crecimiento exponencial en el área. China multiplicó por 9 su producción entre puntas (pasó de 1.281 en 2000 a 12.014 documentos en 2013) y su participación relativa para el total de publicaciones en TIC se incrementó 16 puntos porcentuales (pasó del 4% al 20%). Es importante señalar que el explosivo crecimiento de la producción china no es un fenómeno privativo del campo de las TIC, sino que se registra en mayor o menor medida en todas las disciplinas, posicionando a ese país entre los de mayor producción científica en el mundo.

En el tercer y cuarto puesto aparecen Francia e Inglaterra, respectivamente. Estos países representan alrededor del 2% de la producción mundial acumulada durante el período estudiado y presentan un crecimiento sostenido en ambos casos.

Destaca fuertemente en esta área el quinto lugar ocupado por España, como único país iberoamericano presente entre los cinco más productivos a nivel mundial. Este país registra un incremento muy importante de publicaciones en TIC, pasando de 666 documentos en 2000 a 3.428 en 2013, alcanzando un nivel de publicación prácticamente equivalente al de los países que ocupan el tercer y cuarto lugar al final del período.

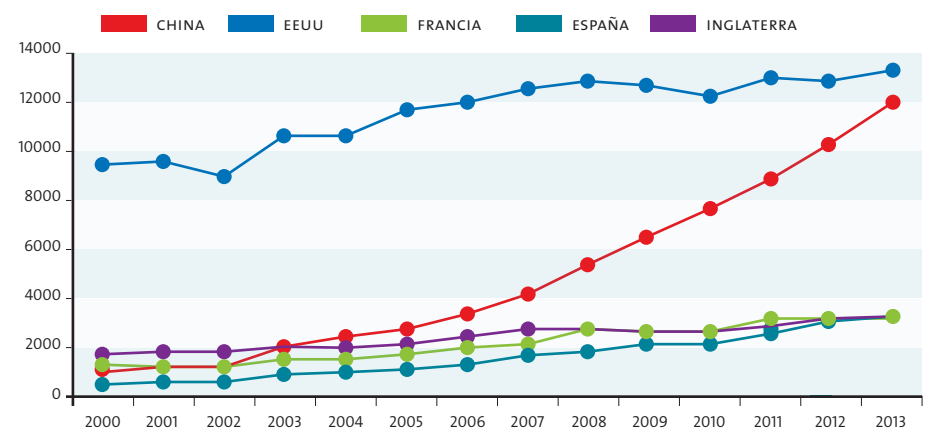


Gráfico 3. Publicaciones de los principales países del mundo en TIC (2000-2013).
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.

Si pasamos al análisis del plano regional, los cinco países con mayor presencia en la producción en TIC en el ámbito iberoamericano son España, Brasil, Portugal, México y Argentina (**Gráfico 4**). El desempeño de España se destaca especialmente por su fuerte presencia, representando casi el 60% de la producción científica en TIC de Iberoamérica en todo el período. También se destaca por su crecimiento rápido y sostenido, incrementando sus documentos en un 415% (de 666 documentos en 2000 pasó a 3.428 en 2013).

En segundo lugar, durante todo el período analizado se encuentra Brasil, país responsable de casi la quinta parte de la producción científica en TIC de Iberoamérica (en promedio, representa el 19% durante todo el período). Las publicaciones brasileñas en TIC tuvieron un crecimiento del 244%, pasando de 303 documentos en 2000 a 1041 publicaciones registradas en 2013.

Crecimientos relativos importantes registraron, para igual período, Portugal, México y Argentina (que ocupan el tercer, el cuarto y el quinto puesto en la región respectivamente, aunque todos ellos parten de cifras pequeñas de documentos, sobre todo Argentina).

El **Gráfico 5** presenta la contribución de cada país de Iberoamérica al conjunto de la producción científica regional en TIC en el último año del período en análisis. Como se puede ver, el volumen de publicaciones de España difiere significativamente del resto de los países de Iberoamérica, consolidándose como el líder en el área. Al total de publicaciones españolas, le sigue Brasil con 1.041 publicaciones, Portugal con 627 documentos México con 460, Chile con 229 (ubicándose para éste último año en el quinto lugar por encima de Argentina), Argentina con 175 y Colombia con 130 documentos registrados. Luego, completan los diez países con mayor cantidad de publicaciones Cuba con 51, Venezuela con 32 y Uruguay con 24. El resto de los países de Iberoamérica cuentan con menos de 10 publicaciones en TIC para 2013.

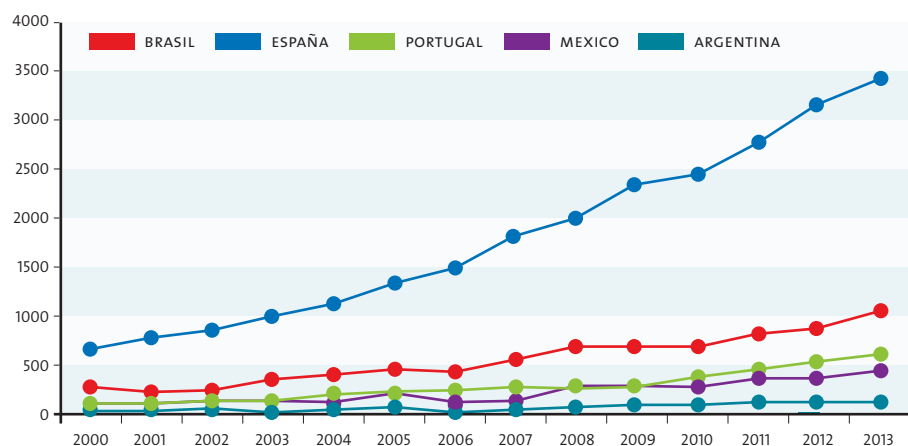


Gráfico 4. Producción de principales países iberoamericanos en TIC (2000-2013).

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.

Si se observa la cantidad de documentos que un país produce en una temática, en relación con el número total de sus documentos, se obtiene una proporción que representa el nivel de especialización que ese país tiene en el campo que se está analizando. Al observar la evolución de la participación relativa de la producción científica en TIC durante 2000-2013 en relación al total de la producción científica registrada en el SCI, puede verse que los cinco países iberoamericanos que más publicaciones producen en el campo de estudio (España, Brasil, Portugal, México y Argentina) muestran niveles de especialización diferentes.

Como se advierte en el **Gráfico 6**, el grado de especialización de España es el más alto para el conjunto de los países de Iberoamérica en el 2013. Del total de publicaciones registradas en SCI de autoría española, el 5,4% corresponde a TIC. Luego, siguiendo con los mayores productores de artículos en TIC de la región (**Gráfico 4**), el nivel de especialización para Portugal es de 4,1% y para México 3,5%. Cabe mencionar el lugar destacado de Cuba, ocupando el segundo lugar en el nivel de especialización de la región (de 989 artículos publicados en SCI para 2013, 51 de ellos

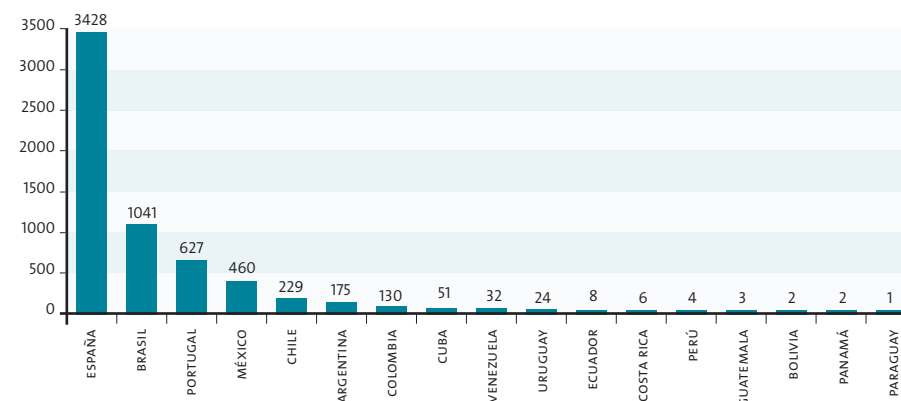


Gráfico 5. Publicaciones de los países iberoamericanos en TIC (2013).

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.

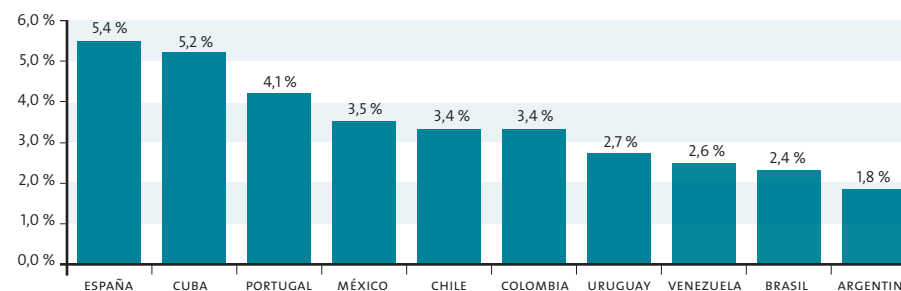


Gráfico 6. Porcentaje de publicaciones en TIC en relación al total (2013).

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.

tratan sobre TIC). La temática tiene un peso bastante menor en el caso de las publicaciones científicas de Brasil y Argentina, con un nivel de especialización de 2,4% y 1,8% respectivamente.

3.1. Colaboración internacional

La colaboración científica, como desarrollo de actividades y realización de productos en forma conjunta con colegas, puede cobrar diversas manifestaciones, como la cooperación internacional en proyectos de I+D o la realización de actividades de formación en colaboración. Sin embargo, una de las evidencias empíricas más claras que representa la interacción exitosa entre los investigadores es la coautoría de publicaciones, interacción que muchas veces es vista por sus protagonistas como una sinergia que propicia la productividad científica a través de un importante intercambio de conocimiento.

Se considera que un artículo fue realizado en colaboración internacional cuando es firmado por instituciones de más de un país. En el presente informe, se hace foco en la situación al inicio y al fin de la serie analizada en este estudio: 2000 y 2013.

De acuerdo a estudios previos¹, el peso de las publicaciones en TIC realizadas por autores de países iberoamericanos sin colaboración internacional tiende a ser cuantitativamente importante en relación a otras áreas estratégicas. Además, la colaboración iberoamericana (aquella producida entre autores pertenecientes a dos o más países de la región), así como ibero-internacional (aquella registrada entre dos o más países de la región y uno o más países extra-regionales) suele ser débil.

En el **Gráfico 7** podemos ver que en 2000, el 32% de los artículos con participación de países iberoamericanos era firmado por más de un país, mientras que en 2013 el valor asciende al 40%.

Sin embargo, la intensidad de la cooperación internacional varía entre países. El Gráfico 8 presenta los niveles de colaboración internacional e intraregional (publicaciones realizadas con la colaboración de dos o más países iberoamericanos) de 2013 en TIC para los países iberoamericanos que registraron más de 1.000 artículos totales en SCI en ese año.

El gráfico muestra que los países con mayor producción en TIC son aquellos con menores niveles de colaboración internacional, como España, Brasil, Portugal, Argentina y México. Chile, constituye una excepción, ya que se encuentra entre los cinco países iberoamericanos con mayor producción científica en TIC para 2013 y su grado de colaboración con instituciones de otros países es alto.

En el caso de la colaboración dentro de Iberoamérica, vemos que se trata de una parte pequeña en el marco de la colaboración internacional de la región, aunque una vez más, tiene mayor rele-

¹ Barrere, R; Liscovsky, R; Paredes, D; Trama, L. (2014) "Las Tecnologías de Propósito General en Iberoamérica – Situación actual y tendencias de la nanotecnología, biotecnología y TIC"; en "El Estado de la Ciencia. Principales indicadores de ciencia y tecnología Iberoamericanos / Interamericanos 2014", RICYT, Buenos Aires.

vancia en países de menor desarrollo relativo en la producción científica en TIC. Una vez más, el patrón de colaboración de Chile se destaca. Si bien su nivel de colaboración internacional es alto en comparación a países como Argentina o México, tiene un nivel equivalente de colaboración iberoamericana. Esto evidencia una intensa cooperación científica, pero fuera del ámbito regional.

La mencionada necesidad de colaboración internacional por parte de los países de menor desarrollo relativo pone en evidencia la importancia de la integración regional. Tengamos en cuenta que, si bien ha crecido de forma sostenida en la última década, la inversión total en I+D de todos los países latinoamericanos agregados es de tan sólo el 3,5% del total mundial. Al mismo tiempo, entre Brasil, México y Argentina suman más del 90% del esfuerzo latinoamericano en I+D. En ese contexto, la integración de los esfuerzos dentro de la región es tanto una oportunidad como una necesidad.

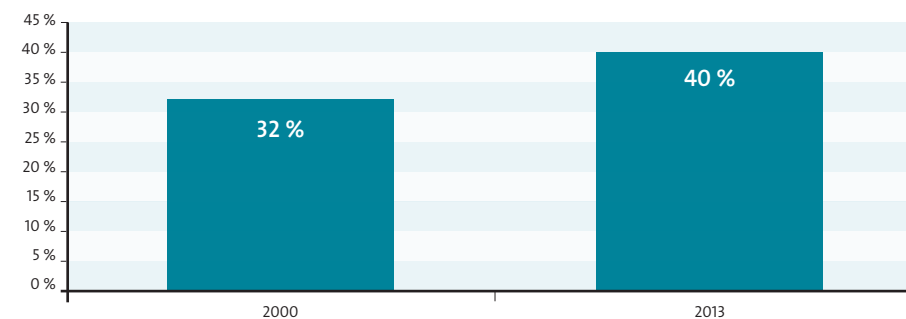


Gráfico 7. Colaboración internacional en TIC (2013).

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.

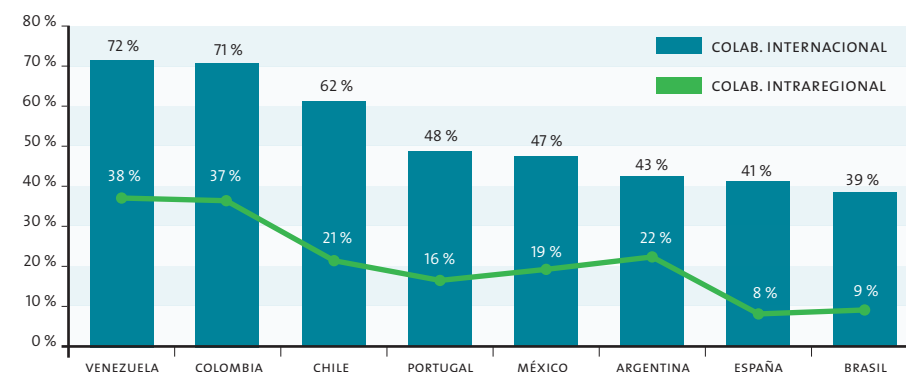


Gráfico 8. Publicaciones según colaboración internacional e intraregional (2013).

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.

4. Redes mundiales de colaboración científica

Para conocer con mayor detalle el comportamiento colaborativo de los países iberoamericanos en la producción de conocimiento, es interesante analizar pormenorizadamente la posición que ocupan en la investigación internacional en TIC. Para ello, utilizaremos técnicas de análisis de redes que nos permitirán reconstruir el entramado de las relaciones establecidas a partir de la firma conjunta de artículos científicos. Esta información relacional completa el panorama ya perfilado a lo largo de este informe.

En el **Gráfico 9** se presenta la red mundial producida por la co-publicación de documentos en TIC en el año 2013. Se han incorporado todos los países con al menos 10 publicaciones en ese año y se han resaltado en color verde los pertenecientes a la región iberoamericana.

Considerando que la cantidad de nodos de la red es muy grande y el entramado conectivo muy complejo, interfiriendo en la legibilidad y el análisis de los actores y enlaces principales, se ha recurrido a técnicas de poda. El objetivo perseguido por estas técnicas es, mediante la aplicación de algoritmos que eliminan los lazos menos significativos de la red, dejar tan sólo la cantidad mínima necesaria para no desconectar ningún nodo. El criterio para esto es que el peso de los caminos totales resultantes (en nuestro caso la cantidad de documentos en colaboración) sea el mayor posible. De esta manera se obtiene la estructura básica que subyace en una red de mucha mayor complejidad.

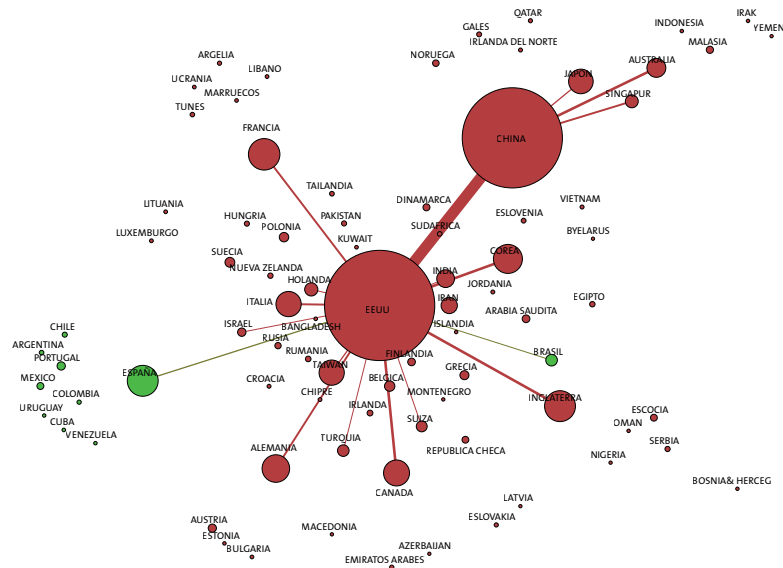


Gráfico 9. Red de colaboración en TIC (2013).
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.

El resultado de estas técnicas de poda es el árbol de caminos mínimos (*minimum spanning tree* o MST) de un grafo. En este caso se ha utilizado una implementación del algoritmo de Prim. En la representación gráfica, el grosor de los vínculos es proporcional a la intensidad de co-publicación de los países que unen, así como el tamaño de los nodos al volumen de su producción.

Tal como se puede observar en el gráfico, los países que articulan a nivel mundial las redes son los de mayor tradición científica y volumen de producción. En particular se centran en Estados Unidos.

Probablemente, debido al fuerte peso de España en el tema, los países iberoamericanos se muestran muy agrupados detrás de este país, mostrando una clara vinculación regional. El caso de Brasil representa una excepción a ese comportamiento ya que aparece desligado de la región, relacionándose directamente con Estados Unidos.

5. La colaboración iberoamericana en TIC

En el apartado anterior, mostrando la posición de los países iberoamericanos en la red mundial de colaboración científica, se ofrecían las primeras evidencias sobre la cohesión regional. Para profundizar, a continuación llevamos a cabo un análisis descriptivo de la cohesión de las redes de colaboración entre países iberoamericanos en TIC.

En primer lugar se analiza la densidad que presenta la red, con el objetivo de obtener un panorama acerca del grado de integración de la región. La densidad se calcula en función del número de nodos, en este caso países, que componen una estructura de red y el número de lazos presentes entre los mismos. El carácter proporcional del valor que asume la densidad nos posibilita asumir que una estructura tenderá a ser más densa a medida que se acerque al valor máximo, el cual se encontraría representado por la proporción 1.0. Por lo tanto, a medida que los valores del índice de densidad se acercan a 1 la red puede interpretarse como una comunidad integrada y cohesionada.

El **Gráfico 10** nos muestra la evolución de la red de colaboración en términos de densidad a lo largo del periodo 2000-2013, medido sobre el eje derecho de los gráficos. Las columnas muestran el número de países que conformaban las redes iberoamericanas en cada año, valor que se refleja sobre el eje izquierdo de cada gráfico.

La lectura de los datos nos permite señalar que la comunidad científica iberoamericana en nanotecnología se encuentra más cohesionada en 2013 que en el año 2000, es decir que se dio un paso hacia la integración regional. En el año 2000 el índice de densidad fue de 0,24 mientras que para el año 2013 este valor ascendió a 0,37.

Otra forma de analizar la integración de las redes de colaboración es observar de qué manera se distribuyen las relaciones al interior de cada una de las mismas. De esta manera podemos

conocer si la cohesión de una red depende de unos pocos actores centrales o si por el contrario las relaciones se encuentran distribuidas de manera más equitativa entre todos los actores hacia dentro de la red. Para ello utilizamos como indicador la centralización basada en el grado (número de lazos de cada nodo), la cual mide el nivel en que la centralidad del actor más central sobrepasa a la centralidad del resto de los actores.

La **Tabla 1** nos permite comparar el grado de centralización presentado en porcentajes de las redes de colaboración en TIC entre países iberoamericanos para los años 2000 y 2013.

Podemos ver que para el año 2013 la red de colaboración científica en TIC presenta un grado de centralización alto, de casi 65%. Asimismo, entre ambos años ha incrementado en más de veintiocho puntos porcentuales ese valor. Lo anterior nos permite concluir que a lo largo del periodo en análisis, la red de colaboración en TIC se ha centralizado alrededor de unos pocos países.

A continuación analizaremos esta evolución con mayor detalle. El **Gráfico 11** nos muestra la red de colaboración científica entre países iberoamericanos en TIC para el año 2000. La misma se encontraba compuesta por doce países de los cuales diez se hallaban integrados a la red, es decir que colaboraban con al menos otro país iberoamericano.

Tal como se puede observar en la **Tabla 2**, España era en el año 2000 el país más importante en términos de producción, el mismo explicaba la mitad de la producción iberoamericana en TIC. En segundo lugar se encontraba Brasil el cual producía casi el 23% del total.

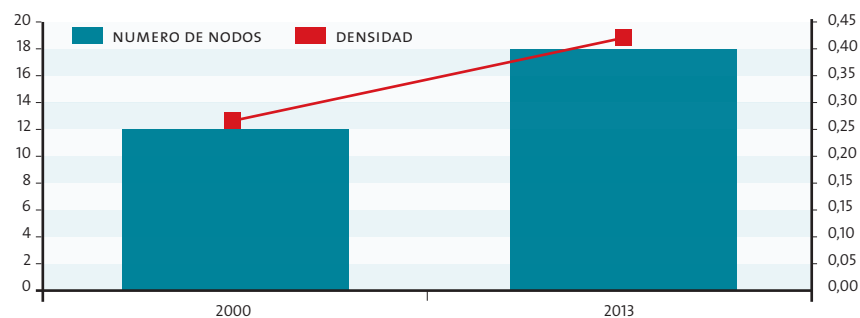


Gráfico 10. Densidad de la red iberoamericana en TIC.
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.

Año	Grado de centralización (%)
2000	36,36 %
2013	64,71 %

Tabla 1. Grado de centralización de las redes de colaboración iberoamericanas.
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.

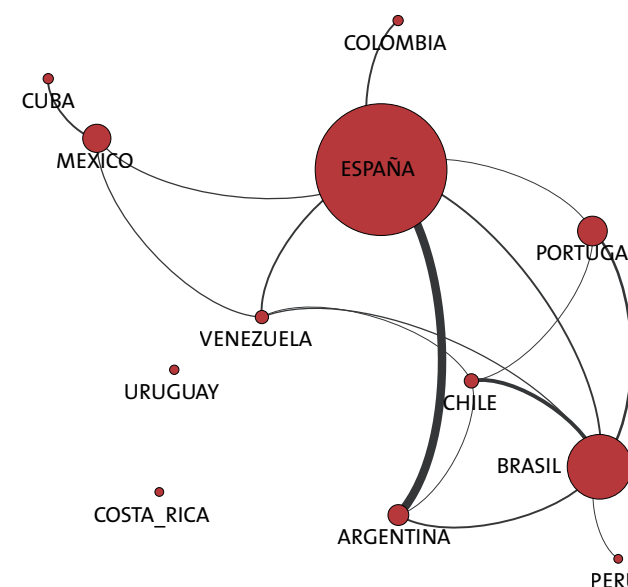


Gráfico 11. Red de países iberoamericanos en TIC (2000).
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.

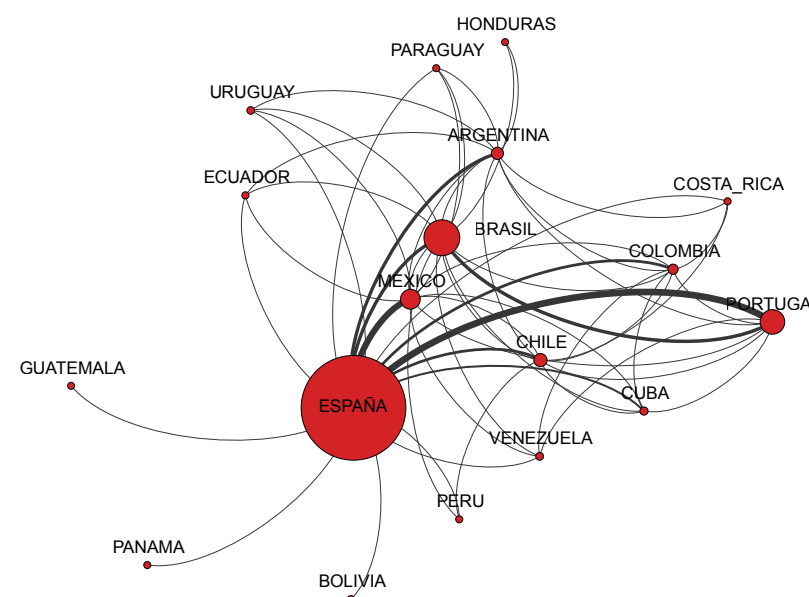


Gráfico 12. Red de países iberoamericanos en TIC (2013).
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.

Con respecto a la centralidad de grado en el año 2000 España y Brasil ocupaban las primeras posiciones con un valor de 0,55 cada uno. Asimismo podemos mencionar que, si bien bastante por debajo de los casos de España y Brasil, cinco países presentan centralidad de grado intermedia. Este es el caso de Chile, Venezuela (con valores de 0,36), Portugal, México y Argentina (con grados de 0,27).

En el **Gráfico 12** podemos visualizar la evolución de la red de TIC a lo largo del periodo abarcado en este informe. En el año 2013 se han incorporado más actores a la red de colaboración. Los dieciocho países iberoamericanos que presentan producción científica en TIC se encuentran conectados en la red.

País	Participación en la producción iberoamericana (2000)	Grado (2000)	Participación en la producción iberoamericana (2013)	Grado (2013)
España	49,89%	0,55	55,82%	0,94
Brasil	22,70%	0,55	16,50%	0,77
Portugal	8,54%	0,27	10,03%	0,47
México	7,94%	0,27	7,30%	0,65
Argentina	4,94%	0,27	3,01%	0,65
Chile	2,32%	0,36	3,54%	0,53
Venezuela	1,87%	0,36	0,48%	0,29
Colombia	0,67%	0,09	1,86%	0,53
Cuba	0,67%	0,09	0,70%	0,35
Uruguay	0,30%	0,00	0,37%	0,24
Perú	0,07%	0,09	0,08%	0,18
Costa Rica	0,07%	0,00	0,08%	0,24
Bolivia	0,00%	0,00	0,03%	0,06
Ecuador	0,00%	0,00	0,10%	0,24
Guatemala	0,00%	0,00	0,02%	0,06
Honduras	0,00%	0,00	0,01%	0,12
Panamá	0,00%	0,00	0,04%	0,06
Paraguay	0,00%	0,00	0,05%	0,24

Tabla 2. Grado normalizado y participación en la producción en TIC.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.

Tal como lo habíamos adelantado a través del análisis del porcentaje de centralización de las redes, el caso de la red de TIC en el periodo bajo análisis ha presentado una mayor tendencia hacia la centralización. Por lo tanto la cohesión de la red hacia el año 2013 es explicada por la centralidad de unos pocos actores.

En este sentido, a partir de la **Tabla 2** podemos señalar que España y Brasil no solo han mantenido posiciones de privilegio en la red sino que también han cobrado mayor importancia a lo largo del tiempo. España ha aumentado su peso en la producción iberoamericana en TIC explicando casi el 56% del total. Por su lado Brasil ha presentado un descenso en su participación,

País	Participación en la producción iberoamericana (2000)	Intermediación (2000)	Participación en la producción iberoamericana (2013)	Intermediación (2013)
España	49,89%	0,27	55,82%	0,43
Brasil	22,70%	0,17	16,50%	0,13
Portugal	8,54%	0,01	10,03%	0,01
México	7,94%	0,15	7,30%	0,04
Argentina	4,94%	0,01	3,01%	0,09
Chile	2,32%	0,02	3,54%	0,03
Venezuela	1,87%	0,08	0,48%	0,00
Colombia	0,67%	0,00	1,86%	0,02
Cuba	0,67%	0,00	0,70%	0,00
Uruguay	0,30%	0,00	0,37%	0,00
Perú	0,07%	0,00	0,08%	0,00
Costa Rica	0,07%	0,00	0,08%	0,00
Bolivia	0,00%	0,00	0,03%	0,00
Ecuador	0,00%	0,00	0,10%	0,00
Guatemala	0,00%	0,00	0,02%	0,00
Honduras	0,00%	0,00	0,01%	0,00
Panamá	0,00%	0,00	0,04%	0,00
Paraguay	0,00%	0,00	0,05%	0,00

Tabla 3. Intermediación y participación en la producción en TIC.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.

pasando a producir aproximadamente el 16%. Con respecto a la centralidad de grado ambos países demuestran un incremento notable con respecto al año 2000, presentando un 0,94 para España y un 0,77 para el caso de Brasil al año 2013.

Asimismo, resulta pertinente mencionar los casos de Argentina y México los cuales ya hacia el año 2000 se perfilaban como actores centrales. Ambos presentan al año 2013 una centralidad de grado de 0,65 cada uno.

Por otro lado, al comparar a los países según su centralidad de intermediación a lo largo del periodo podemos señalar a España y Brasil como los actores mejor posicionados (**Tabla 3**). Por lo tanto, retomando el análisis anterior, estos países no solo se encuentran más conectados a la red sino que también dichas posiciones los ubican en lugares privilegiados en términos de intermediación. España por su lado presenta una evolución favorable pasando de un valor de 0,27 en 2000 (el valor más alto en ese periodo) a un 0,43 para el año 2013. Por otro lado Brasil, el segundo país más central, presenta un pequeño descenso a lo largo del periodo pasando de un 0,17 a un 0,13. Sin embargo este país no ha perdido su posición central dentro de la red en términos de intermediación.

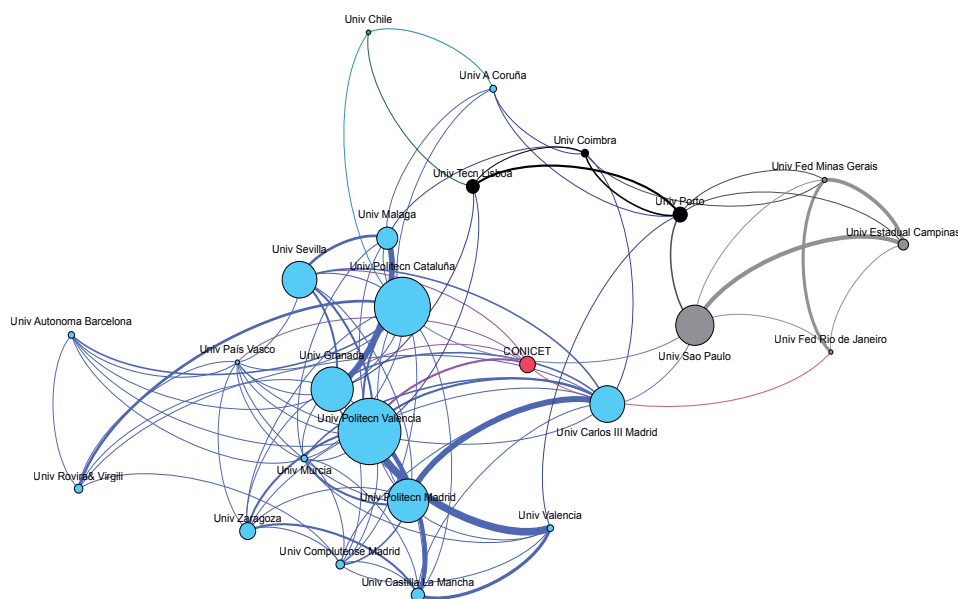


Gráfico 13. Red de instituciones iberoamericanas en TIC (2013). **Nota:** Azul: España; Gris: Brasil; Negro: Portugal; Rojo: Argentina; Verde: Chile. **Fuente:** Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.

6. El entramado institucional de la I+D

A continuación profundizaremos el análisis de la colaboración y el entramado de redes mediante un estudio de la colaboración científica entre instituciones iberoamericanas que producen en el área de TIC en el año 2013.

El **Gráfico 13** nos muestra la red de colaboración científica entre instituciones iberoamericanas en TIC al año 2013. Como ya hemos notado anteriormente, es notoria la preponderancia de España en la temática ya que quince de las instituciones que componen la red pertenecen a este país.

Cabe mencionar que si bien la red demuestra cierta complejidad en su entramado relacional debemos recordar que es una red con índice de densidad bajo. Por otro lado, aquí también podemos observar que la mayoría de las relaciones más intensas se registran entre instituciones que pertenecen al mismo país.

A partir de la **Tabla 4** es posible señalar que las tres instituciones con el mayor volumen de producción son a la vez la más centrales de la red. Dos de ellas, la Universidad Granada y la Universidad Politécnica de Cataluña, poseen una centralidad de grado de 0,63 pero difieren en su volumen de producción. En tercer lugar se encuentra la Universidad Politécnica Valencia con un grado de 0,58. Las instituciones españolas en términos regionales dominan la temática, no solo a través de su volumen de producción y su gran presencia en el área sino que también han logrado entablar un entramado relacional en el cual ocupan posiciones privilegiadas.

7. Conclusiones

Si bien varios campos de investigación científica y desarrollo tecnológico transversales, como la nanotecnología o la biotecnología, han tenido un impacto fuerte en la industria y un potencial importante en el desarrollo económico y social, es posiblemente el terreno de las TIC que el que ha revolucionado en mayor medida y de forma más directa a la sociedad.

Se trata de un conjunto de tecnologías que han abierto oportunidades nuevas en la industria y desarrollado nuevos mercados, al punto de que el desarrollo de algunos países ha estado apoyado en el control de ciertos nichos de mercado dentro de las tecnologías de la información y las comunicaciones. Sin embargo, una de las aristas más significativas de las TIC reside en la manera en que ha permeado de manera sensible y revolucionaria en el entramado de las sociedades de todo el mundo. Hoy en día se habla del acceso a las TIC como una forma más de inclusión social.

En ese sentido, las TIC pueden ser para Iberoamérica una puerta al desarrollo, pero también un territorio en el que se profundice la brecha entre los países de la región y aquellos más avanzados. Los sistemas de ciencia y tecnología de la región están en una posición crítica para maximizar los beneficios relacionados con estas tecnologías y disminuir esa brecha. Se trata

Institución	Participación relativa en la producción regional	Grado
Universidad Granada	3,27%	0,63
Universidad Politecn Cataluna	4,02%	0,63
Universidad Politecn Valencia	4,40%	0,58
Universidad Carlos III Madrid	2,86%	0,50
Universidad Politecn Madrid	3,22%	0,46
Universidad Murcia	1,30%	0,46
Universidad País Vasco	1,18%	0,46
Universidad Complutense Madrid	1,42%	0,42
Universidad Castilla La Mancha	1,68%	0,38
Universidad Zaragoza	1,83%	0,33
Universidad Sevilla	2,86%	0,33
Universidad Malaga	2,11%	0,29
Universidad Valencia	1,30%	0,29
Universidad Porto	1,73%	0,29
Universidad Coimbra	1,35%	0,25
Universidad Rovira & Virgili	1,42%	0,25
Universidad Autónoma Barcelona	1,30%	0,25
Universidad Sao Paulo	3,05%	0,25
Universidad Federal Minas Gerais	1,22%	0,21
CONICET	1,82%	0,21
Universidad A Coruna	1,32%	0,21
Universidad Tecn Lisboa	1,66%	0,21
Universidad Estadual Campinas	1,52%	0,17
Universidad Federal Rio de Janeiro	1,18%	0,17
Universidad de Chile	1,20%	0,13

Tabla 4. Grado y participación en la producción en TIC (2013).

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.

de jugar un rol importante en la producción de conocimiento pero también en la aplicación de las tecnologías disponibles a los problemas de las industrias locales y las demandas de las sociedades iberoamericanas.

Como se ha visto a lo largo de este informe, existen características de la I+D en TIC en Iberoamérica que no escapan a los patrones generales de la producción de conocimiento en la región. Si bien la producción científica regional ha crecido de manera sostenida desde el año 2000, el aporte de los países iberoamericanos en estas tecnologías asciende sólo a poco más del 3% de la producción mundial. Al mismo tiempo, existe una fuerte heterogeneidad y concentración en los niveles de desarrollo de los países en sus capacidades de investigación en TIC: España participa en el 60% de los artículos iberoamericanos sobre esta temática en SCI y lo sigue Brasil, con participación en el 18%.

Manteniendo estos niveles de producción, y con la disponibilidad de recursos escasos para la I+D en relación a los países industrializados, la colaboración aparece una vez más como un camino privilegiado para maximizar las posibilidades de producción de conocimiento a nivel regional. Si bien la colaboración internacional en general ha crecido más de un 30% desde 2000, es la colaboración iberoamericana la que más se ha desarrollado. Si bien en un volumen aún pequeño, cercano al 5% del total de la producción de la región, existe una tendencia hacia la consolidación de un espacio regional de colaboración en la temática de las TIC, que es posible potenciar desde las políticas. Los países de mayor desarrollo, como España y Brasil, ya articulan hoy en día redes extensas de I+D en este terreno.

Sin embargo, estudios anteriores² muestran que el desarrollo tecnológico en TIC de la región, medido a través de las patentes, tiene una participación menor al 1%. Si bien la cantidad de patentes bajo la titularidad de entidades regionales ha aumentado más que el patentamiento total en estas tecnologías, se trata de un fenómeno claramente incipiente.

La articulación del sistema de ciencia y tecnología con el entramado empresarial, para aportar a la innovación en el sector TIC es seguramente uno de los desafíos más importantes y complejos que enfrenta la región. Es difícil pensar un proyecto de desarrollo de los países iberoamericanos que no incluya un análisis de las TIC, sus desarrollos, sus vínculos entre sí y con el mundo desarrollado.

La otra cara de este desafío es la llegada de las TIC a la sociedad, algo que va más allá del desarrollo de los sistemas de ciencia y tecnología y de su integración con las empresas innovadoras de la región. En ese sentido, una mirada interdisciplinaria sobre las TIC desde la ciencia y la tecnología puede facilitar enormemente la vinculación de estas tecnologías de información y comunicaciones con los problemas de la sociedad iberoamericana.

² Barrere, R; D'Onofrio, M G; Matas, L; Jacovkis, P. (2011): "Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en Iberoamérica. Situación actual y tendencias"; en "El Estado de la Ciencia. Principales indicadores de ciencia y tecnología Iberoamericanos / Interamericanos 2011", RICYT, Buenos Aires.

Anexo

Estrategia para la identificación de publicaciones científicas en TIC

Título	ISSN	Título	ISSN
Acm Computing Surveys	00360-0300	Acm Transactions on Software Engineering and Methodology	1049-331X
Acm Journal on Emerging Technologies in Computing Systems	1550-4832	Acm Transactions on the Web	1559-1131
Acm Sigplan Notices	0362-1340	Acta Informatica	0001-5903
Acm Transactions on Algorithms	1549-6325	Ad Hoc & Sensor Wireless Networks	1551-9899
Acm Transactions on Applied Perception	1544-3558	Ad Hoc Networks	1570-8705
Acm Transactions on Architecture and Code Optimization	1544-3566	Adaptive Behavior	1059-7123
Acm Transactions on Autonomous and Adaptive Systems	1556-4665	Advanced Engineering InformaTIC	1474-0346
Acm Transactions on Computational Logic	1529-3785	Advances in Computers	0065-2458
Acm Transactions on Computer Systems	0734-2071	Advances in Electrical and Computer Engineering	1582-7445
Acm Transactions on Computer-Human Interaction	1073-0516	Advances in Engineering Software	0965-9978
Acm Transactions on Database Systems	0362-5915	Advances in MathemaTIC of Communications	1930-5346
Acm Transactions on Design Automation of Electronic Systems	1084-4309	Aeu-International Journal of Electronics and Communications	1434-8411
Acm Transactions on Embedded Computing Systems	1539-9087	Ai Communications	0921-7126
Acm Transactions on Graphics	0730-0301	Ai Edam-Artificial Intelligence for Engineering Design Analysis and Manufacturing	0890-0604
Acm Transactions on Information and System Security	1094-9224	Ai Magazine	0738-4602
Acm Transactions on Information Systems	1046-8188	Algorithmica	0178-4617
Acm Transactions on Internet Technology	1533-5399	Analog Integrated Circuits and Signal Processing	0925-1030
Acm Transactions on Mathematical Software	0098-3500	Annales Des Telecommunications-Annals of Telecommunications	0003-4347
Acm Transactions on Modeling and Computer Simulation	1049-3301	Annals of MathemaTIC and Artificial Intelligence	1012-2443
Acm Transactions on Multimedia Computing Communications and Applications	1551-6857	Annual Review of Information Science and Technology	0066-4200
Acm Transactions on Programming Languages and Systems	0164-0925	Applicable Algebra in Engineering Communication and Computing	0938-1279
Acm Transactions on Sensor Networks	1550-4859	Applied Artificial Intelligence	0883-9514
		Applied Intelligence	0924-669X
		Applied Soft Computing	1568-4946
		Archives of Computational Methods in Engineering	1134-3060
		Artificial Intelligence	0004-3702
		Artificial Intelligence in Medicine	0933-3657
		Artificial Intelligence Review	0269-2821

Título	ISSN	Título	ISSN
Artificial Life	1064-5462	Computational Statistic & Data Analysis	0167-9473
Aslib Proceedings	0001-253X	Computer	0018-9162
Automated Software Engineering	0928-8910	Computer Aided Geometric Design	0167-8396
Automatica	0005-1098	Computer Animation and Virtual Worlds	1546-4261
Autonomous Agents and Multi-Agent Systems	1387-2532	Computer Applications in Engineering Education	1061-3773
Autonomous Robots	0929-5593	Computer Communication Review	0146-4833
Behaviour & Information Technology	0144-929X	Computer Communications	0140-3664
Bell Labs Technical Journal	1089-7089	Computer Graphics Forum	0167-7055
Biological Cybernetics	0340-1200	Computer Graphics World	0271-4159
Biomedical Engineering-Applications Basis Communications	1016-2372	Computer Journal	0010-4620
Bit	0006-3835	Computer Languages Systems & Structures	1477-8424
Business & Information Systems Engineering	1867-0202	Computer Methods and Programs in Biomedicine	0169-2607
Canadian Journal of Electrical and Computer Engineering-Revue Canadienne De Genie Electrique Et Informatique	0840-8688	Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering	1025-5842
Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems	0169-7439	Computer Music Journal	0148-9267
Cin-Computers InformaTIC Nursing	1538-2931	Computer Networks	1389-1286
Circuits Systems and Signal Processing	0278-081X	Computer Physics Communications	0010-4655
Cluster Computing-the Journal of Networks Software Tools and Applications	1386-7857	Computer Science and Information Systems	1820-0214
Cognitive Systems Research	1389-0417	Computer Speech and Language	0885-2308
Combinatorics Probability & Computing	0963-5483	Computer Standards & Interfaces	0920-5489
Communications of the Acm	0001-0782	Computer Supported Cooperative Work-the Journal of Collaborative Computing	0925-9724
Compel-the International Journal for Computation and MathemaTIC in Electrical and Electronic Engineering	0332-1649	Computer Systems Science and Engineering	0267-6192
Computational and Mathematical Organization Theory	1381-298X	Computer Vision and Image Understanding	1077-3142
Computational Biology and Chemistry	1476-9271	Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering	1093-9687
Computational Complexity	1016-3328	Computer-Aided Design	0010-4485
Computational Geosciences	1420-0597	Computers & Chemical Engineering	0098-1354
Computational Intelligence	0824-7935	Computers & Education	0360-1315
Computational Linguistics	0891-2017	Computers & Electrical Engineering	0045-7906
		Computers & Fluids	0045-7930
		Computers & Geosciences	0098-3004

Título	ISSN	Título	ISSN
Computers & Graphics-Uk	0097-8493	Displays	0141-9382
Computers & Industrial Engineering	0360-8352	Distributed and Parallel Databases	0926-8782
Computers & MathemaTIC with Applications	0898-1221	Distributed Computing	0178-2770
Computers & Operations Research	0305-0548	Dr Dobbs Journal	1044-789X
Computers & Security	0167-4048	Earth Science InformaTIC	1865-0473
Computers & Structures	0045-7949	Electric Power Components and Systems	1532-5008
Computers and Concrete	1598-8198	Electric Power Systems Research	0378-7796
Computers and Electronics in Agriculture	0168-1699	Electrical Engineering	0948-7921
Computers and Geotechnics	0266-352X	Electronic Commerce Research and Applications	1567-4223
Computers in Biology and Medicine	0010-4825	Electronics Letters	0013-5194
Computers in Industry	0166-3615	Empirical Software Engineering	1382-3256
Computing	0010-485X	Engineering Applications of Artificial Intelligence	0952-1976
Computing and InformaTIC	0232-0274	Engineering Computations	0264-4401
Computing and InformaTIC	1335-9150	Engineering Intelligent Systems	0969-1170
Computing in Science & Engineering	1521-9615	for Electrical Engineering and Communications	
Concurrency and Computation-Practice & Experience	1532-0626	Engineering Intelligent Systems for Electrical Engineering and Communications	1472-8915
Concurrent Engineering-Research and Applications	1063-293X	Engineering with Computers	0177-0667
Connection Science	0954-0091	Enterprise Information Systems	1751-7575
Constraints	1383-7133	Environmental Modelling & Software	1364-8152
Control and CyberneTIC	0324-8569	Eurasip Journal on Advances in Signal Processing	1687-6172
Control Engineering Practice	0967-0661	Eurasip Journal on Applied Signal Processing	1110-8657
Cryptologia	0161-1194	Eurasip Journal on Wireless Communications and Networking	1687-1472
Current Computer-Aided Drug Design	1573-4099	Eurasip Journal on Wireless Communications and Networking	1687-1499
CyberneTIC and Systems	0196-9722	European Journal of Information Systems	0960-085X
Data & Knowledge Engineering	0169-023X	European Transactions on Telecommunications	1120-3862
Data Mining and Knowledge Discovery	1384-5810	European Transactions on Telecommunications	1124-318X
Decision Support Systems	0167-9236	Evolutionary Computation	1063-6560
Design Automation for Embedded Systems	0929-5585	Expert Systems	0266-4720
Designs Codes and Cryptography	0925-1022	Expert Systems with Applications	0957-4174
Digital Investigation	1742-2876	Formal Aspects of Computing	0934-5043
Digital Signal Processing	1051-2004	Formal Methods in System Design	0925-9856
Discrete & Computational Geometry	0179-5376		
Discrete MathemaTIC and Theoretical Computer Science	1365-8050		

Título	ISSN	Título	ISSN
Foundations of Computational MathemaTIC	1615-3375	Ieee Software	0740-7459
Fundamenta Informaticae	0169-2968	Ieee Systems Journal	1932-8184
Future Generation Computer Systems-the International Journal of Grid Computing and Escience	0167-739X	Ieee Transactions on Applied Superconductivity	1051-8223
Fuzzy Optimization and Decision Making	1568-4539	Ieee Transactions on Automatic Control	0018-9286
Fuzzy Sets and Systems	0165-0114	Ieee Transactions on Circuits and Systems for Video Technology	1051-8215
Genetic Programming and Evolvable Machines	1389-2576	Ieee Transactions on Circuits and Systems I-Fundamental Theory and Applications	1057-7122
Geoinformatica	1384-6175	Ieee Transactions on Circuits and Systems I-Regular Papers	1057-7122
Graphical Models	1524-0703	Ieee Transactions on Circuits and Systems I-Regular Papers	1549-8328
Human-Computer Interaction	0737-0024	Ieee Transactions on Circuits and Systems Ii-Express Briefs	1057-7130
Ibm Journal of Research and Development	0018-8646	Ieee Transactions on Circuits and Systems Ii-Express Briefs	1549-7747
Ibm Systems Journal	0018-8670	Ieee Transactions on Communications	0090-6778
Icga Journal	1389-6911	Ieee Transactions on Computer-Aided Design of Integrated Circuits and Systems	0278-0070
Ieee Proceedings-Circuits Devices and Systems	1350-2409	Ieee Transactions on Computers	0018-9340
Ieee Proceedings-Communications	1350-2425	Ieee Transactions on Control Systems Technology	1063-6536
Ieee Proceedings-Control Theory and Applications	1350-2379	Ieee Transactions on Dependable and Secure Computing	1545-5971
Ieee Proceedings-Vision Image and Signal Processing	1350-245X	Ieee Transactions on Electromagnetic Compatibility	0018-9375
Ieee Annals of the History of Computing	1058-6180	Ieee Transactions on Electron Devices	0018-9383
Ieee Communications Letters	1089-7798	Ieee Transactions on Evolutionary Computation	1089-778X
Ieee Communications Magazine	0163-6804	Ieee Transactions on Fuzzy Systems	1063-6706
Ieee Communications Surveys and Tutorials	1553-877X	Ieee Transactions on Image Processing	1057-7149
Ieee Computational Intelligence Magazine	1556-603X	Ieee Transactions on Industrial Electronics	0278-0046
Ieee Computer Graphics and Applications	0272-1716	Ieee Transactions on Industrial InformaTIC	1551-3203
Ieee Design & Test of Computers	0740-7475	Ieee Transactions on Information Forensics and Security	1556-6013
Ieee Intelligent Systems	1094-7167	Ieee Transactions on Information Technology in Biomedicine	1089-7771
Ieee Intelligent Systems	1541-1672		
Ieee Internet Computing	1089-7801		
Ieee Journal of Solid-State Circuits	0018-9200		
Ieee Micro	0272-1732		
Ieee Multimedia	1070-986X		
Ieee Network	0890-8044		
Ieee Pervasive Computing	1536-1268		
Ieee Security & Privacy	1540-7993		
Ieee Sensors Journal	1530-437X		

Título	ISSN	Título	ISSN
IEEE Transactions on Information Theory	0018-9448	IEEE Transactions on Wireless Communications	1536-1276
IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement	0018-9456	IEEE Wireless Communications	1070-9916
IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems	1524-9050	IEEE Wireless Communications	1536-1284
IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering	1041-4347	IEEE-Acm Transactions on Computational Biology and BioinformaTIC	1545-5963
IEEE Transactions on Medical Imaging	0278-0062	IEEE-Acm Transactions on Computational Biology and BioinformaTICs	1545-5963
IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques	0018-9480	IEEE-Acm Transactions on Networking	1063-6692
IEEE Transactions on Mobile Computing	1536-1233	IEEE Electronics Express	1349-2543
IEEE Transactions on Multimedia	1520-9210	IEEE Transactions	0916-8516
IEEE Transactions on Neural Networks	1045-9227	IEEE Transactions on Communications	0916-8508
IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems	1045-9219	IEEE Transactions on Fundamentals of Electronics Communications and Computer Sciences	0916-8508
IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence	0162-8828	IEEE Transactions on Information and Systems	0916-8532
IEEE Transactions on Power Electronics	0885-8993	IEEE Transactions on Computer Vision	1751-9632
IEEE Transactions on Reliability	0018-9529	IEEE Transactions on Computers and Digital Techniques	1751-8601
IEEE Transactions on Reliability	0361-1434	IEEE Control Theory and Applications	1751-8644
IEEE Transactions on RoboTIC and Automation	1042-296X	IEEE Information Security	1751-8709
IEEE Transactions on Signal Processing	1053-587X	IEEE Software	1751-8806
IEEE Transactions on Software Engineering	0098-5589	IEEE Image and Vision Computing	0262-8856
IEEE Transactions on Speech and Audio Processing	1063-6676	IEEE Industrial Management & Data Systems	0263-5577
IEEE Transactions on Systems Man and Cybernetics Part A-Systems and Humans	1083-4427	IEEE Infor	0315-5986
IEEE Transactions on Systems Man and Cybernetics Part B-Cybernetics	1083-4419	IEEE Informatica	0868-4952
IEEE Transactions on Systems Man and Cybernetics Part C-Applications and Reviews	1094-6977	IEEE Information & Management	0378-7206
IEEE Transactions on Very Large Scale Integration (VLSI) Systems	1063-8210	IEEE Information and Computation	0890-5401
IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics	1077-2626	IEEE Information and Software Technology	0950-5849
		IEEE Information Fusion	1566-2535
		IEEE Information Processing & Management	0306-4573
		IEEE Information Processing Letters	0020-0190
		IEEE Information Retrieval	1386-4564
		IEEE Information Sciences	0020-0255
		IEEE Information Systems	0306-4379
		IEEE Information Systems Frontiers	1387-3326
		IEEE Information Systems Management	1058-0530

Título	ISSN	Título	ISSN
Information Technology and Control	1392-124X	International Journal of Foundations of Computer Science	0129-0541
Information Technology and Libraries	0730-9295	International Journal of Fuzzy Systems	1562-2479
Information Visualization	1473-8716	International Journal of General Systems	0308-1079
Inforn Journal on Computing	1091-9856	International Journal of Geographical Information Science	1365-8816
Integrated Computer-Aided Engineering	1069-2509	International Journal of High Performance Computing Applications	1094-3420
Integration-the Vlsi Journal	0167-9260	International Journal of Human-Computer Interaction	1044-7318
Intelligent Automation and Soft Computing	1079-8587	International Journal of Human-Computer Studies	1071-5819
Intelligent Data Analysis	1088-467X	International Journal of Imaging Systems and Technology	0899-9457
Interacting with Computers	0953-5438	International Journal of Information Security	1615-5262
International Arab Journal of Information Technology	1683-3198	International Journal of Information Technology & Decision Making	0219-6220
International Journal for Numerical Methods in Fluids	0271-2091	International Journal of Innovative Computing Information and Control	1349-4198
International Journal of Ad Hoc and Ubiquitous Computing	1743-8225	International Journal of Intelligent Systems	0884-8173
International Journal of Adaptive Control and Signal Processing	0890-6327	International Journal of Medical InformaTIC	1386-5056
International Journal of Applied MathemaTIC and Computer Science	1641-876X	International Journal of Modern Physics C	0129-1831
International Journal of Approximate Reasoning	0888-613X	International Journal of Network Management	1055-7148
International Journal of Communication Systems	1074-5351	International Journal of Neural Systems	0129-0657
International Journal of Computational Geometry & Applications	0218-1959	International Journal of Numerical Modelling-Electronic Networks Devices and Fields	0894-3370
International Journal of Computational Intelligence Systems	1875-6883	International Journal of Parallel Programming	0885-7458
International Journal of Computer Integrated Manufacturing	0166-5162	International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence	0218-0014
International Journal of Computer Integrated Manufacturing	0951-192X	International Journal of Quantum Information	0219-7499
International Journal of Computer Vision	0920-5691		
International Journal of Computers Communications & Control	1841-9836		
International Journal of Cooperative Information Systems	0218-8430		
International Journal of Distributed Sensor Networks	1550-1329		
International Journal of Electronic Commerce	1086-4415		

Título	ISSN	Título	ISSN
International Journal of Rf and Microwave Computer-Aided Engineering	1096-4290	Journal of Combinatorial Optimization	1382-6905
International Journal of Robust and Nonlinear Control	1049-8923	Journal of Communications and Networks	1229-2370
International Journal of Satellite Communications and Networking	1542-0973	Journal of Complexity	0885-064X
International Journal of Software Engineering and Knowledge Engineering	0218-1940	Journal of Computational Analysis and Applications	1521-1398
International Journal of Systems Science	0020-7721	Journal of Computational Biology	1066-5277
International Journal of Uncertainty Fuzziness and Knowledge-Based Systems	0218-4885	Journal of Computational Physics	0021-9991
International Journal of Unconventional Computing	1548-7199	Journal of Computer and System Sciences	0022-0000
International Journal of Wavelets Multiresolution and Information Processing	0219-6913	Journal of Computer and Systems Sciences International	1064-2307
International Journal of Web and Grid Services	1741-1106	Journal of Computer Information Systems	0887-4417
International Journal of Web Services Research	1545-7362	Journal of Computer Science and Technology	1000-9000
International Journal on Artificial Intelligence Tools	0218-2130	Journal of Computer-Aided Molecular Design	0920-654X
International Journal on Document Analysis and Recognition	1433-2833	Journal of Computing and Information Science in Engineering	1530-9827
International Journal on Semantic Web and Information Systems	1552-6283	Journal of Computing in Civil Engineering	0887-3801
Internet Research	1066-2243	Journal of Cryptology	0933-2790
Journal of Algorithms	0196-6774	Journal of Database Management	1063-8016
Journal of Algorithms-Cognition InformaTIC and Logic	0196-6774	Journal of Electronic Imaging	1017-9909
Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments	1876-1364	Journal of Electronic Testing-Theory and Applications	0923-8174
Journal of Artificial Intelligence Research	1076-9757	Journal of Experimental & Theoretical Artificial Intelligence	0952-813X
Journal of Automated Reasoning	0168-7433	Journal of Functional Programming	0956-7968
Journal of Biomedical InformaTIC	1532-0464	Journal of Grid Computing	1570-7873
Journal of Cellular Automata	1557-5969	Journal of HeurisTIC	1381-1231
Journal of Chemical Information and Modeling	1549-9596	Journal of HydroinformaTIC	1464-7141
Journal of Circumetrics	0886-9383	Journal of Information Science	0165-5515
Journal of Circuits Systems and Computers	0218-1266	Journal of Information Science and Engineering	1016-2364
		Journal of Information Technology	0268-3962
		Journal of Intelligent & Fuzzy Systems	1064-1246
		Journal of Intelligent & Robotic Systems	0921-0296
		Journal of Intelligent Information Systems	0925-9902
		Journal of Intelligent Manufacturing	0956-5515
		Journal of Internet Technology	1607-9264

Título	ISSN	Título	ISSN
Journal of Lightwave Technology	0733-8724	Journal of Systems and Software	0164-1212
Journal of Logic and Algebraic Programming	1567-8326	Journal of Systems Architecture	1383-7621
Journal of Logic and Computation	0955-792X	Journal of the AcM	0004-5411
Journal of Machine Learning Research	1532-4435	Journal of the American Medical InformaTIC Association	1067-5027
Journal of Management Information Systems	0742-1222	Journal of the American Society for Information Science and Technology	1532-2882
Journal of Mathematical Imaging and Vision	0924-9907	Journal of the Association for Information Systems	1536-9323
Journal of Molecular Graphics & Modelling	1093-3263	Journal of the Franklin Institute-Engineering and Applied MathemaTIC	0016-0032
Journal of Molecular Modeling	0948-5023	Journal of Universal Computer Science	NULL
Journal of Multiple-Valued Logic and Soft Computing	1610-2940	Journal of Universal Computer Science	0948-695X
Journal of Network and Computer Applications	1542-3980	Journal of Visual Communication and Image Representation	1047-3203
Journal of Network and Systems Management	1084-8045	Journal of Visual Languages and Computing	1045-926X
Journal of New Music Research	1064-7570	Journal of Web Engineering	1540-9589
Journal of Optical Communications and Networking	0929-8215	Journal of Web SemanTIC	1570-8268
Journal of Optical Networking	1943-0620	Knowledge and Information Systems	0219-1377
Journal of Organizational Computing and Electronic Commerce	1536-5379	Knowledge Engineering Review	0269-8889
Journal of Parallel and Distributed Computing	1091-9392	Knowledge-Based Systems	0950-7051
Journal of Real-Time Image Processing	0743-7315	Ksii Transactions on Internet and Information Systems	1976-7277
Journal of Research and Practice in Information Technology	1861-8200	Kybernetes	0368-492X
Journal of Signal Processing Systems for Signal Image and Video Technology	1443-458X	Kybernetika	0023-5954
Journal of Software Maintenance and Evolution-Research and Practice	1939-8018	Language Resources and Evaluation	1574-020X
Journal of Statistical Computation and Simulation	0920-8542	Logical Methods in Computer Science	1860-5974
Journal of Statistical Software	0747-7171	Machine Learning	0885-6125
Journal of Strategic Information Systems	0963-8687	Machine Vision and Applications	0932-8092
Journal of Supercomputing	0920-8542	Malaysian Journal of Computer Science	0127-9084
Journal of Symbolic Computation	0747-7171	Match-Communications in Mathematical and in Computer Chemistry	0340-6253
		Mathematical and Computer Modelling	0895-7177
		Mathematical and Computer Modelling of Dynamical Systems	1387-3954

Título	ISSN	Título	ISSN
Mathematical Programming	0025-5610	Optical Fiber Technology	1068-5200
Mathematical Structures in Computer Science	0960-1295	Optical Switching and Networking	1573-4277
MathemaTIC and Computers in Simulation	0378-4754	Optimization Methods & Software	1055-6788
MathemaTIC of Control Signals and Systems	0932-4194	Parallel Computing	0167-8191
Mechatronics	0957-4158	Pattern Analysis and Applications	1433-7541
Medical & Biological Engineering & Computing	0140-0118	Pattern Recognition	0031-3203
Medical Image Analysis	1361-8415	Pattern Recognition	0302-9743
Methods of Information in Medicine	0026-1270	Pattern Recognition Letters	0167-8655
Microelectronic Engineering	0167-9317	Peer-to-Peer Networking and Applications	1936-6442
Microelectronics Journal	0026-2692	Performance Evaluation	0166-5316
Microelectronics Reliability	0026-2714	Personal and Ubiquitous Computing	1617-4909
Microprocessors and Microsystems	0141-9331	Photonic Network Communications	1387-974X
Minds and Machines	0924-6495	Presence-Teleoperators and Virtual Environments	1054-7460
Mis Quarterly	0276-7783	Problems of Information Transmission	0032-9460
Mobile Information Systems	1574-017X	Proceedings of the IEEE	0018-9219
Mobile Networks & Applications	1383-469X	Program-Electronic Library and Information Systems	0033-0337
Modeling Identification and Control	0332-7353	Programming and Computer Software	0361-7688
Multidimensional Systems and Signal Processing	0923-6082	Qsar & Combinatorial Science	1611-020X
Multimedia Systems	0942-4962	Quantum Information & Computation	1533-7146
Multimedia Tools and Applications	1380-7501	Queueing Systems	0257-0130
Network-Computation in Neural Systems	0954-898X	Rairo-Theoretical InformaTIC and Applications	0988-3754
Networks	0028-3045	Rairo-Theoretical InformaTIC and Applications	1290-385X
Neural Computation	0899-7667	Random Structures & Algorithms	1042-9832
Neural Computing & Applications	0941-0643	Real-Time Systems	0922-6443
Neural Network World	1210-0552	Requirements Engineering	0947-3602
Neural Networks	0893-6080	RoboTIC and Autonomous Systems	0921-8890
Neural Processing Letters	1370-4621	RoboTIC and Computer-Integrated Manufacturing	0736-5845
Neurocomputing	0925-2312	Romanian Journal of Information Science and Technology	1453-8245
NeuroinformaTIC	1539-2791	Sar and Qsar in Environmental Research	1062-936X
New Generation Computing	0288-3635	Science China-Information Sciences	1674-733X
New Review of Hypermedia and Multimedia	1361-4568		
Online Information Review	1468-4527		
Open Systems & Information Dynamics	1230-1612		
Optical and Quantum Electronics	0306-8919		

Título	ISSN	Título	ISSN
Science in China Series F-Information Sciences	1009-2757	Software-Practice & Experience	0038-0644
Science of Computer Programming	0167-6423	Solid-State Electronics	0038-1101
Scientific Programming	1058-9244	Speech Communication	0167-6393
Scientometrics	0138-9130	StatisTIC and Computing	0960-3174
Security and Communication Networks	1939-0114	Structural and Multidisciplinary Optimization	1615-147X
Sensors and Actuators a-Physical	0924-4247	Telecommunication Systems	1018-4864
Siam Journal on Computing	0097-5397	Theoretical Computer Science	0304-3975
Siam Journal on Imaging Sciences	1936-4954	Theory and Practice of Logic Programming	1471-0684
Sigmod Record	0163-5808	Theory of Computing Systems	1432-4350
Signal Processing	0165-1684	Traitement Du Signal	0765-0019
Simulation Modelling Practice and Theory	1569-190X	Turkish Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences	1300-0632
Simulation-Transactions of the Society for Modeling and Simulation International	0037-5497	User Modeling and User-Adapted Interaction	0924-1868
Social Science Computer Review	0894-4393	Visual Computer	0178-2789
Soft Computing	1432-7643	Vldb Journal	1066-8888
Software and Systems Modeling	1619-1366	Wireless Communications & Mobile Computing	1530-8669
Software Quality Journal	0963-9314	Wireless Networks	1022-0038
Software Testing Verification & Reliability	0960-0833		

ESPACIOS PRIORITARIOS EN I+D: ENERGÍA

La energía solar de concentración como ejemplo de transferencia exitosa de conocimiento: el caso de la Plataforma Solar de Almería (PSA)

Julián Blanco Gálvez*

Algunas de las más relevantes empresas de ingeniería españolas han tenido y están teniendo un papel altamente relevante en el desarrollo global de la energía solar de concentración (CSP), con una participación directa del 76% en los 4,016MW de CSP en operación comercial en el mundo y del 42% en los 1,748MW adicionales en construcción a finales de 2014. Una de las razones, entre otras, de este éxito ha sido la existencia de un centro de investigación de referencia internacional como la Plataforma Solar de Almería (PSA) que, gracias a un exitoso proceso de transferencia de conocimiento, ha posibilitado el liderazgo tecnológico de una serie de empresas que hoy en día son la referencia internacional en las distintas tecnologías termosolares. El presente artículo analiza este proceso y revisa la situación de costes y contexto de la tecnología a final de 2014.

Palabras clave

Energía termosolar; energía solar de concentración; Plataforma Solar de Almería; captadores cilindroparabólicos; captadores lineales de Fresnel; sistemas de receptor central; almacenamiento térmico; coste electricidad termosolar

* Plataforma Solar de Almería. Director Adjunto. Correo electrónico de contacto: julian.blanco@psa.es.

1. Introducción

Toda actividad económica está necesariamente basada en el conocimiento y no hay empresa que tenga algún grado de relevancia o liderazgo mundial que no base dicha relevancia en una investigación también de primera línea. Lo uno, hoy en día, es imposible sin lo otro. Siguiendo con el razonamiento, no es posible para una sociedad tener una investigación de primera línea que apoye sus empresas y posibilite su desarrollo sin una educación de calidad, que necesariamente debe de estar fuertemente conectada con la investigación y la transferencia de conocimiento. Una buena prueba de esto es el hecho de que, a lo largo de toda la historia de la humanidad sólo han existido tres potencias claramente hegemónicas a nivel global. La primera fue España, durante los siglos XVI y XVII, cuyo dominio global estaba basado únicamente en la superioridad de sus ejércitos. La segunda potencia mundial fue la británica, que basó su dominio no ya sólo en su superioridad militar sino también en la económica. En este sentido, las empresas inglesas constituyeron las primeras multinacionales globales del planeta y la conjunción del poder económico y militar se demostró imbatible durante casi otros dos siglos (XVIII y XIX). En realidad su interés primordial era el económico, que era el que garantizaba el militar. La tercera potencia global de la historia es ahora Estados Unidos y su superioridad se basa no ya sólo en su poderío militar y económico, sino sobre todo en el científico y tecnológico. Este último y tercer pilar es el que realmente garantiza la supremacía tanto económica como militar y, además, es el que hoy en día determina la posición de cada país en el ranking mundial de relevancia y peso relativo dentro del contexto mundial. Es importante resaltar además que el concepto de “investigación”, entendido éste como la dedicación de recursos económicos a la obtención de un nuevo conocimiento, no tiene sentido si no está asociado al de “innovación”, que consiste en la transferencia de dicho nuevo conocimiento al sector productivo para que éste pueda generar nueva riqueza y se pueda alimentar de nuevo el proceso. El presente trabajo trata de describir el aporte realizado por la Plataforma Solar de Almería (PSA) al desarrollo de la tecnología de concentración solar, conocida tradicionalmente con las siglas CSP (*Concentrating Solar Power*, por sus iniciales en inglés) y, más recientemente, como CST (*Concentrating Solar Thermal Energy*) para establecer una clara diferenciación con los sistemas fotovoltaicos de concentración y para no reducir su aplicación únicamente a la producción de electricidad.

2. Tecnologías de Concentración Solar

Aunque la radiación solar es una energía de alta calidad debido a la alta temperatura y exergía que posee en su origen, su baja densidad en la superficie de la Tierra hace difícil el poder convertirla en trabajo o el conseguir unas temperaturas adecuadas en fluidos comunes de trabajo en ciclos termodinámicos. Estos inconvenientes pueden ser solventados mediante el uso de tecnologías de concentración solar, que son las siguientes:

2.1. Captadores cilindroparabólicos

Están basados en espejos parabólicos que reflejan y concentran la radiación solar directa en un tubo receptor situado en la línea focal de la parábola conformada en el captador. La es-

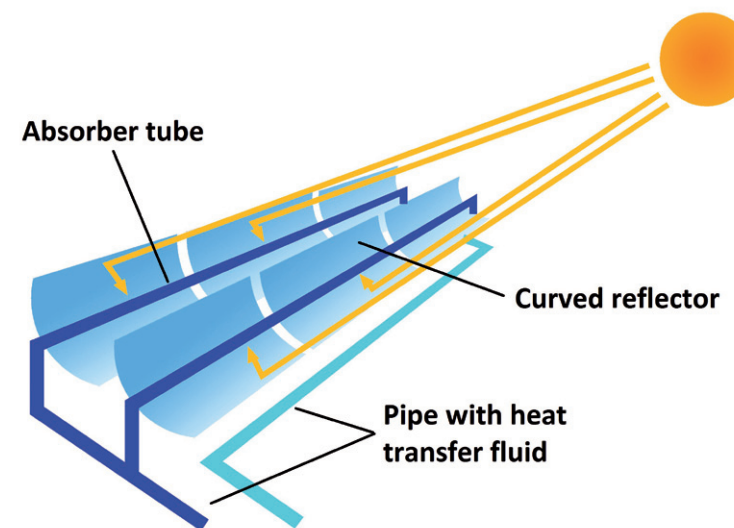


Figura 1. Captador cilindro-parabólico

tructura está dotada de una motorización hidráulica o eléctrica que permite el seguimiento preciso, en un eje, del sol a lo largo del día. Esta energía solar concentrada puede ser usada para calentar un fluido térmico (aceite, agua) hasta temperaturas (400° C) que permitan su aplicación a la producción de electricidad. En la actualidad, y debido a la amplia experiencia comercial existente desde los años 80 del siglo pasado, esta tecnología es la más utilizada en plantas de concentración termosolares (Fernández García *et al.*, 2010).

Los captadores, cuyas unidades individuales de referencia tienen alrededor de 6m de apertura por unos 150 m de longitud, se encuentran conectados en serie formando filas normalmente constituidas por cuatro captadores (Fernández García *et al.*, 2010). Estas filas, a su vez, se replican instalando en paralelo el número necesario para llegar al Múltiplo Solar definido para la planta en cuestión, el cual suele ser una función de la potencia nominal de diseño, el potencial solar disponible en la ubicación y el tamaño del almacenamiento térmico (en caso de estar este incluido en el diseño).

La introducción de sistemas eficientes de almacenamiento térmico mediante sales fundidas permite incrementar notablemente la operación de las plantas más allá de la puesta del sol, lo que permite garantizar el suministro al igual que una central de base, ajustándose mucho mejor a la evolución de la demanda (Helman y Jacobowitz, 2014).

2.2. Sistemas de Receptor Central

Los sistemas concentradores de receptor central (también comúnmente denominados “de torre”) se basan en espejos con sistema de seguimiento solar en dos ejes (heliostatos) que reflejan

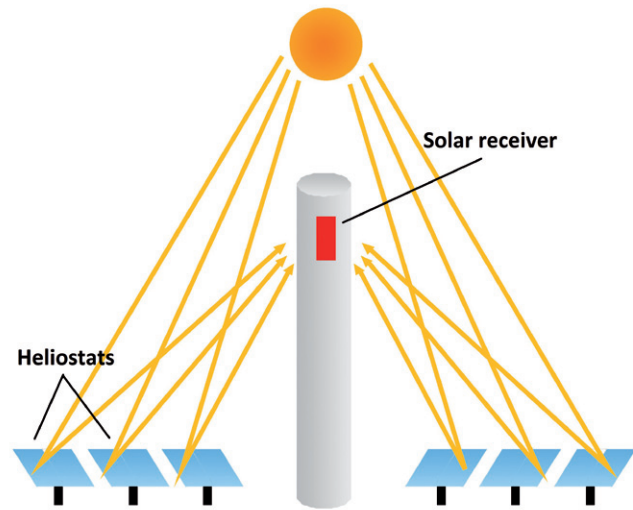


Figura 2. Esquema de sistemas concentradores basados en torre y receptor central

y concentran la energía solar en un intercambiador de calor radiativo/convectivo, que constituye el receptor solar. Dicho receptor se encuentra ubicado en la cima de una torre situada normalmente en el centro del campo de heliostatos y en el que la energía solar concentrada es absorbida por un fluido (aire, agua o sales fundidas) y convertida en vapor que es expandido en una turbina convencional para la producción de energía.

Debido a su mayor potencial para conseguir temperaturas más elevadas que otras tecnologías, tanto solares como convencionales, los sistemas de torre o receptor central han supuesto desde el principio (años 70 y 80 del siglo pasado) los mayores esfuerzos en la investigación y desarrollo tecnológico. En estos sistemas, el flujo de radiación en el foco suele estar entre 300 y 1000 kW/m², lo que supone poder alcanzar temperaturas del orden de 1000° C o superiores, permitiendo su aplicación potencial en ciclos combinados de alta eficiencia (supercríticos) (Iverson et al., 2013; pp. 957-970) o procesos termoquímicos de alta temperatura (Steinfeld, 2005; pp. 603-6015) Además, pueden añadirse también sistemas de almacenamiento térmico consiguiéndose fracciones solares muy elevadas (Kuravi et al., 2013; pp. 285-319).

2.3. Captadores Lineales de Fresnel

El sistema lineal de Fresnel, al igual que el captador cilindro-parabólico, posee un foco lineal que, sin embargo y al contrario que este último, es estático siendo únicamente los espejos (planos o curvados ligeramente según su tamaño) los que realizan el seguimiento solar. Su configuración permite minimizar la distancia tanto entre los espejos como entre captadores entre sí optimizando el uso del suelo.

Otras ventajas de esta tecnología son la simplicidad de su estructura dado que, además, prácticamente no existen cargas de viento en comparación con los captadores cilindro-parabólicos

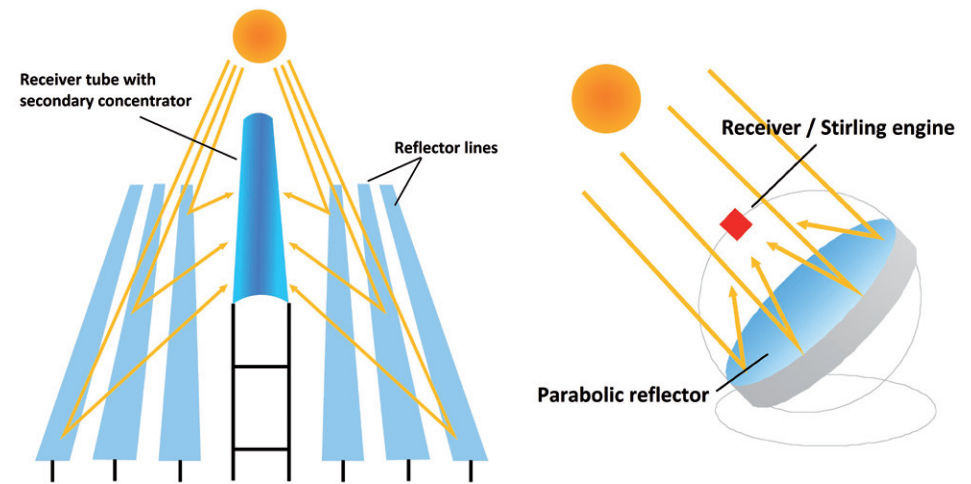


Figura 3 (izquierda). Esquema de captador lineal de Fresnel.

Figura 4 (derecha). Disco Parabólico con motor Stirling

y unos requerimientos ópticos inferiores, debido al uso de un concentrador secundario en el absorbedor. Todo esto conlleva una menor necesidad de material y un coste por metro cuadrado de captador inferior (Cau y Cocco, 2014; pp. 101-110). Sin embargo, su desarrollo comercial ha sido limitado hasta la fecha debido a una significativa menor eficiencia, siempre comparado con el captador cilindro-parabólico (Morin et al., 2012; pp. 1-12) Al ser estático el absorbedor, su rendimiento sólo se acerca a los valores nominales en las horas centrales del día, penalizando mucho la captación (debido al factor coseno) fuera de dichas horas. Otro inconveniente es que, al estar basados la mayoría de sistemas en generación directa de vapor, un almacenamiento térmico factible aún no ha sido desarrollado (Jürgen et al., 2010).

2.4. Discos Parabólicos

Consisten en un concentrador solar que geoméricamente es un paraboloide de revolución, obteniendo un foco puntual cuando su eje coincide con el vector solar, y constructivamente puede estar formado por una membrana reflectante tensionada o por una superficie reflectante adherida a un substrato rígido. En el foco se ubica el receptor, siendo la producción directa de electricidad su principal aplicación actual mediante la utilización de un motor Stirling acoplado a un alternador.

El seguimiento solar es en dos ejes, pudiendo alcanzar temperaturas de hasta 1.500° C con factores de concentración de entre 600 y 2000 soles, lo que permite a esta tecnología abordar también aplicaciones termoquímicas de alta temperatura. Sin embargo, y a pesar de las ventajas de alta eficiencia demostrada (con conversión solar/eléctrica pico mayor del 30%) (Reinalter et al., 2008), modularidad y fuertes expectativas iniciales, el desarrollo de esta tecnología se ha visto fuertemente afectado por el notable avance que ha tenido la energía solar fotovoltaica (con quien compite directamente) en estos últimos años como consecuencia de la continua caída de sus costes.

3. La Plataforma Solar de Almería

La Plataforma Solar de Almería (PSA) es un centro público de investigación ubicado en la localidad de Tabernas (Almería, sudeste de la península Ibérica) que pertenece al CIEMAT (Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas), organismo de referencia español en temas de energía y medioambiente. La PSA es, y siempre ha sido desde su concepción, el centro de referencia por excelencia en relación con las tecnologías de concentración solar. Su germen inicial fue el proyecto SSPS (*Small Solar Power Systems*) lanzado por la Agencia Internacional de la Energía (AIE) en la segunda mitad de la década de los 70 y exitosamente atraído hacia España por las autoridades de la época. Dicho proyecto SSPS fue una de las respuestas de la AIE a la crisis energética de 1973 y pretendía determinar el potencial de las tecnologías termosolares (sin apenas precedente alguno en aquel momento) para la producción de electricidad. La inauguración formal de las instalaciones tuvo lugar en 1981 con el hito histórico de ser la primera vez que se inyectaba en la red electricidad termosolar. El proyecto internacional SSPS duró hasta 1985, año en el que las instalaciones se unieron a las adyacentes del proyecto nacional CESA-1 creando la actual PSA (Ruiz Hernández, 2010). Como continuación del proyecto SSPS se decidió lanzar un nuevo proyecto que se denominó SolarPACES (*Solar Power and Chemical Energy Systems*), que continúa vigente en la actualidad y posiblemente con mayor vigor que en cualquiera de las múltiples etapas que ha tenido en los 30 años transcurridos.

Durante sus más de 35 años actuales de existencia, la PSA, a pesar del escaso interés que en momentos determinados han tenido estas tecnologías (es notable resaltar aquí las dificultades que supuso la “travesía del desierto” entre los años 1986 y 1995), no ha dejado de promover y ejecutar iniciativas y proyectos para profundizar en el desarrollo y progresiva reducción de costes de las diferentes tecnologías antes descritas, manteniendo asimismo su elevada vocación de colaboración internacional con especial relevancia de los entornos Europeo, Mediterráneo e Iberoamericano. Especialmente notable fue también el periodo entre 1998 y 2006 en el que se llevó a cabo una intensa transferencia tecnológica hacia las principales ingenierías españolas (Abengoa, Sener, Iberinco, Acciona, etc.), que permitió que estuvieran en condiciones de abordar los primeros proyectos comerciales cuando estos comenzaban a ser ya económicamente viables, gracias a las primeras *feed-in tariffs* y otros mecanismos de apoyo que fueron implementados en algunos países del mundo.

El retorno, tanto económico como a nivel de conocimiento y de imagen (empresas individuales y país) que la actividad termosolar ha supuesto y está suponiendo es la mejor demostración de los beneficios del esfuerzo y persistencia en la investigación continuada, a pesar de las múltiples dificultades que siempre van a existir en un proceso que nunca puede tener retorno a corto plazo. En la actualidad, la PSA ostenta, con sus más de 20 grandes instalaciones experimentales y múltiples laboratorios, de una forma seguramente más clara y brillante que la que pudo tener en el pasado, el liderazgo y la referencia internacional en el campo de la investigación pública relacionada con las distintas tecnologías de concentración solar (PSA, 2104a).

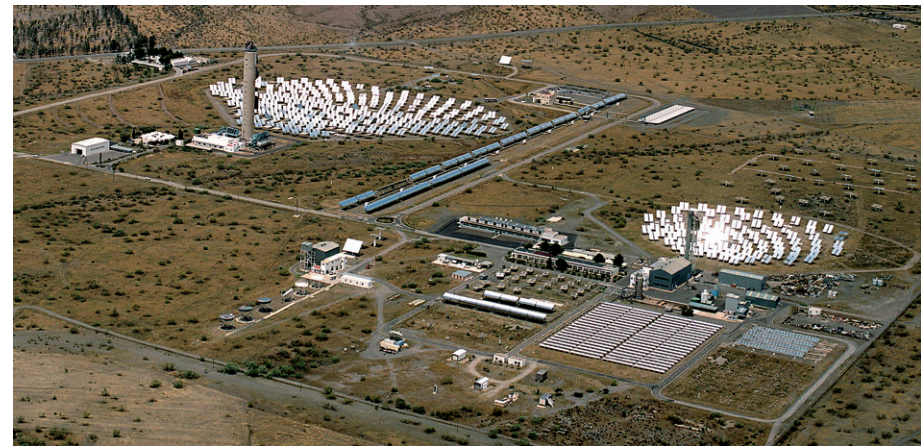


Figura 5. Vista general de la Plataforma Solar de Almería (PSA, 2014)

4. Desarrollo tecnológico en España

A finales de 2014 España cuenta con un total de 50 plantas termosolares en operación, lo que supone una potencia nominal instalada de 2,305MW. De esta potencia, el 96,5% corresponde a tecnología cilindroparabólica, el 2,2% a tecnología de torre central y el 1,3% a sistemas lineales de Fresnel (Protermosolar, 2014). Se debe remarcar que, del total de plantas con tecnología cilindroparabólica instaladas, el 40% incluye un sistema de almacenamiento térmico en sales fundidas. Aunque este concepto de almacenamiento térmico en sales fundidas fue desarrollado y comprobado experimentalmente a mediados de los 90 por el proyecto Solar Two (Barstow, CA, USA) (Pacheco et al., 2002), la primera implementación comercial tuvo lugar en España dentro del proyecto Andasol 1 (Aldeire, Granada, 2008), propiedad de la empresa ACS-Cobra (Relloso et al., 2008). La planta, con una potencia nominal neta de 50MW (máximo previsto por la regulación del momento), incluyó dos grandes tanques para el almacenamiento indirecto de la energía solar térmica transferida en primera instancia al aceite térmico convencional. Dichos tanques, de 36m de diámetro y 14m de altura, almacenan 28.500 toneladas de una mezcla casi-eutéctica de nitrato sódico (60%) y nitrato potásico (40%), encontrándose el interior de uno de ellos a 386°C (tanque caliente) y el otro a 292°C (tanque frío). Las sales fundidas (temperatura de fusión: 225-240°C) se van traspasando de un tanque a otro en función de que se esté cargando térmicamente (el exceso de energía solar obtenida por el campo de captadores se deriva al almacenamiento) o descargándose (cuando no hay radiación solar disponible y el bloque de potencia opera total o parcialmente apoyado por el almacenamiento). Esta tecnología de almacenamiento térmico permite disponer de suficiente energía térmica para operar el bloque de potencia a su nivel nominal durante 7,5 horas en ausencia total de radiación solar, garantizando por lo tanto la gestionabilidad (garantía de entrega a la red) de la energía eléctrica y convirtiendo una energía renovable basada en un recurso incontrolable (el sol) en un sistema de generación prácticamente de base y equiparable a la generación mediante combustibles fósiles (Relloso et al., 2008).

La primera planta termosolar que se inauguró en España fue PS10, en 2007, por la empresa Abengoa, compañía que desde entonces no ha dejado de intentar innovar en este campo hasta afianzarse hoy como uno de los líderes indiscutibles de la tecnología (Osuna et al., 2006). Abengoa cuenta en la actualidad, en todo el mundo, con más de 2000 MW termosolares entre sus plantas en operación (680MW en el sur de España, 380 de ellos instalados en Andalucía), y los que se encuentran en construcción o ya asignados. Abengoa es además la única empresa a nivel mundial con capacidad tecnológica propia y suficiente para promover cualquier tipo de tecnología termosolar: torre central, tanto de sales fundidas como de vapor saturado, captadores cilindroparabólicos con y sin almacenamiento, ISCC (*Integrated Solar Combined Cycle*), etc. Otro de los hitos históricos del desarrollo de la energía termosolar en España lo constituye la planta Gemasolar, propiedad mayoritaria de la empresa Sener. Gemasolar es una central de torre de 19,9 MW de potencia nominal con 16 horas de almacenamiento térmico en sales fundidas, siendo este fluido el mismo que es utilizado para la transferencia térmica en un receptor también de sales. La temperatura tanto de operación como de almacenamiento (un único tanque) es más alta (550° C), lo que permite una mayor eficiencia y simplicidad de operación. Esta planta ha sido la primera del mundo en operar de manera continuada durante el día y la noche gracias a su elevada capacidad de almacenamiento, que le permite poder ajustar su producción nocturna según la energía térmica disponible en dicho almacenamiento hasta la salida del sol al día siguiente, sin necesidad de interrupción alguna en el bloque de potencia (Burgaleta et al., 2011). Finalmente, debe ser destacado el importante desarrollo que, a pesar de las múltiples dificultades, han tenido y siguen teniendo las energías renovables en España. En 2013, la contribución de las renovables a la cobertura total de la demanda eléctrica fue del 42,4%, siendo además la energía eólica la primera productora neta de energía (21,1%) por delante, por primera vez en la historia, de la energía nuclear (21%) (Red Eléctrica de España, 2014).

5. Desarrollo de la tecnología en el mundo

Aunque el comienzo del desarrollo de la tecnología termosolar comercial tuvo lugar en 1984 con la inauguración de la primera planta SEGS (*Solar Energy Generating Systems*) en California, EE.UU. (cinco plantas cilindro parabólicas de 30 MW en Kramer Junction y cuatro adicionales en Dagget y Harper Lake, totalizando 354 MW de potencia nominal instalada), debieron de pasar 20 años hasta la inauguración de la siguiente planta (*Nevada Solar One*, cerca de Las Vegas, 64 MW) debido al escaso interés a finales de los 80 y 90 como resultado de la reducción de precios del petróleo tras la crisis de 1973. El resurgimiento del interés por estas tecnologías dentro del presente siglo ha venido de la mano no sólo del nuevo incremento progresivo del precio del petróleo, sino también del convencimiento internacional del agotamiento progresivo de los recursos fósiles en paralelo con las implicaciones medioambientales del uso de los mismos. Ello ha generado una corriente, cada vez más mayoritaria, en favor de las tecnologías renovables para la generación de electricidad.

A finales de 2014 se contabilizan a nivel mundial un total de 4016 MW instalados de las distintas tecnologías termosolares a nivel comercial y en operación (CSP Today, 2014), ci-

fra a la que se deben añadir 1748 MW adicionales en construcción. Además del desarrollo que ha tenido lugar en España, el segundo país en relevancia es Estados Unidos con 1606 MW instalados a finales de 2014 (CSP Today, 2014), en los que se incluyen los 354 MW de las plantas SEGS (que continúan hoy en día en operación) y plantas de referencia como Ivanpah (377 MW de tecnología de torre propiedad de la empresa Brightsource), Solana y Mohave (plantas de 280 MW cada una con tecnología cilindro parabólica y propiedad de Abengoa) y Crescent Dunes (110 MW con tecnología de torre propiedad de la empresa Solar Reserve), entre otras. Con este escenario, y si además se añaden otros 287 MW en construcción, Estados Unidos es actualmente el país indudablemente más activo en lo referente a tecnologías CSP. Otros países relevantes durante estos últimos años y con importantes programas para el desarrollo y la implementación de la tecnología son, entre otros, Sudáfrica, Marruecos, Arabia Saudita, India, Chile y China. Sudáfrica, aunque a finales de 2014 sólo contaba con 0,33 MW en funcionamiento, tiene 300 MW adicionales en construcción [20] con un objetivo nacional consolidado de llegar a los 1200 en 2020 como resultado, por un lado, de un creciente compromiso tanto del gobierno como de las instituciones financieras locales y, por otro, del apreciado efecto positivo en el empleo y economías locales. Marruecos también está impulsando fuertemente el desarrollo de estas tecnologías, entre otras razones por no disponer de recursos petroleros y tener que importar todo el carbón que necesita. Aunque Marruecos sólo tenía una planta operativa de 20 MW en 2014, cuenta con 163 MW en fase de construcción y 300 MW en desarrollo (CSP World, 2014). El compromiso del país con las energías renovables es serio, debiendo destacar que el país logró el objetivo fijado para 2012 de suministrar el 8% de su energía total a partir de energías renovables (CSP Today, 2014).

Aunque Arabia Saudita aún no dispone de ninguna planta CSP ni en operación ni en construcción, y a pesar también de los sucesivos retrasos en los diferentes anuncios realizados hasta la fecha, sigue siendo uno de los países más prometedores para el desarrollo de estas tecnologías debido a la creciente y fuerte demanda interna de energía y la simultánea necesidad de ahorrar recursos de petróleo autóctonos para usos de mayor valor y una exportación más rentable. En la actualidad, sólo se han anunciado en el país el desarrollo de dos proyectos CSP de 50 MW, ambos formando parte de plantas ISCC, pero se está desarrollando una significativa fase preparatoria que debe ir seguida de un despegue del mercado. La India contaba en 2014 con alrededor de 175 MW de proyectos de CSP en funcionamiento y puesta en marcha, y otros 76 MW en fase de construcción (CSP World, 2014), gracias a los programas de incentivos gubernamentales y una enorme necesidad de mayor capacidad energética en el país. Sin embargo, no hay objetivos concretos definidos y los retrasos sufridos en la ejecución de algunos proyectos, así como los errores en los datos iniciales de radiación solar directa disponible, pueden suponer un freno para el desarrollo de los futuros proyectos a corto plazo en el país (CSP Today, 2014). Chile, con unos niveles de irradiancia solar entre los más elevados del planeta, así como unos costes energéticos también entre lo más altos, cuenta con unas condiciones óptimas para el desarrollo de esta tecnología. Su primer gran proyecto anunciado y en construcción (Cerro Dominador en el desierto de Atacama) será una torre solar de 110MW con 18 horas de almacenamiento. Todo ello a pesar de ser Chile el

primer país que no cuenta con ningún mecanismo de soporte y apoyo para el desarrollo de la tecnología (CSP Today, 2014). Finalmente, China no cuenta con ninguna planta comercial aún en operación, pero tiene 367,5 MW en construcción actualmente (CSP World, 2014) y una industria con gran potencial y dinamismo detrás que seguramente, después de los primeros desarrollos dentro del país, va a plantear una dura competencia internacional al resto de las empresas del sector al igual que ocurre actualmente en el campo de la energía solar fotovoltaica (CSP Today, 2014). En este contexto internacional debe remarcar que las empresas españolas están detrás de un total de 3064 de los 4016 MW de CSP en operación comercial en el mundo (CSP World, 2014), lo que supone un 76% del total. Esto supone que, además de las plantas existentes en España (2305 MW), las empresas españolas han construido y/o están operando las instalaciones comerciales indicadas en la **Tabla 1**.

En cuanto a las plantas CSP en construcción, las empresas españolas se encuentran en estos momentos construyendo o colaborando de una manera significativa en los proyectos internacionales (España excluida) indicados en la **Tabla 2**.

Esto significa una participación en el desarrollo de 1114 MW de potencia, lo que supone un 63,7% del total de 1748 MW en construcción en todo el mundo a finales de 2014.

6. Coste de electricidad termosolar

La electricidad generada por las centrales termosolares resulta aún más cara que la generada con centrales convencionales de carbón o gas natural. Puesto que existen muchas opciones tecnológicas diferentes, y pueden darse también muchas condiciones de contorno igualmente diferentes (precio del terreno, coste del agua, cercanía o lejanía de la red de transporte eléctrico, nivel de radiación solar directa disponible, coste de la mano de obra, etc.), no es posible dar un coste de la electricidad generada por las centrales termosolares que sea válido para todos los casos. Sólo puede hablarse de una banda aproximada de costes, que en la actualidad podemos fijar entre los 115 y los 210 €/MWh, que en su margen superior es sensiblemente superior al coste de la electricidad de origen fósil. El principal factor que provoca una banda de costes tan amplia es la propia radiación solar, ya que hay zonas con un nivel de radiación solar directa anual de unos 1900 kWh/m²/año, mientras que en otras zonas se tienen niveles superiores a los 2700 kWh/m²/año, e incluso en algunos lugares especiales superior a los 3000 kWh/m²/año, lo que supone que plantas con las mismas características y una inversión inicial similar producirían en una zona un 45 % más de electricidad que en la otra. Todo ello tiene un fuerte impacto en el coste final de la electricidad generada, ya que los costes de operación y mantenimiento son muy similares en ambos casos, pues apenas dependen del nivel de radiación solar, y la inversión inicial también sería muy similar. En España no resulta fácil encontrar zonas con valores de radiación directa superiores a los 2250 kWh/m²/año, mientras que en EE.UU., norte de África y Australia es posible encontrar amplias zonas con niveles superiores a los 2500 kWh/m²/año.

Nombre	Propietario/s	Potencia	Tecnología	País
Ain Beni Mathar ISCC	Office Nationale de l'Electricite	20 MW	Cilindroparabólica - ISCC	Marruecos
Hassi R'mel ISCC	Abengoa, NEAL, Sonatrach	25 MW	Cilindroparabólica - ISCC	Argelia
Kuraymat ISCC	NREA	20 MW	Cilindroparabólica - ISCC	Egipto
Nevada Solar One	Acciona Energia	64 MW	Cilindroparabólica	EE.UU.
Shams 1	Abengoa Solar, Masdar, Total	100 MW	Cilindroparabólica	E.A.U.
Solana	Abengoa Solar	280 MW	Cilindroparabólica	EE.UU.

Tabla 1. Plantas CSP operativas a finales de 2014 con participación significativa de empresas españolas (CSP World, 2014)

Nombre	Propietario/s	Potencia	Tecnología	País
Agua Prieta II ISCC	Comisión Federal de Electricidad	14 MW	Cilindroparabólica - ISCC	México
Bokpoort	Acwa, Solafrica	50 MW	Cilindroparabólica	Sudáfrica
Genesis Solar	NextEra	250 MW	Cilindroparabólica	EE.UU.
Mojave Solar	Abengoa Solar	280 MW	Cilindroparabólica	EE.UU.
Kaxu Solar One	Abengoa, Industrial Development Corp.	100 MW	Cilindroparabólica	Sudáfrica
Khi Solar One	Abengoa, Industrial Development Corp.	50 MW	Torre con receptor central	Sudáfrica
Ouarzazate	Acwa, Aries, Masen, TSK	160 MW	Cilindroparabólica	Marruecos
Xina Solar One	Abengoa, Industrial Development Corp.	100 MW	Cilindroparabólica	Sudáfrica
Planta Solar Cerro Dominador	Abengoa, Industrial Development Corp.	110 MW	Torre con receptor central	Chile

Tabla 2. Plantas CSP en construcción o en fase de puesta en marcha, a finales de 2014 con participación significativa de empresas españolas (CSP World, 2014)

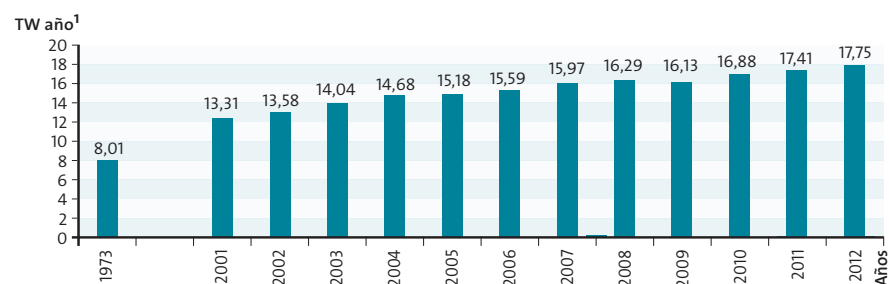


Figura 6. Evolución del consumo global de energía primaria por la humanidad.

De acuerdo con la información disponible de las plantas ya construidas, la situación actual de las diferentes tecnologías CSP, en cuanto a costes se refiere, sería la siguiente (IRENA, 2012; REN 21, 2014):

Plantas basadas en captadores lineales de Fresnel:

- Inversión necesaria de capital: no existen datos consolidados.
- Tamaño típico: entre 10 y 100 MW.
- Factor de capacidad: 20-40 % (sin almacenamiento).
- Coste típico de la electricidad: 19-38 céntimos de USD/kWh.

Plantas basadas en captadores cilindro-parabólicos:

- Inversión necesaria de capital (USD/kW nominal instalado): entre 3900 y 4100 para plantas sin almacenamiento térmico; entre 6300 y 8300, considerando 6 horas de almacenamiento térmico en sales fundidas.
- Tamaño típico: entre 50 y 250 MW.
- Factor de capacidad: 20-25 % (sin almacenamiento); 40-53 % (con 7 horas de almacenamiento térmico).
- Coste típico de la electricidad: 17-31 céntimos de USD/kWh.

Plantas basadas en sistemas de torre central:

- Inversión necesaria de capital (USD/kW nominal instalado): entre 5700 y 6400, (considerando entre 6 y 7,5 h. de almacenamiento térmico); entre 8100 y 9000 (con 12 a 15h de almacenamiento).

- Tamaño típico: entre 20 y 400 MW.
- Factor de capacidad: 40-45 % (con 6 a 7,5 h de almacenamiento térmico); 65-80% (con 12 a 15h de almacenamiento).
- Coste típico de la electricidad: 22-29 céntimos de USD/kWh (almacenamiento entre 6 y 7h); 12,5-16,4 céntimos de USD/kWh (12-15 h. de almacenamiento).

Durante los últimos seis a ocho años, la experiencia acumulada en el desarrollo de los diferentes proyectos ha permitido una reducción notable de costes, que va desde los 0,27 €/kWh iniciales en España hasta los alrededor de 0,14-0,15 USD/kWh de las últimas plantas de referencia en Estados Unidos. Las intensas investigaciones actuales esperan poder rebajar aún más estos costes hasta el entorno de los 0,10 USD/kWh para los años 2020-2025 (Kearney, 2010).

7. ¿Por qué es necesaria esta tecnología?

Si hay un factor que, quizás y por encima de cualquier otro, caracteriza a la sociedad global de nuestro tiempo, es su afán devorador de energía. Desde que se tienen los primeros datos globales (1973, con la creación de la Agencia Internacional de la Energía), el consumo primario de energía, con la única excepción de 2009 (consecuencia de la crisis financiera internacional), no ha dejado de crecer (Figura 6). Un dato que puede contextualizar adecuadamente la magnitud de los valores indicados en la Figura 6 es que, a finales de 2013, existían en el planeta un total de 434 centrales nucleares (más 72 en construcción) que generaron ese año un total 2358,9 TWh de energía, valor equivalente a 0,27 TW. Se entiende fácilmente, por lo tanto, que a pesar de importante desarrollo que han tenido las energías renovables en estos últimos años, el crecimiento global del consumo conlleva un continuo incremento en las emisiones de CO₂ y gases de efecto invernadero a la atmósfera, de las cuales la energía es su principal responsable (Pachauril *et al.*, 2014).

Dado que es indudable la existencia de un calentamiento global (cada una de las tres décadas pasadas ha sido, sucesivamente más cálida que las anteriores desde 1850) y también que es extremadamente probable que nosotros (los seres humanos) seamos su causa principal (Pachauril *et al.*, 2014), si nuestra sociedad no quiere enfrentarse a posibles escenarios en los que, a pesar de su elevada incertidumbre, en todos ellos las consecuencias parecen suponer una grave losa para las generaciones futuras, el desarrollo de las energías renovables debe de crecer mucho más rápido que el consumo de energía. Esto significa que es imprescindible la implementación, a escala global, de medidas de mitigación (de emisiones de CO₂) que notablemente superen los esfuerzos actuales lo que no parece actualmente posible sin incrementar muy significativamente el desarrollo y despliegue de las energías renovables.

Además se ha de tener en cuenta que el consumo actual de nuestra sociedad, con toda probabilidad por encima de los 18 TW año en el 2014, en condiciones normales y salvo existencia de contextos fuertemente adversos, seguirá incrementándose de forma continuada en el futuro. Dado que el consumo de recursos energéticos finitos necesariamente debe tener un

¹ TWaño equivale al consumo continuado de la energía producida por 1000 centrales de 1000 MWde potencia nominal neta cada una de ellas, durante 24 horas los 365 días del año (International Energy Agency, 2014).

Recursos Energéticos Finitos		Recursos Energéticos Renovables	
Fuente Energética	TWaño	Fuente Energética	TWaño/año
Gas Natural	215	Olas	0,3
Petróleo	240	Geotermia	0,3-2
Uranio	90-300	Hidráulica	3-4
Carbón	900	Biomasa	2-6
		Conversión Térmica Oceánica	3-11
		Eólica	25-70
		Solar	23.000

Tabla 3. Reservas energéticas planetarias finitas y renovables.

final, la transición hacia escenarios basados principalmente en energías renovables va a venir también necesariamente condicionada por la disponibilidad de los recursos, existiendo aquí una muy clara predominancia del recurso solar (**Tabla 3**).

Las reservas totales recuperables son indicadas en el caso de los recursos finitos y el potencial anual en el caso de los renovables (Perez y Perez, 2009).

En este contexto, la tecnología termosolar se considera imprescindible ya que, no sólo es la de mayor potencial total, sino que además es la única energía renovable que, gracias a la posibilidad de añadirle almacenamiento térmico, puede comportarse como energía o potencia de base permitiendo regular y gestionar más fácilmente que otras renovables. Es el caso, por ejemplo, de las energías fotovoltaica o eólica, que al no poderse almacenar en la actualidad son mucho más difícilmente gestionables por la red. Se debe de tener también en cuenta el notable incremento de factor de capacidad que proporciona el almacenamiento térmico: la energía que proporciona en un día claro una central termosolar de 200 MW con 4 horas de almacenamiento es equivalente a la que proporciona una central termosolar de 275 MW sin almacenamiento o una fotovoltaica con inclinación fija de 360 MW (CSPA Technical Report, 2014).

8. Conclusiones

La producción de electricidad mediante tecnologías de concentración solar ha tenido un crecimiento menor hasta la fecha que otras tecnologías renovables, como es el caso de la energía eólica o fotovoltaica debido, entre otras razones, a costes actuales mayores de la electricidad y elevados requerimientos de capital y capacidad tecnológica de las empresas que puedan abordar proyectos termosolares. Sin embargo, las progresivas reducciones de costes y las ventajas que aportan estas tecnologías (medioambientales, creación de empleo, gestionabilidad

de la energía, creación de tecnología propia) están detrás de su desarrollo actual. Durante los últimos años, dicho desarrollo ha venido claramente liderado por las empresas de ingeniería españolas que, durante la segunda mitad de los años 90 y principios de siglo, apostaron por estas tecnologías y llevaron a cabo proyectos los primeros proyectos, 20 años después de las plantas SEGS en Estados Unidos, primero dentro de España y posteriormente en el resto del mundo. Este proceso ha convertido a España en el líder mundial en estas tecnologías y ha sido posible, también entre otras razones, por la existencia de un centro como la Plataforma Solar de Almería (PSA) y de una labor continuada y exitosa en la transferencia del conocimiento adquirido en la PSA durante sus 35 años de existencia.

Bibliografía

BIRNBAUM, J., ECK, M., FITCHER, M., et al. (2010): "A Direct Steam Generation Solar Power Plant With Integrated Thermal Storage", *ASME Journal of Solar Energy Engineering*, vol. 132, n° 3.

BURGALETA, J.I., ARIAS, S., y RAMIREZ, D. (2011): "GEMASOLAR, The First Tower Thermosolar Commercial Plant with Molten Salt Storage", *SolarPACES*, Granada, España.

CAU, G., y COCCO, D. (2014): "Comparison of medium-size concentrating solar power plants based on parabolic trough and linear Fresnel collectors", *Energy Procedia*, n° 45, pp. 101-110.

Concentrating Solar Power Alliance (2014): "The Economic and Reliability Benefits of CSP with Thermal Energy Storage. Literature Review and Research Needs", *CSPA Technical Report*. Disponible en www.csp-alliance.org/cspa-report/. Consultado en septiembre de 2014.

CSP Today (2014): "Market Analysis 2015". Disponible en: www.csptoday.com/research/CSP-markets-series-index.php. Consultado en octubre de 2014.

CSP World (2014): "CSP World Map". Disponible en: www.csp-world.com/cspworldmap. Consultado en diciembre de 2014.

FERNÁNDEZ GARCÍA, A., ZARZA, E., VALENZUELA, L., y PÉREZ, M. (2010): "Parabolic trough solar collectors and their applications", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, n° 14.

HELMAN, U., y JACOBOWITZ, D. (2014): "The Economic and Reliability Benefits of CSP with Thermal Energy Storage: Literature Review and Research Needs", *Concentrating Solar Power Alliance, Technical Report*.

International Energy Agency (2014): "Key World Energy Statistics, from 2003 to 2014". Disponible en: www.iea.org/publications/freepublications/publication/key-world-energy-statistics-2014.html. Consultado en diciembre de 2014.

IRENA (2012): “Renewable Energy Technologies: Cost Analysis Series. Concentrating Solar Power, 2012”, *International Renewable Energy Agency*. Disponible en: www.irena.org/documentdownloads/publications/re_technologies_cost_analysis-csp.pdf. Consultado en diciembre de 2014.

IVERSON, B. D., CONBOY, T. M., PASCH, J. J., y KRUIZENGA, A. M. (2013): “Supercritical CO₂ Brayton cycles for solar-thermal energy”, *Applied Energy*, n° 111, pp. 957–970.

KEARNEY, A. T. (2010): “Solar Thermal Electricity 2025”, *ESTELA*. Disponible en: www.estelasolar.eu/fileadmin/ESTELAdocs/documents/Cost_Roadmap/2010-06%20-%20Solar%20Thermal%20Electricity%202025%20-%20ENG.pdf. Consultado en diciembre de 2014.

KURAVI, S., TRAHAN, J., GOSWAMI, D. Y., RAHMAN, M. M., y STEFANAKOS, E. K. (2013): “Thermal energy storage technologies and systems for concentrating solar power plants”, *Progress in Energy and Combustion Science*, n° 39, pp. 285-319.

MORIN, G., DERSCH, J., PLATZER, W., ECK M., y HÄBERLE, A. (2012): “Comparison of Linear Fresnel and Parabolic Trough Collector power plants”, *Solar Energy* 86, n° 1, pp. 1-12.

OSUNA, R., et al. (2006): “PS10, Construction of a 11MW Solar Thermal Tower Plant in Seville, Spain”, *SolarPACES*, Sevilla, España.

PACHAURIL, R. K., MEYER, L., et al. (2014): “Climate Change 2014. Synthesis Report”, *IPCC AR5 Synthesis Report*. Disponible en www.ipcc.ch/report/ar5/syr/. Consultado en diciembre de 2014.

PACHECO, J. E., et al. (2002): “Final Test and Evaluation Results from the Solar Two Project”. *Sandia National Laboratories*. Disponible en: prod.sandia.gov/techlib/access-control.cgi/2002/020120.pdf. Consultado en diciembre de 2014.

PEREZ, R., y PEREZ, M. (2009): “A fundamental look at Energy reserves for the planet”, *The IEA SHC Solar Update*, vol. 50, pp. 2-3.

Protermosolar (2014): “Mapa de Proyectos en España”. Disponible en www.protermosolar.com/mapa-proyectos-espana. Consultado en diciembre de 2014.

PSA (2014a): “Largest European Research Centre devoted to Concentrating Solar Energy”. Disponible en www.psa.es/webesp/instalaciones/Folleto%20PSA%202013_EN_131202.pdf. Consultado en diciembre de 2014.

PSA (2014b): “Plataforma Solar de Almería. Annual Report 2013”. Disponible en: www.psa.es/webesp/techrep/2013/ANNUAL_REPORT_2013.pdf. Consultado en diciembre de 2014.

Red Eléctrica de España (2014): “El Sistema Eléctrico Español, 2013”. Disponible en: www.ree.es/sites/default/files/downloadable/inf_sis_elec_ree_2013_v1.pdf. Consultado en diciembre de 2014.

REINALTER, W., ULMER, S., HELLER, P., RAUCH, T., GINESTE, J. M., FERRIERE, A., y NEPVEU, F. (2008): “Detailed performance analysis of the 10kW Dish/Stirling system”, *ASME Journal of Solar Energy Engineering*, vol. 130, n° 1.

RELLOSO, S., et al. (2008): “Real Application of Molten Salt Thermal Storage to obtain High Capacity Factors in Parabolic Trough Plants”, *SolarPACES*, Las Vegas, NV.

REN 21 (2014): “Renewables 2014. Global Status Report”. Disponible en: www.ren21.net/portals/0/documents/resources/gsr/2014/gsr2014_full%20report_low%20res.pdf. Consultado en diciembre de 2014.

RUIZ HERNÁNDEZ, V., et al. (2010): *Solar Thermal Power. History of a research success*, Protermosolar, Sevilla.

STEINFELD, A. (2005): “Solar Thermochemical Production of Hydrogen - A Review”, *Solar Energy*, n° 78, pp. 603-615.

**ESPACIOS PRIORITARIOS EN I+D:
TECNOLOGÍAS PARA LA INCLUSIÓN SOCIAL**

Tecnologías para la inclusión social. Experiencias recientes en Latinoamérica

David Chávez Muñoz^{*}, Clara Villalba Clavijo^{**},
María Elina Estébanez^{***} y Aurelio Ferrero^{****}

Se presentan tres experiencias regionales de desarrollo y aplicación de conocimientos científicos y nuevas tecnologías, en las que participan grupos de expertos cuyas organizaciones se plantean como objetivos institucionales el mejoramiento de la calidad de vida de poblaciones afectadas por la exclusión social a través de la conducción de actividades innovadoras de ciencia y tecnología. Asociamos estas experiencias al concepto de tecnologías para la inclusión social (TIS). Se analizan: el desarrollo de tecnologías de la información y comunicación para el mejoramiento de servicios de salud pública en zonas rurales aisladas de la Amazonía y Valles Altoandinos del Perú; la activación de una cadena de producción agroecológica familiar dedicada a especies de alto valor en organizaciones de mujeres rurales en Uruguay; y el caso del desarrollo de tecnologías para el hábitat popular que lleva adelante un centro de I+D de la región central de Argentina.

Palabras clave

Tecnologías, inclusión social, Latinoamérica

* Director del GTR-PUCP, Departamento de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica del Perú. Correo electrónico: dchavez@pucp.edu.pe.

** Responsable del Área de Ciencia, Tecnología y Sociedad del Centro de Estudios sobre Ciencia, Desarrollo y Educación Superior - CONICET, e investigadora de la Facultad de Ciencias Sociales, Universidad de Buenos Aires, Argentina. Correo: marilina@ricyt.org.

*** Director del CEVE, Centro Experimental de la Vivienda Económica (AVE-CONICET), Córdoba, Argentina, e investigador del CONICET. Correo: direccion@ceve.org.ar.

**** Especialista en desarrollo rural y territorial del IICA y miembro del Departamento de Sistemas Ambientales y el Programa Flor de Ceibo. Universidad de la República del Uruguay. Coordinadora en Proyectos de tecnologías de reciclaje y cultivo comunitario en poblaciones vulnerables periurbanas y rurales. Correo: clarvi@gmail.com.

Introducción

En la región iberoamericana, es creciente el interés por debatir, en el campo de las políticas públicas en ciencia, tecnología e innovación (CTI), nuevos criterios de orientación de las acciones de I+D y de los esfuerzos de difusión y aplicación de tecnologías, que fomenten la búsqueda de soluciones innovadoras a los problemas concretos del desarrollo social y humano regional. La persistencia o el agravamiento de procesos de exclusión social, y aun la emergencia de nuevos problemas que afectan el acceso a bienes y servicios básicos y la calidad de vida de individuos, grupos y comunidades, son problemas pensados actualmente como objetivos de explícita atención de las políticas públicas vinculadas a la producción de nuevos conocimientos. Un ejemplo de ello son las reuniones académicas y de discusión política que convocan a pensar en la relación entre ciencia, tecnología e inclusión social (Globelics 2011; OEI, 2014). Significativamente, esta aproximación de la política CTI a agendas del desarrollo social está presente en nuevos modos de activismo social y político que operan en torno a la economía social y la sustentabilidad ambiental. Por ejemplo, las tecnologías sociales han sido un modo alternativo de teorización sobre el desarrollo tecnológico y a la vez un movimiento social que promueve formas alternativas de producción de nuevas tecnologías (Dagnino, 2009; ITS, 2014). Conceptos como “innovación inclusiva” o ciencia abierta también emergen como nuevos temas de debate y enuncian áreas de gestión gubernamental (MIN-CYT, 2015; MCTI, 2015).

En este artículo trabajamos con el concepto de tecnologías para la inclusión social (TIS) para encuadrar recientes experiencias regionales de desarrollo y aplicación de conocimientos científicos y nuevas tecnologías que son conducidas por grupos de tecnólogos que operan en organizaciones que, junto a sus objetivos de producción de conocimientos científicos y tecnológicos, se plantean también como propósito institucional el mejoramiento de la calidad de vida de poblaciones afectadas por la exclusión social.

Inicialmente y de modo muy general, consideramos a las TIS como un suceso multidimensional:

- Un conjunto de conocimientos materializados en dispositivos tecnológicos (productos o procesos).
- Un modo de desarrollo de nuevas tecnologías que incorpora valores del desarrollo social y humano en su diseño.
- Un enfoque particular de trabajo con usuarios-beneficiarios de estas tecnologías.

Las TIS no son un dispositivo específico que puede ser aplicado resolver una situación, sino una concepción que articula socialmente la producción y uso de tecnologías, que ubica a las experiencias personales de los diferentes actores intervinientes y a los ideales de defensa del medio ambiente en el centro de la acción, y por ello se ajusta a la idea de tecnología participatoria (Osorio, 2002). Las TIS son un canal facilitar de procesos de apropiación social en el sentido de producir condiciones para la competencia en el uso de tecnologías por parte de diversos actores sociales y no sólo los desarrolladores “expertos”¹.

En las experiencias regionales que presentaremos a continuación, estas dimensiones se expresan de un modo particular a instancias de los distintos ensambles institucionales de los grupos y de los campos tecnológicos de actuación. En un caso, como resultado de la actuación de un grupo universitario que opera en consorcio con agencias de cooperación internacional al desarrollo en el sector de las tecnologías de la información y comunicación. En otro caso, como procesos de vinculación de una cooperativa de mujeres agricultoras con una organización no gubernamental e apoyo técnico que condujo a el incentivo de innovación en el cultivo de hierbas medicinales. Y finalmente, en el caso de un instituto abocado a las tecnologías del hábitat, dependiente del organismo nacional de ciencia y tecnología y vinculado a organizaciones de la sociedad civil del campo habitacional.

En todos ellos, es parte de los objetivos institucionales orientar el trabajo tecnológico al mejoramiento de la calidad de vida de comunidades afectadas en su acceso y apropiación a bienes y servicios básicos. Entre ellos: la salud, la alimentación, la educación, el trabajo, los recursos energéticos, la vivienda y el hábitat, además de otros que garantizan la supervivencia, la calidad de vida y la equidad social. Este foco en la atención a problemas de exclusión social como objetivo del desarrollo de tecnologías es el aspecto centralmente característico de las TIS.

Las “tecnologías para la inclusión social” son, desde esta perspectiva un paquete de acciones socio-técnicas que abordan tales problemas y que buscan y desarrollan soluciones. ¿Existe una modalidad específica de implementación de estas acciones que las distinga de desarrollos e innovaciones tecnológicas convencionales intermediadas por actores que operan en el mercado, que fortalezca los procesos de apropiación social de sus beneficios? ¿Qué experiencias concretas pueden ejemplificar los obstáculos y posibilidades de las TIS en el cumplimiento de sus propósitos específicos? ¿Qué actores participan en los procesos de producción, aplicación y uso de estas tecnologías? ¿Qué recomendaciones de política pública surgen de estas experiencias?

1. Tecnologías de la información y comunicación (TIC) para la salud pública en la Amazonía y valles altoandinos del Perú

1.1. Entornos rurales y problemas en el acceso a la salud pública

La población rural latinoamericana es uno de los sectores con más bajos indicadores de desarrollo humano y más alta vulnerabilidad social de la sociedad contemporánea. En las dos últimas décadas, en correlación con el involucramiento de los estados regionales en los objetivos del milenio, se han emprendido un conjunto de iniciativas públicas y privadas que incorporan dispositivos de intervención basados en TIC y están dirigidas a mejorar la situación de estas poblaciones. Estas intervenciones, de variada eficacia, constituyen desde la mirada académica una

¹ Sobre la relación entre uso competente de tecnologías y procesos de apropiación social, ver una revisión de diferentes teorías en Estébanez (2005).

oportunidad de aprender de la experiencia mediante la identificación de patrones de éxito o buenas prácticas susceptibles de réplica, consecuente mejora y sistematización. En esta dirección se presenta el caso de experiencias recientes en Perú que ha desarrollado y aplicado TIC en la mejora de las prestaciones y cobertura básica de la salud en poblaciones rurales aisladas.

En el campo de la salud, las calificaciones de los recursos humanos a cargo de las prestaciones y su involucramiento con las necesidades y demandas de la comunidad son aspectos claves del éxito de las intervenciones. Esto es válido tanto en el ámbito urbano como en el rural. Sin embargo, en este último ámbito, el aislamiento geográfico y la separación física con las grandes urbes –a su vez centros de producción de conocimiento y localización de las mejores capacidades de los profesionales de la salud– generan diferencias sustanciales en la atención de la salud pública. Por ejemplo, en los centros y puestos de salud rurales se generan dinámicas nefastas de alta rotación de personal o renuncia frecuente de profesionales. Esta realidad es compartida en el Perú tanto entre los establecimientos de salud de la selva amazónica como de los valles altoandinos. Profesionales de la medicina, obstetricia, técnicos de laboratorio y enfermeros padecen de severas desventajas al tener que trabajar lejos de las ciudades y de los medios para mantener o mejorar su perfil laboral y ocupacional. Esto se traduce en que las permanencias de los profesionales de salud en establecimientos rurales no superan los ocho meses en promedio. Si se combina lo anterior con el mes de vacaciones y las salidas obligadas de la localidad para tareas administrativas y de coordinación, la calidad del servicio de salud prestado a la comunidad se ve seriamente afectada.

1.2. El grupo de Telecomunicaciones Rurales GTR de la PUCP

Ante esta problemática, el Grupo de Telecomunicaciones Rurales de la Pontificia Universidad Católica del Perú, consorciado con la Fundación Enlace Hispano Americano en Salud (EHAS) de Madrid, España, y con diversas agencias de cooperación internacional, viene desarrollando desde 1999 un programa de incorporación de sistemas de información con base en Internet y comunicaciones inalámbricas a la práctica médica y de prestaciones de salud comunitaria. Para ello, se han desplegado redes inalámbricas con tecnología híbrida (WiFi, WiMAX, VSAT) que enlazan centros y puestos de salud tanto de la selva amazónica como de valles altoandinos del norte, centro y sur del Perú con hospitales de referencia en las ciudades capitales del país y con el resto del mundo mediante Internet y la red de telefonía.

Estas redes, que por ejemplo cubren las cuencas de los ríos Napo y Putumayo en Loreto o los valles de Acomayo y Quispichan en el Cusco o San Pablo en Cajamarca, unen las localidades rurales y asentamientos humanos mediante enlaces de radio que extienden la cobertura y las prestaciones de las redes operadas por concesionario de alcance nacional a zonas que de ninguna manera están contempladas entre los intereses de operación comercial de las empresas de telecomunicación. Sobre estas redes de telecomunicación, se despliegan sistemas de información orientados a la educación continua del personal de salud y a la mejora de sus capacidades y competencias dentro de su ámbito de especialización. También se habilita la comunicación por voz y video con los hospitales y centros de referencia regionales y nacionales, así como la comunicación por teléfono a cualquier parte del mundo. Esto de por sí disminuye la sensación de aislamiento y destierro entre el personal de los centros y puestos de salud, pero fundamental-

mente se habilita un mejor manejo de la atención regular y las emergencias médicas.

Se han implantado sistemas de apoyo a la gestión de la salud comunitaria, incidiendo en la logística del atendido, la historia médica, las medicinas y suministros y las referencias y contra referencias de pacientes. Junto con lo anterior, se han desplegado sistemas de información para la mejora diagnóstica clínica tales como la tele-estetoscopia y la tele-ecografía. La primera consigue que un médico especialista pueda escuchar en su estetoscopio las señales audibles recogidas a cientos de kilómetros en otro punto de la red sin que tenga que desplazarse, lo que es con frecuencia materialmente inviable. La segunda consiste en visualizar y escuchar las señales ecográficas también a distancia, sin que el radiólogo especialista tenga que desplazarse, pero sin deterioro perceptible de la señal y por lo tanto de la capacidad diagnóstica. Atendiendo a las condiciones epidemiológicas de la Amazonía peruana, donde la prevalencia de la malaria es un indicador de incipiente desarrollo humano, se ha desplegado también un sistema de tele-microscopía para muestras serológicas y de otros tipo de tejidos.

1.3. Impacto de las TIC en la salud pública

Este conjunto de sistemas de información y sus redes subyacentes de comunicación inalámbrica ha contribuido, desde 2007, año en que se llevan estadísticas y métricas, a salvar directamente más de 400 vidas de madres gestantes sólo con el uso de la comunicación por voz para la atención por emergencia del parto con complicaciones. Cerca de 1200 diagnósticos y tratamientos de malaria falciparum y viviparum. Más de 18 millones de soles (la moneda nacional) ahorrados en desplazamiento de personas por río o carretera, sustituidos por gestiones y transacciones informáticas y de correo electrónico. Más de 5000 barriles de petróleo que no han sido utilizados debido a que los dispositivos de red, las computadoras y gran parte del equipamiento e instrumental se alimentan con energía solar a través de paneles fotovoltaicos y acumuladores de ciclo profundo. Sobre ese particular, las redes y sistemas de información se implantan cumpliendo el paradigma del “conjunto coherente de tecnologías”, donde se exige que las prestaciones y especificaciones de instalación y funcionamiento de los componentes de los sistemas sean amigables con el medio ambiente y capaces de ser transferibles a los profesionales locales para operación y mantenimiento preventivo. Esta experiencia muestra cómo el uso de tecnologías, entre ellas especialmente las TIC, pueden contribuir a la mejora del desarrollo humano en el ámbito rural latinoamericano y a aumentar el bienestar de las personas, a través del mejoramiento de los servicios de salud pública.

2. Activación de una cadena de producción agroecológica familiar dedicada a especies de alto valor acompañado de un proceso de empoderamiento de la mujer en el Uruguay rural

2.1. Producción agrícola variedad de tecnologías en uso

En el ámbito rural, y particularmente en las actividades productivas agrícolas, también es posible conceptualizar y operar con “conjuntos coherentes de tecnologías” que respondan a valores de sustentabilidad ambiental y participación ciudadana. Históricamente, las tec-

nologías agrícolas fueron diseñadas por campesinos, agricultores y productores hasta la Revolución Industrial. Desde entonces, se experimentó una co-existencia de variadas tecnologías en creciente conflicto: las diseñadas y adaptadas por los productores y aquellas diseñadas por o para los empresarios industriales. Esta situación llega a un momento culminante en el siglo XX con la Revolución Verde, y actualmente, con las nanotecnologías y biotecnologías aplicadas a la producción agropecuaria.

Hoy, conviven en el mundo rural diversidad de productores, y por ende, de sistemas productivos y culturales que a su vez sostienen la convivencia –con diferentes niveles de conflicto– de modelos de desarrollo en la sociedad. Las modalidades en que se genera y se produce la apropiación de las nuevas tecnologías responden a su vez a estos modelos de desarrollo en confrontación y a las consecuencias de su aplicación en las actividades económicas, políticas, sociales y culturales. Es así que las tecnologías no están por fuera de las dinámicas de la sociedad y co-evolucionan en función de los sistemas organizacionales, de conocimiento, de valores y biológicos, según Sikor y Noorgard (2012).

Esta convivencia en conflictividad es sustentada desde varios ámbitos. Por un lado, las entidades de investigación lo hacen mediante la definición de las temáticas a investigar y el modo en el que se lleva a cabo la investigación. Por otro, la extensión rural y transferencia tecnológica y sus particulares modos de actuación también ha colaborado en la misma dirección. Es notorio que, recurrentemente, el vínculo con los productores familiares y campesinos, es decir: el estrato de mayor vulnerabilidad social en el mundo rural, continúa siendo extractivo de sus saberes y recursos fitogenéticos conservados intergeneracionalmente.

Sin embargo, ha habido experiencias –algunas colectivas– que han permitido abrir caminos diferentes en la investigación, la extensión, la institucionalidad y en las prácticas de los productores más vulnerables, mejorando su calidad de vida y permitiendo su inclusión social. Entre estas experiencias cabe destacar aquellas que han involucrado aprendizaje tecnológico y co-producción de nuevos conocimientos entre expertos y actores no empoderados del sector productivo agrícola. En este tipo de experiencias es posible observar cómo ciertas tecnologías gestionadas de modo innovador cumplen objetivos de inclusión social.

2.2. La Cooperativa Calmañana y el rol de mujeres productoras

El Grupo CALMAÑANA –Cooperativa Agraria Limitada “Por un Mañana”– es un caso que responde a este tipo de experiencias. Se trata de una cooperativa compuesta por tres grupos de mujeres que desarrollan sus actividades agrícolas en tres parajes diferentes dentro de una misma zona agroeconómica: el noreste del Departamento de Canelones, en Uruguay. Se trata de mujeres de mediana edad (entre 30 y 40 años) que comenzaron a reunirse a partir de la intervención de una organización no gubernamental GRECMU -Grupo de Estudios de la Condición de la Mujer en el Uruguay- que comienza a actuar con el advenimiento de la democracia en 1985.

Las actividades de estas mujeres se llevan a cabo en predios de tipo familiar (no mayores a 35 hectáreas) que son caracterizados como población rural vulnerable². Este sector comienza a

ser sujeto de políticas específicas de apoyo a las actividades productivas a partir de 2005. Por otro lado, también la condición de género –es decir: mujeres rurales que históricamente trabajan a la par del hombre, no reciben ingresos equiparables o bien no administran las ganancias que generan– profundiza la situación de vulnerabilidad en que se inscriben sus actividades.

Con la intervención de GRECMU en esta cooperativa, se conformaron tres grupos de mujeres: Pedernal, Tapia y Gardel (nombre de los parajes donde residen), y se inicia un proceso de concientización y discusión colectiva para arribar al desarrollo de una actividad productiva que les conceda un ingreso propio. La elección del cultivo de hierbas aromáticas y medicinales como actividad productiva era totalmente nueva en el Uruguay. Esto generaba condiciones de mercado estimulantes. Pero, por otro lado, implicaba la ausencia de conocimientos científicos para llevar adelante dichas producciones, razón por la cual era necesario realizar un proceso de producción de nuevo conocimiento. La investigación de las técnicas de manejo de este tipo de cultivo fue realizada por las mujeres de CALMAÑANA, a partir de sus propias capacidades y con un método de aprendizaje del tipo ensayo y error, y contó con el acompañamiento de profesionales de ciencias sociales (una antropóloga) y agronómicas (una ingeniera agrónoma) que aportó la organización no gubernamental.

2.3. Procesos de innovación en el cultivo de hierbas aromáticas y medicinales

La fuente de asistencia técnica fue variando a la par del desarrollo del proceso de aprendizaje, de la producción de nuevos conocimientos y su implementación innovadora en el cultivo. Se acoplaron así otros actores del campo gubernamental y profesional, específicamente contratados por la propia cooperativa. Los sistemas de producción pasaron de la horticultura convencional a la producción orgánica de hierbas aromáticas y medicinales, constituyendo un fenómeno cualitativamente distinto o de innovación radical. Esta innovación en el proceso de producción redundó en un nuevo tipo y cantidad de insumos, disminuyendo significativamente la entrada de agroquímicos al predio. Posteriormente, se incorporaron invernáculos y secaderos, constituyéndose ambos en innovaciones incrementales. Al inicio, las hierbas se comercializaban en fresco. Luego de la incorporación de los secaderos, se comercializaron deshidratadas –para concederle mayor durabilidad al producto–, logrando mayor valor agregado. Por otro lado, surgieron rubros secundarios en la economía del sistema de producción, como pasturas y bovinos para carne, realizando el ciclo completo, y rubros de autoconsumo, como la avicultura y bovinos para leche.

Dentro de las innovaciones incrementales, también se destacaron aspectos organizacionales. La información tanto de la producción como de los mercados se compartía, analizaba y decidía al interior del grupo de mujeres. Esto produjo una reacomodación del sistema familiar rural, ya que las mujeres empezaron a adquirir un rol protagónico en el sistema de producción, a través del desarrollo de conocimiento, la realización y la gestión de la producción orgánica de las

² El tamaño de los predios que pertenecen al sector denominado “agricultura familiar” en Latinoamérica puede variar en función de muchas características, pero tienen en común que la mano de obra es familiar.

hierbas, siendo éste el rubro principal desde el punto de vista económico, del ingreso familiar. Los hombres se encargaban de la producción ganadera.

El caso de la cooperativa CALMAÑANA fue paradigmático y pionero. A partir del estudio de los procesos que se dieron allí se implementaron posteriormente en el país proyectos dirigidos a la producción agrícola familiar que incluyeron investigación–acción participativa con los productores en el diseño de sus sistemas de producción y de las tecnologías que allí aplican; en la conducción de procesos grupales para generar y compartir saberes locales y conocimiento científico interdisciplinar. Estos proyectos, implementados entre los años 90 y 2005, se constituyeron en un modelo de resistencia a las políticas neoliberales. A partir de la voluntad política y compromiso de algunos sectores de los gobiernos de izquierda desde que asumieron en 2005, se fueron cristalizando políticas públicas específicas hacia la producción familiar.

3. Tecnologías para el hábitat popular³

3.1. Estrategias de producción del hábitat

En las grandes ciudades de América Latina, entre el 50% y el 75% de las viviendas y sus componentes son autoproducidos por sus habitantes (Ortiz, 1995). Este dato pone de manifiesto el papel que los sectores populares tienen en la producción del hábitat, mediante la puesta en marcha de estrategias en pos de mejorar sus condiciones de vida y ejercer su derecho a una vivienda adecuada. Los asentamientos y barrios que comúnmente se denominan informales sostienen y cobijan a gran cantidad de habitantes. La inclusión de los sectores populares es decisiva para garantizar el acceso a un hábitat adecuado ya que, si bien los asentamientos informales han sido considerados una parte del problema de las ciudades, constituyen principalmente una solución al problema. O dicho de otra manera, una contención al problema.

En este marco, reconocer y fortalecer las estrategias, recursos y capacidades de quienes producen el hábitat socialmente es un desafío para la investigación y el desarrollo de tecnologías, en la dirección de potenciar su labor como factor de transformación. Pretender encontrar una solución por fuera de los mecanismos espontáneos de producción del hábitat implica no sólo desconocer la situación que padecen quienes se ven forzados a desarrollarlas, sino creer que son los objetos per se los que resolverán el problema, cuando en realidad debe entenderse a la vivienda -y el hábitat, en sentido más amplio- como proceso y no como producto.

La situación habitacional de una comunidad debe ser observada a la luz de al menos cuatro dimensiones, a saber: la tecnológico-constructiva, la socio-organizativa, la económico-financiera y la legal. El reconocimiento de todas estas dimensiones requiere el involucramiento de todas las miradas disciplinarias que pueden contribuir a su desarrollo, y en consecuencia, las tecnologías pertinentes.

³ Esta sección ha recibido la colaboración de Gustavo Pelegrin y de Lucio Scardino.

3.2. El CEVE y algunos criterios para la acción de tecnologías innovadores

CEVE es un centro de investigación y desarrollo fundado en 1967, que depende del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) y de la Asociación de Vivienda Económica (AVE). Se localiza en la provincia de Córdoba, región central de la Argentina. La dimensión política de la problemática interdisciplinaria del hábitat popular lo llevó a orientar sus recursos, esfuerzos y voluntades hacia el desarrollo de tecnologías constructivas y de gestión que propendan a fortalecer las estrategias que ponen en práctica los sectores populares para ejercer su derecho al hábitat y mejorar sus condiciones de vida. En este contexto, las tecnologías del CEVE deben ser analizadas a la luz de ciertos criterios que permitan evaluar su potencial transformador sobre el hábitat y el modo en que los sectores populares las experimentan. Criterios que no sólo sirven como guía de la acción, sino también como instrumento de evaluación, y que se detallan a continuación:

Integralidad. La producción del hábitat popular debe ser pensada a partir de su potencial integrador y así lo deben considerar los desarrollos tecnológicos que procuran abordar la cuestión del hábitat en conjunto con otros aspectos como la organización comunitaria, la problemática laboral, la situación edilicia, las condiciones ambientales, los aspectos dominiales, la situación económica y financiera, el acceso a la tierra y a infraestructura urbana (servicios, bienes y equipamientos públicos), por mencionar algunas. La integralidad exige también hacer lugar a todos los actores afectados en la problemática de referencia, sin miedo a preguntarse qué pueden aportar a un proceso. Se procura integrar la perspectiva de los diferentes niveles de Estado, los usuarios finales, las comunidades aledañas, los sectores privados, las organizaciones de la sociedad civil y los movimientos sociales, entre otros posibles actores y sus intereses en juego.

La perspectiva desde los derechos. Si bien existe un amplio conjunto de normativas referidas al derecho al hábitat tanto en el orden local, provincial, nacional, internacional y supranacional, una referencia a los derechos en juego enriquece el análisis de las capacidades de cada desarrollo. Pensar la inclusión social como meta exige la participación de estos órdenes en iniciativas para la creación y observancia de los marcos regulatorios que articulen los medios para garantizar la consecución de tales metas. En tanto institución del sistema científico, el desarrollo de sistemas constructivos, nuevos materiales y componentes, esquemas de financiamiento y gestión habitacional, impone la normalización de los procedimientos para que estos desarrollos puedan ser transferidos y utilizados por todos aquellos que puedan aprovecharlos en la satisfacción de necesidades habitacionales. En este sentido, la existencia de tecnologías y procedimientos estandarizados permite poner a disposición de los sectores populares, formas alternativas de garantizar el respeto de derechos a bajo costo, generando capacidad técnica, empleo y empoderamiento comunitario, entre otros.

Los procesos de construcción socio-habitacional conquistan esferas de consolidación que van desde la infraestructura a cuestiones socio-políticas. En esto, la participación es la variable explicativa por excelencia que se vale del recurso renovable del tiempo de los pobladores y articula voluntades en torno a la consolidación de mecanismos participativos de satisfacción de necesidades. Por ello, en esta concepción, el usuario final no es el destinatario/beneficiario de un objeto terminado, sino el protagonista de un proceso que se extiende en el tiempo y se retroalimenta constantemente.

3.3. Experiencias en el camino

En este sentido, CEVE ha venido realizando esfuerzos de investigación, desarrollo y transferencia con numerosos resultados y algunas experiencias recientes pueden contribuir a dar cuenta de esa búsqueda. Una de ellas es la labor realizada en la provincia de Buenos Aires de Argentina, en el marco del Programa “Ellas Hacen”, impulsado por el Ministerio de Desarrollo Social de la Nación, en el cual se capacitó a mujeres en la fabricación y el montaje de componentes constructivos para la producción de viviendas, con tecnologías de los sistemas UMA y BENO. El sistema BENO se basa en la reutilización de ladrillos comunes en una placa prefabricada en el piso, con tecnología muy simple y de fácil aprendizaje. Por otra parte, el sistema UMA permite producir industrialmente una estructura metálica liviana y de fácil ensamblaje, que es una guía para el completamiento de muros de una vivienda. Ambos sistemas admiten y promueven la participación activa de hombres y mujeres en la construcción de viviendas, haciendo del trabajo un canal de inclusión productiva y un proceso de fortalecimiento de la propia confianza en los sectores más vulnerables de la población. Miles de viviendas han aplicado estos sistemas en la Argentina y América Latina, utilizando patentes desarrolladas por el sistema de ciencia y tecnología argentino con el fin de proteger su uso y garantizar su acceso público con fines sociales.

Otra experiencia es el apoyo en el diseño e implementación de un proyecto de hábitat con tecnologías duras y blandas en Puesto Viejo, Jujuy, provincia localizada al norte de Argentina, desarrollado por la empresa HOLCIM SA, a través de un modelo de intervención participativa

y co-gestionable que involucra a las familias destinatarias y otras instituciones de la región. Por otro lado se ha realizado la capacitación y transferencia de tecnologías constructivas a una Cooperativa de docentes en Neuquén, oeste del país.

En todos estos casos se trata de experiencias que buscan contribuir a la inclusión social mediante el desarrollo y la transferencia de tecnologías en el campo del hábitat. Habitar no es una opción sino el resultado de una serie de acciones que tienen por objeto satisfacer una necesidad de primerísimo orden y ejercer un derecho humano consagrado. Las estrategias de discusión y disputa por la garantía de derechos relativos al hábitat muestran una gran diversidad a la hora de gestionar el acceso a la ciudad para una parte considerable de la población urbana. En esta lucha emerge la dimensión más propiamente política, ya que la discusión de las circunstancias en que se intenta habitar dignamente se hace a nivel comunitario, donde la participación invoca y vincula a los diferentes componentes de la problemática habitacional en su integralidad. Por ello, resulta fundamental apoyar los procesos de apropiación y toma de posición de las comunidades para incidir en la gestión del acceso a la ciudad, en un contexto que contribuya a transformar las condiciones de integración urbana de los participantes y de terceros. En este proceso, la concepción de las tecnologías que colaboran en la transformación del hábitat es un aspecto central de la eficacia de pertinencia y la apropiabilidad. De este modo, la organización se convierte en el vehículo de la transferencia de tecnología y la participación, en el combustible de su dinámica de aplicación y uso en los esfuerzos de mejoramiento habitacional y la integración urbana.





Reflexiones finales

Retomando los interrogantes planteados en la introducción y a partir de las experiencias presentadas proponemos las siguientes reflexiones.

Los casos muestran usos innovadores de tecnologías en productos y servicios, que mejoran el impacto social de intervenciones destinadas al desarrollo social. Por ejemplo, hacen viable servicios de salud en contextos donde otras opciones tecnológicas no tienen viabilidad económica. Es el caso de Perú, que también revela que no necesariamente el desarrollo de los dispositivos TIC se realiza en situaciones de co-producción con los usuarios, pero su implementación y uso implica un diálogo de los tecnólogos con los actores implicados, particularmente los profesionales de la salud, que intermedian entre las tecnologías y los pacientes. Por otro lado, el caso uruguayo muestra un proceso diferente, dado que allí las agricultoras son sujetos activos de experimentación y desarrollo de técnicas de producción agro ecológicas. Se puede afirmar más genéricamente, frente a estas las experiencias presentadas, que hay un rango variado de modos y de ámbitos de producción de las tecnologías orientadas a la inclusión social pero en todos los casos la eficacia de su implementación estuvo asociada a procesos de empoderamiento de usuarios y usuarias. Los profesionales sanitarios rurales, usuarios-intermediarios de dispositivos TIC para el diagnóstico y monitoreo sanitario, aumentan su capacidad de actuación en condiciones similares de agencia técnica que sus pares urbanos y facilitan el acceso a su servicio de calidad a las poblaciones aisladas. Las usuarias agricultoras de métodos agro-ecológicos de producción adquieren nuevos conocimientos y se transforman en sujetos de nuevos procesos de innovación productiva.

La consideración de la tecnología en cuestión y sus usos como una cuestión de derechos imprime un carácter específico al proceso de desarrollo y un margen de deliberación y poder a quienes la usan. Este rasgo está fuertemente presente en las experiencias presentadas. En el caso argentino, los beneficiarios y beneficiarias de las nuevas tecnologías constructivas desarrolladas por el CEVE son protagonistas centrales de su implementación, dado que aplican las tecnologías a partir de su participación en la construcción de las viviendas, y en el mismo proceso se constituyen en actores sociales que hacen efectivo su derecho a la vivienda. Asimismo, es común la existencia de procesos de integralidad, que implican una atención simultánea a los propósitos específicos de la tecnología y a otros propósitos de desarrollo social y humano. Atender más eficazmente a la salud humana se produce con un mejoramiento de las condiciones laborales del personal sanitario y con tecnologías menos dañinas para el medio ambiente amazónico. Dar acceso a tecnologías de bajo costo y alta calidad habitacional implica a la vez garantizar el derecho a la vivienda, y generar nuevas oportunidades de capacitación laboral y de inclusión productiva. La integralidad como criterio estratégico se conecta con un rasgo descriptivo del desarrollo: no existe un problema aislado a ser atendido sino que en realidad existen una variedad de problemas asociados, emplazados en esquemas de vinculación o “árbol de problemas”.

De aquí se pueden esbozar algunos lineamientos de acción para futuras intervenciones de política pública orientadas al desarrollo de tecnologías que mejoren la inclusión social de poblaciones y grupos postergados:

- Constitución interdisciplinaria de proyectos tecnológicos, en el sentido de variados conocimientos en su definición y concreción, expertos y no expertos. Esto implica incorporar a usuarios/as y a valores de uso en todas las etapas de los proyectos.
- Acciones específicas para la constitución de “sujetos” con capacidad de agencia tecnológica, incluyendo acciones que fortalezcan la cultura tecnológica de la ciudadanía y el enfoque de derechos en la gestión pública de tecnologías.
- Una mejor articulación entre agendas de las áreas de política CTI y políticas sociales.
- Producir análisis rigurosos y regulares sobre las condiciones sociales para el escalamiento de experiencias exitosas de TIS o, sobre las especificidades de situaciones que requieren soluciones tecnológicas de difícil “importación”.

Bibliografía

ALBORNOZ, M. (2011): “Usos y abusos del Término innovación”, en: Lucia Merino (ed.): *Contextos y usos de la innovación social*. Universidad del País Vasco, CSIC, OEI, Bilbao.

BIANCO, M. Y SUTZ J. (2014): “Veinte años de políticas de investigación en la Universidad de la República. Aciertos, dudas y Aprendizajes”, Montevideo, Ediciones Trilce.

BIJKER, W. y LAW, J. (1992): *Shaping technology, building society. Studies in sociotechnical change*, MIT Press + Cambridge.

FISHER, C. y VOGEL, I. (2008): *Locating the power of in between: How research brokers and intermediaries support evidence based pro poor policy and practice*, Sussex, Institute of Development Studies.

EHU, G. M.; BASOGAIN, X.; OLABE, M. A.; ESPINOSA, K.; GÓMEZ, M. A. y LARRABE, J. L. (2011): *E-Health y Telemedicina: la aplicación de las TIC en los servicios de Salud Pública orientada hacia países en desarrollo de Iberoamérica*, EHU. Disponible en: <http://www.ehu.es/es/web/gmm/argitalpenak>.

ESTÉBANEZ, M. E. (2015): "Apropiación social de la Ciencia y la tecnología", *PIUBAMAS, Universidad y Sociedad. Desafíos de la investigación interdisciplinaria*, Buenos Aires, Eudeba.

FERNÁNDEZ, A. M. (2003): "Evaluation of the impact of the use of suitable technologies for rural health staff in developing countries", *From the Telecommunication Engineering Doctoral Thesis. Technical University of Madrid (UPM)*, Madrid,

FERRERO, A. Y REBORD, G. (2013): *Aprendizajes desde el hábitat popular. Una experiencia pedagógica en la Universidad Nacional de Córdoba - FAUD 1991-2011*, Córdoba, Asociación de Vivienda Económica - FAUD-UNC.

GLOBELICS (2011): *Ponencias presentadas y conferencias centrales*. Disponible en: <http://www.globelics.ungs.edu.ar/>.

HACKETT, E.; AMSTERDAMSKA, O.; LYNCH, M y WAJCMAN J. (2008): *The Handbook of Science and Technology Studies*, Londres, MIT Press.

ITS (2014): *Instituto de Tecnologías Sociales*, Brasil. Disponible en: <http://itsbrasil.org.br/>.

MINCYT (2015): *Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la República Argentina*. Disponible: <http://www.mincyt.gob.ar/ministerio-presentacion>.

MCTI (2015): *Ministerio de Ciencia, tecnología e Innovacion, Area de Ciencia, tecnología y Desarrollo social*, Brasil. Disponible en: <http://www.mcti.gov.br/inclusao-social-e-produtiva>.

NÚÑEZ, C. V. (2009): "Tecnologías de la información para la educación, investigación y aplicación en el área de la salud. Bondades y retos", *Salud Uninorte*, vol. 25, nº 2, pp. 331-349, Barranquilla, Universidad del Norte.

OEI (2014): *Ponencias centrales al Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología y Educación*, Buenos Aires, noviembre 2014.

ORTIZ, E. (1995): "Derechos Humanos y Producción Social del Hábitat. Pilares de la estrategia de HIC en América Latina", *Habitat International Coalition*. Disponible en: <http://www.hic-net.org/document.php?pid=2446>.

OSORIO, C. (2002): "Enfoques sobre la tecnología", *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología, Innovación y Sociedad*, nº 2, OEI. Disponible en: <http://www.oei.es/revistactsi/numero2/osorio.htm>.

ODUSHOORN, N. y PINCH, T. (2008): "User-Technology Relationships: Some Recent Developments", en E. Hackett, O. Amsterdamska, M. Lynch y J. Wajcman: *The Handbook of Science and Technology Studies*, Londres, MIT Press.

OVIEDO, E. y FERNÁNDEZ, A. (2010): *Tecnologías de la información y la comunicación en el sector salud: oportunidades y desafíos para reducir inequidades en América Latina y el Caribe*, Santiago de Chile, CEPAL.

PANVINI, M. J. y FERNÁNDEZ, M. (2014): "Las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) y la Salud", *Educación Alimentaria y Nutricional en el marco de la Educación para la Salud*, Iniciativa Latinoamericana de Libros de Texto Abiertos (LATIn).

PIÑEIRO, D. (1985): *Formas de resistencia de la agricultura familiar. El caso del noreste de Canelones*, Montevideo, Centro de Informaciones y Estudios del Uruguay. Ediciones de la Banda Oriental.

RODRIGUES, R. J. (2003): *e-Salud en Latinoamérica y el Caribe: tendencias y temas emergentes*, Organización Panamericana de la Salud, Oficina Sanitaria Panamericana, Oficina Regional de la Organización Mundial de la Salud.

RODRÍGUEZ MARCELA y SCARDINO, L. (2014): "Producción social del hábitat. Perspectivas y propuestas", en E. Reese: *Jornadas de debate del "Consenso Nacional por Hábitat Digno"*, Buenos Aires, CELS.

SÁNCHEZ CHIÑAS, M. E.; BERZAIN VARELA, G. R. y MOTA MORALES, M. D. L. (2009): "Tecnologías de la Información y de la Comunicación en la prestación de servicios de salud", *Altepepaktli: salud de la comunidad*, vol. 5, nº 10, pp. 3-7.

SCHUMPETER, J. A. (1944): *Teoría del desenvolvimiento económico*, México D.F., Fondo de Cultura Económica.

SCOONES, I y THOMPSON, J. (1994): *Beyond Farmer First. Rural people's knowledge, agricultural research and extension practice*, Londres.

VIAUX, C. G. G. (2007): "Penetración de las Tecnologías de la Información en las Realidades Hospitalarias de los Países Latinoamericanos y del Caribe", *IV Latin American Congress on Bio-medical Engineering 2007, Bioengineering Solutions for Latin America Health*, Springer Berlin Heidelberg, pp. 1135-1138.

Combinaciones de capitales en innovaciones en sistemas de producción familiar rural para la inclusión social

Clara Villalba Clavijo*

El objetivo central del presente artículo es identificar innovaciones en sistemas de producción familiar en el período 1985 a 2005 a partir del estudio de tres casos. Estos sistemas constituyen el 75% de la población rural de Uruguay, caracterizándose como población vulnerada. El análisis de los casos arroja que los procesos de innovación se basan en combinaciones de capitales que los incrementan por lo cual se logran diferentes grados de inclusión social y que dichas innovaciones son frugales.

Palabras clave

Innovaciones, inclusión social, combinación de capitales, sistemas de producción agrarios familiares

* Ingeniera Agrónoma. Docente en UdelaR. Facultad de Agronomía. Departamento de Sistemas Ambientales. Proyecto Interdisciplinario Flor de Ceibo. Técnica Especialista en Desarrollo Rural y Territorial en IICA. Correo electrónico de contacto: clarvi@gmail.com.

1. Antecedentes

Este artículo se enmarca desde las actividades de enseñanza realizadas en el Ciclo de Introducción a la Realidad Agropecuaria (CIRA), Facultad de Agronomía, Universidad de la República (UdelaR). El Taller del CIRA se desarrolla en diferentes zonas del país y les propone a los estudiantes dos estadios en un establecimiento agropecuario familiar. Dichas estadios son solventadas por UdelaR y los productores participan voluntariamente de esta experiencia. El objetivo es el estudio de los procesos productivos y del sistema de producción comprendiendo el sistema de decisión del núcleo familiar y la cultura construida allí. En ese sentido, los procesos de innovación en los sistemas de producción familiar presentan singularidades y especificidades frente a los sistemas agropecuarios de mediana o gran escala empresarial y especialmente.

2. Los sistemas de producción familiar son parte de la población vulnerable de nuestro país, por lo cual necesitan inclusión social

Los sistemas de producción familiar –como actividad rural productiva, núcleo de decisión y espacio donde se genera, nutre y mantiene cultura (Piñeiro, 2005)– ha sido atacada sistemáticamente en tanto no han habido políticas públicas diferenciadas para dicho sector hasta 2006, cuando se crea el Programa de Producción Familiar en el INIA y en 2007 la Dirección General de Desarrollo Rural y la Unidad de Descentralización dentro del MGAP. Esto implicaba ausencia de investigación específica para generar tecnologías adecuadas y apropiables, carencia de servicios de extensión rural oportuno y ajustado a las necesidades del amplio espectro de los productores familiares existentes en el país. Esto ha vulnerado a este sector de la población, al punto de que más de una vez queda excluida de políticas, procesos y oportunidades de: innovación, procesamiento de productos o certificación del proceso para el agregado de valor, comercialización, tecnologías para el cuidado del medio ambiente (sobre todo los suelos y el agua en superficies reducidas), formas de organización que les permitan mejorar el acceso a los servicios existentes y a visibilizar sus demandas, traspaso generacional, etc.

En Uruguay, los sistemas de producción familiar llegan a un 75 % aproximadamente del total de productores, reducidos a un área del 30% de la superficie agrícola del país. Resulta importante visualizar categorías de productores familiares. Piñeiro define las siguientes:

- productor familiar capitalizado: contrata asalariados, consigue generar excedentes de un ciclo agrícola para el próximo. Suele reinvertir sus ganancias en la explotación;
- productor semi-asalariado: recurre al empleo fuera de su predio para completar su ingreso;
- productor familiar intermedio: contrata algún asalariado cuando se torna necesario. Sus ingresos le son suficientes para la reproducción pero no para la acumulación.

No sólo basta con innovar, sino lograr la sostenibilidad de la innovación, que es en definitiva lo que permite seguir innovando incrementalmente y aprender de todo el proceso. En países

como el nuestro donde las devaluaciones se han naturalizado resulta beneficioso que la innovación y su sostenibilidad no dependan del capital financiero. Dichas devaluaciones repercuten negativamente sobre los procesos de innovación en sistemas de producción familiar, ya que algunos productores se endeudan para adquirir y/o implementar la nueva tecnología y el sistema se ve debilitado e incluso puede llegar a desaparecer como tal. En palabras del ingeniero Gonzalo Pereira –ex decano de Facultad de Agronomía–, “las devaluaciones actúan como una bola de demolición sobre el aparato productivo” (abril, 2005).

Por otro lado, el análisis bastante generalizado que realizan los productores sobre estas situaciones es que “al innovador le va mal por confiar en los ‘espejitos de colores’ y endeudarse, por lo tanto vale más seguir como venimos”; o sea, les solidifica su aversión al riesgo que implica la innovación por la vía del capital financiero. Sin embargo, algunos productores familiares hacen esfuerzos para probar cosas nuevas a escala reducida (en un bajo porcentaje de la superficie del predio, o en un bajo porcentaje del rodeo, etc.) y con “inventos caseros” para luego y según los resultados, tomar decisiones que sostengan o no el proceso de aprendizaje y la innovación a mayor escala. Esto tiene una doble interpretación: en condiciones de vulnerabilidad y precariedad social rural, las innovaciones son frugales y los productores son sus propios “sastres de innovación”.

Los problemas que presenta este modelo –si se me permite llamarlo así– son que: es a prueba y error; las experiencias son dispersas y alejadas entre sí por las características del medio rural; muchas veces sin extensionistas capacitados para intervenir o mejor aún liderar el proceso; sin conexión con investigadores que puedan aportar en el proceso de aprendizaje para minimizar la prueba y error; sin conexiones con la institucionalidad pública para que los resultados sean públicos y permitan la formulación de políticas públicas al respecto.

3. Innovaciones y capitales

Para Schumpeter (1944), una innovación es un invento que le concede una mejora competitiva a la empresa. En la evolución de su pensamiento plantea primeramente que el elemento fundamental de la innovación es el sujeto para luego ampliarlo hacia el sistema organizacional (empresa, institución, estado, etc.). Por lo cual, la innovación no depende de un solo individuo sino de las condiciones en que los individuos pueden o no desarrollar su talento.

Ese mismo autor distingue básicamente dos tipos de innovaciones:

- radicales: se caracterizan por ser cambios bruscos, que afectan a gran parte del sistema, sus componentes, su arreglo;
- incrementales: se dan luego de una innovación radical, con el objetivo de perfeccionar la misma dentro del sistema.

La tecnología no siempre logra favorecer el desarrollo de una comunidad porque no toda la población afectada por la tecnología en cuestión, está involucrada y participa en la misma.

Para lograr procesos de desarrollo, donde las tecnologías tengan un rol clave, las mismas deben ser adecuadas a la situación donde van a aplicarse y significativas para quienes van a utilizarlas de modo que se las apropien. Los autores neoschumpeterianos plantean que la tecnología constituye un bien intangible. Para demostrar esto se basan, en tres postulados: la tecnología se conforma a partir de un conjunto de conocimientos, capacidades y habilidades (o know-how) relacionados con la producción; estos conocimientos no pueden ser codificados totalmente ni transmitidos fácilmente; la tecnología necesita ser aprendida y, en gran parte, consiste en un conocimiento tácito, específico en su naturaleza y acumulativo en su desarrollo (Pavitt, 1998).

En ese sentido, Bound y Thorton (2012) brindan otra categoría de análisis para interpretar los procesos de innovación. Así definen la innovación frugal como: “Aquella que se caracteriza por sus medios y por sus fines. Responde a limitaciones en recursos, sea de tipo financiero, material o institucional y, utilizando muy diversos métodos, transforma las restricciones en ventajas. A través de minimizar recursos en el desarrollo, la producción o la distribución, o mediante formas nuevas de llevar a cabo estas acciones, la innovación frugal resulta en productos y servicios dramáticamente más baratos. Las innovaciones frugales exitosas no sólo son más baratas, sino que se comportan mejor que las alternativas y pueden hacerse accesibles en gran escala” (Bianco y Sutz, 2014; p. 6). Por su parte, Srinivas y Sutz (2008) plantean que la característica esencial de las situaciones donde se dan innovaciones frugales es la capacidad de innovar en condiciones de escasez y que la innovación frugal no se caracteriza por el tipo de conocimiento que utiliza: científico (resultados de investigación académica) o conocimiento tácito y local (de gente de todo tipo de oficios).

Por lo cual, para resolver problemas creativamente en el ámbito de los sistemas de producción familiar –ya caracterizado como población vulnerada, con diversas y en algunos casos graves restricciones– sería inteligente y reflexivo pensar la investigación científica, la inclusión social y la innovación en términos de procesos de innovaciones frugales. El diseño de dichas políticas debería tomar en cuenta experiencias que ya se han venido realizando, como los estudio de casos que presenta este artículo.

Para el análisis de los procesos de innovación relacionados con la inclusión social resulta valioso traer el Marco de los Capitales, metodología desarrollada por Flora y Flora (2006). Los capitales son medios y fines en sí mismos. Las estrategias de acción sostenibles para poblaciones vulnerables surgen de un equilibrio dinámico entre los capitales y las inversiones que en sentido amplio, se realizan para mejorarlos. Por otra parte, cada forma de capital se enlaza con el crecimiento o disminución o desarrollo de los otros capitales (Flora, 2008).

Flora y Flora, distinguen siete capitales:

- Capital financiero: comprende los recursos monetarios para inversiones en fortalecimiento de las capacidades comunitarias: apoyo de emprendimientos productivos, sociales, empresariales, cívicos y para acumular excedentes para el desarrollo futuro.

También implica la carga fiscal, el dinero de impuestos locales y nacionales, las donaciones filantrópicas, las subvenciones, los contratos y créditos, las excepciones en la reglamentación, las inversiones, las reasignaciones, los préstamos y las tasas de pobreza. Incluye las remesas (Landold, 2001), el crédito (Wilson, 2000), trabajadores más calificados (uso de tecnología y mejores normas), generación de ingresos y utilidades empresariales (incrementando el capital humano mediante la difusión de destrezas y capital social a través de cadenas de valor más integradas) (Lorenz, 1999, Mollering, 2002; Talmud y Mesch, 1997).

- Capital construido: incluye infraestructura, vivienda, infraestructura para traslados, infraestructura para comunicaciones, utilidades, construcciones. Comprende una diversidad de objetos y sistemas construidos por los esfuerzos humanos que van desde la comunicación electrónica hasta canchas de fútbol. También alcanza al equipamiento científico. El capital construido puede ampliar o disminuir la calidad de los otros capitales, ejemplo de ello son las diferentes formas de eliminar los efluentes de actividades productivas (Flora, 2004).
- Capital humano: abarca las destrezas y capacidades de la población para desarrollar y ampliar sus recursos. Acceder a recursos y conocimientos externos para identificar prácticas saludables. La educación formal e informal son inversiones en capital humano (Becker, 1964; Schultz, 1961, 1963, 1964). Comprende salud y liderazgo. La inversión en capital humano incluye identificar las motivaciones y capacidades de cada individuo para aumentar las oportunidades y afianzar las características positivas de la comunidad.
- Capital social: refleja las conexiones entre la gente y las organizaciones o el apego social para hacer que acontezcan determinados hechos (Coleman, 1988; Portes y Sessenbrenner, 1993). Comprende la confianza mutua, las normas de reciprocidad, las estructuras en red, la membresía a grupos, la identidad colectiva, el sentimiento de un futuro compartido y el trabajo conjunto (Putnam, 1998). El capital social también incluye, la cooperación, los liderazgos compartidos, la despersonalización de políticas, la aceptación de visiones alternativas, la diversidad de representantes. Los incrementos de capital social reducen perceptiblemente los costos de transacción, haciendo más eficiente, el uso de otros recursos y aumentando los demás capitales.
- Capital cultural: expresa la manera en que la gente conoce el mundo y lo interpreta, cómo actúa dentro de él. Comprende la cosmovisión, la espiritualidad, los valores, el reconocimiento del patrimonio, el lenguaje, los rituales, las tradiciones, los cultivos, la vestimenta, las manifestaciones de arte, la comida, el idioma, las definiciones de lo que puede ser cambiado, los modos de conocer y percibir (Flora y Flora, 2006). La hegemonía privilegia el capital cultural de los grupos dominantes (Bourdieu, 1986; Flora y Flora, 2008). El monitoreo del estado de los capitales permite que los grupos se apropien y empoderen para poder negociar con el capital cultural de los grupos dominantes. El mismo tiene influencia sobre qué voces son oídas, cuáles tienen influencias en qué áreas y cómo es que surgen

y se cultivan la creatividad, la innovación y la influencia. El reconocer y valorar diferencias culturales permite preservar costumbres, idiomas, identidades, culturas.

- Capital político: refleja el acceso al poder, las organizaciones, la conexión de recursos e intermediarios del poder (Flora y Flora, 2008). Representa el nivel de la organización comunitaria para el uso del gobierno local y habilidad del mismo de obtener recursos para la comunidad. El capital político es la capacidad que tiene un grupo de utilizar sus propias normas y valores para influir en la articulación de reglas, las regulaciones y el cumplimiento de normas que determinan la distribución de recursos y las formas en que son utilizados. Una comunidad con capital político tiene su propia voz, realiza acciones para el bienestar de la comunidad, ha logrado un nivel de empoderamiento que puede negociar con grupos poderosos, conoce el lugar que ocupa y se siente cómoda entre gente con poder (científicos, funcionarios del gobierno) (Flora y Flora, 2008).
- Capital natural: se refiere a los bienes de una localidad, tales como biodiversidad, recursos naturales, paisajes agradables, belleza natural (Flora, 2004). También cuentan la calidad y cantidad del agua, del suelo y del aire (Costanza et al., 1997). El capital natural determina los límites y las oportunidades para la acción humana. Sin embargo, las diversas etnias, grupos y clases sociales tienen diferente acceso a los recursos naturales, que a su vez les concede construir un conocimiento local específico. El mismo integrado al conocimiento científico puede desarrollar ecosistemas saludables y beneficios comunitarios (Ostrum et al., 1994).

4. La extensión es un proceso fundamental en la innovación para la inclusión social rural

La extensión en su definición misma ha tenido varias contradicciones y no hay aún consenso. Hay varias escuelas que involucran metodologías distintas. No es objetivo de este artículo ahondar en dicha discusión, por lo cual se considerará la extensión como un proceso esencialmente comunicativo que permite el incremento y la hibridación de capitales: humano, social, cultural, político y el acceso a capitales como construido, financiero y natural.

Los procesos de innovación serán exitosos en la medida que exista hibridación entre conocimiento científico y saber local situado, que forma parte del acervo cultural de los productores familiares. Esto incide directamente en las posibilidades de generar nuevo conocimiento situado y/o conservar el ya existente. Particularmente, en las ciencias de la vida son sumamente importante las peculiaridades del conocimiento científico-tecnológico local que registra e incluye la diversidad biológica y cultural, las que se mantienen y conservan mutuamente.

El rol y la actitud de investigadores y extensionistas es fundamental en dicha hibridación de conocimientos y saberes para que el diseño de las tecnologías sea adecuado, exista anclaje de la innovación en la vida cotidiana y sistemas de producción familiar y haya apropiación sostenible de la innovación. Estos procesos no son posibles sin investigación participativa que favorezca

la formación del ecosistema de innovación constituido por: el usuario final que es el sistema de producción familiar y su contexto (ambiente y recursos naturales, organizaciones en las que participa, instituciones con las que tiene vínculos, recursos de capital financiero, construcciones, maquinarias y artefactos, etc); los equipos de investigadores y sus instituciones; y los extensionistas o técnicos de campo (sean del sistema institucional público o de organizaciones de la sociedad civil organizada rural o sea privados) que actúan como comunicadores tecnológicos y sociales o lo que alguna literatura denomina 'brokers del conocimiento'. En términos de comunicación, estos técnicos realizan traducción y trasvase de conocimiento científico al usuario final (familia rural u organizaciones rurales y de las necesidades y problemas de los usuarios hacia los investigadores específicos y de alto nivel. Mientras que en el primer caso los extensionistas deben realizar integración del conocimiento científico fraccionado en diferentes resultados de investigación para resolver los problemas de la realidad a los usuarios; en el segundo caso, los extensionistas deben fraccionar los problemas de los productores familiares en las distintas disciplinas en las que se presenta la investigación científica.

Básicamente, estos actores individuales y colectivos, que configuran los ecosistemas de innovación, ponen en juego una red de conocimientos de distinta naturaleza y origen (científico, tecnológico, académico, local, situado, popular, etc.). Eso va dando lugar a diferentes niveles de apropiación e hibridación de conocimientos, saberes y tecnologías por parte de los distintos actores e instituciones. Ejemplos son: el Proyecto EULACIAS, 2006-2010, liderado por Facultad de Agronomía, y el Proyecto de Producción Integrada de frutas y hortalizas, 1997-2004, realizado interinstitucionalmente (Facultad de Agronomía, INIA, DIGEGRA). Ambos se realizaron participativamente con productores del sur del país. Éstos y otros casos van configurando una sociedad de aprendizaje en relación a tener oportunidades de resolver problemas en el ámbito del trabajo. Sin embargo, los aprendizajes más lentos son el institucional y el del diseño y formulación de política pública, que son muy importantes para la sostenibilidad de la innovación, sobre todo cuando ésta tiene el objetivo de la inclusión social.

La innovación puede ser dirigida hacia la inclusión social si el conocimiento científico es socialmente relevante. Para ello:

- el usuario final (productor rural) tiene un rol protagónico en la definición de la agenda de investigación y en los reajustes de la propuesta de solución del problema durante la implementación (ahí es donde la solución se convierte en innovación);
- los investigadores deben ser estimulados a repensar su rol, perfil y actitud, la configuración de su agenda y la forma de ser evaluados individual y colectivamente en los equipos que integran;
- las instituciones deben implementar estímulos para la creatividad y el aprendizaje, donde la confianza, las posibilidades de diálogo y el error sean posibilidades y no tengan consecuencias punitivas. Uno de los pasos fundamentales es el logro de una ingeniería organizacional adecuada para la articulación y coordinación entre sujetos colectivos y el diseño y formulación de políticas de ciencia, tecnología e innovación rural inclusiva y sostenible.

5. Metodología

Este estudio se realizó mediante técnicas cualitativas de investigación. Cada dupla de estudiantes del Taller del CIRA–UdelaR, luego de las estadías en los establecimientos de productores, realiza un análisis interpretativo de los datos recolectados, presenta el mismo a sus compañeros de grupo, realiza un informe escrito y una defensa oral. La labor docente es seleccionar y profundizar el estudio de los casos paradigmáticos. En esa metodología es fundamental la selección de los casos y su representatividad pero aun así, no los justifica como representantes de un universo mayor. Sin embargo, el logro del conocimiento de los mecanismos concretos que conectan causas y efectos y dan explicaciones, no es posible mediante investigaciones cuantitativas estadísticamente representativas sino por investigaciones intensivas desde el punto de vista cualitativo.

Aunque el caso estudiado sea diferente en cuanto a las características del universo, los mecanismos develados podrían ser los mismos que operan los extensionistas en el universo, como recursos humanos en territorio son claves dada la dispersión y multiplicidad de variantes de los sistemas de producción familiar.

En ese sentido, es posible distinguir dos tipos de casos. Aquél que pone a prueba una teoría desarrollada; a través del método deductivo, se parte de una teoría compleja y estructurada, llegando con precisión a comportamientos y fenómenos concretos; basta el estudio de uno o dos casos para comprobar la teoría. Y aquél cuyo objetivo es generar hipótesis explicativas en un área temática que carece de teorías establecidas; se parte de una sospecha inicial o hipótesis intuitiva.

6. Presentación de resultados

6.1. Estudio de la zona: contexto de los casos de estudio

La zona del noreste del departamento de Canelones en Uruguay se caracteriza por sistemas de producción familiar en pequeñas superficies, heredados de generación en generación y, por ende, muy subdivididos, en general con títulos de propiedad desactualizados. La superficie promedio de estas unidades productivas se encuentra en un rango que oscila de 10 a 40 hectáreas (DIEA, 2000). Por otra parte, los suelos se encuentran muy erosionados dado el modelo de agricultura continua llevado a cabo.

A continuación se presenta brevemente la historia del territorio con la intención de mostrar las instituciones que llevan a los modelos de extensión rural, que están directamente involucrados con las innovaciones en los sistemas de producción familiar de cada momento histórico desde 1950 hasta 2005, con el cambio de administración hacia gobiernos de izquierda.

6.2. Presentación de los casos de estudio

Se presentan a continuación los sistemas de producción familiar del noreste de Canelones seleccionados como casos de estudio.

Año	Evento	N° de becas
1950	Modelo de sustitución de importaciones.	El gobierno impulsa RAUSA, SWIFT, FRIGONAL. Complejos Agroindustriales de conservas de carne y hortalizas.
1955	Área Demostrativa San Ramón.	IICA y MGAP tienen como ejes prioritarios de acción: la producción, el género y los jóvenes.
1975	Resurgen las Sociedades de Fomento Rural.	Rol protagónico de CNFR. CALFORU es el brazo económico de CNFR. IPRU, CIESU, CINVE y CCU (como organizaciones no gubernamentales) colaboran técnicamente en el resurgimiento de las Sociedades de Fomento Rural.
1980	El factor limitante para la horticultura que se venía desarrollando es el riego, por lo cual se inicia un proyecto de riego.	El mismo es llevado a cabo desde el MGAP (DUMA) en articulación con CNFR, especialmente la Federación del NEC. El organismo internacional financiador es la IAF.
1986	Se visualiza el deterioro empresarial de RAUSA por lo cual surge el Proyecto de Reconversión del NEC.	Es impulsado por el MGAP y tiene gran protagonismo CALFORU, CNFR, CALNU
1987	Cierre de RAUSA.	Interviene el MGAP.
1987	Comienzan Programas de Manejo Integrado de Plagas.	Especialmente impulsado por médicos del paraje de San Bautista, la intendencia de Canelones y el MSP.
1987	Proyecto de Reconversión del NEC teniendo en cuenta el manejo integrado de plagas, tecnología que impulsaba la GTZ.	MGAP, INC, GTZ, AID – USA, CALFORU, CNFR, CALNU.
1987	Comienzan planes productivos con inclusión del tema: género.	MGAP, JUNAGRA, GTZ, Plan Agropecuario.
1990	Reformulación del Proyecto NEC.	MGAP, JUNAGRA, Plan Agropecuario.
1991	Se inicia la construcción de invernáculos en el NEC.	JUNAGRA, Grupos de productores.
1991	Proyecto FIDA hacia productores en pobreza extrema.	MGAP, PRONAPPA, FIDA.
1992	Se forma AGRATA.	Cuerpo de Paz de USA:

Año	Evento	N° de becas
1993	Proyecto PRENADER.	MGAP – PRENADER.
1994	Proyecto de Riego en zona “La Escobilla”.	MGAP – JUNAGRA – PNUD.
1996	Fuerte sequía.	
1996	Proyecto PREDEG	MGAP – PREDEG.
2001	Crisis de la Granja	
2002	Crisis financiera	
2005	Cambio de administración.	PPR, PUR, Proyecto Ganadero. Se crea la Dirección General de Desarrollo Rural dentro del MGAP. Énfasis en la agricultura familiar y en la descentralización. Se generan ámbitos de participación ciudadana en el medio rural: Mesas de Desarrollo Rural (2005). En 2007 se las incluye en la Ley 18.126.

Fuente: elaboración propia.

6.2.1. Parámetros del Predio “Los Ciruelos”

- Titulares del Sistema de producción: César y Ángela.
- Ubicación: Paraje Pederal.
- Integrantes y sus edades: César (38), Ángela (33). Hijas: Mirta (9), Maripaz (6) y Melody (1).
- Mano de Obra: Familiar. Trabaja el matrimonio de productores. El hombre se ocupa del rubro secundario y la mujer junto a sus hijas (que a su medida colaboran) están encargadas del rubro principal.
- Asistencia técnica: durante el proceso de innovación, una ingeniera agrónoma y una antropóloga de GRECMU (organización no gubernamental). Posteriormente, una ingeniera agrónoma de DIGEGRA, MGAP. Actualmente, un ingeniero agrónomo contratado por la cooperativa CALMAÑANA.
- Sistema de producción: orgánica.
- Rubro principal: plantación de hierbas aromáticas y medicinales.
- Rubro secundario: Pasturas y bovinos para carne realizando ciclo completo.
- Rubros de autoconsumo: Avicultura y Bovinos para leche.
- Superficie total: 24 has. Superficie destinada al rubro principal: 1ha. Superficie destinada a rubro secundario: 17 has.
- Infraestructura correspondientes al rubro principal: tres secaderos (uno artificial y dos naturales) y dos invernáculos (en uno ciboulette, ciboulette ajo y guaco; en el otro ce-

drón, rúcula, albahaca, eneldo, mburucuyá y almacigueras de alcaucil y epilobio).

- Pertenencia al grupo: Calmaña.
- Innovación radical: de horticultura convencional a campo se pasa a producción orgánica de hierbas aromáticas y medicinales, primeramente a campo. Esta innovación en el proceso de producción, redonda en un nuevo tipo y cantidad de insumos, disminuyendo significativamente la entrada de agroquímicos al predio.
- Innovaciones incrementales: se incorporan invernáculos. Al inicio, las hierbas se comercializaban en fresco. Luego de la incorporación de los secaderos, se comercializan deshidratadas –para concederle mayor durabilidad al producto– logrando mayor valor agregado.
- Innovaciones gestionadas desde la organización no gubernamental: GRECMU (Grupo de Estudios sobre la condición de la Mujer) y posteriormente Comisión Nacional de Fomento Rural. Las técnicas de manejo las descubren las mujeres del grupo (CALMAÑANA) día a día, observando los cultivos, en el ensayo y error, con ayuda de técnicos de GRECMU. La información tanto de la producción como de los mercados se comparte, se analiza y se decide en el grupo de mujeres. Se da un reacomodamiento en el aspecto organizacional del sistema: la mujer cobra un rol protagónico en el predio a través de la realización y la gestión de la producción orgánica de las hierbas, siendo éste el rubro principal desde el punto de vista económico. El hombre se encarga de la producción ganadera.

6.2.2. Parámetros del Predio “El porvenir”

- Titulares del Sistema de producción: Baltasar
- Ubicación: Paraje Arenales.
- Integrantes y sus edades: Baltasar (66), Shirley (su esposa) (60), María Ángel (hija) (25).
- Mano de Obra: Familiar. María Ángel se encarga de la producción hortícola y su padre de la producción ganadera. Trabajadores asalariados: uno (zafral).
- Asistencia Técnica durante el proceso de innovación fue brindada por DIGEGRA–MGAP. Actualmente, ingeniero agrónomo mensualmente y veterinario eventualmente, solventados por el grupo JUS.
- Sistema de producción: horticultura bajo cubierta (invernáculos) con producción integrada combinada con producción ganadera de recría.
- Rubro principal: horticultura intensiva.
- Rubro secundario: ganadería vacuna.
- Rubros de autoconsumo: Suinos.
- Superficie total: 49 hectáreas propias. Superficie destinada al rubro principal: 3000 metros cuadrados. Superficie destinada a rubro secundario: 40 hectáreas.
- Infraestructura correspondiente al rubro principal: tres invernáculos y un galpón.
- Pertenencia al grupo: Jóvenes Unidos del Sur JUS.
- Innovación radical: adquisición de un tractor durante el año 1992. Se pasa de horticultura convencional a campo hacia producción hortícola con manejo integrado de plagas, en invernáculos. Ambas innovaciones en conjunto se dan durante el año 1997.
- Innovaciones incrementales: fertirriego por goteo en 2002 y la instalación de un módu-

lo ganadero (compra de terneras para engorde, realización de praderas e instalación de alambrados eléctricos) en 2004 constituyen innovaciones incrementales que afianzan la innovación radical inicial. Esto mejora notoriamente la función económica del predio permitiendo una mejora en la calidad de vida de esta familia. En relación a los tipos de insumos: la producción hortícola en invernáculo se realiza bajo el sistema de producción integrada, con lo cual los agroquímicos que se usan son de baja toxicidad. Además, se realiza el monitoreo de plagas para decidir las aplicaciones de agroquímicos en función del UDE (umbral de daño económico). La producción ganadera requiere la realización de praderas, por lo cual se torna necesaria la compra de semillas, fertilizantes y herbicidas para la misma. Respecto a los métodos organizacionales, se observa el comienzo del proceso de sucesión o traspaso generacional dentro del establecimiento ya que la segunda ola de cambios técnicos: la horticultura protegida, el ganado y las praderas, son gestionadas por la hija de 25 años de edad, mientras el sistema de ganadería extensiva, suinos y algo de agricultura como sustento de estas producciones lo continúa realizando el padre de 66 años de edad. La adquisición del tractor facilita la horticultura, la realización de praderas y concretiza al menos cuatro cambios muy importantes en la organización predial. El principal impacto es en la mano de obra familiar ya que debe estar capacitada para saber usarlo, aumenta el tiempo libre de la misma y provoca menor desgaste físico (detalle no menor debido a que el reemplazo generacional está representado en una hija mujer). Además, posibilita sembrar mayores superficies aunque también genera costos de combustible y mantenimiento que no existían en el sistema anterior.

6.2.3. Parámetros del Predio “Teclaf”

- Titulares del Sistema de producción: César B.
- Ubicación: Paraje Arenales.
- Integrantes y sus edades: César (44) y Lourdes (43). Hijos: Allison (15) y Fabio (18). Padres del titular: Enrique (77) y Esther (62).
- Mano de Obra: Familiar. Trabajan los dos matrimonios y el hijo mayor, la hija estudia en la Escuela Agraria de Montes. Todos comparten las tareas de producción, planificación, aunque la comercialización la realiza mayoritariamente César B.
- Asistencia Técnica durante el proceso de innovación: ingeniero agrónomo de DIGEGRA - MGAP. Actualmente uno, contratado por la familia, quincenalmente.
- Sistema de producción: hortícola – ganadero.
- Rubro principal: horticultura bajo cubierta.
- Rubro secundario: bovinos de carne.
- Superficie total: 9,5 has. Superficie destinada al rubro principal: 8000 metros cuadrados. Superficie destinada a rubro secundario: 1 ha.
- Infraestructura correspondiente al rubro principal: nueve invernáculos y un galpón.
- Pertenencia al grupo: AREPE.
- Innovación radical: incorporación de invernáculos para la producción hortícola. La misma tuvo como antecedentes la instalación de energía eléctrica en la zona y del riego con aspersores en el predio, durante 1989.

- Innovaciones incrementales: un encadenamiento de innovaciones incrementales se suceden posteriormente que afianzan el nuevo sistema de producción: horticultura bajo cubierta y que se describen a continuación: implementos de diseño artesanal y luego comercial para el fertirriego, uso de nebulizadora para evitar la exposición de los operarios a la aplicación de agroquímicos y la carga de los implementos, y realización de abonos verdes debido a la concentración de los cultivos cuando se comienza con la producción en invernáculos, sumado a los altos niveles de erosión que muestran esos suelos. La producción de bovinos para carne es continua en este establecimiento. Sin embargo, lo que cambia es el objetivo de producción. En los primeros momentos de la historia familiar y predial el uso que se le daba a este componente era el autoconsumo. Luego se comienzan a comercializar algunos excedentes. En relación al método organizacional, las innovaciones afianzan y reafirman el liderazgo de César en el sistema familiar.

7. Discusión y análisis de resultados. Análisis de capitales

Se comienza con el análisis de capital social, por considerarlo el factor explicativo primario en este estudio. Los sistemas de producción familiares estudiados pertenecen a grupos de productores que tienen en común características básicas de dichos sistemas, lo cual podría darle escalabilidad a la propuestas que emerjan. Por otra parte, el capital social de los grupos favorece el aprendizaje colectivo que involucra dos ámbitos embebidos de capital cultural: el diseño tecnológico y la adaptación de las tecnologías a la realidad de cada sistema predial. La experiencia de cada integrante apoya y colabora a la de los demás facilitando su propia retroalimentación. Los aprendizajes tecnológicos de los productores forman parte de los procesos de comunicación, de consolidación de valores e identidad (en relación a referentes, a integrantes del grupo y a relaciones que éstos establecen entre sí), participando de los rituales de intercambio e influenciando la cosmovisión de los involucrados (capital cultural). Por tanto, estos aprendizajes tecnológicos generan incrementos y retroalimentaciones positivas entre capital social y cultural.

Las formas en las que se visualiza el capital político, definido por la presencia de agencias en el territorio, están íntimamente relacionadas con otros capitales y son: las agencias dedicadas a la asistencia técnica tienen recursos limitados (humanos y económicos) por lo cual para que su actividad logre un impacto eficiente y perdurable, trabajan mayormente con grupos (o sea sobre la base del capital social) realizando una economía de escala en sus intervenciones; la misma lógica avala y dirige las actividades de agencias internacionales de cooperación, que además buscan asociarse a las instituciones gubernamentales integradas al territorio, incrementando a su vez el capital humano de las mismas, a través de formación en servicio (learning by doing): capacitaciones y viajes de intercambio para técnicos y productores. En algunos casos, se incluye también el crédito, los préstamos o las donaciones (capital financiero). Esta interacción de capitales favoreció innovaciones radicales e incrementales. Entre las innovaciones radicales se encuentran: la construcción de invernáculos y secaderos en los grupos CALMAÑANA y JUS; el cambio en el manejo de cultivos hortícolas convencionales a cultivos con manejo

integrado de plagas (MIP), en el cual disminuye el uso de pesticidas con el consecuente aumento de la biodiversidad y disminución de residuos de agroquímicos en el ambiente; y la rotación de cultivos que preserva las condiciones edáficas, disminuyendo la incidencia de plagas y enfermedades.

Entre las innovaciones incrementales se encuentran: el acceso del grupo JUS a un predio de 20 hectáreas del INC para engorde de terneras y cultivos de alfalfa para fardos; el uso de riego por goteo que disminuye la erosión; y el cultivo de praderas artificiales con gramíneas y leguminosas que fijan nitrógeno y mejoran la estructura del suelo que tienen especial relevancia ya que la zona se caracteriza por grados de erosión severa. Estas innovaciones inciden positivamente sobre el capital natural.

La interacción de capitales social, cultural, político y financiero previos que promovieron estas innovaciones, tanto radicales como incrementales, fomentaron el incremento de capital natural. Además, la realización de invernáculos, secaderos, praderas, el uso de nebulizadoras puede clasificarse como una ampliación del capital construido. El análisis de los tres casos estudiados evidencia que el capital social funciona como sustrato o nodo fundamental de la red de capitales y que el mismo favorece el incremento de los demás. En el proceso de innovaciones estudiado para estos tres casos puede afirmarse que el capital social, permite el desarrollo de capital político y la conjunción de ambos, consolida e incrementa el capital cultural y levanta restricciones de capital humano y financiero. Por otro lado, el enlace y desarrollo del capital humano y financiero permiten la mejora de capital construido y capital natural.

8. Conclusiones

Este estudio sistematiza evidencia de que los productores familiares han implementado estrategias de adaptación basadas en incorporar tecnologías pensadas para productores empresariales –o sea son sastres de innovación– o bien han desarrollado tecnologías propias.

Los procesos de innovación en sistemas de producción familiar están basados en interacción de capitales y han seguido trayectorias de innovaciones frugales.

Durante los procesos de innovación en los sistemas de producción familiar los capitales se refuerzan mutuamente y se incrementan, por lo cual se logran diferentes grados de inclusión social.

Bibliografía

ALBÍN, A. (2008): *Coyuntura Agropecuaria. Investigación y Tecnología para la Agricultura Familiar en el Uruguay*.

BECHT, G. (1974): “Systems theory, the key to holism and reductionism”, *Bioscience*, n° 24, pp. 579-596.

BIANCO M., y SUTZ, J. (coords.) (2014): *Veinte años de políticas de investigación en la Universidad de la República. Aciertos, dudas y Aprendizajes*, Ediciones Trilce, Udelar.

FLORA, C., y FLORA, J. (2008): *Rural Communities. Legacy and Chance*, Iowa State University, tercera edición.

PAVITT, K. (1988): “Internacional Patterns of technological Accumulation”, en N. Hood y J. E. Vahlne (eds): *Strategies in global competition*, Croom Helm, Londres.

PIÑEIRO, D. (1985): *Formas de resistencia de la agricultura familiar. El caso del noreste de Canelones*, Centro de Informaciones y Estudios del Uruguay, Ediciones de la Banda Oriental.

SCHUMPETER, J. A. (1944): *Teoría del desenvolvimiento económico, Fondo de cultura económica*, México.

SCOONES, I, y THOMPSON, J. (1994): *Beyond Farmer First. Rural people’s knowledge, agricultural research and extension practice*, Londres.

YIN, R. (1994): *Case Study Research Design and Methods*, Ed. Sage Publications, Londres.

Anexos. Listado de acrónimos y siglas utilizadas

AGRATA - Asociación de Granjeros de Tala

AID - Agencia Interamericana de Desarrollo

AREPE - Arenales – Pedernal

CALFORU - Cooperativa Agropecuaria Limitada de Fomento Rural

CALNU - Cooperativa Agraria Limitada Norte Uruguayo

CALMAÑANA - Cooperativa Agraria Limitada “Por Un Mañana”

CNFR - Comisión Nacional de Fomento Rural

DIGEGRA - Dirección General de la Granja

DUMA - Dirección de Uso y Manejo del Agua

FIDA - Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola

ESPACIOS PRIORITARIOS EN I+D: ESTRATEGIAS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

FRIGONAL - Frigorífico Nacional

GRECMU - Grupo de Estudio de la Condición de la Mujer en el Uruguay

IAF - Inter American Foundation

IICA - Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura

IMC - Intendencia Municipal de Canelones

INC - Instituto Nacional de Colonización

INIA - Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria

MEVIR - Movimiento de Erradicación de la Vivienda Insalubre Rural

MGAP - Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca

MIP - Manejo Integrado de Plagas

NEC - Noreste de Canelones

PNUD - Programa Naciones Unidas para el Desarrollo

PPR - Proyecto de Producción Responsable

PREDEG - Programa de Reconversión de la Granja

PUR - Programa Uruguay Rural

RAUSA - Remolacheras y Azucareras del Uruguay Sociedad Anónima

Transformaciones y sostenibilidad del desarrollo urbano: el caso de la zona costera de la región de Valparaíso, Chile

Federico Arenas^{*}, Rodrigo Hidalgo^{**} y Daniel Santana^{***}

Una de las primeras cuestiones que surgen cuando se examina actualmente el desarrollo urbano es la velocidad de la transformación de ciertos espacios rurales que, sometidos a la presión inmobiliaria, se incorporan como nuevos espacios urbanos en ciertas periferias o como nuevos asentamientos. La segunda cuestión se relaciona con la sostenibilidad de este proceso de desarrollo urbano, sobre todo cuando éste se presenta en los denominados espacios geográficos frágiles, como es la zona costera. Más allá de la cuestión semántica, lo que parece incuestionable es que el desarrollo urbano costero, y en particular el de la Región de Valparaíso, en el caso de Chile, más allá de un supuesto éxito inmobiliario, no parece responder a las exigencias mínimas en cuanto a su sostenibilidad por la forma de ocupación del suelo, la falta de protección de las condiciones ambientales y la escasa inclusión social. Por tal motivo, el objetivo es discutir sobre la gestión de costas, la sustentabilidad y la urbanización a partir de un análisis de la variación de la vegetación en el litoral de la V Región (entre 1992 y 2011), para evidenciar cómo la urbanización ha dejado huellas de insostenibilidad que requieren de la ejecución de políticas de planificación territorial.

Palabras clave

Transformaciones espaciales, sostenibilidad urbana, zona costera

* Doctor en Ciencias Económicas y Sociales, mención Geografía, Profesor Titular, Instituto de Geografía, Pontificia Universidad Católica de Chile. Investigador Asociado Centro de Desarrollo Urbano Sustentable (CEDEUS): Correo electrónico de contacto: farenasv@uc.cl.

** Doctor en Geografía Humana, Profesor Titular, Instituto de Geografía, Pontificia Universidad Católica de Chile. Investigador Asociado del Centro de Desarrollo Urbano Sustentable (CEDEUS): Correo electrónico de contacto: rhidalgd@uc.cl.

*** Doctorando en Geografía. Instituto de Geografía, Pontificia Universidad Católica de Chile. Correo electrónico de contacto: ldantana@uc.cl.

1. Introducción

¿La urbanización de los litorales y los retos en términos de su sustentabilidad son realmente una problemática específica que requiere un abordaje particular? Aunque el proceso de urbanización avanza generalmente mediante mecanismos económicos, políticos y sociales que son homólogos –guardan ciertas similitudes aunque produzcan resultados espaciales diferenciados– y desde ese punto de vista, la localización en los bordes costeros de las nuevas formas y artefactos urbanos no se diferencia respecto de otros entornos, si existen particularidades derivadas de las condiciones de sitio y situación del borde costero, que implican retos específicos para la gestión sustentable del territorio (Kay y Alder, 2005)¹.

Por un lado, la urbanización costera se asocia a la existencia de lugares con una alta valoración paisajística que son promocionados como paraísos naturales y que suelen contar con condiciones para una vida urbana –conexión vial, disponibilidad de servicios y comercio y demás– (Hidalgo *et al.*, 2015), y por otro, su avance sobre ecosistemas frágiles implica acelerados procesos de degradación ambiental; es decir, esta búsqueda del regreso a la naturaleza implica la destrucción de la misma (Lefebvre, 1980): ¿Es la ciudad o es la urbanización capitalista siempre expansiva y en búsqueda de lugares con altas potencialidades de valorización inmobiliaria la que es insustentable? En este artículo partimos de la segunda hipótesis y, por ello, el objetivo general es identificar, a la luz de los mecanismos en discusión para una planificación costera y urbana sustentable, algunos de los conflictos ambientales presentes y potenciales en el litoral de la Región de Valparaíso, producto de un intenso proceso de urbanización entre 2002 y 2012.

En la primera parte se aborda cómo la gestión costera, a pesar de su clara orientación hacia la evaluación de la sostenibilidad social, económica y ambiental de los espacios litorales deja de lado el problema de la urbanización, ya que éste es considerado como un conflicto muy complejo, al igual que el cambio climático. Posteriormente, se realiza un análisis de cómo a partir de una acelerada urbanización del litoral la cobertura vegetal del área de estudio ha sufrido cambios drásticos, para concluir señalando la urgencia de considerar mecanismos de planificación para la gestión territorial de los mismos.

2. Discusiones recientes sobre gestión costera, sustentabilidad y urbanización

La literatura científica producida recientemente –en los últimos 25 años–, que hace parte del campo denominado “gestión costera”, da muestras de una continua tendencia hacia una ma-

yor amplitud temática: aunque surgió a partir de la zonificación de usos del suelo en países desarrollados, no fue hasta los 90 que se convirtió en un campo más dinámico, esencialmente gracias a la introducción del concepto de la sustentabilidad –que sigue siendo el paradigma predominante– y de otros como el del discurso de la participación ciudadana o la “gestión integrada de la zona costera” (ICZM, por sus siglas en inglés): Ya durante comienzos del siglo XXI se han involucrado nuevos y álgidos temas como la gestión de los ecosistemas costeros –aún poco conocidos–, los modelos de gobernanza, la aplicación de indicadores para medir la sustentabilidad litoral (Kay y Alder, 2005) o los impactos del cambio climático.

Aunque el concepto de sustentabilidad, la piedra angular de la gestión costera, ha sido duramente criticado por múltiples razones –por ejemplo, por no involucrar dinámicas sociales y políticas amplias, por legitimar una naturaleza mercantilizada o por encubrir una noción de naturaleza prístina de dudosa existencia (Swyngedouw, 2011)–, la gestión integrada de zonas costeras sigue orientada por la búsqueda de una armonía y equilibrio entre las metas sociales y económicas y los límites ambientales (Kay y Alder, 2005):

La urbanización curiosamente aparece ausente de aquel estado del arte, ya que al igual que el cambio climático, es lo que Zaffrin *et al.* (2014) denominan como un “problema perverso”, es decir, un conflicto que por su complejidad multicausal y multiescalar escapa a las soluciones simples y de corto plazo. Por un lado, se señala que la urbanización es en sí misma un proceso insustentable, ya que devasta recursos y servicios ambientales no sólo del entorno de la ciudad sino de lugares más distantes, mientras que por otro se proponen medidas parciales basadas en dos pilares básicos: la gobernanza o sustentabilidad política y lo que se denomina como sustentabilidad física o del ambiente construido (Allen e You, 2002):

Dentro de la primera línea de reflexión, se destacan la gobernanza costera, que busca “una activa participación de un amplio rango de tomadores de decisiones (o *stakeholders*, tales como agentes del sector del turismo, de la pesca, de la conservación y demás) con intereses conflictivos respecto a la utilización de los recursos costeros” (Zaffrin *et al.*, 2014; p. 332), partiendo de la premisa de que además desde el Estado debe garantizarse la participación de los agentes sociales involucrados en la toma de decisiones sobre el espacio costero.

Aunque existen variados modelos de gobernanza, en el campo del Manejo Integrado de Zonas Costeras ésta apunta esencialmente a balancear el desarrollo y la conservación y además a facilitar la participación como medio de solucionar conflictos ambientales (McFadden, 2007), enfoque que se ha empleado exitosamente en contextos como el inglés, el francés y el holandés –los dos últimos promovidos activamente por la Unión Europea–, en los cuales existe una fuerte arquitectura institucional que respalda mecanismos de gestión no solo para la conservación sino para la rehabilitación de espacios costeros (Milligan y O’Riordan, 2007):

Sin embargo, el excesivo énfasis en la gobernanza ha descuidado no sólo el avance en el conocimiento del funcionamiento de los ecosistemas costeros y marinos sino el tema de la urbanización. Las propuestas en esta última materia suelen enmarcarse dentro de la ingeniería

¹ Entendiendo al primero como la capacidad portante del medio físico para acoger actividades humanas, en nuestro caso la urbanización, y al segundo como a los vínculos entre los objetos geográficos producidos por el ser humano, como las formas urbanas, con dicha configuración física que puede limitar o potenciar el desarrollo de las mismas (Gray de Cerdán, 1987):

ecológica, un campo emergente en el que se desarrollan medidas suaves tales como la implantación de vegetación costera para estabilizar la línea de costa, el control de sedimentos y la mejora de la fauna, así como medidas duras que contemplan cambios en el ángulo de los rompeolas y con ello el incentivo para una renovación de los hábitats mediante la competición entre especies (Lai *et al.* 2015), la construcción de corredores protegidos para garantizar la interacción biótica y abiótica entre ecosistemas costeros y marinos y otros ubicados en áreas terrestres (Ferreira *et al.*, 2006), o incluso el diseño ecológico de edificios que presentan modificaciones para adicionar microhábitats (Dyson e Yokon, 2015):

A pesar de la significación que presenta la nueva condición mayoritariamente urbana del planeta y del crecimiento acelerado de la urbanización en espacios litorales, mejor gestionada en el contexto europeo, norteamericano y australiano respecto a España (Suárez de Vivero y Rodríguez, 2007), Portugal (Freire *et al.*, 2009) o países latinoamericanos como Brasil (Silva *et al.*, 2009) y Chile (Barragán *et al.*, 2006), el enfoque del Manejo Integrado de Zonas Costeras sigue en discusiones sobre el problema de la medición de indicadores o la gobernanza, mientras tanto la acelerada urbanización del espacio costero sigue siendo un “problema perverso”.

3. Metodología

A partir de datos demográficos obtenidos del censo de población 2002, del precenso de 2011 y censo 2012, se calculó la variación porcentual de la población, contrastándola con indicadores obtenidos de extensión vial reportados por el Ministerio del Transporte y el procesamiento, mediante una clasificación supervisada, de imágenes Landsat (30 metros de resolución espacial) para identificar las variaciones en las manchas urbanas de las conurbaciones y manchas urbanas en el área de estudio².

Posteriormente, el procesamiento de las imágenes Landsat permitió calcular la emisividad de la superficie también con una resolución aproximada de 30 metros, empleando el método simplificado del *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) (Sobrino *et al.*, 2008): El cálculo de este índice en el software Arcgis 10.12 permite establecer valoraciones de unidades vegetales diferenciadas, a partir de la siguiente ecuación:

$$NDVI = ((IR - R)/(IR + R))$$

Donde IR son los valores de píxel de la banda infrarroja y R los valores de píxel de la banda roja. De esta manera las representaciones más habituales son las siguientes:

- Las zonas más oscuras (NDVI < 0), correspondientes a agua o cubiertas artificiales, de color rojo.

- Las zonas oscuras (0 < NDVI < 0,2), correspondientes a suelo desnudo o vegetación muerta, de color naranja.
- Las zonas ni oscuras ni claras (0,2 < NDVI < 0,4), correspondientes a vegetación dispersa o poco vigorosa, de color amarillo.
- Las zonas claras (0,4 < NDVI < 0,6), correspondientes a vegetación abundante y vigorosa, de color verde claro.
- Las zonas más claras (NDVI > 0,6), correspondientes a vegetación muy densa y vigorosa, de color verde oscuro.

De esa manera fue posible, determinar que comunas son aquellas que poseen un mayor índice vegetacional y relacionar estos resultados con los indicadores de avance del proceso de urbanización.

4. Buscando y destruyendo la naturaleza

Los crecimientos demográficos más altos entre 2002 y 2012 en el área de estudio se han concentrado en comunas con nuevos desarrollos inmobiliarios destinados al turismo residencial tales como Puchuncaví, Algarrobo, El Quisco, Santo Domingo o Quintero –esta última es la única comuna sin una actividad inmobiliaria orientada a las segundas residencias–, mientras que las comunas más urbanizadas al principio del periodo analizado tienen crecimientos moderados –Valparaíso, San Antonio, Casablanca o incluso Viña del Mar y Concón– (Figura 1), lo que revela una dinámica centrífuga de urbanización hacia la dirección norte y en menor medida al sur.

La mayor extensión de la infraestructura vial, que se duplicó entre 2001 y 2012 pasando de 1285 a 2677 kilómetros, ha abierto nuevas fronteras de la urbanización, las que se expresan con la acelerada conformación y crecimiento de conurbaciones como la de Petorca –ubicada al norte del área de estudio entre las comunas de Puchuncaví, Zapallar y Papudo (la que pasa de 203 has en 1993 a 2368 en 2011), la del Área Metropolitana de Valparaíso (la que crece de 6687 a 10278 has en el mismo periodo) y la de San Antonio (de 1855 a 4121 has)– y con la extensión de tejido urbano discontinuo compuesto de condominios verticales y horizontales, equipamientos de servicios y comercio en todas las comunas de la región.

El avance del tejido urbano ha implicado transformaciones en el tipo de vegetación presente en el área de estudio: así, en el año 2002 los entornos urbanizados contaban con un promedio de 40,98% de vegetación dispersa y poco vigorosa, un 21,24% de vegetación abundante y sólo un 0,65% de vegetación muy densa y vigorosa. Las comunas con un mayor índice vegetacional del tipo abundante eran Algarrobo, Cartagena, Casablanca, El Tabo, Quintero y Santo Domingo, mientras las que presentan mayores índices de vegetación densa y vigorosa eran Casablanca, Quintero y Santo Domingo (Figura 2).

Para 2011, en cambio, esta estructura presenta notorias diferencias (Figura 2): En primer lugar, el aumento de áreas artificiales es en promedio de un 13,17 %, principalmente en comunas como

² El censo del año 2012, denominado por las autoridades de la época como “el mejor censo de la historia”, tuvo serias dificultades de aplicación, por lo que en algunos casos se utilizan datos del precenso de 2011.

San Antonio, Concón, Casablanca, Viña del Mar y Valparaíso, y los indicadores de vegetación dispersa que también aumentan en las comunas de Algarrobo, El Quisco, Papudo y Santo Domingo. En cambio, el indicador de vegetación abundante sólo aumentó en Santo Domingo.

Si se compara el índice diferencial de vegetación normalizado, los resultados son aún más contrastantes. En primer lugar, se refleja claramente el avance de la cubiertas artificiales con un promedio de 13,17% en el área de estudio, siendo la comuna con mayor variación la de San Antonio

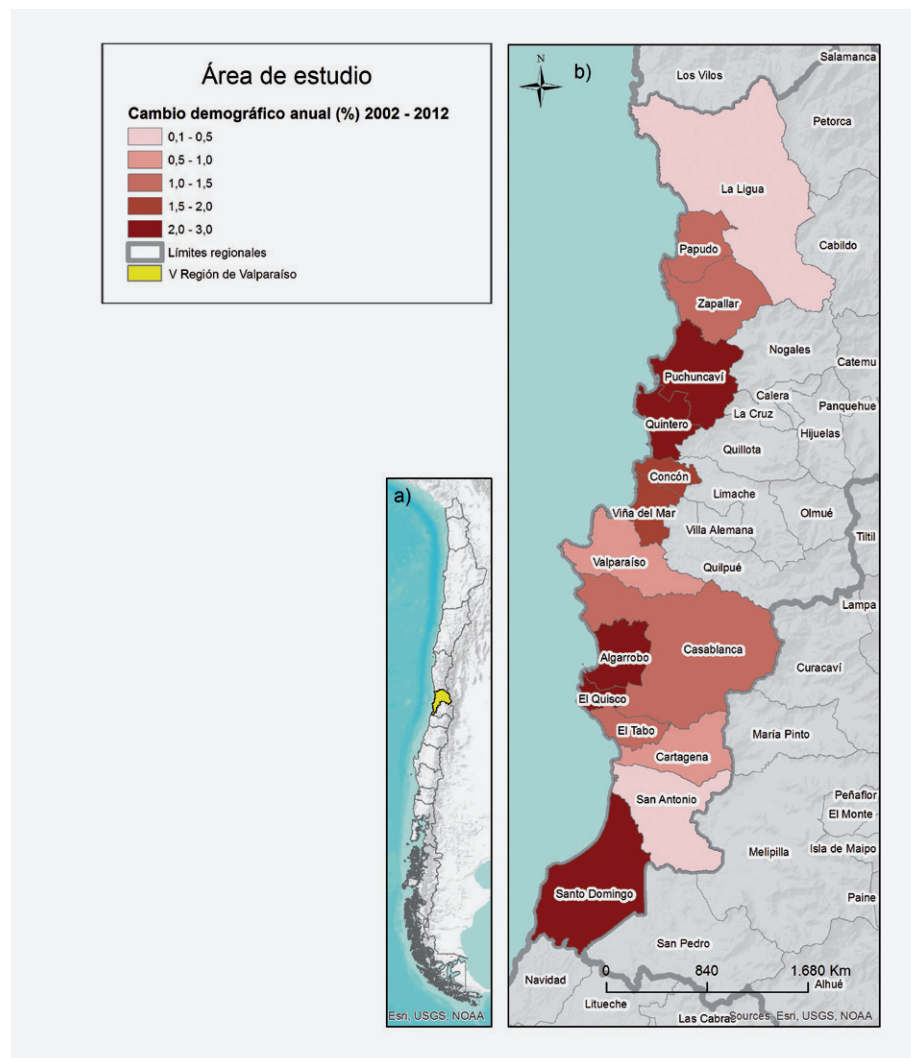


Figura 1. Crecimiento demográfico en las comunas del borde costero de la Región de Valparaíso. **Fuente.** Censo de población (INE, 2002) y (Precenso, 2011).

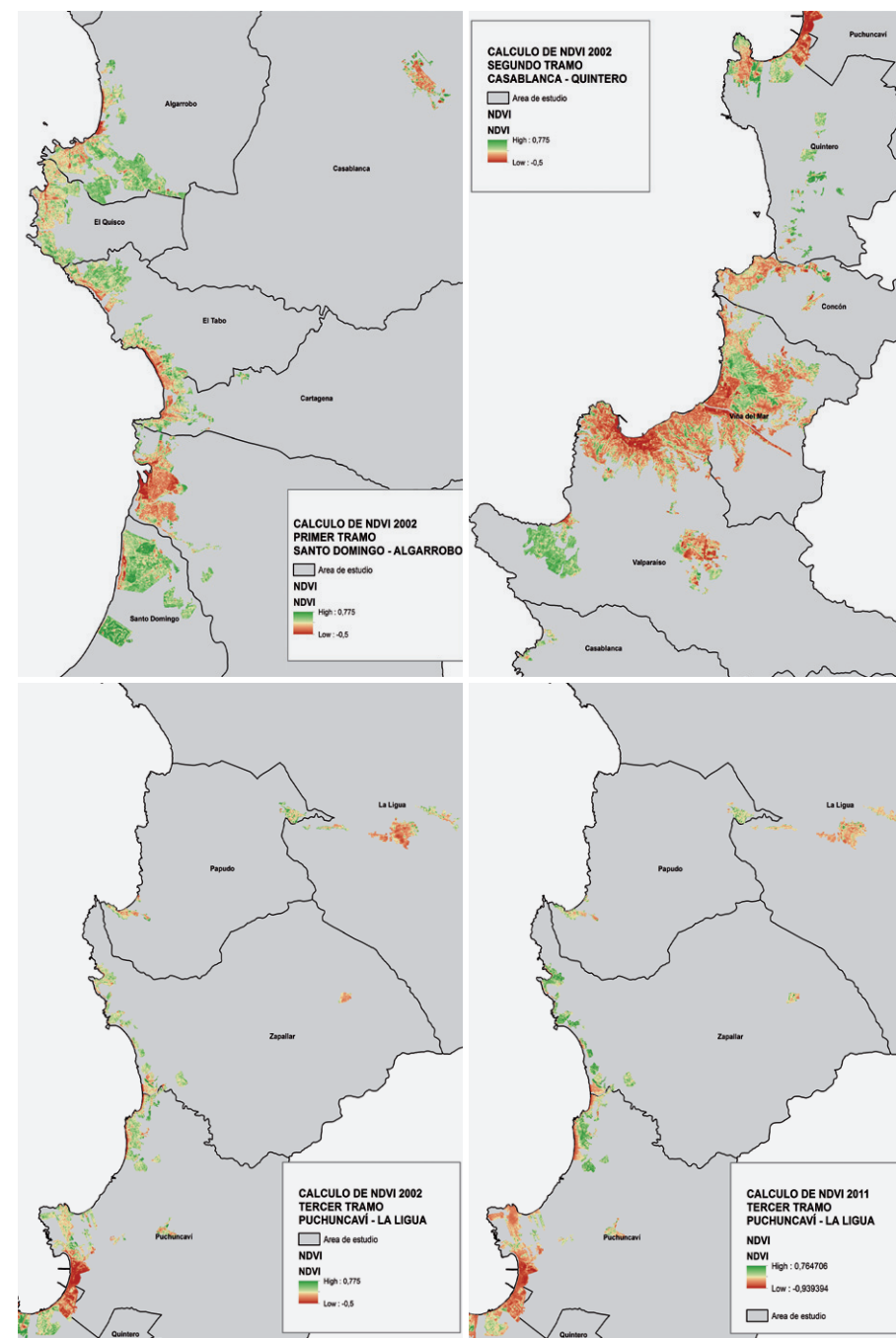


Figura 2. Cálculo del NDVI en 2002 y 2011. **Fuente.** elaboración propia a partir de imágenes Landsat

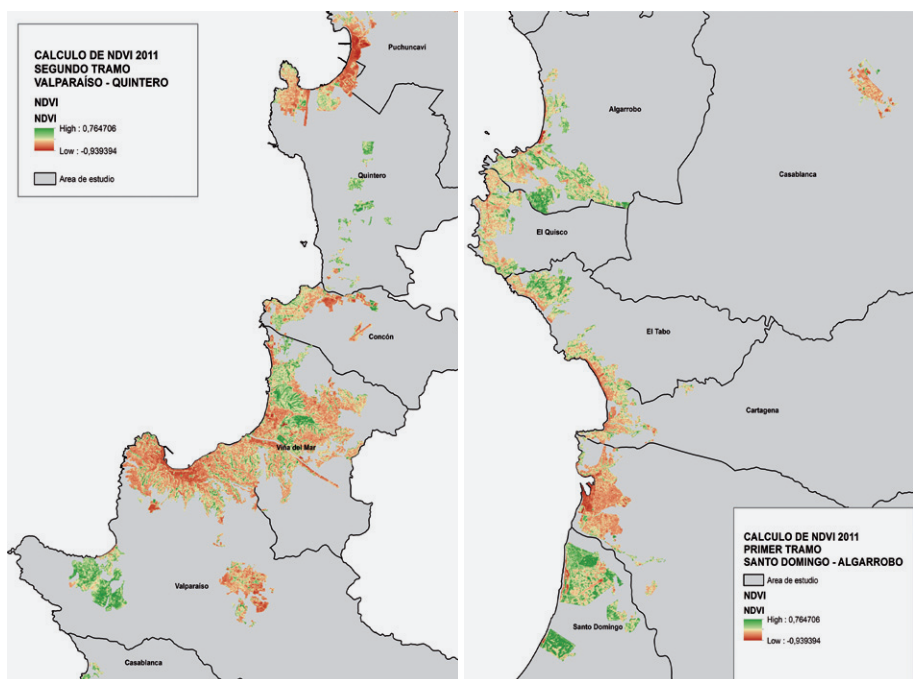


Figura 2. Cálculo del NDVI en 2002 y 2011. Fuente: elaboración propia a partir de imágenes Landsat

(28,72 % de aumento), seguida por Concón con un 19,63 %, Casablanca, Valparaíso y Viña del Mar con un promedio de 17 %, así como La Ligua, Cartagena, Quintero y Puchuncaví, con variaciones positivas superiores al 10 %. En cuanto al aumento de las superficies con suelo desnudo, es decir, las áreas con disminución de vegetación, sobresalen Concón, San Antonio, Valparaíso y Viña del Mar. El resto de las comunas tiene tendencias al aumento de áreas eriazas, en especial el grupo de comunas de Casablanca, Cartagena y Quintero, con aumentos sobre el 10 %. El resto de las comunas presenta variaciones en torno al 7 %.

5. Conclusiones

El análisis de la pérdida y cambio de la cobertura vegetal revela una seria dinámica de degradación ambiental, que se extiende posiblemente a otras dimensiones bióticas y abióticas en la zona costera, causada esencialmente por la urbanización a partir de dos procesos diferenciados: por un lado la intensificación de la metropolización en Valparaíso –la ciudad del mismo nombre, Viña del Mar y Concón– y el crecimiento urbano del puerto de San Antonio y puerto seco de Casablanca, que implica una mayor extensión de coberturas artificiales, mientras que en otras comunas la urbanización llega de manera discontinua a través de artefactos urbanos (condominios, instalaciones de servicio, comercios), que produce un aumento de la condición de vegetación dispersa.

Los debates en el campo de la gestión de costas deben ser considerados para adoptar mecanismos de evaluación, planificación y gestión de la urbanización en el litoral de la Región de Valparaíso. En primer lugar, la gobernanza costera puede aportar modelos para involucrar a los agentes sociales que inciden el proceso insostenible de urbanización –desde empresarios inmobiliarios, movimientos sociales y comunidades locales– en la toma de decisiones sobre el futuro de la región. Es preciso mejorar, actualizar y elaborar diagnósticos integrales de la degradación ambiental y los procesos de insostenibilidad social –exclusión, expulsión de comunidades locales, cambios en el modo de vida– para luego, mediante participación y sobre todo una arquitectura institucional sólida, delinear zonificaciones, crear mecanismos de gestión de servicios ambientales y propiciar formas urbanas mejor adaptadas a las condiciones de sitio y situación y acordes con las exigencias de mayor sustentabilidad para el desarrollo urbano. Después de todo, los problemas perversos o muy complejos implican soluciones complejas, pero necesarias y urgentes.

Bibliografía

- ALLEN, A., y YOU, N. (2002): *Sustainable Urbanisation: Bridging the Green and Brown Agendas*, Development Planning Unit, University of London, Londres.
- BARRAGÁN, J., CASTRO, C., y ALVARADO, C. (2005): “Towards Integrated Coastal Zone Management in Chile”, *Coastal Management*, vol. 33, n° 1, pp. 1-24.
- DYSON, K., e YOKON, K. (2015): “Ecological design for urban waterfronts”, *Urban Ecosystem*, n° 18, pp. 189-208.
- FERREIRA, J. C., SILVA, C., TENEDÓRIO, J. A., PONTES, S., ENCARNÇÃO, S., y MARQUES, L. (2006): “Coastal Greenways: Interdisciplinarity and Integration Challenges for the Management of Developed Coastal Areas”, *Journal of Coastal Research*, vol. 39, n° 3, pp. 1833-1837.
- FREIRE, S., SANTOS, T., y TENEDÓRIO, J. A. (2009): “Recent urbanization and land use/land cover change in Portugal - the influence of coastline and coastal urban centers”, *Journal of Coastal Research*, vol. 56, n° 2, pp. 1499-1503.
- GRAY DE CERDÁN, N. (1987): *Territorio y urbanismo: bases para una geografía prospectiva*. Conicet, Mendoza.
- INE (diversos años): Censos de Población y Vivienda, 2002 y 2012 y Precenso del año 2011, Instituto Nacional de Estadísticas.
- KAY, R., y ALDER, J. (2005): *Coastal Planning and Management*, Taylor and Francis, segunda edición, Londres.

ESPACIOS PRIORITARIOS EN I+D: CIENCIAS SOCIALES Y HUMANIDADES

LAI, S., LOKE, L., HILTON, H. L., BOUMA, M. J., TJEERD, J., y TODD, P. A. (2015): "The effects of urbanization on coastal habitats and the potential for ecological engineering: A Singapore case study", *Ocean & Coastal Management*, vol. 103, pp. 78-85.

MCFADDEN, L. (2007): "Governing Coastal Spaces: The Case of Disappearing Science in Integrated Coastal Zone Management", *Coastal Management*, vol. 35, pp. 429-443.

MILLIGAN, J., y O'RIORDAN, T. (2007): "Governance for Sustainable Coastal Futures", *Coastal Management*, vol. 35, n.º 4, pp. 499-509.

SILVA, I., ROSSI, J. C., NASCIMENTO, H. M., y SIQUEIRA, T. G. (2009a): "Geoenvironmental Characterization and Urbanization of the Beaches on the Islands of Tinharé and Boipeba, South Coast of the State of Bahia, Brazil", *Journal of Coastal Research*, vol. 56, n.º 11, pp. 1297-1300.

SOBRINO, J. A., JIMÉNEZ-MUÑOZ, J. C., SÒRIA, G., ROMAGUERA, M., GUANTER, L., MORENO, J., PLAZA, A., y MARTÍNEZ, P. (2008): "Land Surface Emissivity Retrieval From Different VNIR and TIR Sensors", *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, vol. 46, n.º 2, febrero, pp. 316-327.

SUÁREZ DE VIVERO, J., y RODRÍGUEZ, J. C. (2005): "Coastal Crisis: The Failure of Coastal Management in the Spanish Mediterranean Region", *Coastal Management*, vol. 33, n.º 2, pp. 197-214.

SWYNGEDOUW, E. (2011): "¡La naturaleza no existe! La sostenibilidad como síntoma de planificación despolitizada", *Revista Urban*, vol. 1, pp. 46-61.

ZAFFRIN, S., ROSSIER, J., y BALDWIN, C. (2014): "Queensland's Coastal Planning Regime: The Extent of Participation in Coastal Governance", *Planning Practice & Research*, vol. 29, n.º 4, pp. 331-349.

Agradecimientos

Este trabajo es parte del Proyecto FONDECYT 1120223, "Negocios inmobiliarios y segunda residencia: la ciudad sin límites en las comunas del litoral de la Región de Valparaíso (1992-2012)" y contó con el apoyo del Centro de Desarrollo Urbano Sustentable (CEDEUS), CONICYT/FONDAP/15110020.

Innovaciones artísticas ocultas: aportaciones de las artes a las ciencias y tecnologías

Javier Echeverría*

Esta contribución afirma que las artes son una fuente importante de innovaciones. Sin embargo, suelen quedar ocultas para los diseñadores de las políticas públicas de innovación, debido a que los instrumentos para medir la innovación excluyen a las artes de los sistemas de I+D y, cuando las incluyen, sólo tienen en cuenta algunas industrias culturales y creativas. Para afrontar este problema es preciso cambiar radicalmente los datos estadísticos relacionados con las artes. La intersección entre Artes, Ciencias y Tecnologías añade valor y genera innovaciones en varios sectores económicos. Tener datos fiables sobre la incidencia de las artes y la creatividad en los sistemas de I+D en Latinoamérica posibilitará la convergencia entre las políticas industriales y las culturales.

Palabras clave

Innovación y creatividad; industrias culturales y creativas; arte, ciencia y tecnología

* Investigador Ikerbasque adscrito al Departamento de Sociología 2, Universidad del País Vasco. Correo electrónico de contacto: javier.echeverria@ehu.es.

1. Giro en las políticas culturales y de innovación en Europa

Una de las prioridades políticas actuales de la Unión Europea consiste en promover la innovación. Tradicionalmente, las políticas europeas de innovación han estado basadas en la I+D, asumiendo el modelo lineal, según el cual la investigación científica (I) es el motor de los procesos de innovación, siempre que los nuevos descubrimientos científicos generen desarrollos tecnológicos (D) y dichos conocimientos y prototipos sean transferidos a las empresas, las cuales son los agentes innovadores por antonomasia (OECD, Manual de Oslo). A partir de 2006 este modelo fue puesto en cuestión, puesto que se constató que las fortalezas de la UE en la I+D no tenían un correlato similar en innovación, dando lugar a lo que se ha denominado paradoja europea: destacar en I+D, pero no en innovación. Para afrontarla, la Comisión Europea propuso un giro significativo en las políticas europeas de innovación:

“La UE sólo se puede tornar comprensivamente innovativa si todos los actores se involucran y, en particular, si hay demanda de productos innovativos en el mercado. Esta estrategia general necesita de la participación de todos los actores: la empresa, el sector público y los consumidores. Esto se debe a que el proceso de innovación involucra no sólo el sector empresarial, sino también las autoridades públicas a nivel nacional, regional y local, las organizaciones de la sociedad civil, los sindicatos y los consumidores” (COM, 2006; pp. 3-4)¹.

En consecuencia:

“Todas las formas de innovación deben ser promovidas, ya que la innovación viene en muchas formas además de la innovación tecnológica, incluyendo la innovación organizativa y la innovación en los servicios” (COM, 2006; p. 4)².

En otros lugares (Echeverría y Merino, 2012; Echeverría, 2014) he argumentado que estas afirmaciones son claves para entender la actual estrategia europea, la cual se concreta en la iniciativa emblemática *Union Innovation 2020* (EC, 2010b): es preciso promover las diversas modalidades de innovación, no sólo la basada en I+D. Desde que el NESTA británico (*National Endowment for Science, Technology and Arts*) publicó sus informes *Innovation Gap* (2006) y *Hidden Innovation* (2007), quedó claro que los procedimientos usados para medir la innovación eran insuficientes, precisamente por estar basados en el modelo lineal, también denominado science push model, o *science based innovation*. Siendo cierto que algunos descubrimientos científicos generan innovaciones, muchas de las cuales suelen ser disruptivas (TIC, biotecnologías y nanotecnologías, por ejemplo), no es menos cierto que la innovación tiene otras muchas fuentes, incluidas las actividades artísticas, y en general las actividades culturales y creativas, que no suelen ser tenidas en cuenta en los sistemas de I+D. El Libro Verde de

la Cultura, publicado por la CE en 2009, reconoció explícitamente que las artes y las humanidades son una fuente importante de innovación. Ésta es la tesis principal que argumentamos en el presente artículo.

Esta idea no sólo la defiende la Comisión Europea, también la ONU (informes del UNCTAD sobre la economía creativa, 2008, 2010 y 2013), la UNESCO (nuevo sistema de estadísticas culturales, 2009) e, incluso, comienza a abrirse paso en la OCDE, aunque de manera todavía muy tímida (*New Nature of Innovation*, 2009). En su informe de 2008 sobre la economía creativa, la ONU afirmó que este sector económico, considerado como un interfaz entre creatividad, cultura, economía y tecnología:

“Tiene el potencial de generar ingresos, empleo y ganancias por exportación, y al mismo tiempo promover la inclusión social, la diversidad cultural y el desarrollo humano. Esto es lo que la economía creativa emergente ya ha comenzado a hacer como componente principal del crecimiento económico, el empleo, el comercio, la innovación y la cohesión social en la mayoría de las economías avanzadas. La economía creativa también parece ser una opción viable para los países en vías de desarrollo” (UNCTAD, 2008; Prólogo)³.

Ese informe de 2008 fue elaborado gracias a la cooperación de cinco grandes organizaciones internacionales (UNCTAD, UNDP, UNESCO, WIPO e ITC) y supuso un cambio importante, puesto que trajo consigo la aceptación oficial de que la economía creativa conforma un sector específico en las economías del conocimiento. En base a datos empíricos, la ONU mostró que la economía creativa es uno de los sectores más dinámicos del comercio mundial⁴. En el período 2000-2005, el comercio de ese tipo de bienes y servicios creció anualmente un 8'7%, porcentaje muy superior al del crecimiento de la economía mundial. En su segundo informe sobre la economía creativa, publicado en 2010, la ONU subrayó que el sector estaba resistiendo mejor que otros el impacto de la crisis financiera:

“En 2008, a pesar de la disminución del 12% en el comercio global, el comercio mundial de bienes y servicios creativos continuó su expansión, llegando a los 592.000 millones de dólares y reflejando una tasa de crecimiento anual del 14% durante el período 2002-2008. Esto reafirma que las industrias creativas han sido uno de los sectores más dinámicos de la economía mundial a lo largo de esta década” (Ibidem, p. XX)⁵.

Aparte del valor económico que genera, la economía creativa también tiene importantes aspectos sociales, culturales y medioambientales, como el informe UNCTAD 2010 subrayó:

³ Traducción del editor.

⁴ John Howkins propuso en 2001 este término para agrupar las siguientes industrias: publicidad, software, arquitectura, arte, artesanías, diseño, moda, cine, música, artes escenográficas, publicaciones, I+D, juguetes y juegos, radiotelevisión y videojuegos. Ver J. Howkins, 2001; pp. 88-117.

⁵ Traducción del editor.

¹ Traducción del editor.

² Traducción del editor.

- Genera empleo, entre un 2% y un 8%, dependiendo de los subsectores (Ibidem, p. 24).
- Favorece la cohesión social, al vincular a las comunidades en torno a la cultura (Ibidem, p. 25).
- Contribuye al equilibrio de género, puesto que el empleo femenino es frecuente en algunos subsectores culturales y creativos (Ibidem).
- Se relaciona estrechamente con los sistemas educativos (Ibidem).
- Genera valor cultural, no sólo económico; en particular, genera identidad, uno de los valores culturales relevantes, según la ONU; pero también diversidad cultural (Ibidem, p. 26). Esto es particularmente claro en Europa y en Iberoamérica.
- Contribuye al desarrollo sostenible, y no sólo en términos medioambientales, sino en relación al capital cultural de una comunidad, incluido el paisaje, entendido como paisaje y patrimonio cultural (Ibidem).
- Puede aportar mucho a lo que el UNCTAD denomina “equidad intergeneracional”, y también a la “equidad intrageneracional” (Ibidem).

Por tanto, desde 2008 la ONU tiene clara la condición estratégica del sector cultural y creativo (SCC), y ello en términos económicos, culturales, sociales, medioambientales y educativos. También afirma la fuerte componente tecnológica e industrial del sector en los países desarrollados, así como su importancia para el comercio mundial. En el informe de 2010 subrayó incluso algo que suele ser poco tenido en cuenta, a saber, la estrecha relación entre la cultura, la creatividad y el conocimiento:

“Las industrias creativas son tanto intensivas en el conocimiento, ya que requieren habilidades específicas y cualidades de alto nivel de su fuerza de trabajo, e intensivas en la mano de obra, especialmente aquellas con una alta concentración de insumos creativos, como ocurre, por ejemplo, en la producción teatral o cinematográfica” (Ibidem, p. 24)⁶.

Por tanto, no sólo cabe analizar la innovación que procede de la ciencia y la tecnología (CTI). En el fondo, los procesos de innovación siempre están basados en conocimiento, sea éste científico, tecnológico o de otro tipo, incluido el conocimiento derivado de la experiencia y el uso. En el caso de las artes, se trata de conocimientos artísticos o, en general, culturales. Mejor que hablar de I+D+i habría que hablar de C+D+i, significando C conocimiento, e incluso creatividad. En este artículo me limito a mencionar esta propuesta (modelo CDI) que he desarrollado más ampliamente en Echeverría, 2014.

En cualquier caso, a nivel internacional todavía no existen datos fiables sobre los procesos de innovación en el sector cultural y creativo. Ello dificulta el diseño, seguimiento y evaluación de las políticas públicas de innovación en SCC, así como su convergencia con las políticas culturales. Por lo general, las políticas públicas de innovación dejan de lado múltiples innovaciones que surgen en SCC, aunque luego no se desarrollen suficientemente, o sólo sean innovaciones

a escala local. Esta ausencia de datos supone un problema importante porque dificulta la escalabilidad de las innovaciones, es decir, su difusión social en ámbitos más extensos. Quedan así ocultas muchas formas de innovación, en particular las artísticas. Por otra parte, esos datos tampoco se pueden comparar por países o regiones, precisamente porque las iniciativas innovadoras no se expanden lo suficiente, quedando confinadas en ámbitos locales, comarcales o, a lo sumo, regionales. Elaborar y comparar los datos sobre los procesos de innovación en SCC es una tarea a realizar, partiendo de las estadísticas culturales que publica la UNESCO. Habría que abordar ese problema en serio, también en Iberoamérica.

2. Las artes y las humanidades, excluidas de los sistemas de I+D

La marginación de las artes y las humanidades en los sistemas de I+D se debe a varios factores, entre los cuales mencionaré los siguientes:

- El Manual de Frascati excluyó explícitamente a las artes y las humanidades de los sistemas de I+D, en base al argumento de que en ellas no hay desarrollos experimentales (OECD, Manual de Frascati, 2002; p. 83). Sus autores llegaron a decir que “en el campo de las humanidades no se han encontrado ejemplos claros de desarrollo experimental” (Ibidem; p. 85). En consecuencia, las actividades artísticas quedaron fuera de los estudios de I+D, como en general las humanidades.
- El Manual de Frascati, sin embargo, señaló que “cada vez es más importante el porcentaje de actividades que surgen de las ciencias sociales y las humanidades y, junto con los avances informáticos, dan lugar a innovaciones intangibles en las actividades y productos del sector servicios” (Ibidem; p. 48). Parecería pues que el Manual de Oslo, que supuso la continuación del de Frascati y está dedicado específicamente a analizar los procesos de innovación, debería haberse ocupado de las innovaciones en el sector de las artes y humanidades, aunque éstas no provengan de la I+D y sólo incidan en el sector servicios y a través de las TIC (tecnologías de la información y la comunicación). En la práctica no ha sido así: a lo sumo se han estudiado algunas industrias culturales concretas, como las del cine, el libro, la música y los audiovisuales, donde suelen existir empresas y organizaciones de un cierto tamaño. Conforme a sus postulados neoschumpeterianos de partida, en las ediciones de 1992 y 1997 el Manual de Oslo sólo medía las innovaciones generadas por empresas en mercados competitivos, y en particular las innovaciones tecnológicas de producto y de proceso (TPP). A partir de su tercera edición (2005) admitió dos tipos más de innovación, la organizativa y la de marketing, y profundizó en la innovación en el sector servicios. Es claro que las artes tienen un papel importante en dicho sector, y también en la comercialización y en la mercadotecnia, por ejemplo a través del diseño, la moda y la publicidad, que suelen ser consideradas como industrias creativas. Pero relativamente pocos artistas suelen definirse como empresarios y muchos de ellos rechazan la expresión de “industrias culturales”. Por otra parte, muchos proyectos artísticos innovadores suelen ser impulsados por las administraciones públicas, y en particular por las ciudades, así como por grupos autó-

⁶ Traducción del editor.

nomos y asociaciones que no se dan de alta como empresas en los registros oficiales, o lo hacen esporádicamente. Todos estos agentes culturalmente innovadores quedan ocultos para las estadísticas oficiales, fuera de las bases de datos que se utilizan para diseñar e impulsar las políticas de innovación. En consecuencia, la mayoría de las innovaciones artísticas no son detectadas por los sistemas de indicadores que miden la innovación y pueden ser consideradas como innovaciones ocultas. Valga un ejemplo: el capital social de una ciudad, una región o un país, que es uno de los indicadores básicos para la I+D y también se usa en estudios de innovación, mide el número de licenciados y doctores, pero no el número de artistas, músicos o escritores, y mucho menos el de artesanos, humoristas o actores de teatro, por mencionar algunas actividades típicas del sector SCC en donde abunda la creatividad y, a veces, también la innovación. El modelo *science push* parte del supuesto de que la ciencia y la tecnología son el motor de la innovación, minusvalorando la capacidad innovadora de las artes. Siendo el paradigma dominante, múltiples innovaciones artísticas no son tenidas en cuenta.

- El sector SCC, y en particular las artes, aporta muchos ejemplos de innovaciones ocultas, como mostró el NESTA en una serie de informes sobre dicho sector. Dichas innovaciones (*hidden innovations*) fueron detectadas en un informe de 2006 (*Innovation Gap*) y definidas en 2007 de la manera siguiente: “actividades de innovación que no se ven reflejadas en los indicadores tradicionales como la inversión formal en I+D o patentes otorgadas” (NESTA, 2007; p. 4). En ese mismo informe de 2007, el NESTA estudió seis sectores de la economía británica que eran altamente innovadores y cuyas innovaciones no estaban basadas en la I+D, entre ellos el sector cultural y creativo, razón por la cual fueron considerados como sectores ocultos para los estudios de innovación. Posteriormente, el NESTA (2008a, 2008b, 2009) analizó diversos procesos de innovación en el sector SCC, haciendo aportaciones de interés y, sobre todo, convenciendo a otros países de la importancia económica y social de dicho sector. Más recientemente, Stuart Cunningham ha publicado un libro titulado *Hidden innovation*, cuya tesis principal consiste en señalar que “buena parte de las innovaciones en las industrias creativas están ocultas” (Cunningham, 2014; p. 3). Entre otros factores, ello se debe a que, cuando hay empresas en dicho sector, la mayoría suele ser de pequeño tamaño, con menos de diez empleados (Miles y Green; NESTA, 2008; p. 15). Esa especificidad ha sido ratificada en nuestros estudios empíricos sobre el sector cultural y creativo en el País Vasco (Sinnergiak, 2014; p. 17). Puesto que los encuestadores que siguen los métodos del Manual de Oslo sólo entrevistan a las empresas con más de diez empleados, difícilmente llegarán a conocer el sector cultural y creativo, compuesto mayormente por microempresas, e incluso por trabajadores autónomos e instituciones y asociaciones sin ánimo de lucro. La mayor parte de dicho sector queda fuera del ámbito de estudios del Manual de Oslo, el cual sólo tiene en cuenta las grandes, medianas y pequeñas empresas, que tienen respectivamente más de 200 empleados, entre 50 y 200 y entre 10 y 50. Hay industrias culturales y creativas, por ejemplo en el caso de la cinematografía o en el subsector de la moda, que generan grandes y medianas empresas, pero la gran mayoría no llegan siquiera a conformar pequeñas empresas, sino microempresas, o incluso simples trabajadores autónomos que a veces son contabilizados, y a veces no. En una reciente encuesta realizada por nuestro grupo de investigación

entre licenciados de Bellas Artes en el País Vasco (Echeverría, Galarraga y Rocca, 2014) quedó claro que la precariedad y la economía sumergida son habituales entre los artistas, punto éste que ya había sido señalado en un estudio previo del NESTA en las *Schools of Arts* inglesas (2009). En suma: la hipótesis de que el sector cultural y creativo es altamente innovador, pero que las innovaciones que genera resultan opacas para muchas de las políticas de innovación dominantes, ha sido verificada por diversas vías. En cuanto a las innovaciones basadas en las artes, posiblemente son las más difíciles de estudiar, debido a la precariedad y escasa estructuración de dicho subsector.

- Pese a ello, abundan los ejemplos de relevantes innovaciones artísticas, musicales y literarias (por mencionar sólo tres subsectores concretos de SCC). La gran mayoría caen fuera del modelo lineal y del paradigma dominante en los estudios de innovación, lo cual no impide la aparición de innovaciones muy relevantes, que no sólo generan valor cultural y artístico, sino también económico: valgan Picasso, los Beatles y Harry Potter como ejemplos, aunque podrían aportarse otros muchos. Numerosos pintores, escultores, compositores y escritores hacen investigación y generan desarrollos a partir de ella, aunque esos procedimientos de ensayo y error no puedan ser calificados como investigación científica. Los diversos borradores y bocetos de una obra, por ejemplo, no son contabilizados como investigaciones. Tampoco se presta atención a la componente técnica que siempre han tenido las artes. Hoy en día, la mayoría de los artistas recurren a las TIC para expresarse y difundir sus creaciones; sin embargo, esa implementación tecnológica tampoco queda contabilizada como I+D al no ser ingenieril ni tampoco empresarial, sino exclusivamente artística, y a veces artesanal. Otro argumento más para mostrar que las innovaciones que surgen de las artes suelen quedar ocultas a los ojos de los *policy makers* de la innovación, los cuales trabajan en los Departamentos de Industria, y no en los de Artes y Cultura.

Podríamos aportar otros argumentos, pero los tres anteriores bastan para ilustrar nuestra tesis: la mayoría de las innovaciones que proceden de las artes han quedado ocultas para los impulsores de las políticas de innovación. Ello se debe al predominio del modelo lineal (*science push model*), según el cual se innova a partir de la I+D, y también al paradigma schumpeteriano (*business push model*), según el cual innovan las empresas, y ante todo las de cierto tamaño. En los últimos años ha quedado claro que esos dos modelos son insuficientes para orientar las políticas públicas de innovación. En Europa se acepta, al menos a nivel teórico, que el sector cultural y creativo puede ser altamente innovador. Sin embargo, los instrumentos para medir la innovación fueron diseñados para la industria manufacturera y posteriormente ampliados al modelo de la I+D+i, conforme al cual se recogen los datos estadísticos y se construyen los indicadores. Modificar la estructura de esos datos estadísticos es una tarea compleja y difícil, que choca con inercias y duros obstáculos institucionales, que a veces se convierten en barreras políticas. Sin embargo, en eso consiste nuestra propuesta en esta contribución: hay que elaborar nuevos indicadores de innovación que valgan para el sector SCC. Se trata de una tarea indispensable y urgente si de verdad se pretenden impulsar las diversas modalidades de innovación y no sólo las basadas en ciencia y en empresas de determinado tamaño. Llevar a cabo esa tarea en Iberoamérica nos parece urgente.

3. Aportaciones de las artes a la ciencia y la tecnología

Ocurre además que las artes añaden valor a la I+D, hecho éste que ha sido poco investigado y sobre el cual quiero llamar la atención. Si entendemos que los procesos de innovación generan valor, como por nuestra parte pensamos (Echeverría, 2014), sucede entonces que las artes son una fuente importante de innovación, puesto que no sólo generan valor artístico, cultural, social y económico por sí mismas, sino que también aportan valor a la propia I+D.

Para analizar esta dimensión oculta de las artes conviene evocar el modelo del tridente creativo, que fue planteado en 2005 por dos autores australianos, Higgs y Cunningham. Dicho modelo surgió para investigar el empleo generado por las actividades culturales y creativas, pero puede ser aplicado a los estudios de innovación en SCC, como veremos a continuación.

Según Higgs y Cunningham, para analizar el sector SCC y cada uno de sus subsectores no basta con tener en cuenta las empresas de cada subsector y la riqueza económica que producen. Además, hay que tener en cuenta:

- el empleo que generan;
- el comercio que producen (exportaciones e importaciones);
- su contribución al conjunto de la economía a través de otros sectores económicos.

Así fue como el *Centre of Excellence for Creative Industries and Innovation* de la *Queensland University of Technology* (Australia), dirigido por Stuart Cunningham, articuló una interesante propuesta teórica, el “tridente creativo”. Para ello tuvieron en cuenta un estudio que hizo el gobierno francés en 2002 y que aportó datos interesantes sobre el empleo que se genera en el ámbito de la cultura (French Ministry of Culture, 2005). Tras definir el concepto de “empleo cultural”, en dicho estudio se distinguían tres modalidades de empleo en el sector:

“Este informe definió al empleo cultural como ‘el total de los trabajadores activos que tienen una profesión cultural o trabajan con una unidad económica dentro del sector cultural’. La definición admitió tres ‘situaciones’ diferentes en el trabajo que son directamente equivalentes al trabajo paralelo que hemos denominado el tridente creativo: los trabajadores con una profesión cultural que trabajan en un sector cultural (por ejemplo, un artista en una ópera); los trabajadores que tienen una profesión cultural pero que trabajan fuera del sector cultural (por ejemplo, un diseñador en la industria del automóvil); los trabajadores que no tienen una profesión cultural pero que trabajan en el sector cultural (por ejemplo, una secretaria en una empresa de producción de cine)” (Cunningham, 2007; p. 15)⁷.

⁷ Traducción del editor.

El tridente creativo se relaciona con el modelo de irradiación usado en 2006 por el centro de estudios europeos KEA, que distingue tres tipos de trabajadores en el sector cultural y creativo: los que trabajan en el sector cultural, los que tienen una profesión cultural (o creativa) pero trabajan fuera del sector cultural y los que no tienen una profesión cultural pero sí trabajan en dicho sector. Cunningham señaló que, de aplicarse la metodología del tridente, el número de sectores y subsectores a considerar se ampliaría, puesto que habría que analizar también aquellos sectores y subsectores en donde las actividades culturales y creativas crean valor. En otro artículo, Cunningham llegó a afirmar que:

“Al aplicar el enfoque del tridente creativo a los datos en Australia se demuestra que la economía creativa es aproximadamente 48% más grande en términos de empleo que las industrias creativas en sí mismas una vez que las actividades especiales, integradas y de apoyo son tenidas en cuenta. La medida basada en el tridente de la economía creativa australiana es entre 25 y 100% más grande que en los estudios previos basados en clusters sobre el tamaño e impacto de las industrias creativas de Australia, incluso donde el empleo en las industrias relacionadas, tales como las de distribución, han sido tomadas en cuenta” (Cunningham, 2007; p. 19).

En conjunto, estimó que aplicando esa metodología el volumen del sector en Australia crecería un 35%, previsiblemente (Higgs y Cunningham, 2007).

Dicho modelo fue aplicado en el Reino Unido (Higgs, Cunningham y Bakhski, 2008), con resultados muy positivos, que condujeron al Gobierno británico a diseñar políticas específicas para el sector SCC, en las que se incentivaba la innovación. En la actualidad, dicho sector representa casi el 10% del Producto Industrial Bruto del Reino Unido, lo cual le sitúa por delante de la mayoría de los sectores económicos que dependen del conocimiento científico, y por ende de la I+D. Ciertamente es que el sector financiero supera al SCC, puesto que aporta un 13% al PIB británico, pero hay que señalar, como en su momento hizo el NESTA (2007) que dicho sector tampoco está basado en la I+D, salvo excepciones. En suma: los estudios empíricos disponibles muestran que la innovación basada en conocimiento y creatividad es la regla, no la excepción. De ahí que numerosos centros de investigación científica y tecnológica hayan incorporado a expertos en diseño creativo a sus equipos, por ejemplo en el campo de la visualización científica, cuya importancia es muy grande para la investigación, y no sólo para la enseñanza o la divulgación científica.

La metáfora del tridente surge de la distinción entre tres modalidades de empleo, que también existen el sector de la I+D, puesto que tanto la investigación científica como los desarrollos tecnológicos implican creatividad en muchas fases:

- Empleados que tienen ocupaciones creativas en alguna industria creativa.
- Empleados que tienen ocupaciones creativas en otras industrias.
- Empleados de apoyo (que no tienen ocupaciones creativas) en alguna industria creativa.

Al investigar la variable del empleo hay que aplicar esta triple dimensión, teniendo en cuenta varios sectores económicos, y entre ellos la I+D. Promover este tipo de estudios en Iberoamérica sería nuestra segunda propuesta, complementaria a la realizada anteriormente en relación a los datos del sector SCC.

Bibliografía

BAKHSKI, H., MCVITTIE, E., y SIMMIE, J. (2008a): "Creating Innovation. Do the creative industries support innovation in the wider economy?", *NESTA Research Report*, febrero.

BAKHSKI, H., y MCVITTIE, E. (2009): "Creative supply chain linkages and innovation: Do the creative industries stimulate business innovation in the wider economy?", *Innovation: Management, Policy & Practice*, vol. 11, n° 2, pp. 169-189.

BAKHSKI, H., SCHNEIDER P., y WALKER, C. (2008b): "Arts and Humanities Research and Innovation", *NESTA Arts and Humanities Research Council*, noviembre.

BAKHSKI, H. y THROSBY, D. (2009): "Innovation in Arts and Cultural Organizations", *NESTA Interim Research Report*, diciembre.

CAVES, R. E. (2000): *Creative Industries: Contracts between Art and Commerce*, Harvard University Press, Cambridge, MA.

CUNNINGHAM, S. D. (2007): "The Creative Economy: Patterning the Future", *Dialogue: Academy of the Social Sciences in Australia*, vol. 26, n°1, pp. 15-23.

CUNNINGHAM, S. (2013): *Hidden Innovation. Policy, Industry and the Creative Sector*, Lanham, Lexington Books.

CUNNINGHAM, S. D., y HIGGS, P. (2009): "Measuring creative employment: Implications for innovation policy", vol. 11, n°2, pp. 190-200.

DCMS (1998): *Creative industries mapping document*, Department for Culture, Media and Sport, Creative Task Force, U.K. Government.

DCMS (2008): *Creative Britain: New Talents for the New Economy*, DCMS/BERR /DIUS, Londres.

ECHEVERRÍA, J. (2013): "El debate sobre las industrias culturales y creativas", *Cuadernos Hispanoamericanos*, n° 761, noviembre, pp. 21-34.

ECHEVERRÍA, J. (2014): *Innovation and Values: a European Perspective*, Reno, NV, UNR/CBS.

ECHEVERRÍA, J., GALARRAGA, A., y ROCCA, L. (2014): *Formación y trayectorias profesionales de los artistas vascos: Resultados de la Encuesta INNOCREA 2013*, Leioa, Departamento de Sociología 2, Grupo INNOLAB, publicación electrónica.

ECHEVERRÍA, J., y MERINO, L. (2011): "Cambio de paradigma en los estudios de innovación: el giro social en las políticas europeas de innovación", *Arbor*, n° 752, pp. 1031-1043.

ESTANKONA, A., LAUZIRIKA, A., y RODRÍGUEZ, N. (eds.) (2014): *Áreas emergentes e innovación en el sector cultural y creativo vasco*, Leioa, Servicio Editorial de la UPV/EHU.

European Commission (2010a): *Green Paper: Unlocking the potential of cultural and creative industries*, COM 183, Bruselas.

European Commission (2010b): *European Competitiveness Report 2010*, Commission Staff Working Document, SEC, octubre, Bruselas.

European Commission (2010c): *Europe 2020 Flagship Initiative Innovation Union*, COM, octubre, Bruselas.

EUROSTAT (2011): *Cultural Statistics*, Publications of the European Union, Luxemburgo.

French Ministry of Culture (2005): "L'emploi culturel dans l'Union européenne en 2002: Données de cadrage et indicateurs", *L'Observatoire de l'Emploi Culturel*, París, junio. Disponible en: www2.culture.gouv.fr/deps/telechrg/noec39.pdf.

Fundación Ideas (2012): *Las industrias culturales y creativas, un sector clave de la economía*, Madrid.

GREEN, L., MILES, I., y RUTTER, J., (2007): "Hidden Innovation in the Creative Industries", *NESTA Working Paper*, Londres.

HIGGS, P., CUNNINGHAM, S., y BAKHSKI, H. (2008): "Beyond the Creative Industries: Mapping the creative economy in the United Kingdom", *NESTA Technical Report*, enero.

HIGGS, P., CUNNINGHAM, S., y PAGAN, J. D. (2007): *Australia's Creative Economy: Basic evidence on size, growth, income and employment*, Technical Report, Faculty Research Office, CCI.

HIGGS, P., y CUNNINGHAM, S. (2007): *Australia's Creative Economy: Mapping Methodologies*, ARC Centre of Excellence for Creative Industries & Innovation, Brisbane.

HIGGS, P., y CUNNINGHAM, S. (2009): "Creative Industries Mapping: Where have we come from and where are we going?", *Creative Industries Journal*, vol. 1, n° 1, pp. 7-30.

Las ciencias sociales y humanidades en Iberoamérica

Noemí Girbal-Blacha*

Diálogo y debate acerca del fomento de la investigación en ciencias sociales en relación con la comprensión de los problemas regionales, en sus dimensiones históricas, sociales, culturales y económicas, que forma parte de las preocupaciones actuales y de la divulgación del conocimiento científico que produce esta gran área del conocimiento. La mirada aquí propuesta es la de la interdisciplina y está orientada a las políticas públicas de desarrollo social. Las ciencias sociales y las humanidades disponen de las herramientas analíticas necesarias para interpretar la naturaleza de los procesos sociales en los países de Iberoamérica y para hacer una adecuada divulgación de los mismos. En este sentido, tienen la posibilidad de contribuir como protagonistas al objetivo de mejorar la cohesión y la inclusión social en los países de la región, mediante el acceso a la denominada sociedad y economía del conocimiento, sacando provecho de las oportunidades y disminuyendo las tensiones que estos procesos conllevan. Este es el propósito central de este trabajo.

Palabras clave

Ciencias Sociales, Humanidades, divulgación, inclusión

* Investigadora Superior del CONICET. Directora del CEAR-Universidad Nacional de Quilmes. Doctor Honoris Causa por l' Université de Pau et Pays de l' Adour-France. Premio Bernardo Houssay a la Trayectoria Científica (Ciencias Sociales y Humanidades) 2011. Doctor Honoris Causa, Universidad Nacional de San Juan, diciembre 2014. Correo electrónico de contacto: noemigirbal@gmail.com.

KEA European Affairs (2006): "The Economy of Culture in Europe", Report prepared for the European Commission Directorate-General for Education and Culture, Media Group-Turku School of Economic and Business Administration, MKW Wirtschaftsforschung GmbH. Bruselas.

NESTA (2006): *The Innovation Gap*, NESTA, Londres.

NESTA (2007): *Hidden Innovation*, NESTA, Londres.

NESTA (2008a): *Beyond the creative industries: making policy for the creative economy*, NESTA Policy Briefing BCI/20, Londres.

NESTA (2008b): *Creating Innovation: Do the creative industries support innovation in the wider economy?*, NESTA, Londres.

OCDE (2003): *Manual de Frascati 2002, Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FE-CYT)*, Madrid.

OCDE (2009): *New Nature of Innovation*, Viena.

OCDE/CE (2005): *Oslo Manual: Guidelines for Collecting and Interpreting Innovation Data*, 3a ed.

Sinnergiak Social Innovation (2014): *Industrias culturales y creativas en Euskadi*, San Sebastián, Euskampus, Universidad del País Vasco.

STONEMAN, P. (2009): "Soft Innovation. Towards a more complete picture of innovative change", *NESTA Research Report*, n° 29, julio.

TERA Consultants (2010): *Building a Digital Economy: The Importance of Saving Jobs in the EU's Creative Industries*, París, marzo.

THROSBY, D. (2001): *Economics and Culture*, Cambridge University Press.

UNCTAD (2008): *Creative Economy Report 2008*, United Nations Conference on Trade and Development, ONU.

UNCTAD (2010): *Creative Economy: Report 2010*, ONU.

UNESCO (2009): *2009 UNESCO Framework for Cultural Statistics*, Institute of Statistics, París.

Las Ciencias Sociales y las Humanidades también ladran... pero no muerden y, además, cabalgan.

“En la actualidad la ciencia, en los países civilizados, es estimulada por el Estado”, sostiene Bertrand Russell en su libro *El Poder*. “Ahora se reconoce generalmente que la ciencia es indispensable” y que, además, “sin ciencia una nación no puede ser rica ni poderosa”. Si bien la ciencia puede ser discutible por sus teorías generales, sus resultados no tanto porque “son bienes patentes”. Existe un “poder de la razón en los asuntos humanos” (Russell, 2013; pp. 128-130).

La ruptura del orden institucional en varios países de América Latina quebró la relación entre la clase política y los intelectuales, quienes padecieron el recorte de su libertad de pensamiento durante varias décadas y -por cierto- afectaron los campos y objetos de investigación. Más allá de esta situación, se advierte -aun en tiempos de democracia- que las desigualdades sociales se afianzan; mientras, paradójicamente, se afirma la llamada “sociedad de la información” (Manuel Castells), de la globalización cultural (Ciapuscio, 1994).

Hans-Jürgen Burchardt y Fernando Groisman, en su obra reciente *Desprotegidos y Desiguales*, sostienen que América Latina es la región más desigual del mundo, incluso en los comienzos del siglo XXI en que lograra alcanzar un balance económico y social positivo. El análisis de los mercados laborales y la informalidad del empleo, como así también de las políticas sociales, la precariedad, el rol de la educación, las transformaciones en la ciudadanía social, forman parte de ese diagnóstico hecho por las ciencias sociales y que trasciende la protección en el ámbito de la sociedad, planteando nuevos desafíos de la cuestión social en contextos expansivos. En todo caso la divulgación científica actúa a favor de la inclusión en la sociedad. “La buena ciencia es una empresa de mercado libre y de personas libres”, que hecha raíces “tanto en la industria como en la filosofía” (Sulston y Ferri, 2003; pp. 268-270). Además, “toda epistemología adecuada debe tomar en cuenta no sólo las relaciones entre la ciencia y sus éxitos empíricos, sino también los valores sociales, políticos y culturales que ejercen influencia sobre su desarrollo” (Gómez, 2014; p. 43).

En suma, la “eficacia particular de las metáforas científicas” (Fox Keller, 2000; pp. 11-30) depende de los recursos sociales tanto como de los tecnológicos y materiales, porque si bien la realidad no se construye sólo con el lenguaje, la discusión ayuda a mantener viva la presencia de la ciencia en un mundo globalizado, especialmente cuando es evidente que el lenguaje científico cumple funciones cognitivas pero también políticas. Es necesario tener presente “la distinción entre la ciencia como operación humana social, que en cuanto tal es asumida y utilizada para objetivos sociales, y los procedimientos prescritos para el mejor cumplimiento de esta operación, entre los cuales ocupa un puesto importante la abstención de juicios de valor” (Bobbio et al., 2005; p. 43). Lo cierto es que el peligro de que la objetividad sea la principal preocupación de quien investiga no asegura la relevancia de la investigación realizada.

Nuevos objetos de estudio, renovados problemas y diversas aproximaciones desarticulan el consenso disciplinar de las ciencias sociales y las humanidades, reforzando los vínculos e in-

tercambios interdisciplinarios. Los asuntos de interés se modifican más que sus métodos y su epistemología (Porst, 1996), indicando un modo diferente de observar los fenómenos de la sociedad y también las formas de divulgarlos. Estas grandes áreas del conocimiento precisan y hacen más complejas sus observaciones, sin que este cambio de ángulo para el análisis motive una pérdida de importancia de los procesos sociales y de las decisiones colectivas (Revel, 1996).

Si *The Guardian* consigna que el cerebro es hoy “una razón de Estado”, no toda la transferencia de conocimientos puede limitarse a los circuitos cerebrales y la neurociencia, porque “son herramientas que nos ayudarán a entender a la humanidad, no nuestra humanidad misma” (*N. Revista de Cultura*, 2014; p. 11). Sólo es necesario que el sistema de ciencia y tecnología pondere a las Ciencias Sociales como parte de las áreas prioritarias del conocimiento y alentadas tanto como la bio y la nanotecnología, los estudios medioambientales, la medicina, las ingenierías y las actividades tecnológicas.

En tiempos de la “sociedad global de la información” y “la economía basada en el conocimiento”, el sentido social del saber -como conocimiento- asume un papel protagónico y las ciencias sociales como las humanidades no pueden ser omitidas o ignoradas, ante la necesidad de establecer un “nuevo contrato social entre la ciencia y la sociedad” (Albornoz, 1999; pp. 149-183).

Frente a las leyes del mercado y la instrumentación de una política favorable a la llamada tecno-ciencia (Pestre, 2005), se pone el acento para toda América Latina en “el uso socialmente útil del conocimiento a partir de un campo específico de acción y de política pública y, desde allí, converger a la interacción con empresas ampliando progresivamente los horizontes de la vinculación” (Sutz, 2008; p. 113).

Para la socióloga mexicana Patricia Gascón Muro (2008; p. 7), “la economía del conocimiento abre un dilema entre dos objetivos incompatibles: garantizar el uso social del conocimiento, que es fuente de riqueza y desarrollo individual y social, o incentivar y proteger a los productores privados del conocimiento”.

En síntesis, es preciso rescatar la presencia de los valores en las ciencias, más allá de los contextos de cada gran área del conocimiento y apostando a una divulgación de calidad. La práctica científica -que tiene lugar en un ámbito social- incluye un amplio espectro de valores más allá de lo cognitivo por necesidad o por conveniencia, porque no atenta contra la racionalidad de sus resultados. Toda postura crítica requiere de valores, porque desde fines del siglo XIX la ciencia se ha transformado en la autoridad para legitimar la acción política pública. Lo importante, sigue siendo evitar “el resultado estremecedor” de “la desaparición de la distancia crítica”; y la divulgación de los conocimientos opera positivamente en ese sentido (Gómez, 2014; p. 224).

Tomo prestado para titular esta presentación el nombre de una de las colecciones más prestigiosas y reconocidas de la divulgación científica en la Argentina: *Ciencia que ladra*, dirigida por el Dr. Diego Golombek. La casi totalidad de sus muy desafiantes títulos refieren a las ciencias exactas y naturales, biológicas y de la salud; a las llamadas “ciencias duras”.

Esta serie clásica de divulgación científica, como se autodenomina, indica explícitamente sus pretensiones: “Está escrita por científicos que creen que ya es hora de asomar la cabeza por fuera del laboratorio y contar las maravillas, grandezas y miserias de la profesión. Porque de eso se trata: de contar, de compartir un saber que, si sigue encerrado puede volverse inútil. Ciencia que ladra... no muerde, sólo da señales de que cabalga”.

Agua salada y sangre caliente, La ciencia del color, El elixir de la muerte y otras historias con venenos, El cocinero científico, Matemática...¿estás ahí?, El huevo y la gallina: manual de instrucciones para construir un animal, La física en la vida cotidiana, Ciencias, exactas, naturales y ridículas, Ahí viene la plaga..., Biotecnología en todos lados, El parrillero científico son sólo algunos de los atractivos títulos de esta colección donde escriben casi con exclusividad los científicos y no las científicas, sólo un par de ellas solas y otras pocas con colegas varones. Del conjunto, podría destacarse el trabajo de Valeria Edelsztejn: *Científicas. Cocinan, limpian y ganan el premio Nobel (y nadie se entera)*, toda una definición de cómo se practica y para quiénes la divulgación científica.

En suma, en esta magnífica colección casi no escriben mujeres y las ciencias sociales como las humanidades, más allá de la arqueología, están ausentes. ¿Por qué? Es la gran pregunta, que seguramente no admite una respuesta única y definitiva, pero que sí merece ser atendida para iniciar el camino de la reflexión desde esta cara postergada de la ciencia, aun en materia de vulgarización del conocimiento científico.

La sociedad en su conjunto y la divulgación científica en particular deben advertir la necesidad que los grandes problemas que nos aquejan en distinta medida a todos deben ser abordados desde la interdisciplinariedad y proyectar la investigación como una expresión de los temas trabajados e interpretados por equipos de varias disciplinas, sin pensar demasiado en el puntaje o el rango que merece la divulgación en nuestros tradicionales sistemas de I+D.

¿Por qué preguntarse por las parcialidades de la divulgación científica? Sencillamente porque –al menos en la Argentina– debe ajustarse a los cánones de las ciencias exactas y naturales para dar pruebas de su calidad. Se omite considerar que divulgar implica poner algo al alcance del público, más allá de las especialidades. El imaginario tradicional del científico más o menos arraigado hoy se construye y funciona para toda la sociedad casi de un modo unilateral. Se trata de una situación que no ayuda a generalizar el significado de la divulgación en sentido amplio y en relación con el conjunto del conocimiento que sirve de base a la ciencia.

Afortunadamente, las jóvenes generaciones de biólogos, médicos, matemáticos, físicos, informáticos, tecnólogos y hasta algunos arqueólogos, han logrado –ayudados por los medios audiovisuales generalizados– hacer una divulgación atractiva de la ciencia, o al menos de algunas de sus áreas. El cambio es importante, pero no alcanza por igual a todas las especialidades del conocimiento. Para algunas disciplinas la divulgación científica es una utopía en sentido laxo, más allá de haber alcanzado notables avances en el ejercicio de la pluridisciplina al interior de su propia área del conocimiento, como ocurre con las ciencias sociales.

Por otra parte, cuando los científicos –especialmente de las ciencias sociales y las humanidades– logran un espacio, no son pocas las oportunidades en que la parcialidad se instala en los lugares de divulgación, que son ocupados por “divulgadores” que no necesariamente son científicos ni producen conocimiento. La manipulación de los hechos, entonces, es más sencilla, pierde en calidad y gana en impacto mediático, pero desautoriza la divulgación con calidad y pertinencia, especialmente en el caso de las ciencias sociales y las humanidades. La interdisciplina no alcanza –al menos actualmente– para franquear los límites entre las diferentes grandes áreas del conocimiento.

Para un historiador, como es mi caso, tiempo y espacio son coordenadas indispensables para conocer su objeto de estudio; es decir, el hombre, en tanto parte sustantiva de una sociedad compleja, desigual, sometida a tensiones y con sus propios principios del biopoder. La dominación y la lucha son parte de un funcionamiento integrado por la ley, la disciplina y la seguridad, que “componen la contingencia histórica” (Foucault, 1999; p. 449).

En todos los casos, los científicos –directa o indirectamente– se preguntan por el hombre, por la sociedad, porque ésta también es un organismo vivo compuesto por sujetos sociales que se reproducen. Lo hacen a través de redes que no son esencialmente informáticas sino sociales y que necesitan de la memoria colectiva para no olvidar, para reconocerse en un pasado común y heterogéneo a la vez.

En las ciencias exactas y naturales nadie discute el significado y la acción de los programas o conocimientos que le son propios. Nadie duda de sus efectos por más negativos que éstos sean, pero cuando un científico social plantea –por ejemplo– la relación inclusión/exclusión, o lo que es lo mismo las desigualdades sociales, tan presentes hoy luego de la edición del sonado libro de Thomas Piketty sobre el capitalismo del siglo XXI, los parámetros cambian. Los juicios de valor ocupan el escenario fuera y dentro del campo de la divulgación científica.

Los llamados “científicos duros” pueden hacer divulgación científica y hasta cuentan –a veces– con el auspicio de reconocidas empresas, disponen de la televisión y de la prensa que los consultan y entrevistan. Hasta organizan concursos de divulgación científica sólo para sus disciplinas. ¿Por qué? Porque el conocimiento que producen se transfiere de manera directa a la sociedad, a la industria, al agro, a la innovación productiva, es tangible y despiertan curiosidad en la gente. Los científicos sociales –en cambio– sólo estudian al hombre, a los sujetos sociales, al territorio que ellos construyen a partir de los recursos que la sociedad genera y de los cuales se apropian en distinto grado. Analizan los desequilibrios interregionales, las expresiones culturales, el biopoder, la gubernamentalidad que expresa estilos y estrategias de gobierno y de funcionamiento social. En este terreno, el conocimiento generado que se transfiere más lentamente siempre parece opinable y no en todas las oportunidades necesario, sobre todo si no se pretende fortalecer una ciudadanía responsable (Biernat y Ramacciotti, 2012; p. 10).

Las ciencias sociales y las humanidades nos informan –por ejemplo– que “el poder se ejerce a partir de innumerables puntos, y en el juego de relaciones móviles y no igualitarias”, que son

intencionales y no subjetivas. No hay poder que se ejerza sin objetivos y por estas razones “donde hay poder hay resistencia” (Foucault, 1999; pp. 114-116). El asunto es importante, pero seguramente requiere de un lenguaje simple, atractivo y hasta irónico para generar interés social amplio.

Hay quienes sostienen que las humanidades y las ciencias sociales son parte del campo cultural y no del científico, como si toda expresión de la ciencia no integrara el campo de la cultura en cualquier sociedad y como si la cultura ocupara un lugar secundario, poco valioso. Otros estiman que diagnosticar conflictos, medir la concentración del ingreso o la pobreza, ponderar la calidad de vida de quienes componen una sociedad, programar índices para mejorar la estadística, contribuir a la construcción de la memoria colectiva y la institucionalidad como partes de la identidad nacional y más allá de ella, son sólo aproximaciones de dudosa transferencia. No debiera ser así si se opta por un lenguaje sencillo y atrayente, por la centralidad que estos asuntos tienen para la gente.

En tiempos de la “sociedad de la información”, la inclusión social depende del conocimiento generado y de la interdisciplina. Todos los campos de la ciencia cuentan con un lenguaje específico que merece ser “traducido” para poder ser divulgado. No hay transferencia posible sin producción de conocimiento divulgado adecuadamente y ese proceso debe incluir a todas las disciplinas, a todas las grandes áreas del conocimiento. Si la divulgación es sinónimo de impacto mediático, disciplinas como la historia a la cual hice referencia –por ejemplo– sólo son leyenda, un cúmulo de anécdotas, si se omiten el tiempo y el espacio que son sus coordenadas para generar conocimiento.

“La economía del conocimiento” es vista hoy como una “reinención del capitalismo”. La idea no es nueva. La llamada sociedad de la información supone también un funcionamiento del mercado de la información. Información y conocimiento son factores estratégicos, generadores de riqueza, y por esta razón se habla de una economía del conocimiento. Sin lugar a dudas, el camino que se adopte a través del accionar estatal marcará la suerte de las sociedades.

Las tecnologías de información y comunicación (TIC) permiten la acumulación del saber y se convierten en insumos para la innovación como una auténtica red de conocimientos al servicio de la sociedad o al servicio de la desigualdad social si no se garantiza el uso social del mismo. La divulgación debe hacerse eco de estas cuestiones, pero el sistema político debe alentarla, ponderarla.

El carácter instrumental y utilitario de la ciencia es funcional a una determinada estructura de poder –con sus múltiples modos de ejercicio– y forma parte de la agenda política, sabiendo que “el conocimiento es un bien en sí mismo: más es siempre mejor” (Sulston y Ferry, 2003; pp. 261-268).

La ciencia es un compendio de saberes (Pestre, 2005; pp. 51-53) inserto en un contexto social. Está “constituida por un conjunto inmensamente complejo y vasto de teorías, leyes y principios que se sistematizan a partir de la observación, la verificación empírica y experimental”

que luego se generaliza. La ciencia “se manifiesta en prácticas culturales que son siempre abiertas y no finales” (Fainholc, 2009; pp. 80-81). El método científico –por su parte– ha sido “eficaz para acrecentar la comprensión humana del mundo”. Existe una dimensión valorativa de las ciencias (Gómez, 2014; p. 15), especialmente cuando la ciencia se involucra socialmente y tiende a hacerse cargo de las necesidades colectivas.

El ideal científico socialmente responsable es político, porque la ciencia desde fines del siglo XIX tiene autoridad para legitimar la acción política de carácter público (Gómez, 2014; p. 223). Si las humanidades y las ciencias sociales –insertas en un contexto multidisciplinar– pueden participar de la divulgación científica de sus conocimientos, entonces también pueden contribuir a promover la inclusión social, porque los científicos tienen también la responsabilidad de achicar las distancias entre la práctica y el ideal al que aspiran como parte de un ejercicio ciudadano democrático. Pero esencialmente se requiere decisión política para sostener la iniciativa, para recoger y ejecutar sus resultados responsablemente manteniendo la distancia crítica como parte esencial de la divulgación.

Bibliografía

- ALBORNOZ, M.** (1999): “Política científica”, Buenos Aires, módulo para el dictado de un curso.
- LICHA, Isabel (2007): “Investigación científica y desarrollo social en América Latina”, en J. Sebastián (compilador): “Claves del desarrollo científico y tecnológico de América Latina, Madrid, Siglo XXI.
- BIERNAT, C., y RAMACCIOTTI, K.** (editoras) (2012): *Políticas sociales. Entre demandas y resistencias*. Argentina 1930-1970, Editorial Biblos, Buenos Aires, p. 10.
- BOBBIO, N.** et al. (2005): *Diccionario de Política*, Siglo XXI Editores, México.
- BURCHARDT, H. J., y GROISMAN, F.** (coordinadores) (2014): *Desprotegidos y Desiguales ¿Hacia una nueva fisonomía social?*, Prometeo, Buenos Aires.
- CIAPUSCIO, H.** (1994): “La historia de la tecnología como disciplina”, en El Fuego de Prometeo. Tecnología y Sociedad, *Eudeba*, Buenos Aires.
- FAINHOLC, B.** (2009): *Diccionario Práctico de Tecnología Educativa*, Alfagrama Ediciones, Buenos Aires.
- FOUCAULT, M.** (1999): *Historia de la sexualidad. 1- la voluntad de saber*, Siglo XXI, México.
- FOX KELLER, E.** (2000): *Lenguaje y vida. Metáforas de la biología en el siglo XX*, Manantial, Buenos Aires.

Ciencias sociales y humanidades. Afinidades y diferencias

María Isabel Santa Cruz*

La preocupación por caracterizar qué es ciencia por oposición a otros tipos de saberes (opinión, experiencia, saber vulgar, etc.) es de larga data. También lo es la preocupación por establecer algún tipo de clasificación de las ciencias. La denominación “ciencias sociales” puede ser usada en un sentido amplio y no técnico para denotar cualquier estudio de los fenómenos y las estructuras sociales, llevado a cabo de modo sistemático y con rigor, con apoyo en los hechos y expuesto con argumentos racionales. Conocidos son los debates acerca de si las llamadas “ciencias sociales” pueden ser consideradas realmente como científicas. A ello se añade el problema no menor de la diversidad existente entre lo que se da en llamar “ciencias sociales” y lo que se da en llamar “humanidades”, más el problema de la diversidad entre las diferentes disciplinas agrupadas bajo uno u otro rubro. En este trabajo se defiende la peculiaridad y la importancia de las humanidades como modo de ejercicio del espíritu crítico que puede permitir, entre otras cosas, una buena reconciliación del pasado con el presente. Por otra parte, se sugiere que la peculiaridad de las humanidades frente a las ciencias sociales debería ser tomada especialmente en cuenta al elaborar y aplicar criterios de evaluación.

Palabras clave

Ciencias sociales, humanidades, filosofía, literatura

* Profesora titular consulta y directora del Instituto de Filosofía, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires. Investigadora emérita CONICET. Directora de becarios y de Proyectos I+D UBACyT, FONCyT y CONICET. Especialista en filosofía antigua. Correo electrónico de contacto: marita-santacruz@gmail.com.

GASCON MURO, P. (2008): “La economía del conocimiento o la reinención del capitalismo”, *Veredas. Revista del pensamiento sociológico* n° 17, año 9, segundo semestre, Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Xochimilco, México.

GIRBAL-BLACHA, N., y MOREYRA, B. (compiladoras) (2011): *Producción de conocimiento y transferencia en las Ciencias Sociales*, Imago Mundi, Buenos Aires.

GOMEZ, R. (2014): *La dimensión valorativa de las ciencias. Hacia una filosofía política*, Universidad Nacional de Quilmes Editorial, Bernal.

Ñ. Revista de Cultura (2014): Clarín, sábado 2 de agosto, Buenos Aires.

PESTRE, D. (2005): *Ciencia, dinero y política*, Ediciones Nueva Visión, Buenos Aires.

PROST, A. (1996a): *Douze leçons sur l'histoire*, Seuil, París.

PROST, A. (1996b): “Histoire, vérités, méthodes. Des structures argumentatives de l'histoire”, en *Le débat, histoire, politique, société*, n° 92, noviembre-diciembre, Gallimard, París.

REVEL, J. (1996): “Micro-analyse et construction du social”, en J. Revel (dir.): *Jeux d'échelles. La micro-analyse à l'expérience*, Gallimard/Le Seuil, París.

RUSSELL, B. (2013): *El poder*, Editorial RBA, 7ª edición, Barcelona.

SULSTON, J., y FERRY, G. (2003): *El hilo común de la humanidad. Una historia sobre la ciencia, la política, la ética y el genoma humano*, Siglo XX Editores, Madrid.

SUTZ, J. (2008): “Relaciones Universidad-Empresa en América Latina”, en J. Sebastián (compilador): *Claves del desarrollo científico y tecnológico de América Latina*, Innovación Educativa, Buenos Aires.

Caracterizar globalmente a las ciencias sociales y a las humanidades no es empresa sencilla, dada la diversidad existente entre lo que se da en llamar “ciencias sociales” y lo que se da en llamar “humanidades”. A ello se suma el innegable problema de la diversidad entre las diferentes disciplinas agrupadas bajo uno u otro rubro¹.

Cabe plantearse, en primer lugar, en qué sentido las ciencias sociales son ciencias². La preocupación por caracterizar qué es “ciencia” por oposición a otros tipos de saberes (opinión, experiencia, saber ingenuo o vulgar, etc.) es asunto de larga data. De un modo muy general, puede decirse que el saber vulgar es un tipo de conocimiento sin plan y ateorético, espontáneo y subjetivo, permeado de prejuicios y de reacciones emotivas, sin principios ni normas, basado en un acontecer fundado en el sentido común. Frente a él, por “ciencia” (*episteme* entre los griegos) se ha entendido un saber crítico, planeado y teórico, meditado y objetivo, metódico y sistematizado en cuerpos orgánicos.

Hay diversas disciplinas que reciben el nombre de “ciencias” y el problema consiste en decidir si en verdad todas ellas poseen ciertos caracteres comunes que permiten agruparlas. La preocupación por establecer algún tipo de clasificación de las ciencias forma parte de una tradición occidental que habitualmente ha recurrido a la relativa comodidad que otorgan las divisiones dicotómicas, tales como las propuestas entre ciencias formales y ciencias fácticas o ciencias naturales y ciencias sociales. Dilthey Windelband y Rickert, por ejemplo, propusieron una clasificación de las ciencias en ciencias de la naturaleza y ciencias del espíritu o ciencias naturales y ciencias culturales, y una demarcación entre ciencias ideográficas o individualizadoras (como la historiografía y en general las llamadas ciencias del espíritu) y ciencias nomotéticas y generalizadoras. Tal división ha sido objeto de fuertes críticas: se ha hecho notar que también lo histórico “generaliza” (aunque sea a su manera) y las ciencias sociales pueden “individualizar” y, por cierto, han obtenido cierto saber nomotético, formulado en “leyes”. Por

¹ La indeterminación está bien reflejada en la constitución de las comisiones evaluadoras del CONICET, pero mucho más en las de la Universidad de Buenos Aires. En CONICET, la gran área de Ciencias Sociales y Humanidades se reparte en nueve comisiones: Derecho, Ciencias Políticas y Relaciones Internacionales; Literatura, Lingüística y Semiótica; Filosofía; Historia, Geografía y Antropología Social y Cultural; Sociología, Comunicación y Demografía; Economía, Ciencias de la Gestión y de la Administración Pública; Psicología y Ciencias de la Educación; Arqueología y Antropología Biológica; Desarrollo Tecnológico y Social. En la Universidad de Buenos Aires hay cinco Comisiones Técnicas Asesoras (CTA) que corresponden a disciplinas de ciencias sociales y humanidades: Ciencias de la Salud Humana (incluye Psicología); Ciencias Sociales (Ciencias de la Comunicación, Ciencias Políticas, Educación, Psicología, Relaciones del Trabajo, Sociología, Trabajo Social); Humanidades (Antropología, Artes, Bibliotecología y Documentación, Educación, Filosofía, Geografía, Historia, Letras, Psicología); Ciencias Jurídicas, Económicas y de la Administración (Administración, Contabilidad, Derecho, Economía, Ingeniería Industrial); Diseño para el Habitat Humano (incluye, además de Arquitectura y otras, Derecho, Economía, Sociología, Psicología y Geografía).

² Sobre este problema ver Gellner, 1984; pp. 601-603.

lo demás, en tal demarcación binaria es difícil incluir a las “ciencias clasificadoras” (geología, zoología, botánica), que no son del espíritu, pero tampoco son nomotéticas.

Sabido es que algunos han limitado las ciencias en sentido estricto a las naturales, pero incluso ellas se han diversificado y no admiten un “único modelo”. A favor de la diferenciación de las ciencias sociales y de su carácter no natural se esgrimen como argumentos rasgos tales como la complejidad de su objeto, su inestabilidad, indeterminación, la auto-referencia de quien ejerce la teoría social como parte de su objeto, pero muchos de esos rasgos también se dan en las ciencias naturales. Para evitar las distinciones dicotómicas, algunos estudiosos han intentado, por ejemplo, trazar una suerte de pirámide en la que han colocado unas ciencias como sustento de otras: la matemática de la física, la física de la biología, la biología de la psicología, etc.

Cuando se opera con taxonomías, hay que identificar –lo que no es sencillo– cuáles son los rasgos comunes fuertes propios de las disciplinas englobadas en cada categoría y cuáles son los rasgos diferenciales fuertes que permiten distinguir una categoría de la otra. Tal tarea conlleva serias dificultades, dado que hay áreas de conocimiento que no se ubican con claridad en uno y otro tipo de ciencias, sino que hay casos fronterizos o mixtos, tales como la etología o la psicología. Baste con echar una mirada a la ubicación que se da a la psicología en las CTA de la Universidad de Buenos Aires, donde se la incluye en cuatro comisiones diferentes: Ciencias de la Salud Humana, Ciencias Sociales, Humanidades y Diseño para el Hábitat Humano. También en tal distribución de disciplinas en comisiones asesoras, la sociología, la educación o la economía se ubican en más de un grupo disciplinario.

En todo caso, podría decirse que lo que es común a todas las clasificaciones de las ciencias es su caducidad: las ciencias están continuamente en formación, aparecen ciencias nuevas, algunas pueden insertarse en dos o más casilleros, etc. Pero, a pesar de todo, las clasificaciones no son inútiles pues intentan sistematizar y ordenar cuerpos dispersos de conocimiento.

Pero volvamos sobre las ciencias sociales ¿Qué son las ciencias sociales? ¿Son auténticamente científicas? La primera pregunta puede responderse, del modo más simple y directo, enumerando o nombrando las ciencias sociales, que son simplemente el objeto de la práctica profesional de sus especialistas: las ciencias sociales tales como son practicadas y reconocidas en las sociedades contemporáneas. Así, la denominación puede ser usada en un sentido amplio y no técnico para denotar cualquier estudio de los fenómenos y de las estructuras sociales, llevado a cabo de modo sistemático y con rigor, con apoyo en los hechos y expuesto con argumentos racionales. Tal vez la propiedad común a las ciencias sociales que ofrece menos dificultades es la de ser disciplinas que se ocupan de estudiar aspectos específicos de los seres humanos. Otras propiedades, en cambio, como intersubjetividad, verdad, objetividad, racionalidad, generalidad, capacidad explicativa, algún nivel de apoyatura empírica, a veces predictibilidad, son más problemáticas.

Cuando se caracteriza con la máxima generalidad a las ciencias sociales, “ciencia” se usa en su sentido amplio de saber fundado, opuesto a opinión, rutina, experiencia o saber vulgar. Pero

hay quienes se inclinan por considerar a las “ciencias sociales” en un sentido más estricto y técnico, como disciplinas que se proponen aplicar al análisis de fenómenos sociales la metodología de las ciencias empíricas. En este último sentido, las ciencias sociales adquieren un matiz normativo: no se trata de describir y comprender lo que es, el fenómeno social, desde diferentes perspectivas, sino de delinear y, por tanto, prescribir, lo que debe ser³.

Aunque algunos teóricos han sostenido que los métodos y justificaciones de las ciencias sociales son o deben ser los mismos que los de las ciencias naturales, también se han dado muchas razones para sostener que las ciencias sociales exigen tipos diferentes de métodos y de justificación que las ciencias naturales; se ha apelado a la distinción entre explicación y comprensión, entre causas y razones o entre leyes generales y casos particulares. Se ha sostenido que el conocimiento científico atiende, cuando puede y como mejor puede, a la explicación causal (a veces, presentada de modo más cauto como explicación probabilística), y tanto mejor si esa explicación puede formularse como una ley.

Cabe preguntarse si las formas de explicación en ciencias sociales se conforman al patrón que exhiben las ciencias naturales. Muchos lo han negado argumentando que la explicación de la acción por referencia a estados mentales es diferente de la explicación en sentido ordinario. Si bien hay muchas variantes interpretativas de la conducta, todas invocan estados tales como creencias y deseos. Lo cierto es que la causalidad de las ciencias naturales difícilmente pueda hallarse tal cual en las ciencias sociales, porque los hechos humanos escapan al modelo fisicalista de explicación causal. Ello, sin embargo, no excluye que pueda haber explicación en las ciencias sociales, sólo que se trata de un tipo diferente de explicación causal. En las ciencias naturales hay una “determinación causal”, mientras que en las ciencias sociales hay una “indeterminación causal” (Sartori, 1984; pp. 59-60), porque en los hechos humanos existe la posibilidad de reacciones a los estímulos de modo imprevisible, anómalo y, por lo tanto, no predeterminado. Decir que hay diferencia de metodología es decir que hay diferencia en la lógica de investigación y de justificación, lo que no es lo mismo que decir que las ciencias sociales y las ciencias naturales se valen de diferentes técnicas de observación o experimentación⁴.

Ahora bien, si la caracterización de las ciencias sociales, sea por sus rasgos comunes, sea por sus diferencias con las ciencias naturales, es tarea nada sencilla, la caracterización de las así llamadas “humanidades” es aún más complicada. “Humanidades”, como su nombre lo indica, agrupa a un conjunto de disciplinas cuyo carácter común consiste nada más y nada menos que en ocuparse de “lo humano”. Pero, en tal sentido, parece que no tendrían ningún tipo de diferencia con las ciencias sociales, que se ocupan de aspectos específicos de lo humano. Sin

³ En este sentido quedan absorbidas en lo que se da en llamar “filosofía social”. Los científicos sociales tienden en general a recostarse del lado de la ciencia y separarse de la filosofía, a caracterizar su propia obra como científica en tanto pone el acento en lo que la distingue de la filosofía.

⁴ M. Hesse (1978; pp. 1-16) intenta mostrar que tales argumentos sobre similitudes y diferencias son inadecuados.

embargo, tal vez es posible identificar un rasgo que las distingue: mientras que en las ciencias sociales el apoyo empírico es central, en las tradicionalmente consideradas humanidades ese rasgo desaparece.

Las ciencias sociales tienen base empírica, esto es, son un conocimiento que se afina en la experiencia y cuyo fin es describir cómo es lo real, cómo es el hecho para llegar a comprender. Como la pretensión de las disciplinas que tratan de lo humano es tornarse más y más conocimiento “científico” (me refiero, por ejemplo, a la lingüística y la semiótica como “ciencias del lenguaje” y aun la filología clásica), en la categoría de humanidades han quedado confinadas casi exclusivamente la filosofía, las letras y las artes, disciplinas éstas que trabajan sobre un material que no son ya hechos fácticos sino “hechos culturales”, esto es, producto de la capacidad crítica y creadora del ser humano a lo largo de su historia.

El conocimiento científico-empírico es diferente del conocimiento especulativo-filosófico: se trata de dos planos diferentes de conocimiento o casi de dos planos de verdad. El conocimiento especulativo es propio de la filosofía, cuya pregunta ya no es por el cómo sino por el por qué, por la razón de ser de las cosas. La filosofía busca una explicación última o sustantiva del mundo y su conocimiento va más allá de lo empírico. El conocimiento de la ciencia es nomotético: tiende al establecimiento de leyes. El de la filosofía es y ha sido siempre la búsqueda de causas, esto es de principios explicativos. Eso no significa que la ciencia no se interese por el por qué; la distinción trazada indica sólo predominio o prioridad de un aspecto sobre el otro. Por lo demás, mientras que las ciencias sociales son un conocimiento de aplicación, esto es, un instrumento para intervenir sobre la realidad que se estudia y analiza, el conocimiento filosófico no es empírico y su peculiaridad es precisamente no plantearse el “problema de la aplicación” (Sartori, 1984; p. 46)⁵.

Es interesante, en esta dirección, la diferencia existente entre filosofía social y filosofía de las ciencias sociales. Esta última no se involucra con la sustancia de ninguna teoría social ni con ninguna concepción acerca de lo que hace que una sociedad sea buena, sino con la lógica de cualquier construcción de teorías en ciencias sociales y con la lógica de la justificación de cualquier teoría de ciencias sociales. Se interesa en la posibilidad de testear científicamente tales teorías. El filósofo de las ciencias sociales se centra, como todo filósofo de la ciencia, en problemas de metodología, pero en problemas de metodología que surgen en las ciencias sociales. La filosofía social, en cambio, se interesa por la sustentabilidad de una u otra teoría de los fenómenos sociales. Su interés reside en las diferentes concepciones sobre la naturaleza de los sistemas sociales o sociedades deseables y a veces propone sus propios

⁵ Es interesante distinguir entre investigación fundamental o básica libre, investigación aplicada e investigación orientada. La primera sólo responde al impulso de la propia investigación y constituye el saber por el saber; la segunda responde a criterios precisos de utilización y constituye la aplicación concreta de un saber que busca utilizarse inmediatamente en el plano de la acción. La investigación orientada se sitúa entre ambas. Sobre la investigación orientada ver De Bie, 1981; pp. 85-174.

puntos de vista sobre lo que constituye una sociedad buena o deseable. También se centra en la evaluación del valor y otras características de las ideologías políticas, así como en la argumentación a favor del valor de uno u otro tipo de ordenamiento o plan social. En tal sentido la *República de Platón* o el *Leviatán de Hobbes* son obras paradigmáticas de filosofía social⁶. Pero tal distinción entre filosofía social y filosofía de las ciencias sociales no debe trazarse recostándonos en el carácter normativo de la primera como opuesto al carácter éticamente neutro de la segunda, porque es un criterio limitado. En todo caso, podríamos decir que la primera es preponderantemente normativa y la segunda preponderantemente neutra desde el punto de vista ético.

En favor de la filosofía como paradigma del conocimiento especulativo, “humanístico” por excelencia, vale la pena citar a G. Sartori (1984; p. 39): “El lector inexperto recogerá de la lectura de textos filosóficos la impresión de que los filósofos se dedican a decir tonterías. ¿Las dicen realmente, o se las hacemos decir nosotros, por malentenderlos? Antes de juzgar, hay que darse cuenta del hecho de que la filosofía expresa el extremo esfuerzo cognoscitivo del hombre: el que procura satisfacer nuestra ‘necesidad metafísica’ (como decía Dilthey) de responder al ‘por qué último’ de lo real. La filosofía, cuando es tal, es expresión de la más exasperada tensión heurística de que sea capaz el intelecto humano”.

Si de la filosofía nos desplazamos hacia otra de las humanidades paradigmáticas, la literatura, lo primero a señalar es que los hechos literarios son hechos de cultura y, como tales, de enorme complejidad. La filología en sentido estricto tiene por cometido descifrar los manuscritos, fijar un texto para la posteridad y sentar las bases para toda posible discusión sobre su objeto, dejar campo abierto para cualquier ulterior investigación al intérprete o al estudioso. Pretende recuperar la materialidad del texto, la verdad podría decirse, sin insertar en él ideología ni elementos externos. Como actividad básicamente neutral es, entonces, punto de partida para cualquier examen posterior del texto y, en tal sentido, tiene al menos pretensiones de ser una disciplina científica. La literatura, ella misma, nada tiene que ver con lo que entendemos por ciencia. El hecho literario es plural y multifacético y lo que pueda lograrse a través de su estudio no desemboca en ningún modelo axiológico.

La literatura es un hecho cultural que permite diversas aproximaciones, precisamente porque es un hecho cultural vinculado a un contexto más amplio (resto de las artes, costumbres humanas, actitudes morales, formas de ordenación de lo social o político). Las leyes de causalidad que rigen el acontecer de hechos históricos no siempre valen para los hechos literarios, que no quedan atrapados en el contexto de una civilización. Pueden estar vinculados con hechos históricos, pero los exceden: entre la fijación material de un texto y su ubicación en el seno de una cultura, existen múltiples aproximaciones a la literatura, ofrecidas por disciplinas tan variadas como la estilística, la sociología, el psicoanálisis, la hermenéutica o la comparatística. Así, su estudio reclama la síntesis tan armonizada como sea posible de diferentes campos de saber.

⁶ Para esta distinción ver Rudner, 1966; cap. 1.

Podríamos decir, a manera de resumen, que las humanidades son, pues, disciplinas que versan sobre el conocimiento humano y la cultura, con lo cual implican un constante regreso a las fuentes de la cultura. No crean leyes ni ofrecen postulados generales, lo que les ha valido críticas adversas; se les ha achacado, entre otros vicios o inutilidades, que imponen actitudes tradicionales y arrastran un sedimento de contenidos pasados de moda (mitos, leyendas, imágenes, símbolos, opiniones) cuya reiteración no favorece una correcta comprensión del presente y constituye un freno para una transformación del presente.

En su defensa debe decirse que son innegable expresión y exhibición de la cultura de una sociedad o de una nación. Investigar los hechos culturales que son responsables de que seamos lo que ahora somos no es tarea que pueda desecharse sin más con el argumento muchas veces esgrimido de que poco o nada contribuyen al desarrollo de un país o de una región. La vida mental del ser humano, por suerte, no se confina al nivel empírico, sino que cala más profundo, se permite “evasiones especulativas” que distan de ser estériles. Las humanidades son el arma que nos permite pensar crítica y libremente, comprender, romper con esquemas o moldes impuestos desde afuera, esto es, pensar en forma distinta y libre, saber leer y escribir e imaginar mundos posibles y mejores, lo cual es fundamental no sólo para el individuo, sino para la sociedad y para un país entero.

Permítaseme terminar planteando algunos problemas. Cuando se trata de políticas de investigación en el campo de las ciencias sociales y las humanidades, muchos son los interrogantes que se nos plantean. ¿Deben priorizarse determinados tipos o líneas de investigación? Si es así, ¿qué tipos de investigación priorizar? ¿Los que permiten aplicabilidad, esto es, incidencia en la realidad que se examina? Y, si es así, ¿qué realidad? ¿La local, la regional, la nacional, la global? ¿Eso significa priorizar las ciencias sociales sobre las humanidades? ¿Es eso correcto y deseable? En el caso de las humanidades, ¿deben priorizarse determinados tipos o líneas de investigación? Si así fuera, ¿qué tipo de investigaciones priorizar? ¿Todas tienen igual valor si están bien formuladas y fundadas?

Determinar criterios no es fácil y la disparidad de opiniones al respecto es moneda corriente. En el caso de las ciencias sociales, el criterio de aplicabilidad puede ser un elemento básico a tener en cuenta. En el caso de las humanidades resulta más complicado decidir qué elementos han de ser tenidos en cuenta a la hora de evaluar. A falta de aplicabilidad, puede considerarse, sin embargo, qué incidencia o qué resonancia más o menos amplia tal o cual investigación pueda tener, más allá, claro está, de la adecuada fundamentación del proyecto, el conocimiento del estado actual del problema, la claridad de las hipótesis, etc. Sugeriría como elemento importante a tener especialmente en cuenta la inserción que una temática de investigación tenga en el contexto global de temas y modo de tratamiento de tales temas. Esto es, la vigencia e interés del tema elegido en los centros académicos no sólo del área restringida de un país o una región, sino más amplia, así como la posibilidad de que ese estudio exhiba el grado de excelencia y el nivel alcanzado de una determinada región o país.

Por otra parte, no son pocos los dilemas de diferente naturaleza que se presentan. Baste recordar unos pocos: ¿Compatibilidad o incompatibilidad entre lo cuantitativo y lo cualitativo en las

publicaciones científicas? ¿Especialización cada vez mayor (como saber más acerca de menos) o ubicación de un conocimiento en contextos más amplios y abarcativos, ligazón de un conocimiento con otros y un campo con otro? ¿Dar prioridad a zonas en que la disciplina esté poco o nada desarrollada o dar prioridad a la calidad de las investigaciones y la idoneidad de quienes las proponen? ¿Discriminación positiva o evaluación “neutra”? ¿Interés local y regional o proyección global? Todos estos son, sin duda, problemas abiertos y sujetos a discusión.

Bibliografía

CHEEK, I. (2005), “The practice and politics of funded qualitative research”, en N. K. Denzin e Y. S. Lincoln (eds.): *Handbook of qualitative research*, Sage, Londres, pp. 387-409.

DE BIE, P. (1981): “La investigación orientada”, en R. Boudon, P. de Bie, R. Stein y E. Triest: *Corrientes de investigación en las ciencias sociales 1*, trad. cast., Tecnos, Madrid, pp. 85-174.

GELLNER, E. (1984): “El rango científico de las ciencias sociales”, *Revista internacional de ciencias sociales: epistemología de las ciencias sociales* (Unesco), n° 102, pp. 601-622.

HESSE, M. (1978): “Theory and Value in the Social Sciences”, en C. Hookway, y P. Pettit (eds.): *Action and Interpretation. Studies in the Philosophy of the Social Sciences*, Cambridge University Press, pp. 1-16.

RUDNER, R. (1966): *Philosophy of Social Sciences*, Prentice-Hall, Londres.

SARTORI, G. (1984): *La política. Lógica y metodología de las ciencias sociales*, trad. cast., FCE, México.

Desarrollismo e investigación en el Brasil: la universidad y las agencias de fomento en un largo proceso de modernización

Maria Verónica Secreto*

En el Brasil, paradójicamente, la universidad, y con ella la investigación, tuvo impulso durante la dictadura. Junto con los expurgos e intervenciones se produce la modernización de las universidades. El proyecto desarrollista para la universidad implicó en políticas de expansión de la investigación y por tanto de las agencias de fomento, reforma universitaria y acuerdos entre el MEC (Ministerio de Educación) y la *United States Agency for International Development*. A pesar de que a partir de la democratización el proceso de apoyo a la investigación ganó autonomía, algunos lastres, como el del liderazgo de las ciencias duras vinculadas a un modelo de desarrollo, continúan. En el largo proceso de modernización de la estructura universitaria y de investigación que se inició en la década de 1960 es de destacar el papel de las agencias de fomento de nivel estadual. Esta ponencia buscará sintetizar la trayectoria de las políticas de incentivo a la investigación en los últimos 50 años con énfasis en tres esferas: la universidad, las agencias de fomento federales (nacionales) y las estaduais.

Palabras clave

Agencias de fomento, ciencias duras, ciencias sociales y humanas, políticas de ciencia y tecnología

* Doctora en Historia Económica por la Universidad Estadual de Campinas (2001). Magister en Historia Social por la Universidad Federal Fluminense (1995). Graduada en la UNMDP (1991). Actualmente profesora Asociada de la Universidad Federal Fluminense. Correo electrónico de contacto: veronica.secreto@ig.com.br.

1. Introducción

Este año se cumplieron 50 años del golpe militar en Brasil. El gobierno de Jango (Goulart) generaba desconfianza en los sectores más conservadores que veían el clima reformista como una amenaza izquierdista y comunista. Los temores que se manifestaron más claramente fueron el de la reforma agraria -“na lei o na marra”, algo así como “por las buenas o por las malas”, como era el lema popular- el de la fuerza de los sindicatos, del movimiento estudiantil y de la politización de los subalternos de las FF.AA.

La llamada “revolución” de 1964 tradujo esos temores en un discurso anti-izquierdista y focalizó la represión en los sectores mencionados arriba. Lo hizo con diferentes intensidades: campesinos y obreros fueron los grupos que sufrieron más violencia. La represión campesina fue dejada casi libremente a la “iniciativa privada”. Los hacendados utilizaron los métodos de costumbre, sólo que con mayor impunidad que en otros momentos.

En la universidad, estudiantes y profesores fueron perseguidos. Se realizaron expurgos y prisiones. Algunos sectores de la universidad sintieron más duramente la naturaleza del régimen. El mismo 1º de abril de 1964, la sede de la Unión Nacional de los Estudiantes (UNE) en Río de Janeiro fue invadida e incendiada. También la recientemente creada Universidad de Brasilia sufrió tratamiento parecido y su rector fue despedido. Según Montoyama, Queiroz y Vargas (2004), el área de ciencias humanas fue el que más sintió el golpe por el hecho de trabajar con la palabra y ésta ser censurada.

En 1968 se discutió la reforma universitaria y, es claro, los sectores más progresistas de la universidad querían darle una impronta realmente modernizadora. Fue el caso del grupo que protagonizó los debates del Instituto de Filosofía y Ciencias Humanas de la Universidad Federal de Río de Janeiro que, como corolario, sufrió persecuciones y proscripciones. Al año siguiente, en 1969, el Acto Institucional nº5 (AI5) jubiló compulsoriamente todos los profesores que fueron considerados peligrosos para el régimen. En la lista se destacan los sociólogos e historiadores.

Mientras en la UFRJ la persecución y el clima de hostilidad estaban presentes, del otro lado de la Bahía de Guanabara un curso nuevo de historia en una universidad también nueva contrataba los profesores perseguidos. Eulalia Lobo rescata el papel activo de la profesora Aidyl Pries en ese momento, destacando también que durante la dictadura la investigación casi murió en el IFCH de la UFRJ, destacando también para todo el período la realización de tres investigaciones monográficas (Vainfas y Gomes, 1992).

En medio del clima de persecución, el pensamiento crítico y la investigación en ciencias humanas sufrieron pérdidas enormes al tiempo que se generaba una mayor inversión en posgrados e institucionalización de los mecanismos de evaluación y financiamiento públicos.

2. La Capes, el CNPq y la universidad

El origen de la Capes se remonta a 1951 cuando fue creada la Campaña Nacional de perfeccionamiento del personal de nivel superior por decreto nº 29.741, cuyo texto establecía:

Art. 1º Fica instituída, sob a Presidência do Ministro da Educação e Saúde, uma Comissão composta de representantes do Ministério da Educação e Saúde, Departamento Administrativo do Serviço Público, Fundação Getúlio Vargas, Banco do Brasil, Comissão Nacional de Assistência Técnica, Comissão Mista Brasil, Estados Unidos, Conselho Nacional de Investigações, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Confederação Nacional da Indústria, Confederação Nacional do Comércio, para o fim de promover uma Campanha Nacional de aperfeiçoamento de pessoal de nível superior.

Art. 2º A Campanha terá por objetivos:

- a)** assegurar a existência de pessoal especializado em quantidade e qualidade suficientes para atender às necessidades dos empreendimentos públicos e privados que visam o desenvolvimento econômico e social do país.
- b)** oferecer os indivíduos mais capazes, sem recursos próprios, acesso a todas as oportunidades de aperfeiçoamentos¹.

En la página de la Capes este momento de creación es contextualizado como la retomada del proyecto desarrollista en que la industrialización pesada y la complejidad administrativa demandaban la formación de especialistas e investigadores principalmente en las áreas de física, matemática y química, aunque también la formación de técnicos de finanzas e investigadores sociales.

La propia composición de la comisión (art. 1º de la ley 29.741) muestra el conjunto de intereses en que estaba envuelta la cuestión de la ciencia y tecnología y anticipa las tensiones que vendrían. El liderazgo debería salir de un conjunto bastante heterogéneo como el compuesto por la burocracia estatal, las instituciones públicas y privadas del área económica, confederaciones de la industria y el comercio e instituciones de investigación social y, como si esto fuera poco, también la comisión mixta Brasil-Estados Unidos que tenía asiento en la “Campanha”.

Para Mendonça y Gouveia (2005, p. 116), la actuación de su primer secretario general, Anísio Teixeira, fue de fundamental importancia en la mediación entre los dos grupos preponderantes: el de los pragmáticos que defendían reformas inmediatas y cualificación profesional, y el grupo “político” que tenía objetivos de mediano y largo plazo y se preocupaba con la producción científica nacional.

¹ www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1950-1959/decreto-29741-11-julho-1951-336144-publicacao-original-1-pe.html.secreto@ig.com.br

En 1953, la estructura de la Capes se dividió en dos programas: el Programa Universitario, que atiende principalmente las ciencias biológicas, medicas, sociales, matemática y humanidades, y el Programa de Cuadros Técnicos y Científicos, que atendía principalmente arquitectura, economía, administración, agronomía y veterinaria.

En 1961, la Capes fue subordinada directamente a la presidencia, dejando de ser una comisión de un ministerio. El golpe de 1964 rompe esa autonomía volviendo a estar subordinada al Ministerio de Educación y Cultura. Mas como dijimos, la dictadura militar no vacía las universidades como en otros lugares de América Latina; muy por el contrario, éstas son necesarias para sus proyectos desarrollistas, como eran necesarios los cuadros “no problemáticos”. El año siguiente al golpe son creados 27 cursos de pos grado en el nivel de maestría y 11 en el nivel de doctorado. Diez años después del inicio de la dictadura, la Capes pasó a tener autonomía administrativa y financiera. Entre 1974 y 1981 consolida su finalidad como responsable por el plan nacional de posgrado y de evaluación de los posgrados. En 1992, la Capes pasa a tener el estatuto de Fundación Pública. En 1995 se alcanzó la cifra de 1000 maestrías y 600 doctorados reconocidos por la Capes.

Hoy en día los números son los siguientes:

Grande área	Programas e cursos de pós-graduação				
	Total	M	D	F	M/D
Ciencias agrárias	315	113	2	14	186
Ciencias biológicas	233	54	2	10	167
Ciencias de saúde	474	126	16	46	286
Ciencias exatas e da terra	275	96	8	11	160
Ciencias humanas	406	184	4	8	210
Ciencias sociais aplicadas	370	186	1	53	130
Engenharias	329	132	4	49	144
Linguística, letras e artes	163	77	0	0	86
Multidisciplinar	330	142	15	84	89
Brasil	2.895	1.110	52	275	1.458

M: maestría - **D:** doctorado - **F:** maestría profesional - **M/D:** maestría/doctorado

Fuente: Capes, datos del 10 de octubre de 2014: <http://conteudoweb.capes.gov.br/conteudoweb/Pr ojetoRelacaoCursosServlet?acao=investigaciónrAreaAvaliacao#>

Grande área	Totais de cursos de pós-graduação			
	Total	M	D	F
Ciencias agrárias	501	299	188	14
Ciencias biológicas	400	221	169	10
Ciencias de saúde	760	412	302	46
Ciencias exatas e da terra	435	256	168	11
Ciencias humanas	616	394	214	8
Ciencias sociais aplicadas	500	316	131	53
Engenharias	473	276	148	49
Linguística, letras e artes	249	163	86	0
Multidisciplinar	419	231	104	84
Brasil	4.353	2.568	1.510	275

M: maestría - **D:** doctorado - **F:** maestría profesional - **M/D:** maestría/doctorado

Fuente: Capes, datos del 10 de octubre de 2014: <http://conteudoweb.capes.gov.br/conteudoweb/Pr ojetoRelacaoCursosServlet?acao=investigaciónrAreaAvaliacao#>

Paralelamente a la creación de Capes, en el mismo año 1951 se crea el Consejo Nacional de Investigaciones –CNPq–, que tenía misión diferente a aquella. El CNPq tenía por objetivo la investigación científica y tecnológica equipando laboratorios, realizando inversiones en universidades y proponiendo políticas científicas. El papel de proponente de políticas científicas y tecnológicas sería incentivado con el régimen militar. Además de la programación, pasa a sus manos la coordinación de soluciones científico-tecnológicas.

En el clima de posguerra se privilegiaron las ciencias básicas vinculadas a la física y las ciencias biológicas que contaban con más antecedentes nacionales. En la década de 1960, ese cuadro se torna más complejo y el acompañamiento de las políticas económicas desarrollistas lleva a una inclusión mayor de las agencias dentro de las planificaciones generales.

Ya desde el Plano Estratégico de Desarrollo (PED) del Plan Trienal (1968-1970) tenía la ciencia y tecnología como 8° área estratégica para la aceleración del desarrollo. Desde allí iría escalando posiciones (Montoyoma *et al.*, 1964-1985; p. 327). El segundo capítulo del I Plan Nacional de Desarrollo (1972-1974) decía en su segundo capítulo: “La revolución tecnológica, principalmente en las últimas décadas, repercute profundamente sobre el desarrollo industrial y comercial internacional, pasando el crecimiento económico a ser cada vez más determinado por el progreso tecnológico” (Salles Filho, 2002).

El plan proponía concentrar recursos en prioridades tecnológicas claras para lo cual el gobierno debía:

- Operar en el sistema financiero para el desarrollo tecnológico (prestar atención a que no se habla de científico-tecnológico) que comprendía el Fondo Nacional de Desarrollo Científico Tecnológico (FNDCT), el FUNTEC del Banco Nacional de Desarrollo Económico (BNDE), el fondo asociado al Consejo Nacional de Investigación (CNPq) y el FUNAT (INT); estos deberían invertir en el período 1972-1974 Cr\$ 1.100 millones.
- Coordinar la actuación y modernización de las principales instituciones gubernamentales vinculadas a la investigación científica y tecnológica para ejecutar el Plan Básico de Desarrollo Científico y Tecnológico, que debería aplicar un presupuesto que superaba casi 650% el aplicado en 1968.

¿Cuáles eran las áreas tecnológicas prioritarias? Energía nuclear, investigación espacial, oceanografía. ¿Cuáles las áreas industriales seleccionadas? Industria química, electrónica, siderúrgica, aeronáutica. El plan también priorizaba infraestructura de energía, petróleo, transportes y comunicación. Además de un incentivo a la investigación agrícola².

Durante el período llamado de Nueva República (1985-2000) se produce la estabilización (o estancamiento) de las instituciones arriba mencionadas y de la ciencia y tecnología en el Brasil. Fernando Collor llegó a disolver Capes, medida de la que tuvo que retroceder, pero que evidencia el lugar que la CyT tuvo en su gobierno. Durante el período del “sociólogo” Fernando Henrique Cardoso, la CyT no tuvo un desempeño peor porque, como dicen Montoyama y Vargas (2004), ya había una tradición conquistada. Mas los efectos de la Ley de Directrices Básicas aún se sienten (Cunha, 2003; pp. 37-61).

3. Un nuevo período para la investigación: los gobiernos del PT y las FAPS

El gobierno del PT abrió un nuevo período para la Ciencia y la Tecnología. En primer, lugar, y antes de hablar de cualquier política sectorial, porque al acabar con el consenso sobre el estado mínimo creó la posibilidad de pensar la generación del conocimiento como una responsabilidad del Estado.

El Programa del Gobierno Federal de Apoyo a Planos de Reestructuración y Expansión de las Universidades Federales del Brasil (Decreto Presidencial n° 6096 de 24 de abril de 2007), cuyo objetivo es el de crear condiciones para la ampliación del acceso y permanencia en la educación superior, ha generado –además de las consecuencias inmediatas de aumento del número

² I Plano Nacional de Desenvolvimento (PND), 1972/74 (2002), en: Revista Brasileira de Inovação, vol. 1, n° 2, enero/diciembre.

de alumnos, de profesores y de la infraestructura, del aprovechamiento de los recursos humanos e materiales existentes– el incremento de la investigación y de la demanda a las agencias de fomento por parte de los investigadores.

Esta expansión de la universidad pública no ha sido acompañada simétricamente por el aumento de los recursos de las agencias federales, que han modernizado su estructura ofreciendo mayores posibilidades para la internacionalización de la investigación y estudio.

Voy a mencionar dos políticas sólo como ilustración. Una es el Programa Ciencias sin Fronteras, tal vez el más ambicioso de los programas de las agencias federales (no incluye las ciencias humanas ni sociales). Pretende ofrecer 101.000 becas hasta 2015, especialmente para que alumnos de grado hagan estudios fuera del país, privilegiándose algunas instituciones de excelencia de Estados Unidos y la Unión Europea, principalmente. Se trata de un esfuerzo conjunto del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación y de su agencia CNPq, y del Ministerio de Educación y su agencia Capes. Este megaproyecto no previó presupuesto propio, sino que es financiado a costas de otros que vieron su datación presupuestaria menguada.

Modalidad	N° de becas
Doctorado con período en el exterior	15.000
Doctorado Pleno	4.500
Posdoctorado	6.440
Grado con período en el exterior	64.000
Desarrollo Tecnológico e Innovación en el Exterior	7.060
Atracción de Jóvenes Talentos	2.000
Investigador Visitante Especial	2.000
Total	101.000

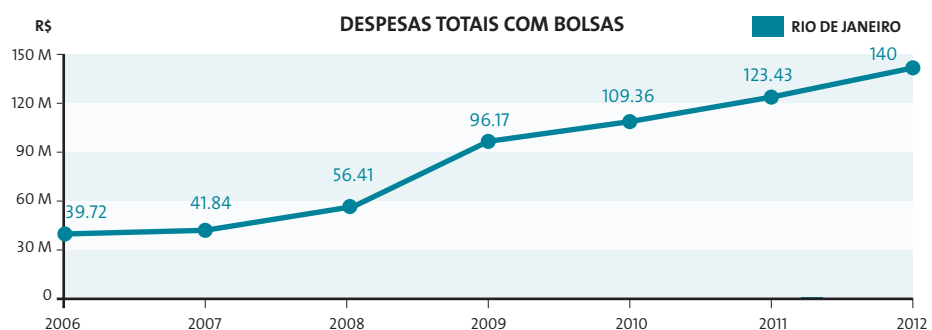
Fuente: Ciência Sem Fronteiras, metas actualizadas en enero de 2013. Disponible en: www.ciencia-semfronteiras.gov.br/web/csf/o-programa.

Otro ejemplo es el de becas de productividad, una especie de incentivo a la investigación otorgado por el CNPq. A pesar de haber aumentado el número de investigadores, el número de becas no lo hizo en la misma proporción. Además, es un tipo de beca que puede ser mantenida por investigadores/docentes jubilados, lo que disminuye las posibilidades de que los jóvenes y no tan jóvenes investigadores accedan a ellas.

En un artículo publicado en 2011, Mario Neto Borges, presidente de la FAPEMG (Fundação de Amparo à Investigação do Estado de Minas Gerais) afirmó que las FAP de todo el Brasil habían equiparado al CNPq en el montante de financiamiento.

Hoy en día son 24 los Estados que cuentan con su FAP, además de DF, y constituyen el Consejo Nacional de las Fundaciones Estaduales de Amparo a la Investigación, creado en 2006. Estas fundaciones –y ahora voy a hablar a partir de la experiencia con la FAPERJ– están mucho más próximas de las problemáticas del investigador y de la investigación regional. Aquí tan importante como el recurso económico disponible a la investigación es la forma en que ese recurso es colocado a disposición.

Primero veamos las curvas de recursos:



Fuente: Conselho Nacional das Fundações de Amparo à Investigação.

El modelo más exitoso de las FAP es el de la FAPESP, también la primera de estas fundaciones. La Constitución Estadual de San Pablo de 1947 preveía, en su artículo 123, la creación de esta Fundación, cuyos recursos, según la ley orgánica que finalmente la creó en 1960, provendrían de la

parcela que le atribuyese el estado en sus presupuestos anuales, las rentas de su patrimonio, los saldos de ejercicio, donaciones, legados y subvenciones, y por último las parcelas fruto de derechos sobre patentes resultantes de investigaciones financiadas con recursos FAPESP³.

La Faperj, creada en 1980 por el decreto estadual 3.290, vino a tener mayor protagonismo en el desarrollo de la ciencia y tecnología a partir de 2007, como puede ser visto en las curvas citadas arriba. En este momento el Estado de Río de Janeiro concentra aproximadamente el 20% de los cursos con notas 6 y 7 del país (las mayores notas otorgadas por la Capes), lo que evidencia el resultado de una mayor inversión de la Faperj. Recordemos la estrecha relación existente entre posgrado y investigación. Entre el 90 y el 95% de la investigación se realiza en los cursos de posgrado.

No es casual que el cambio de la Faperj se haya dado en 2007. Si bien sus estatutos preveían que su presupuesto sería compuesto por dotación presupuestaria atribuida por el Estado de Río de Janeiro, como establecía el artículo 322 de la Constitución Estadual, por las donaciones, legados y subvenciones, por los recursos provenientes de derechos de patentes y otros derechos de propiedad que fueran o vinieran a ser de la fundación, fue a partir de la modificación de la redacción del artículo 332 de la Constitución que se le atribuyó efectivamente el 2% de la recaudación tributaria anual del estado. Si bien la modificación fue realizada en 2003, la redacción preveía que su vigencia fuera a partir de 2007. A partir de este año, el papel de la FAPERJ se hace cada vez más relevante para la investigación en el Estado, tanto en las Unidades Federales como en las estaduais⁴.

Es la mayor proximidad con los problemas de la investigación local que ha permitido la realización de llamados públicos en la medida de la demanda. Según el presidente de la FAPERJ, la idea de un llamado o edicto puede surgir en cualquiera de los dos extremos: puede ser por iniciativa del investigador que propone un tipo de llamado público, como ocurre a veces con los proyectos binacionales que vienen a “consagrar” relaciones académicas existentes, o de la propia presidencia de la FAPERJ y del consejo superior⁵.

Es sabido que la investigación en ciencias sociales y humanas requiere más de libros que de cualquier otro equipamiento y, a pesar de ser evidente, no era tan claro para las agencias de fomento a la investigación en las cuales generalmente se piensa la investigación como experimental, de laboratoria, etc. Áreas en que la acumulación de conocimiento demanda, de alguna forma, el descarte de conocimientos anteriores. Difícil es encontrar un físico, a no ser que haga

³ Ver: Lei Orgânica. Lei 5.918 de 18 de octubre de 1960. Disponible en: www.fapesp.br/6279.

⁴ Valores aproximados otorgados por la FAPERJ a Instituciones de Enseñanza Superior y de Investigación públicas y privadas desde 2007: UFRJ, 477.000.000; UERJ, 435.000.000; UENF, 151.000.000; UFF, 117.000.000; FIOCRUZ, 107.000.000; PUC, 78.000.000; UFRJ, 39.000.000; UNIRIO, 14.000.000.

⁵ Entrevista concedida a la autora por el presidente de la Faperj, Rui Garcia Marques, el 24 de setiembre de 2014.

historia de la física, que tenga interés en leer Copérnico, aunque la teoría heliocéntrica no haya sido rebatida, mientras que ningún politólogo diría que no leyó a Maquiavelo. Para las ciencias humanas no hay libro viejo. Pero también necesitamos de los nuevos, por lo que las bibliotecas son de fundamental importancia al desarrollo de cualquier investigación. Fue a partir de la demanda del área de Ciencias Humanas que la Faperj creó el llamado “Apoyo a la actualización de acervos bibliográficos en las Instituciones de Enseñanza Superior e Investigación localizadas en el Estado de Rio de Janeiro”. Y en este caso, después de escuchar el área, se incluyó la posibilidad de adquirir bases de datos y libros virtuales, antes vedado por el “problema” de su inmaterialidad. Para este llamado, la Faperj destinó en su última edición 2.000.000 de reales.

Otro punto que nos diferencia con las ciencias duras es la forma de comunicar la investigación, además del tiempo que lleva generarla. Para las ciencias humanas y sociales, la publicación de los resultados en forma de libro continúa siendo la forma más legítima de la comunicación de resultados; forma que es casi inexistente en las ciencias duras que priorizan las publicaciones cortas de resultados parciales en revistas científicas. El “Auxilio a la edición”, que contempla, libros, CD y videos, es una de las formas que tienen los investigadores de publicar sus trabajos.

En la edición del año pasado del “Apoyo a proyectos de Investigación en el área de Humanidades” fueron destinados 3.000.000 de reales, que no fueron totalmente concedidos por causa de la baja demanda que alcanzara el mérito académico.

Estos tres no son los únicos llamados que atienden la demanda de las ciencias humanas y sociales. Sacando los llamados sectoriales, un gran número es destinado a la comunidad científica en general, como son el “Joven Científico Nuestro Estado”, el “Científico de Nuestro Estado”, el “Becario Nota 10”, el llamado a “Becas de Iniciación Científica” y los llamados “Binacionales con agencias de la amplitud temática” de la Faperj, como el Conicet por ejemplo, o el programa de “Beca Sándwich Reverso”, por el cual doctorandos de otros países obtienen una beca para pasar un período en alguna institución de investigación del Estado de Rio de Janeiro. Este llamado destinó en el llamado 2013/2014 2.000.000 reales para 40 candidatos seleccionados⁶.

4. Conclusión

Lo que hemos querido destacar en este trabajo es una tendencia a priorizar las ciencias exactas y duras dentro de las políticas de CyT y de CTI. Primero, porque estaban vinculadas durante el proceso de sustitución de importaciones a un modelo de desarrollo que necesitaba en el corto plazo de un tipo de profesional. El mismo modelo universitario y de ciencia y tecnología fue pensado como sustituidor de importaciones: esto es formador de los cuadros que antes de formaban o contrataban afuera.

⁶ Una lista completa de los llamados que todos los años publica la FAPERJ puede ser vista en su página web: www.faperj.br/index.phtml.

Después, durante la dictadura militar, nuevamente las ciencias duras y exactas fueron las modelares. La crisis del petróleo en 1973, que puso fin al milagro económico –el período de crecimiento espectacular entre 1968 e 1974–, y el IIPND, vinieron a definir áreas privilegiadas para el desarrollo. Nuevamente el área de química, ingenierías y ciencias duras lideraron las políticas de estado. De la misma forma que en la década de 1940, el área de las ciencias médicas y de la medicina tropical acompañó paralelamente a la ocupación y explotación de áreas endémicas.

En este contexto, las ciencias humanas y sociales aprovechan las políticas de fomento a la investigación, sobre todo a partir del incentivo a los posgrados. El área vinculada a los estudios económicos y económicos sociales, así como la antropología, se expanden siguiendo los lineamientos de una frontera que se alarga, y no metafóricamente. Los grandes proyectos amazónicos y la demanda de alimentos incentivarán la investigación en esos (Museo Nacional, CPDA, FGV).

El desarrollismo del período Lula da Silva y Dilma Russef (ni vale la pena hablar del período en que el Banco Mundial definió las políticas educativas y de CyT 1985-2002) continúa postergando las ciencias sociales y humanas. Claro que la coyuntura es otra y lo que no está prohibido está permitido, por lo cual los investigadores “fuerzan” lo llamados públicos pensados para otras áreas y hacen sus demandas, que también son atendidas, aunque los proyectos tengan que ser hechos en el formato de las otras ciencias, los currículos sean evaluados según los fundamentos de las otras ciencias, etc.

El diferencial principal a respecto de los períodos anteriores, además de las libertades individuales, es claro, es la existencia y robustez de las Faps y la sinergia entre éstas y las demandas locales.

Bibliografía

BALBACHEVSKY, E. (2005): “A pós-graduação no Brasil: um desafio para uma política bem-sucedida”, en C. Brock y S. Schwartzman: *Os desafios da educação no Brasil*, Nova Fronteira, Rio de Janeiro.

BORGES, M. N. (2011): “As fundações estaduais de amparo à investigação e o desenvolvimento de ciência, tecnologia e inovação no Brasil”, *Revista USP*, n° 89, San Pablo, marzo/mayo, pp. 174-189.

CUNHA, L. A. (2003): “O ensino superior no octênio FHC”, en: *Educação & Sociedade*, Campinas, vol. 24, n° 82, pp. 37-61.

DE ALMEIDA, N. (2010): *Educação superior em Lula X FHC: a prova dos números*, Carta Maior.

GOUVÊA, F. (2012): *Palavras-chave: História da Educação Brasileira. Ministério da Educação*. Inep. Capes. 1951-1961, RBPG, vol. 9, n° 17, julio, pp. 373-397.

ESPACIOS PRIORITARIOS EN I+D: AGUA

GOUVÊA, F., y MENDONÇA, A. W. (2006): "A contribuição de Anísio Teixeira para a institucionalização da Pós-graduação no Brasil", *Perspectiva*, Florianópolis, vol. 24, n° 1, enero/junio, pp. 111-132. Disponible en: www.perspectiva.ufsc.br.

SALLES FILHO, S. (2002): Política de Ciência e Tecnologia no I PND (1972/74) e no I PBDCT (1973/74), *Revista Brasileira de Inovação*, vol. 1, n° 2, junio/diciembre.

MONTROYAMA, S., ASSIS DE QUEIROZ, F., y VARGAS, M. (1964-1985): "Sob o signo do desenvolvimento", en S. Montoyama (org.): *Preludio para uma história: ciência e tecnologia no Brasil*, Edusp, São Paulo.

VAINFAS, R., y GOMES, A. C. (1992): Entrevista com Maria Eulália Lahmeyer Lobo, *Revista de História*, vol. 5 n° 9, pp. 84-96.

Sítios web

FAPERJ <http://www.faperj.br/index.phtml>

CAPES <http://www.capes.gov.br>

CNPQ <http://www.cnpq.br>

CONFAP <http://confap.org.br/news/sifap/>

FINEP <http://finep.gov.br>

El uso del recurso agua

Miguel A. Blesa *

Los químicos, a través de estudios experimentales de laboratorio y de cálculos teóricos, conocen con mucho detalle las propiedades de la molécula de agua. No hay grandes interrogantes sobre las propiedades fundamentales del agua, por lo menos en lo que al uso del recurso se refiere. En cambio, grandes temas surgen sobre la comprensión de la disponibilidad actual del recurso, y más aún sobre los cambios que se esperan en esa disponibilidad. Los modelos del impacto del cambio climático sobre la disponibilidad de agua constituyen un campo de investigación de importancia. Otra área importante es la de las tecnologías de tratamiento de aguas, tanto efluentes de diverso tipo como aguas para consumo humano, y tecnologías para el uso racional del agua. Sin embargo, no basta con pasar de los estudios básicos a los desarrollos ingenieriles. Se debe prestar especial atención a la dimensión social del tema: derecho del agua, economía del agua, estudios sociológicos vinculados con las decisiones sobre el uso del recurso, y consecuente desarrollo de legislación y regulaciones.

Palabras clave

Agua, I+D, cambio climático

* Investigador contratado del Instituto de Investigación e Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de San Martín, Argentina. Fue investigador superior de la Comisión Nacional de Energía Atómica y del CONICET. Entre sus líneas de investigación se destaca el uso de fotocatalisis heterogénea para tratamiento de aguas. Correo electrónico: mblesa@undsam.edu.ar.

1. Introducción

Pocas sustancias químicas han sido estudiadas con el detalle con el que se analizó y se continúa analizando el agua. No hay aspectos fundamentales de la química de esta sustancia que ofrezcan interrogantes serios en relación con el uso del recurso por parte del hombre. En cambio, es su gobernanza la que plantea problemas en todos los ámbitos del conocimiento. Necesitamos las ciencias naturales para entender nuestros balances hídricos y cómo se alterarán por influencia antrópica; de las ciencias sociales para contemplar adecuadamente los derechos de stakeholders, de las ciencias económicas para entender las previsiones presupuestarias necesarias y cómo enfrentarlas, y las ciencias jurídicas para proveer un marco legal y regulatorio adecuado y justo. En todas estas áreas es necesario poner esfuerzos de I+D+i. A continuación analizaremos algunos de los aspectos más salientes.

2. El uso del recurso agua por el hombre

Se ha insistido mucho que el siglo XXI se caracteriza por la necesidad de gestionar el recurso del agua, que en el pasado en muchos contextos no parecía limitante en lo absoluto. Por supuesto, el agua es un recurso renovable. El ciclo hidrológico genera cantidades muy grandes de agua dulce a través de las precipitaciones (del orden de 47.000 km³ netos, una vez descontada la cantidad que se vuelve a evaporar), de los cuales se estima que alrededor de 11.500 km³ son aprovechables por el hombre. Del orden de 6000 km³ ya están comprometidos, por las extracciones que hace el hombre, y para mantener los caudales mínimos de los ríos.

Lógicamente, el hombre no consume el agua como sustancia perecedera, sino que la toma del ciclo hidrológico, la usa y la devuelve. Hay dos características de esta devolución que son las responsables de la presión antrópica sobre el recurso, y que discutiremos a continuación:

- Por un lado, el agua que se devuelve está contaminada con sustancias diversas que dependen del uso del agua. Es así que el agua tomada para consumo humano se devuelve contaminada biológicamente a través de los sistemas cloacales, con una alta carga orgánica y con una miríada de contaminantes emergentes (detergentes, antibiótico, disruptores endocrinos). En la actualidad se considera altamente necesario tratar las aguas cloacales antes de descargarlas a los cursos de agua; sin embargo, esa práctica dista de ser general, especialmente en nuestra región. Los sistemas pluviales urbanos a su vez incorporan desde objetos macroscópicos como animales muertos y bolsas de plástico hasta todos los contaminantes químicos que se arrastran desde techos y pavimentos. Esas aguas además pueden contener volcado ilícitos de aguas cloacales, y en general no son tratadas antes de su descarga a los cursos de agua. Por su parte, la actividad agrícola incorpora esencialmente sustancias agroquímicas, carga orgánica y elementos extraídos de los suelos. La actividad industrial puede descargar productos extremadamente tóxicos, como dioxinas o metales pesados, además de ácidos como el sulfúrico.

- Por otra parte, la devolución suele desviar el agua con respecto al devenir de las aguas no intervenidas. En ciudades, el agua extraída de acuíferos subterráneos es devuelta a cursos de agua superficiales y el agua de las precipitaciones encuentra una superficie impermeable que impide su movimiento en profundidad hacia los acuíferos; el escurrimiento superficial puede conducir a anegamientos e inundaciones en zonas urbanas. El agua de riego de la agricultura puede evaporarse en porciones importantes, generando una extracción neta de acuíferos y aguas superficiales. La explotación minera puede incluso transferir agua de una cuenca a otra, por evaporación en ambientes áridos y cálidos. Se estima que para activar un pozo en la tecnología fracking se requiere entre 5000 y 30.000 m³ de agua, de la cual sólo el 10% regresa (contaminada) a la superficie, y se desconoce el destino del 90% restante. Es especialmente importante el problema del uso de las aguas subterráneas. Dice UNESCO: “Hay claras evidencias que las aguas subterráneas están disminuyendo; se estima que se sobre-explota el 20% de los acuíferos subterráneos del mundo, algunos de forma masiva. Globalmente, la tasa de extracción de aguas subterráneas está aumentando entre 1 y 2% por año”.

Para el primer problema, recurrimos a tecnologías de remediación o descontaminación. Los efluentes entubados, como los cloacales o los industriales, deben ser tratados antes de su descarga, con un lógico coste asociado. Una planta depuradora típica realiza una serie de tratamientos en etapas sucesivas. El tratamiento primario incluye procedimientos tales como filtración y sedimentación para remover sólidos, grasas y aceites. El tratamiento secundario implica habitualmente una planta de tratamiento microbiológico aeróbico, con los llamados lechos de lodos activados.

El tratamiento de efluentes urbanos e industriales es motivo de muchos esfuerzos en investigación. Se puede mencionar, por ejemplo, los intentos de aprovechar la materia orgánica presente en los efluentes urbanos como fuente de energía, para alimentar los sistemas de bombeo de agua, y al mismo tiempo reducir sustancialmente la carga orgánica. Para el tratamiento de efluentes industriales, se encuentran en plena fase de estudio y desarrollo una variedad grande de procedimientos conocidos colectivamente como Procesos Avanzados de Oxidación, o más comúnmente (y tal vez en forma incorrecta) Procesos de Oxidación Avanzada (POA). Es aquí donde hay mucha actividad de investigación y desarrollo en la región, para atender problemas tan variados como el hidroarsenicismo crónico regional endémico (HACRE), o la destrucción de contaminantes orgánicos no biodegradables. Un área de mucha actividad es la de tratamientos combinados, con una etapa de tratamiento biológico (convencional, como el que deriva del uso de lodos activados, o los tratamientos anaeróbicos) y una etapa de POA. La **Tabla 1** resume algunas de las POA más estudiadas; es frecuente recurrir al uso de luz ultravioleta proveniente de lámparas, o al uso de la radiación solar.

Las POA tienen una serie de características que las hacen muy valiosas:

- Los contaminantes orgánicos son destruidos, y en los casos ideales se forman simplemente dióxido de carbono, agua y otras sustancias inorgánicas simples. No hay, por lo tanto, en muchos casos, necesidad de gestionar residuos.

- Permiten destruir compuestos orgánicos que no son biodegradables.
- Permiten destruir sustancias que son incompatibles con los lechos bacterianos usados en los tratamientos biológicos (por ejemplo, antibióticos o detergentes).
- No generan sustancias organocloradas.

Para ciertos usos del hombre, en especial para consumo humano, las aguas naturales no son adecuadas. El agua potable se obtiene en las plantas de potabilización; las convencionales tienen una etapa de decantación y eventualmente floculación, seguida por una etapa de desinfección basada en el uso de cloro. En la actualidad, es frecuente que las aguas naturales usadas como toma para esas plantas contengan sustancias químicas volcadas por el hombre aguas arriba, y eso genera a veces problemas en el uso del cloro, ya que la reacción de éste con compuestos orgánicos aromáticos produce sustancias de olor desagradable. En el mundo, están en desarrollo tratamientos alternativos del tipo POA; el más extendido recurre al ozono como sustituto del cloro. En el caso de la ciudad de Nueva York, se inauguró en 2013 una planta que usa radiación ultravioleta para desinfectar el agua.

Para el segundo problema, la herramienta más poderosa es el desarrollo de procedimientos de uso racional del recurso. Por ejemplo, para el riego, el desarrollo de métodos de goteo disminuyen mucho las cantidades de agua usadas y evaporadas. En el caso de aguas urbanas, cabe mencionar que el consumo es muchas veces irracionalmente alto. En India la norma establece un consumo por habitante y por día de 40 litros, pero este valor aumenta mucho en ciudades con servicios sanitarios, llegando a ser en Mumbai de 300 litros, y en los Estados Unidos, contabilizando pérdidas, riego de parques y jardines y piscinas, llega a 650 litros. En Buenos Aires, AySA debe producir 619 litros por habitante y por día, de los cuales 150 corresponden a pérdidas en la red. En Europa, los consumidores pagan entre 1 (Lisboa) y 5 (Glasgow) euros por metro cúbico (1000 litros) de agua (provisión y saneamiento). Aplicada en Buenos Aires, la tarifa más baja de Europa implicaría que el coste mensual del consumo de agua en sería del

Procesos térmicos	Procesos fotoquímicos
Ozonización en medio alcalino	Fotólisis UV
Ozonización con peróxido de hidrógeno	Fotólisis UV vacío
Fenton	UV/peróxido de hidrógeno
Oxidación electroquímica	UV/ozono
Radiólisis (Y o electrones)	Foto-Fenton
Plasma	
Ultrasonido	
Oxidación en agua sub- y super-crítica	

Tabla 1. Procesos avanzados de oxidación más comunes.

orden de \$200 (pesos argentinos) por persona (sin contar las pérdidas de la red). La solución aquí no es la mera aplicación de una política de recaudación, sino que requiere de análisis sociológicos para garantizar la viabilidad de las medidas a implementar para racionalizar el uso del agua en la ciudad.

3. La variabilidad espacio-temporal del recurso

Lógicamente, la disponibilidad de agua presenta una distribución espacio-temporal muy amplia.

En lo que se refiere a la distribución espacial, nuestra región, si bien es una de las ricas en agua, incluye también zonas áridas y semiáridas importantes, como lo muestra el artículo de Alicia Fernández Cirelli. Tomando la Argentina como ejemplo, en cuanto salimos de la pampa húmeda nos encontramos con que la mayoría del territorio tiene deficiencias hídricas. La gestión del agua en estas regiones es crucial para un correcto uso del recurso escaso. El método tradicional de riego, por inundación, puede conducir a que se evapore del orden del 40% del agua extraída (desde arroyos, lagos, embalses o acuíferos subterráneos), retirándola por lo tanto del ciclo hidrológico prístino. El método por aspersión mejora el uso del recurso, pero no optimiza el control de la evaporación, que se logra mejor por métodos con el del goteo. Un tema interesante de desarrollo es el de automatización del control del riego, así como el uso de energía solar para alimentar los sistemas usados.

Muy relacionado con los temas de uso del recurso del agua en agricultura, se puede mencionar la necesidad de realizar estudios hidrogeológicos, para caracterizar la capacidad del sistema del cual se toma el agua, ya sea superficial o subterráneo, para garantizar que no se comprometa su capacidad de recarga.

El uso de agua en minería metalífera y en extracción de combustibles fósiles es un tema que genera mucha controversia, y que por lo tanto necesita demostración de sustentabilidad. Ya se mencionó el consumo de agua en la extracción de shale oil o shale gas con la tecnología de fracking. En el caso de la megaminería metalífera, los riesgos de afectación de glaciares y el consumo excesivo de agua de acuíferos limitados son dos temas que requieren constante atención.

La distribución temporal también conduce a interrogantes y problemas. Sequías e inundaciones son dos extremos que se desea evitar, o por lo menos gestionar. En el caso de inundaciones de cascos urbanos, existe subyacente un serio problema referido a la ocupación del territorio: las ciudades han crecido de manera poco o nada planificada, y han invadido terrenos inundables. La impermeabilización del suelo por los edificios y la carpeta asfáltica conduce a escurrimientos superficiales que producen un agravamiento de la frecuencia e intensidad de las inundaciones urbanas. Lo mismo puede decirse del entubamiento de los arroyos. La construcción de obras hidráulicas sirve para paliar el problema, pero no necesariamente para resolverlo. Se necesita, además de los estudios y obras hidráulicas, el aporte del urbanismo y de las ciencias sociales en general para gestionar adecuadamente la ocupación territorial.

En estas tierras, el problema vinculado con las sequías afecta muy especialmente a la actividad agropecuaria. En regiones muy áridas y densamente pobladas, como gran parte de la Península Ibérica, puede llegar a afectarse la disponibilidad de agua para consumo humano, y ello requiere muy especialmente de la definición cuidadosa de los derechos del agua. Se intentan también acciones de trasvase entre cuencas, y aquí los temas a estudiar incluyen a la hidrogeología, la ingeniería hidráulica y las ciencias sociales. Una de las herramientas para paliar los efectos de la falta de agua sobre el rinde agrícola es el desarrollo de especies vegetales, ya sea por selección o por transgénesis que resistan mejor el estrés hídrico. El artículo de Raquel Chan describe las posibilidades y limitaciones de este campo de investigación.

La ingeniería hidráulica es una herramienta muy poderosa para la gestión del agua, tanto en ciudades como en el uso del recurso para generar electricidad o para riego. Los temas de estudio actuales en esta rama de la Ingeniería son descritos por Raúl Lopardo en su presentación.

Los acelerados cambios climáticos indican que es altamente probable que aumenten los eventos meteorológicos extremos, y ello incluye sequías prolongadas e inundaciones severas. El reciente informe del Panel Internacional para el Cambio Climático (IPCC) previene sobre las variaciones que pueden tener lugar en la disponibilidad del agua durante este siglo. Estos cambios incluyen no sólo eventos meteorológicos, sino también un importante ascenso del nivel del mar, una acidificación de las aguas oceánicas y una afectación global del ciclo hidrológico por el aumento de energía entregada a la atmósfera. Julián Blanco describe estos temas en su artículo. En ese contexto, un área de investigación crucial para la gestión del agua son las acciones tendientes a mitigar el efecto invernadero producido por la liberación de dióxido de carbono y otros gases que producen efecto invernadero. Baste consignar aquí que se requerirá una batería de medidas, todas las cuales ayuden a paliar la liberación de dióxido de carbono. Estas medidas incluyen: uso racional de la energía, desarrollo de fuentes de energía primarias que no emitan dióxido de carbono neto (biocombustibles, generación eólica, solar, hidroeléctrica, nuclear), captura del dióxido de carbono.

4. La educación

El problema básico está relacionado con los hábitos de consumo de una población mundial superior a 7000 millones de habitantes. La educación, no ya ambiental, sino educación a secas, que comienza en la escuela primaria (por no decir en el jardín de infantes) es crucial para una adecuada gestión del agua. Como dice Joaquín Melgarejo en su artículo, nuestro planeta no contiene tanta agua como a veces se dice. Es cierto que en la llamada zona crítica, esa delgada capa de cebolla de no más de 20 km. de espesor a la cual tiene acceso el hombre, hay una alta fracción de agua. Sin embargo, las extracciones de agua que hace el hombre han alcanzado un nivel preocupante, ya que una vez usada el agua vuelve contaminada y desviada de su devenir natural. Para frenar el derroche del recurso por el hombre se requiere críticamente de la ilustración de todos los ciudadanos del mundo. En su nivel más sencillo, la educación permite el uso racional del recurso; los problemas de la dimensión educativa del problema del agua son sin embargo mucho más globales, y se pueden resumir hablando de la educación para la convivencia, en democracia y en un mundo altamente poblado.

Bibliografía

ACADEMIAS NACIONALES DE CIENCIAS ECONÓMICAS, INGENIERÍA Y CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES DE LA REPÚBLICA ARGENTINA (2010): *La Cuestión del agua: consideraciones sobre el estado de situación de los recursos hídricos de la Argentina*.

BLESA, M. A., y SÁNCHEZ CABRERO B. (2004): *Eliminación de Contaminantes por Fotocatálisis Heterogénea*, Editorial CIEMAT, Madrid.

DEPETRIS, P. J. (2014): “Medio siglo investigando la zona crítica”, *Ciencia e Investigación*, vol. 2, n° 3, pp. 31-46.

LITTER, M. (2005): “Tecnologías avanzadas de oxidación: tecnologías solares”, en M. A. Blesa y J. Blanco Gálvez (eds.): *Tecnologías solares para la desinfección y descontaminación del agua*, Editorial UNSAM.

LIU, H., RAMNARAYANAN, R., y LOGAN, B. (2004): “Production of Electricity during Wastewater Treatment Using a Single Chamber Microbial Fuel Cell”, *Environmental Science and Technology*, vol. 38, n° 7, pp. 2281-2285.

PAULINO, C., APELLA, M. C., PIZARRO, R., y BLESA, M. A. (2010): “La contaminación biológica del agua y la desinfección solar”, *Ciencia e Investigación*, vol. 60, n° 4, pp. 12-29.

STOCKER, T. F., QIN, D., PLATTNER, G. K., TIGNOR, M., ALLEN, S. K., BOSCHUNG, J., NAUELS, A., XIA, Y., BEX, V., y MIDGLEY P. M. (2013): *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press.

UNESCO (2014): *The United Nations World Report 2014*. Disponible en: <http://unesdoc.unesco.org/images/0022/002257/225741E.pdf>.

VIDIC R. D., BRANTLEY, S. L., VANDENBOSSCHE, J. M., YOXTHEIMER, D., Y ABAD, J.D. (2013): “Impact of shale gas development on regional water quality”, *Science*, n° 340, pp. 826-835.

Sitio web

http://www.aysa.com.ar/Media/archivos/448/INFO_Uso_Racional.pdf

<http://www.iagua.es/noticias/economia/13/12/11/estudio-aeas-aga-2013-%C2%BFque-pre-cio-pagan-los-usuarios-del-servicio-del-ciclo-integral-de-agua-en-espa>

Panorama general del agua de consumo humano en Iberoamérica

Alicia Fernandez Cirelli*

El agua está estrechamente ligada al desarrollo y a la salud de la población, la cual todavía muestra en Latinoamérica y Caribe deficiencias importantes en lo relativo a medios de saneamiento y servicios de agua potable. En los próximos 50 años se tienen previsiones de un marcado aumento de población en nuestra región que traerá aparejado una mayor demanda del recurso agua. Dado que no sólo la cantidad, sino también la calidad del agua es de suma importancia, la contaminación generada por efectos antrópicos agudizará su escasez. Proteger nuestras fuentes de agua será un tema principal en este siglo. La región latinoamericana ha efectuado distintos esfuerzos para mejorar la calidad del agua desde la década del 80, como lo realizado en la Declaración de Santa Cruz de la Sierra y el Plan de Acción para el Desarrollo Sostenible de las Américas (1996). Las cuestiones pendientes que necesitan respuesta están asociadas a la equidad, la calidad del servicio, la sostenibilidad y la eficiencia. Los temas básicos en los que el sector científico-tecnológico puede aportar son la sanidad y el ambiente, ya que todos los otros aspectos pueden incluirse en ellos. Del compromiso de todos los actores sociales dependerá que estos logros científico-tecnológicos se fortalezcan y estén disponibles para la sociedad en su conjunto.

Palabras clave

Agua, salud, saneamiento, desafíos

* Alicia Fernández Cirelli es investigadora superior del Consejo de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) de la República Argentina, profesora titular plenaria de la Universidad de Buenos Aires y Directora del Centro de Estudios Transdisciplinarios del Agua (CETA-UBA) y del Instituto de Investigaciones en Producción Animal (INPA-UBA-CONICET). Correo electrónico: afcirelli@fvet.uba.ar.

Introducción

El 70% del planeta está cubierto por agua, pero el 97,5% de la misma se encuentra en mares y océanos, es decir, es agua salada (Figura 1). La mayor concentración de agua dulce se encuentra congelada en los casquetes polares y el agua subterránea almacenada hasta los 1000 metros de profundidad, superando el agua fácilmente accesible de lagos y ríos del mundo (Fernández Cirelli y du Mortier, 2005).

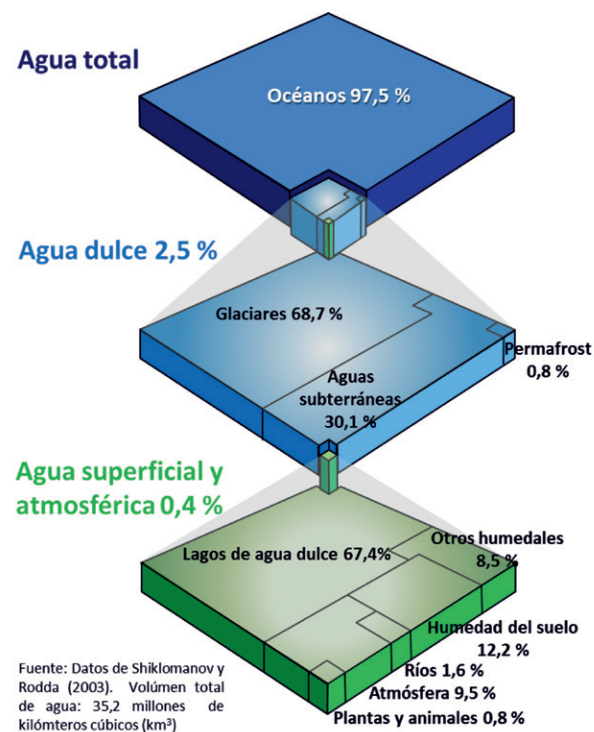


Figura 1. Distribución del agua en el planeta

La disponibilidad de recursos hídricos en el mundo es heterogénea, observándose una mayor relación de recurso hídrico en relación a la población en el continente americano (Figura 2). Latinoamérica cuenta con el 8% de la población mundial, el 12% del territorio mundial y un 30% de agua. Uno de los recursos hídricos subterráneo más importantes es el acuífero Guarani con una recarga 166 km³/año y una reserva 45.000 km³. En relación a las cuencas superficiales, la cuenca del Amazonas (superficie de 3.889.490 km² y caudal 100.000 m³/s), la del Orinoco (superficie de 989.000 km² y caudal 33.000 m³/s) y la de la Cuenca de la Plata (superficie de 3.100.000 km² y un caudal en desembocadura 23.000 m³/s) son las más importantes.

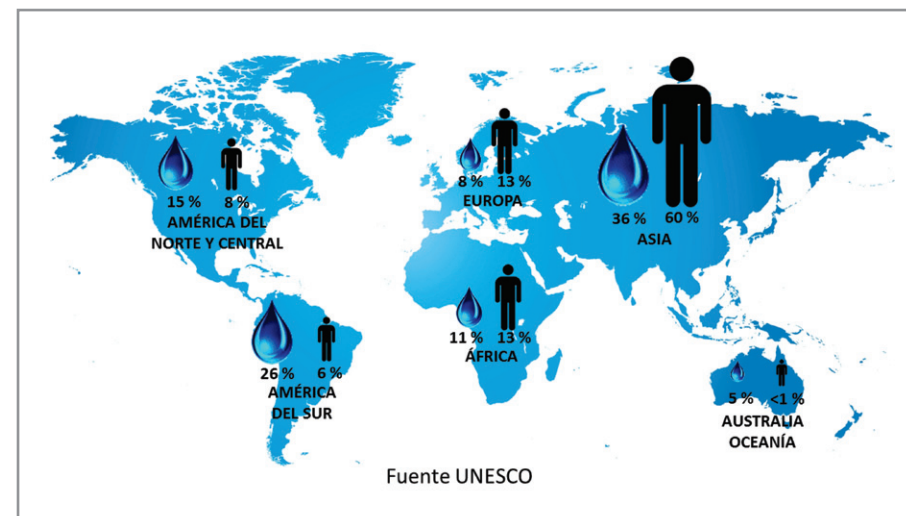


Figura 2. Disponibilidad de recursos hídricos en el mundo

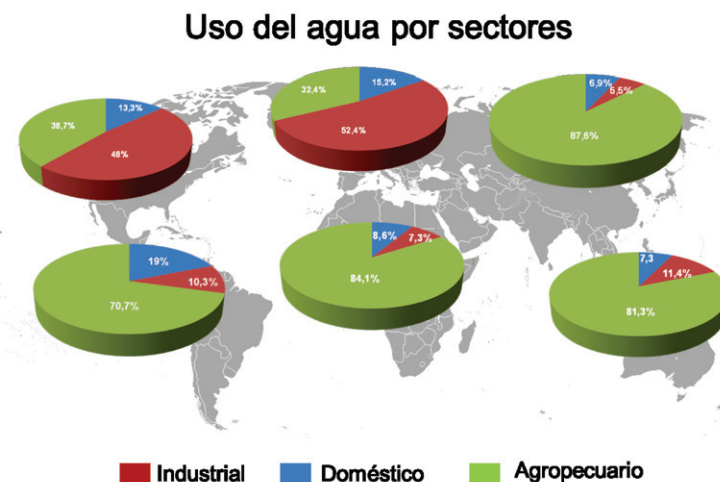


Figura 3. Uso del agua por sectores

El agua es utilizada a nivel mundial principalmente por el sector agropecuario (75%) en el hemisferio sur (Figura 3), mientras que en los países industrializados del hemisferio norte el uso industrial es de aproximadamente el 50%. Latinoamérica sigue la tendencia mundial y el sector agropecuario es el que utiliza mayormente el recurso, seguido por el uso doméstico y posteriormente por el industrial.

El agua está estrechamente ligada a la salud de la población. De la población mundial que asciende a 7124 millones de personas, 1700 millones no beben agua potable y 3000 millones no tienen acceso a medios de saneamiento. En América Latina y el Caribe, la población total asciende a 588 millones, 75% de habitantes latinoamericanos habitan ciudades y 60 millones de habitantes rurales carecen de servicios de agua potable. En América Latina y el Caribe, 40 millones de personas (7%) no poseen agua de consumo segura. Asimismo, el saneamiento desde la década del 90 ha mejorado en la región. Si se comparan los datos de aguas de fuentes mejoradas reportados por la Organización Mundial de la Salud, se ve un incremento de aguas potables entubadas con control sanitario certificado contrastado con el resto del mundo, y mayor aún con respecto al sudeste asiático y a África Subsahariana (Figura 4).

En América Latina y el Caribe, 117 millones (20%) de personas no poseen saneamiento. La situación también ha mejorado en las últimas décadas en instalaciones de saneamiento mejoradas con al menos mínimo control sanitario con respecto al sudeste asiático y a África Subsahariana.

La República Argentina tiene un total de 40.117.096 habitantes, de los cuales 86.26% de viviendas cuenta con agua potable (32.777.819 personas). O sea, 7.4 millones de personas no tiene agua potable. Un 53% de la población tiene cloacas; es decir, 21.3 millones de personas no tiene saneamiento. La Figura 5 muestra la distribución de población que cuenta con cloaca y agua potable por provincia basados en datos del INDEC (2010).

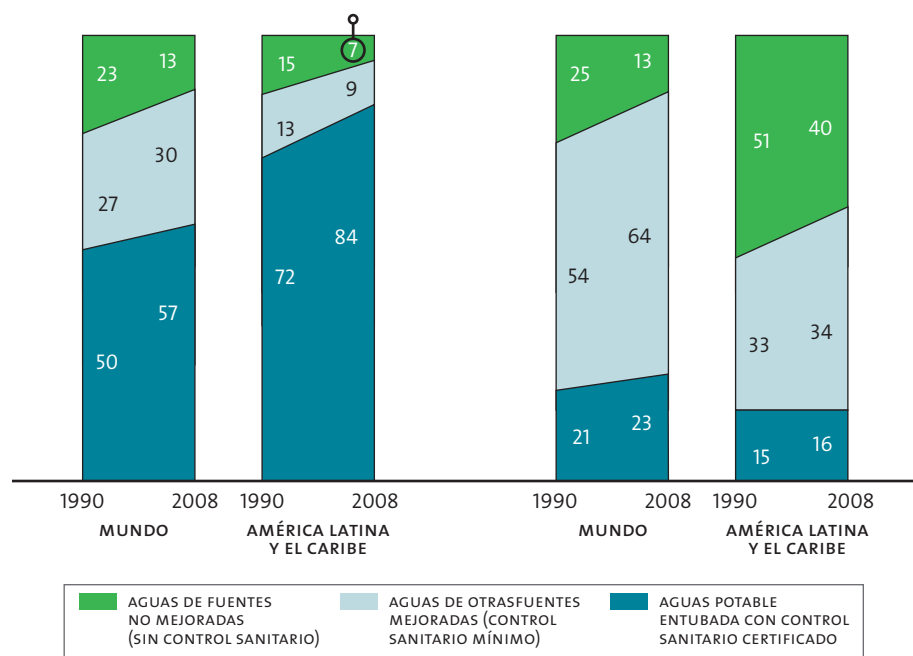


Figura 4. Escala del agua de consumo: tendencias mundiales y en América Latina y el Caribe.

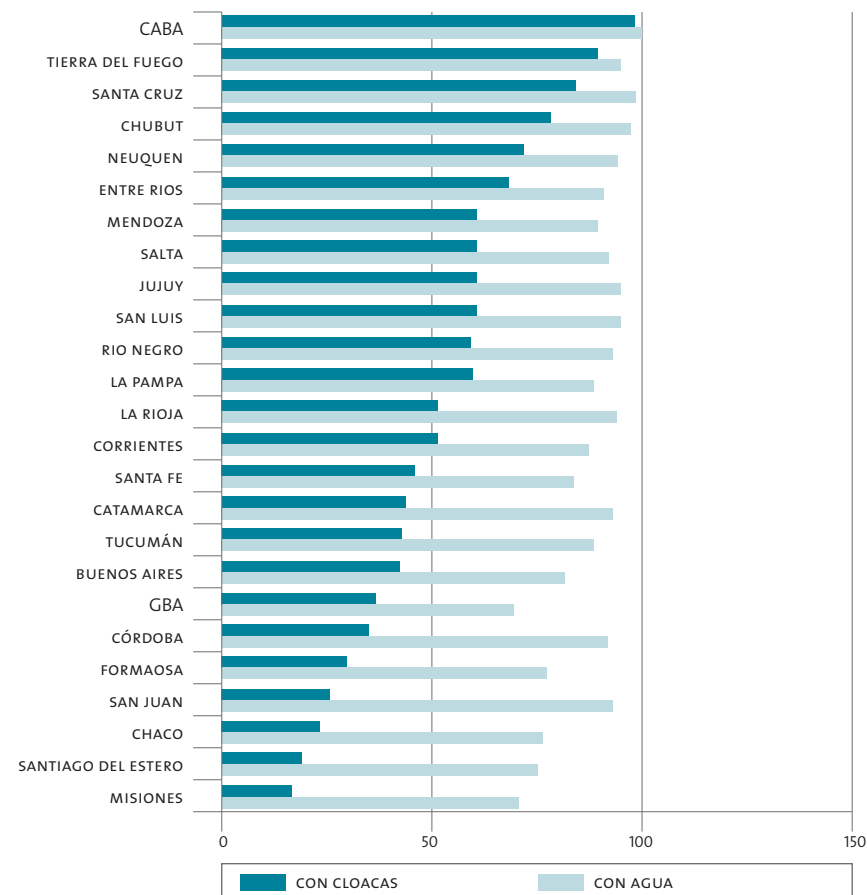


Figura 5. Hogares de Argentina con agua potable y con cloacas

La cantidad y la calidad del agua son importantes para nuestra región. Si bien el agua posee su propia dinámica en el denominado ciclo hidrológico, a medida que el hombre ha modificado el ciclo natural para poder utilizar el agua para su provecho, se han generado diferentes ciclos artificiales o antrópicos del agua que no sólo modifican su circulación, sino que implican una modificación de sus características, ya que en estos nuevos ciclos el agua ve alterada su calidad. El agua dulce es un recurso renovable a través del ciclo hidrológico natural, pero es finito. La contaminación generada por efectos antrópicos agudiza su escasez.

Dentro de la contaminación se tienen dos grandes contribuciones: la microbiológica, relacionada con el transporte de patógenos de enfermedades humanas y animales, y la química, ya sea de contaminantes inorgánicos u orgánicos. En relación a la contaminación microbiológica, en América Latina y el Caribe la Organización Mundial de la Salud (OMS) estimó que el número

de muertes por causas relacionadas con agua y saneamiento fue de 95.000 personas en 2004, siendo más del 50% de estas muertes generadas por la diarrea, que constituye el problema de salud pública más importante a nivel mundial provocado por las deficiencias en acceso al agua potable y al saneamiento. Según la Organización Panamericana de la Salud (OPS), los casos de cólera, malaria y dengue en 2013 fueron 61137, 470.000 y 2.390.000, respectivamente. En Latinoamérica, en relación a la contaminación química, reviste especial interés el caso del arsénico, un compuesto inorgánico de origen natural que se encuentra tanto en agua subterránea como superficial. En la **Figura 6** se detallan los acuíferos con altos contenidos de dicho tóxico a nivel mundial. La ingestión prolongada de agua que contenga sales de arsénico produce Hidroarsenicismo Crónico Regional Endémico (HACRE). En Argentina, se estima que la población expuesta al consumo de agua con elevado contenido de este tóxico es de 4 millones de habitantes.

El agua como fuente de desarrollo en Latinoamérica

En los próximos 50 años se tienen previsiones del aumento y descenso demográfico, donde se prevé un descenso marcado de la población en los países asiáticos y europeos, y un aumento en el resto del mundo, siendo más notorio en países subdesarrollados o en vías de desarrollo como los pertenecientes al continente africano y Latinoamérica. Este incremento poblacional traerá aparejada una mayor demanda del recurso agua (**Figura 7**).

Si bien el sector agrícola es el mayor consumidor de agua a nivel mundial (75%), y en Latinoamérica, para 2050, la agricultura tendrá que producir un 60% más de alimentos a nivel mundial y un 100% más en los países en vías de desarrollo, a fin de dar respuesta a la necesi-

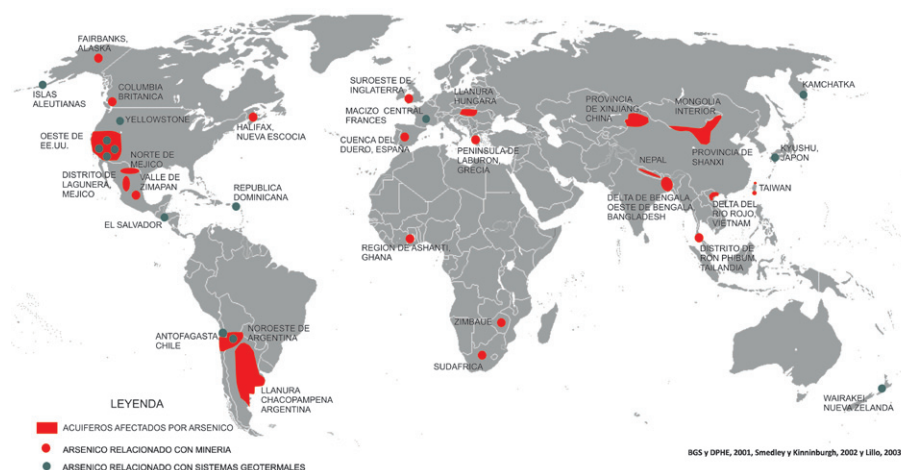


Figura 6. Acuíferos con altos contenidos de arsénico a nivel mundial.
Fuente: BGS y DPHE, 2001, Smedley y Kinniburgh, 2002 y Lillo, 2003.

dad de alimentos a nivel mundial, la generación de alimento también necesitará para 2050 el aumento de energía en 550% y, por lo tanto, aumentará en más del 360% la demanda de agua.

La región latinoamericana ha realizado distintos esfuerzos para el control y la vigilancia de la calidad del agua para consumo humano desde la década del ochenta, que fue declarada como la Década Internacional del Agua Potable y Saneamiento de las Naciones Unidas en la Conferencia del Agua de las Naciones Unidas (Mar del Plata, 1977). Dicha conferencia se enfocó en el mejoramiento de la salud pública mediante la ampliación de la cobertura de servicios, siendo su lema “Agua y saneamiento para todos”. Las metas se reiteraron en 1990, pero no se han alcanzado. Otro de los esfuerzos realizado en la región es la Declaración de Santa Cruz de la Sierra y el Plan de Acción para el Desarrollo Sostenible de las Américas (Santa Cruz de la Sierra, Bolivia, 1996). Esta conferencia fue la piedra angular de una alianza de cooperación entre los Estados de las Américas en su búsqueda común de una calidad de vida más elevada para sus pueblos, fundada en objetivos integrales y complementarios de carácter económico, social y ambiental como servicio universal, inocuidad y protección continua del recurso hídrico dentro del concepto de barreras múltiples.

Cuestiones que deben resolverse

En la región hay cuestiones pendientes que necesitan respuesta y están asociadas a la equidad, la calidad del servicio, la sostenibilidad y la eficiencia (Fernández Cirelli y du Mortier, 2005) Por ejemplo:



Figura 7. Previsión de aumento de la población. Organización Panamericana de la Salud (2011).

Equidad. ¿Qué proporción de la población no está atendida en absoluto? ¿Cómo se distribuyen las horas del servicio? En las zonas rurales: ¿tienen acceso a pozos o fuentes de diferentes grupos socioeconómicos?

Calidad del servicio. ¿Cuál es el tipo de acceso a los servicios de abastecimiento? ¿Qué tipo de tecnología se utiliza? ¿Cuál es su eficacia? ¿Qué cantidad de agua utiliza cada persona por día? ¿Qué limpieza y salubridad tiene el agua en el punto de distribución y en el punto de consumo? ¿Cuáles son los parámetros de calidad de agua que más preocupan al consumidor y cómo pueden medirse los progresos realizados en la mejora de esos parámetros?

Sostenibilidad. ¿Hasta qué punto es sólida la fase física, ambiental, institucional y financiera del abastecimiento de agua? ¿Existen amenazas a corto o mediano plazo a su funcionamiento? ¿Se pueden afrontar los costos de capital y los costos de operación y mantenimiento?

Eficiencia. ¿Cuál es la eficiencia de los servicios? ¿Qué proporción del tiempo están fuera de servicio los abastecimientos de agua? ¿Para qué fracción de la población? ¿Es predecible el tiempo sin servicio? ¿Pueden los consumidores planificar sus actividades en torno a él? En los sistemas canalizados, ¿cuáles son las cantidades de pérdidas?

El objetivo final es promover un consumo sustentable del agua, basado en la planificación a largo plazo de los recursos hídricos disponibles, contribuyendo, de esta forma a garantizar un suministro de agua cualitativa y cuantitativamente apropiado para el desarrollo.

Desafíos para el sector científico-tecnológico

El sector científico-tecnológico puede contribuir en muchos aspectos a resolver algunas de las cuestiones pendientes en relación con la gestión integrada del agua. Los temas básicos en que el sector científico-tecnológico puede aportar son la sanidad y el ambiente, ya que todos los otros aspectos pueden incluirse en ellos. Si bien existen innumerables posibilidades de investigación en relación con el medio ambiente hídrico y la salud, se pueden considerar como más relevantes (Fernández Cirelli y du Mortier 2005):

- Los componentes químicos (incluidas las toxinas de algas) presentes en aguas que afectan a la salud. Estudios sobre su eliminación y su determinación.
- Los patógenos emergentes y re-emergentes. Estudios sobre su detección y remoción.
- Los riesgos sanitarios derivados de los procesos utilizados en el tratamiento de agua (potabilización y tratamiento de aguas residuales).
- Los riesgos sanitarios derivados de la reutilización de aguas depuradas. Estudios sobre patógenos (epidemiológicos) y toxicológicos, con resultados a corto y largo plazo.
- La relación entre el agua y los alimentos. El agua como transportador de contaminantes a la cadena agroalimentaria.
- La detracción de caudales más allá de los límites convenientes en cada ecosistema.
- La afectación de la calidad del agua y su efecto en el ecosistema.
- Modelos climáticos que permitan una menor incertidumbre en el corto plazo para poder determinar vulnerabilidades y diseñar estrategias de adaptación.
- Los instrumentos legales que permitan garantizar los aspectos sanitarios y ecológicos que puedan ser de aplicación efectiva por la correcta información brindada a la sociedad y su sustentabilidad económica.

Muchas de estas líneas de investigación se están iniciando en diferentes centros tanto nacionales como regionales, los cuales articulando esfuerzos mediante la integración de redes podrán generar herramientas para responder algunas de las necesidades que posee la región. Del compromiso de todos los actores sociales dependerá que estos logros científico-tecnológicos se fortalezcan y se encuentren disponibles para la sociedad en su conjunto.

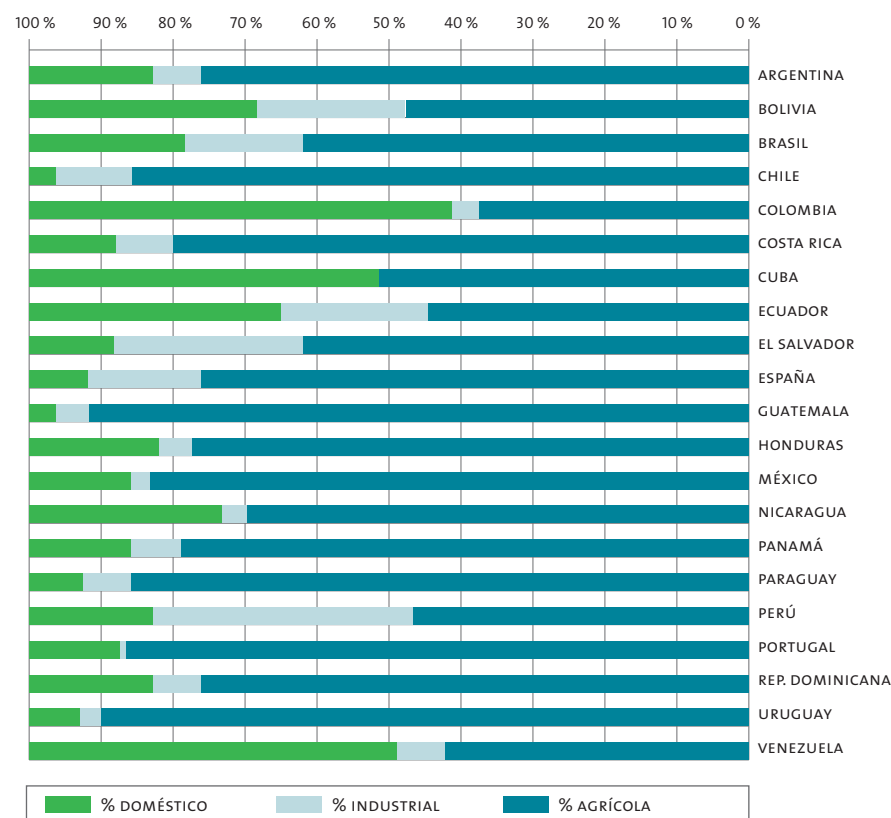


Figura 8. El agua como fuente de desarrollo en Iberoamérica

Bibliografía

BGS y DPHE (2001): "Arsenic contamination of groundwater in Bangladesh", en D. G. Kinniburgh y P. L. Smedley (eds.): *Volume 1: Summary. BGS Technical Report WC/00/19*, British Geological Survey.

FERNÁNDEZ CIRELLI A. y DU MORTIER C. (2005): "Evaluación de la calidad del agua para consumo humano en Latinoamérica. Solar Safe Water", en M. A. Blesa y J. Blanco Gálvez (eds.): *Tecnologías solares para la desinfección y descontaminación del agua*.

LILLO, J. (2003): *Peligros geoquímicos: arsénico de origen natural en las aguas*, Universidad Rey Juan Carlos.

OPS (2011): *Agua y saneamiento: evidencias para políticas públicas con enfoque en derechos humanos y resultados en salud pública*, Washington D. C.

OPS/OMS (2014): *Indicadores básicos 2014. Situación de salud en las Américas*. Disponible en: <http://www.who.int/es/>.

SHIKLOMANOV, I. y RODDA, J. (2003): *World Water Resources at the Beginning of the Twenty-first Century*, Cambridge University Press.

SMEDLEY, P. L. y KINNIBURGH, D. G. (2002): "A review of the source, behaviour and distribution of arsenic in natural waters", *Applied Geochemistry*, n° 17, pp. 517-568.

La cocina como herramienta para la educación en ciencia

Pere Castells Esqué*

Las explicaciones científicas de fenómenos culinarios indiscutiblemente contribuyen al conocimiento de la ciencia. La cocina es un vehículo indiscutible en este argumento. Disoluciones, emulsiones, reacciones, dispersiones, acidificaciones y filtraciones son, entre otros, algunos de los muchos temas en los que las explicaciones culinarias pueden clarificar conceptos científicos y, lo que es más importante aún, aumentar la motivación de los estudiantes.

Palabras clave

Educación, ciencia, cocina, alimentos

* Químico orgánico y autor de libros de texto de Química de la Editorial Mc Graw Gill. En 2003 colaboró con el departamento científico del Bulli. Colabora con “Investigació i ciència” y el curso “Science and cooking” en la Universidad de Harvard, Estados Unidos. Es coordinador de la Unitat UB-Bullipèdia y de la UERCC (Unitat Educativa i de Recerca Ciència i Cuina) de la Universidad de Barcelona, España. Correo electrónico: info@perecastells.com.

1. Introducción: la revolución culinaria del siglo XXI

Durante los últimos años, se está produciendo un diálogo cada vez más intenso entre cocineros y científicos en todo el mundo, por lo que es necesario organizar todas estas iniciativas. Con el término “cocina” nos referimos a la totalidad del acto de comer: desde la producción de los alimentos, pasando por los procesos culinarios, hasta su ingestión y las reacciones que producen en nuestras mentes y cuerpos.

Se han identificado inicialmente tres grandes tendencias de trabajo dentro del movimiento de diálogo ciencia-cocina: la investigación, tanto básica como aplicada, incluyendo la aplicación de los conocimientos adquiridos y las técnicas desarrolladas en las cocinas; la educación a todos los niveles, tanto en lo que se refiere a la formación de los profesionales de la cocina como a la de los científicos; y la divulgación a la sociedad, de cómo la ciencia nos permite conocer el porqué de los fenómenos culinarios y de cómo permite avanzar la cocina. Incluso podríamos identificar otra tendencia de futuro que pasaría por aprovechar la gran revolución culinaria que se ha producido en todo el mundo para avanzar en aspectos científicos y sociales con una perspectiva culinaria. Así, se generarían proyectos englobados en la utilización de técnicas culinarias que ayuden a las investigaciones científicas nuevas y orientadas a mejorar aspectos de la sociedad como la extinción de incendios y las alimentaciones clínicas. O bien el concepto de la gastronomía como oportunidad de cambio social, como plataforma para jóvenes sin recursos y con riesgo de exclusión social, que ya se está produciendo en diferentes países.

2. Educación: obligación presente y futura

Con todo este patrimonio que se ha generado, tenemos la obligación de aplicarlo a la creación de información académica. El aprendizaje de la ciencia en niños y adolescentes está en crisis mundialmente. El problema puede llegar a ser grave, debido a que estas generaciones actuales deben asumir los objetivos científicos y tecnológicos de cara al futuro.

La propuesta de introducir la cocina como herramienta para el aprendizaje científico no es nueva y está dentro de las iniciativas tendientes a introducir la vida cotidiana como elemento básico y motivador. La ventaja actual es que tenemos la gran oportunidad de convivir con una generación de cocineros que han hecho posible la unión académico-culinaria y, por lo tanto, la aplicación de nuevos conceptos educativos. Al analizar por qué la cocina debe entrar en la educación se deben tener en cuenta diferentes aspectos que la hacen idónea para la aplicación en los currículos educativos. Se puede trabajar sobre aspectos como:

- La cocina es un elemento central en la vida cotidiana de la sociedad. Cada día tenemos la necesidad de elaborar.
- Los fenómenos que suceden en la cocina nos ayudan a explicar la ciencia. Un fenómeno científico de explicación difícil se puede convertir en fácil si acudimos a un ejemplo

de cocina. Por ejemplo: la explicación de la emulsión a partir de la elaboración de una mayonesa.

- En la cocina se puede experimentar. Un gran problema de la educación es la experimentación en los centros educativos, por tiempo de dedicación y por inversión. Los alumnos pueden experimentar en la cocina de su casa como deberes a realizar.
- La cocina como elemento integrador. La multiculturalidad de nuestras sociedades a nivel mundial forma parte de nuestro día a día y en un futuro todavía será todavía más importante. La cocina es un vehículo en el que diferentes culturas y generaciones se relacionan como un acto social de primer nivel.
- La cocina puede explicar la sociedad. La evolución de la especie humana y todos los cambios sociales y políticos han ido de la mano de la alimentación, lo que está evidentemente ligado a la cocina.

Pero seguramente lo que hace “única” a la cocina es que puede ser una herramienta que no necesita estructuras de aprendizaje iniciales: los alumnos pueden construir conocimiento interrelacionado con todas las demás materias escolares, desde su casa y constantemente. Los objetivos educativos que nos debemos plantear se pueden:

- Acercar a nuestros jóvenes el instrumento culinario como elemento de aprendizaje, e incluso de autoaprendizaje.
- Promover la participación culinaria del entorno con actividades que complementen el fenómeno educativo.
- Analizar las recetas culinarias como un elemento de conocimiento social y científico.
- Desmitificar la cocina como un lugar residual sin generación de conocimiento.
- Estimular a cocinar a nuestros jóvenes con la convicción de aprendizaje y de buenos hábitos alimentarios.
- Experimentar los productos y los procesos culinarios.
- Concienciar a los alumnos de la gran importancia de los alimentos y de la problemática alimentaria a nivel global y de cara al futuro, dando importancia al reciclaje y a evitar el derroche de alimentos.

La propuesta va dirigida a centros de primaria, centros de secundaria, universidades y otras entidades que quieran utilizar la cocina como instrumento de transmisión educativa (centros sociales y asociaciones, entre otras)

3. Propuesta académica

La propuesta que se presenta en este apartado se basa en la de introducir la cocina como una herramienta para el aprendizaje científico. Aunque se puede aplicar en cualquier ámbito, incluso el universitario, está pensada para el de la secundaria, para alumnos de 12 a 18 años que deben formarse en el ámbito científico y que necesitan herramientas que hagan posible la comprensión de contenidos.

El planteamiento se ha realizado con dos grandes ejes: el de la materia y el de procesos. El eje de la materia se divide en tres grandes bloques que se pueden describir de la siguiente forma:

- *Bloque 1. La materia. Clasificación y separación.* Con tres grupos de prácticas propuestas.

Grupo prácticas 1. Las disoluciones. Azúcar y sal en agua. Se trata de experimentar la mezcla de componentes para obtener mezclas homogéneas, que denominamos disoluciones, y practicando con ejemplos de aplicación en la cocina o la pastelería.

Grupo prácticas 2. Las emulsiones. Se trata de explicar el concepto de las uniones entre agua y grasas, a las que se denomina emulsiones. Un ejemplo ya mencionado: a explicación científica de la mayonesa a través de su procedimiento de ejecución y sus variaciones, la mayonesa con leche (lactonesa) y otras elaboraciones culinarias como el “pilpil”.

Grupo prácticas 3. Las espumas. Se trata de explicar el concepto de introducción de un gas en un líquido para que constituya una unión estable, así como también de interpretar y ejecutar elaboraciones culinarias tan importantes como la nata y las claras montadas, y también otras que quizás no se asocian tanto al concepto de espumas (bizcochos y pan: espumas sólidas).

- *Bloque 2. Estados de la materia.* Con cuatro grupos de prácticas propuestas.

Grupo prácticas 5. El estado sólido. La materia blanda. El estado gelatinoso. En la sociedad en general es muy importante el estudio de la materia blanda. De forma teórica el estudio es muy complicado, pero a través de los gelificantes utilizados en cocina se explica de forma muy fácil. Las gelatinas con diferentes alimentos proporcionan recetas para que los alumnos puedan entender el estado sólido-blando.

Grupo prácticas 6. El estado líquido. La densidad y la viscosidad. La utilización de espesantes como las harinas, el almidón u otros espesantes: un buen escenario para explicar la densidad y la viscosidad de los líquidos.

Grupo prácticas 7. El estado gaseoso. Gases introducidos en líquidos y en sólidos. Es un grupo similar al de las espumas, pero en este apartado se trata de estudiar la tecnología asociada a la introducción de gases en líquidos y sólidos con sifones y o montadoras.

Grupo prácticas 8. Cambios de estado. Congelar-descongelar. El ejemplo del paso del estado sólido al líquido a través de los alimentos congelados y el estudio culinario de alimentos, así como también las elaboraciones culinarias conservadas congeladas y la mejor manera de descongelarlas.

- *Bloque 3: Propiedades de la materia.* Con tres grupos de prácticas propuestas.

Grupo prácticas 9. Los fenómenos ópticos. El color de los alimentos. El índice de refracción. Los

colores de los alimentos explican la diversidad de los productos alimentarios y permiten un amplio espectro de aplicación. En escuelas de primaria se puede experimentar con el color de los alimentos y ver que no existen alimentos de color azul, por ejemplo, así como también, ya en la secundaria, trabajar con los cambios de color por su acidez y también con el índice de refracción.

Grupo prácticas 10. Propiedades básicas. Masa, volumen y densidad de los alimentos. Se trata de estudiar diferentes alimentos con la ayuda de balanzas y de aparatos volumétricos, que servirán para el aprendizaje de las medidas.

Grupo prácticas 11. La temperatura. La ciencia del chocolate. El chocolate es un buen producto para incentivar el estudio y la importancia de la temperatura. El estudio del punto de fusión es una buena excusa para estructurar conocimiento.

- *Bloque 4: Procesos fisicoquímicos.* Con cuatro grupos de prácticas propuestas.

Grupo de prácticas 12. Reacciones ácido-base. El estudio de la acidez de los alimentos nos permite conocer mundos importantes e interesantes, como el de la fruta.

Grupo de prácticas 13. Ósmosis. La explicación del proceso de ósmosis es muy complicado de explicar desde el punto de vista científico, pero si realizamos prácticas culinarias como trozos de fresas con azúcar, por ejemplo, el planteo se simplifica.

Grupo de prácticas 14. Reacciones de “maillard i caramelización”. Reacciones complicadas desde la perspectiva científica, pero culinariamente son muy fáciles y nos permiten hacer caramelos que permiten una motivación extraordinaria y aprender como son los procesos químicos. En el caso de la caramelización, se produce el proceso de fusión del azúcar a temperaturas similares a las de la reacción química.

Grupo de prácticas 15. El secreto de las confituras. Es un ejemplo de una elaboración que se realiza en muchas casas y que permite una estructura educativa al analizar la acidez, el contenido de azúcar y el gelificante pectina como un triángulo mágico en el que se analiza un proceso físico-químico muy conocido.

4. Talleres educativos

La intención es ayudar a escuelas, universidades y otras instituciones que quieran utilizar el elemento culinario para construir una estructura pedagógica que permita conocimiento y prácticas. Un ejemplo práctico: el taller de confituras. O sea, el proceso de realización de confituras como utensilio pedagógico que facilite la comprensión de conceptos en el ámbito educativo y social, como por ejemplo el aprovechamiento de recursos, el reciclaje, el trabajo práctico, la comprensión científica aplicada al ámbito doméstico y la ética social de no malbaratar comida, entre otros.

Las confituras son elaboraciones dulces donde la pectina da la textura adecuada a este tipo de productos. Para que actúe correctamente, la pectina debe estar complementada con la presencia de azúcar y acidez. Con estos componentes se pueden hacer confituras, mermeladas, jaleas y pastas de fruta. Sólo hay que tener presente el equilibrio de lo que llamamos el “triángulo mágico”: azúcar, pectina y acidez. Los objetivos del taller son observar las confituras, conocer los mecanismos de preparación de las confituras, intervenir en el proceso de elaboración, conocer para poder variar procesos en la elaboración de las confituras y experimentar con los diferentes tipos de productos (frutas, verduras, flores) con los que se puede hacer una confitura.

Cómo elaborar una confitura en ocho pasos:

- **Primer paso.** Preparación del producto. El primer paso consiste en escoger un buen producto. Lo lavaremos y pelaremos, reservando, si es necesario, la piel (puede interesarnos para la extracción de pectina). Si la fruta se oxida con facilidad (manzana, pera, melocotón, albaricoque, níspero, nectarina), incorporaremos un poco de zumo de limón al pelarla para evitarlo.
- **Segundo paso.** Incorporación del azúcar. Añadimos luego el azúcar, a razón de 500 gramos por cada kilogramo de fruta cortada y pelada. La cantidad de azúcar añadido puede modificarse en función del contenido en azúcares de la fruta: en cerezas, peras, piñas y melones, que contienen alrededor de un 12% de azúcares, reduciremos la cantidad de azúcar añadido; en fresas, frambuesas, limones y moras, que contienen no más del 7% en azúcares, la aumentaremos.
- **Tercer paso.** Maceración-ósmosis. Una vez añadido el azúcar a la pulpa, dejaremos macerar la mezcla durante unas doce horas. Se producirá entonces un fenómeno osmótico: para equilibrar concentraciones, el agua del interior de las células de la fruta saldrá hacia el exterior, formando un “sirope” con el azúcar.
- **Cuarto paso.** Cocción a fuego lento. Coceremos luego la mezcla a fuego lento, durante unos quince minutos, para provocar la transmisión de aromas. Si queremos conservar parte de la fruta fresca, retiraremos algunos trozos (excepto en el caso de los cítricos).
- **Quinto paso.** Confitar y caramelizar. Confitaremos a fuego fuerte la pasta durante unos quince minutos.
- **Sexto paso.** Espesar. Añadir de nuevo la fruta reservada junto con zumo de limón. La aparición de burbujas indica el final del proceso. Sin embargo, comprobaremos su terminación mediante la prueba del plato: al colocar un poco de mermelada en un plato e inclinarlo, debemos observar que la viscosidad de la preparación ha aumentado debido a la pectina. Una consistencia demasiado líquida indicará que todavía no hemos llegado al punto óptimo.
- **Séptimo paso.** Conservación. Una vez finalizado el proceso, se coloca la mermelada en recipientes de cierre hermético y la pasteurizamos en una olla con agua en ebullición (baño María) durante 35 minutos. Si cuando llenamos el recipiente observamos burbujas de aire en la mezcla, añadiremos unas gotas de destilado (ron, ginebra, vodka), que eliminarán las burbujas. Si persisten, podrían echar a perder la conservación de la mermelada.

- **Octavo paso.** Etiquetaje y consumo. Es importante etiquetar las confituras con el nombre de la fruta y la fecha de elaboración, luego guardarlas siempre en un lugar seco, fresco y con poca luz. Reposar las confituras un mínimo de entre 8 y 10 días antes de abrirlas, para que se asienten y mejoren el sabor. Cuando ha terminado la elaboración de la confitura, es mejor esperar ese tiempo antes de consumirlas, para asegurarnos que la elaboración generada integre todos los sabores. Una vez abierta, la confitura habrá de conservarse en la nevera, pero irá perdiendo propiedades organolépticas.

5. Science and cooking

El curso de ciencia y cocina en la Universidad de Harvard se organizó para su realización en 2010 y ya lleva cinco ediciones. Se ha convertido en un curso de ciencias puro, pero que utiliza la cocina como vehículo de aprendizaje. Reproducimos la planificación que se hizo en el primer curso, para el que el autor de este artículo lideró el diseño de las prácticas aplicadas y la preparación de los cocineros catalanes. Las sesiones se organizaron con los siguientes temas y explicaciones:

Tema 1. Ciencia y cocina, un diálogo. Harold McGee y Ferran Adrià. Movimientos principales de la historia de la cocina. Las personas que contribuyen a explicar la cocina desde una perspectiva científica. Las contribuciones más famosas. Comprensión de la cocina a través de la ciencia. El método científico para mejorar y explorar nuevas formas de cocinar. El desarrollo de un nuevo idioma culinario. La esferificación como ejemplo.

Tema 2. Cocina al vacío. Estados de la materia. Joan Roca. Objetivos. Los equipos y utensilios. El concepto tiempo-temperatura. Composición de los alimentos. Influencia de vacío. El vacío continuo. Rotaval. Aplicaciones y ejemplos: salmón con manzana y vainilla, plátano, helado con especias.

Tema 3. Postres y el paso del tiempo. Bill Yosses. Los postres como reflejo global de aplicaciones científicas.

Tema 4. El aceite de oliva y la viscosidad. Carles Tejedor. El aceite de oliva como un hilo de diferentes texturas espesadas, de la harina a la xantana. Ejemplos: harina, mini canelones con bechamel de almendras y aceite de oliva. Los almidones, las albóndigas con la gamba roja y el ungüento de aceite de ajo. La goma xantana caliente, salsa caliente de aceite de trufa con patata.

Tema 5. Calor, temperatura y chocolate. Enric Rovira. La transferencia de calor y su medición a través de la temperatura. Cinética de los procesos, la reversibilidad frente a la irreversibilidad. Chocolate como un ejemplo de la influencia de la temperatura sobre el tratamiento llevado a cabo con este producto.

ESPACIOS PRIORITARIOS EN I+D: RIESGOS AMBIENTALES Y TECNOLÓGICOS

Tema 6. Reinención. Alimento, textura y sabor. Grant Achatz. Explicación de estructuras: los surfactantes y micelas, cristales, coloides y polímeros fundidos. Ejemplos: las micelas en la leche y red de gluten en el pan.

Tema 7. Emulsiones. Concepto de aceite de la estabilidad y el agua. Nandu Jubany. Equilibrio agua-aceite y temperatura. Emulsiones en frío: salsa de ajo básico, salsa de ajo con huevo, mayonesa básica y lactonesa. Emulsiones en caliente: el “pilpil”. Emulsiones con incorporaciones.

Tema 8. La gelificación. José Andrés. La gelificación como una transición entre los estados. De gelatina para Agar. Otros gelificantes: alginato, lota, kappa y gellan.

Tema 9. Enmarronamientos y oxidaciones. Carme Ruscalleda- Reacciones de maillat y caramelización. Ejemplos: mejilla tratada con un fondo de atún y servido con un taco, mejilla también tratada como un filete. La formación de la corteza de pan y el caramelo.

Tema 10. Carne pegada. Willy Dufresne. La utilización de la transglutaminasa como agente de unión de proteínas.

Tema 11. Cultivar los sabores. Dan Barber. Cómo a través de huertos de producción propia se puede llegar a tener los sabores que pueden interesar en la cocina.

Bibliografía

BARHAM, P. (2001): *La cocina y la ciencia*, Saragossa, Editorial Acribia.

CASSI, D., y BOCCHIA, E. (2005): *La ciencia y los fogones de la cocina molecular italiana*, Gijón, Editorial Trea DL.

FUNDACIÓ ALÍCIA y EL BULLITALLER (2006): *Léxico científico-gastronómico*, Barcelona, Editorial Planeta.

KOPPMANN, M. (2011): *Manual de gastronomía molecular: el encuentro entre la ciencia y la cocina*, Buenos Aires, Editorial Siglo XXI.

MANS, C. (2010): *Sferificaciones y macarrones*, Barcelona, Ariel.

MC GEE, H. (2007): *La cocina de los alimentos*, Barcelona.

THIS, H. (1997): *Los secretos de los pucheros*, Saragossa, Editorial Acribia.

La dimensión ambiental a escala departamental en Argentina (2010)

Guillermo Ángel Velázquez*

Este trabajo elabora y analiza la distribución espacial de un Índice de Calidad Ambiental (ICA) aplicado a los departamentos, unidades espaciales de tercer orden (denominados partidos en la provincia de Buenos Aires) de la República Argentina. Estos territorios constituyen la mayor desagregación espacial disponible en el Sistema Estadístico Nacional. Para cada unidad consideramos los recursos recreativos, tanto de base natural como socialmente construidos y los costos ambientales. La principal finalidad del ICA es, por un lado, dimensionar la magnitud de algunos problemas ambientales que afectan al bienestar de la población, y por otro, establecer una cuantificación de la percepción en el caso de elementos subjetivos, como la valoración de los recursos escénicos o de los elementos de esparcimiento.

Palabras clave

Calidad ambiental, índices, Argentina

* Doctor en Geografía (UBA). Investigador Principal del CONICET. Profesor Titular Ordinario UNCPBA. Autor de 20 libros, 64 artículos en revistas con referato, 32 capítulos en libros de otros autores y 38 ponencias completas. Estos 154 trabajos fueron publicados en 25 países. Correo electrónico de contacto: gvelaz@fch.unicen.edu.ar.

1. Introducción

Para formular un Índice de Calidad Ambiental (ICA) relevante en relación con el bienestar de la población es necesario partir de una concepción amplia del ambiente: es decir el conjunto de las diferentes relaciones establecidas entre la sociedad y el medio físico, construido o hecho artificial, que tiene lugar en un espacio territorial acotado. Implica considerar simultáneamente usos de la tierra yuxtapuestos entre sí, multiplicidad de procesos y actores productores y reproductores de ese medio, variedad de significados y símbolos culturales (Herzer y Gurevich, 1996), ya que producen un medio ambiente que les es propio, y cuya principal característica es estar “socialmente construido”, lo que lo diferencia fundamentalmente del medio ambiente “natural” estudiado por la ecología (Metzger, 2006).

Nuestro índice considera no sólo las habituales variables asociadas con la calidad ambiental sino también otras vinculadas con el bienestar desde una perspectiva más amplia, como pueden ser la seguridad y amenidades.

La propuesta pretende reconocer la importancia del ambiente de manera separada de las restricciones impuestas por la economía tanto en su comprensión como medición, debido a que debe ser gestionado desde instituciones públicas que no tengan en cuenta únicamente al mercado como elemento de asignación de los bienes ambientales, impidiendo que la mayoría de la población sufra una calidad por debajo de lo deseable (Araña *et al.*, 2003).

2. Metodología

El camino de construcción de un índice presenta gran complejidad dado que deben seleccionarse variables representativas de la situación que se pretende mostrar. Dichas variables, no son directamente extrapolables a otros espacios ya que cada uno de ellos posee especificidades y dinámicas que le son propias. Por tanto, esta característica hace que la elaboración varíe según diferentes ámbitos geográficos. Tanto en la forma de agrupar las variables, como en su ponderación, existe un componente subjetivo. Se trata, entonces, de un procedimiento relativamente arbitrario en el que con ningún método puede justificarse con totalidad porque una variable posee mayor ponderación que otra (Tanguay *et al.*, 2010). Además, la pertenencia de las variables a una categoría superior no es definitiva ya que algunas podrían pertenecer a más de una. Este tipo de agrupación es una forma de organizar mejor la información de acuerdo con la similitud existente entre las variables y la finalidad del índice.

Sobre la base de lo enunciado con anterioridad, el ICA se compuso a partir de 23 variables centrales (**Cuadro 1**) desagregadas en dos grandes dimensiones.

Dimensión	Subdimensión	Variable (puntajes Omega: mín. 0, máx. 10)
Recursos escénicos y recreativos (ponderación 50%)	Recursos recreativos de base natural (ponderación 25%)	<ul style="list-style-type: none"> Playas Balnearios a orillas de ríos, lagos, lagunas o diques Centros termales Nieve/hielo (posibilidad de actividades recreativas invernales) Relieve Espejos y cursos de agua Parques y espacios verdes
	Recursos recreativos socialmente construidos (ponderación 25%)	<ul style="list-style-type: none"> Estética/Patrimonio urbano Centros culturales Centros comerciales y de esparcimiento Centros deportivos
Problemas ambientales (ponderación 50%)		<ul style="list-style-type: none"> Uso de plaguicidas en agricultura Participación de Industria y minería en el PBG Contaminación/Ruido/Congestionamiento Localizaciones peligrosas Localizaciones con Externalidades negativas Inseguridad (Tasa de hechos delictivos por cada 10.000 habitantes) Asentamientos precarios (% de población residente en villas miseria) Basurales (% de población residente a menos de 300 metros de un basural a cielo abierto) Sismicidad y vulcanismo Tornados Inundabilidad Disconfort climático

Cuadro 1. Dimensiones y variables del índice de calidad ambiental (ICA). **Fuente:** elaboración propia.

3. Resultados y discusión

Cada una de las 23 variables que componen el índice fue incorporada a un Sistema de Información Geográfica (SIG) y fue siendo analizada en trabajos previos (Velázquez y Celemín, 2013). Presentamos a continuación los principales resultados del ICA, es decir la combinación ponderada de RRBN, RRSC y PA.

El índice muestra valores muy diversos para la Argentina ya que el valor máximo se registra en el departamento de Junín (San Luis) con 8,41 puntos, mientras que el mínimo lo hace en Limay Mahuida (La Pampa) con 4,17 puntos.

El departamento de Junín, cuya cabecera Santa Rosa del Conlara es mucho menos conocida que su principal ciudad (Merlo), cuenta con diversos RRBN: relieve, espejos y cursos de agua, espacios verdes. No se destaca especialmente por sus RRSC, ya que por su escala urbana no dispone de grandes atractivos, salvo su estética, valorizada en función de su perfil turístico. Sus problemas ambientales son relativamente menores, destacándose varios elementos positivos como su microclima. Esta combinación de factores la sitúa en una posición destacada.

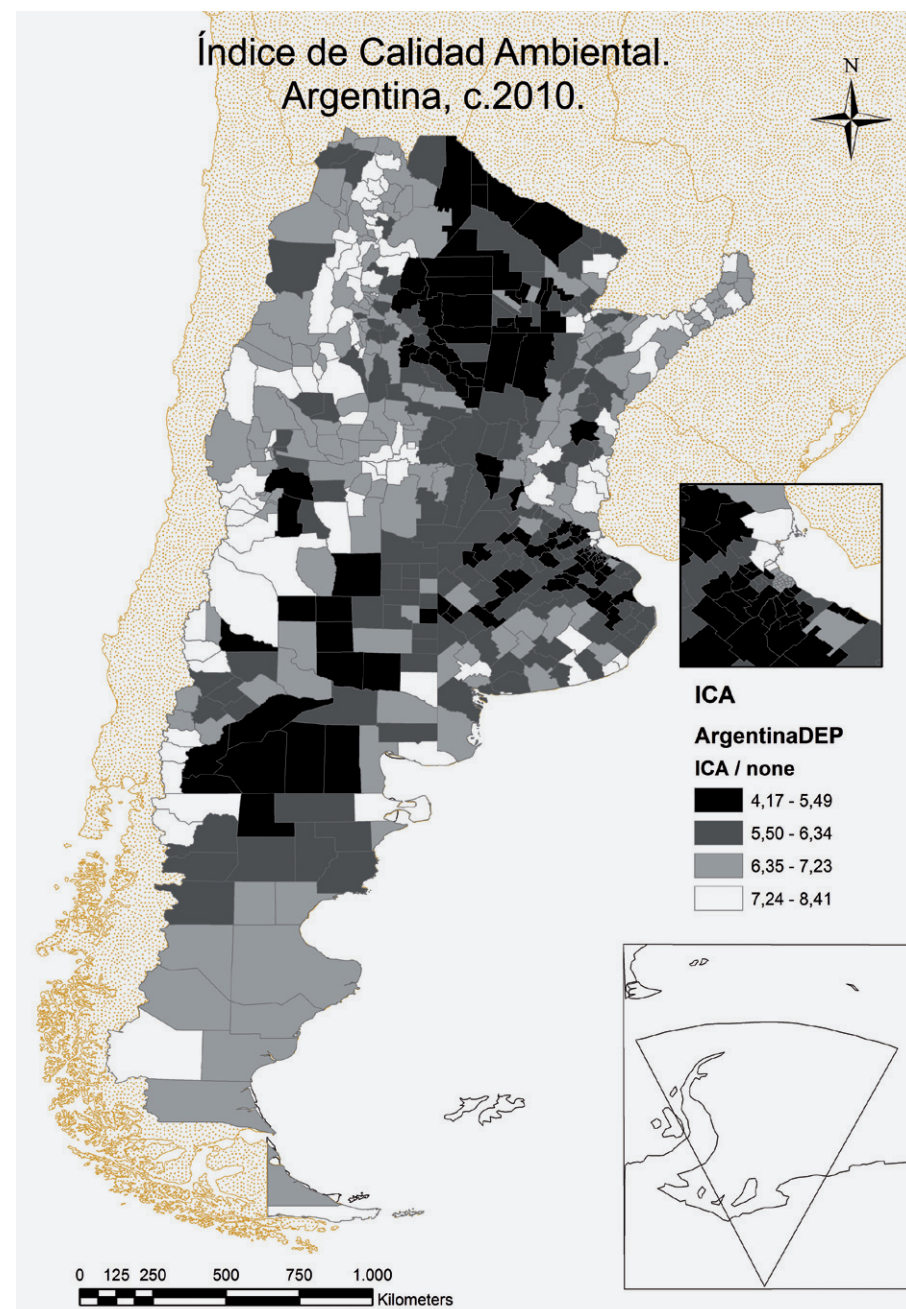
Limay Mahuida, cuya cabecera se encuentra al este del río homónimo en el oeste pampeano, se caracteriza por su aridez, agravada por las obras de captación de aguas, que han agudizado las deficiencias preexistentes, incrementando el proceso emigratorio. El departamento carece casi por completo de RRBN y lo mismo ocurre con los RRSC, dado que en su cabecera residen menos de 300 habitantes. Para completar este adverso panorama, los problemas ambientales no están ausentes; por el contrario, en un medio árido se destaca la proporción de basurales espontáneos y otras externalidades negativas derivadas de la captación de aguas en la parte superior de la cuenca.

Dentro del NOA se destaca un conjunto relativamente numeroso situado en el corredor central donde la conjunción de relieves, vegetación, disponibilidad de agua (espejos, cursos), pueblos y ciudades históricas con destacado patrimonio y la relativa escasez de problemas ambientales contribuye positivamente a su valoración. Sobresalen Humahuaca y Dr. Manuel Belgrano en Jujuy, Capital, San Carlos y Cafayate en Salta, Yerba Buena en Tucumán y la Capital en La Rioja. En todos los casos se trata de áreas con paisajes atractivos, vinculados con entornos montañosos, espejos de agua y abundante vegetación. En general los RRSC complementan aceptablemente este entorno y los problemas ambientales resultan relativamente menores.

En Cuyo resaltan los siguientes departamentos: Rivadavia, en el Gran San Juan, Capital, Luján de Cuyo y Malargüe en Mendoza; Junín (ya mencionado) y La Capital en San Luis. Aquí también se impone la presencia de atractivos paisajes montañosos y serranos con algunos recursos complementarios (termas, balnearios). En general los RRSC acompañan adecuadamente este marco, especialmente en el caso de las capitales provinciales. Lo mismo ocurre con la magnitud de los PA que, en general, resultan menores.

En la Patagonia se destacan: Los Lagos en Neuquén, Bariloche en Río Negro, Futaleufú en Chubut y Ushuaia en Tierra del Fuego, en donde los paisajes cordilleranos alcanzan, en todos los casos, caracteres superlativos: bosques, lagos, montañas nevadas, cascadas, termas. A ello se suma una interesante dotación de RRSC, en algunos casos sobredimensionada para sus residentes, por el gran atractivo turístico de estas áreas. Otro elemento no desdeñable es la relativa ausencia de problemas ambientales.

Dentro de la región pampeana el más destacado es Mar del Plata, ya que posee interesante oferta de RRBN -costa atlántica y serranías en las cercanías- y RRSC asociados con la actividad estival. Por su parte, los problemas ambientales son un poco mayores que en otros casos, aunque no alcanzan a revertir su posición general.



Mapa 1. Índice de calidad ambiental (ICA). Argentina, c. 2010.

Fuente: Elaboración personal sobre la base de las 23 variables mencionadas en el texto.

En contraposición, los puntajes más pobres del ICA (4,17 a 5,49 puntos) se concentran, en primer lugar en el norte del país, más particularmente en una amplia franja comprendida entre el NOA y NEA y se destacan, particularmente, los interiores de Formosa, Santiago del Estero y Chaco. La explicación del bajo puntaje se relaciona con la extremada escasez de RRBN: en un contexto árido o semiárido la virtual ausencia de relieve, vegetación, cursos y espejos de agua hace que los atractivos de base natural resulten particularmente escasos. Por otra parte la ausencia de ciudades relativamente importantes en un medio con fuertes carencias (no sólo ambientales, sino fundamentalmente socioeconómicas) contribuye a explicar la orfandad de RRSC, situación que se agrava, en algunos casos, con la existencia de problemas ambientales derivados de la deforestación, la irrupción de la agricultura transgénica, la explotación petrolífera y el confinamiento de los pueblos originarios de esta zona. Todos estos factores tienden a configurar un panorama muy adverso que está aún muy lejos de revertirse.

Dentro de la región pampeana se distinguen otras zonas que exhiben valores muy bajos: la cuenca del río Salado (Buenos Aires), oeste de La Pampa, extensas zonas de Santa Fe y un departamento de Entre Ríos. La cuenca del Salado o “pampa deprimida” lo es, efectivamente, desde el punto de vista de su calidad ambiental, ya que si bien hay RRBN, particularmente lagunas y ríos, el resto de los atractivos resulta escaso; muy especialmente en lo que atañe a los RRSC. En general se trata de pueblos más bien monótonos, penalizados por su escasa distancia a la Ciudad de Buenos Aires, que les sustrae gran parte de su propio mercado, reducido y concentrado por su dicotómica estructura económica. Otro factor importante son los problemas ambientales que padecen, en particular las inundaciones, a las que se les agrega el uso de agroquímicos, la deficiente eliminación de residuos, el ascenso de las capas freáticas y la ausencia de servicios; todos ellos constituyen problemas graves que afectan significativamente sus condiciones de vida. Esta situación no es muy distinta en extensos sectores de Santa Fe que, sin bien padecen en menor grado la inundabilidad, en general carecen de RRBN (monotonía de la llanura, ausencia de cursos de agua aptos para fines recreativos) y de RRSC (multiplicidad de ciudades pequeñas, población rural dispersa). Esta relativa carencia de atractivos sucede en un marco en el cual los problemas ambientales no están ausentes: la agricultura transgénica y otras formas de agresión al ambiente, particularmente ciertas actividades industriales, contribuyen a explicar el magro puntaje alcanzado. El oeste pampeano es otra área deficiente en este aspecto: escasísimos RRBN (homogeneidad del relieve, aridez, ausencia de cursos de agua), virtual ausencia de RRSC (centros pequeños, población dispersa, escaso nivel de ingresos y de instrucción, estructura social tradicional, escaso interés del Estado por resolver cuestiones que pueden parecer “superfluas”, como las posibilidades de recreación cotidiana, por ejemplo). Una vez más los problemas ambientales también se hacen presentes, fundamentalmente a través de la existencia de basurales espontáneos. En Entre Ríos, sólo un departamento (Federal) se incluye en este grupo debido a su ubicación geográfica, ya que además de encontrarse fuera de los corredores fluviales, los RRBN y los RRSC resultan particularmente escasos.

En la región de Cuyo hay dos sectores comprendidos en este grupo: parte de la travesía mendocina y el sur de San Luis. En ambos casos se trata de lugares áridos y llanos, con escasísima

vegetación y sin cursos de agua, donde las poblaciones dispersas también carecen de RRSC y padecen algunos problemas ambientales. En la Patagonia, un gran sector de la meseta riopatragnina y chubutense se encuentra en este intervalo. Si bien hay algunos recursos escénicos vinculados al relieve de la meseta, se ven eclipsados por la aridez, la escasa cobertura vegetal (agravada por el sobrepastoreo) y la escasez de cursos de agua. Peor aún es la situación de los RRSC, ya que estas poblaciones son, en general, pequeñas y sufren un grado importante de aislamiento, que se incrementa más en el caso de los pobladores dispersos. Sus problemas ambientales se vinculan, en mayor medida, con el discomfort climático.

Finalmente, la RMBA tiene la proporción más alta de partidos en esta categoría. La concentración de población torna irrisorios los escasos RRBN disponibles, generalmente limitados a escasas plazas e insuficientes espacios verdes que padecen diverso grado de hacinamiento y deterioro. Los cursos de agua, en general entubados e impermeabilizados, sólo se hacen presentes en los momentos de picos de precipitación y no resultan, precisamente, recreativos. Con respecto a los RRSC, el panorama es más diverso y se asocian, en parte, con mercados solventes y con el accionar del Estado. La amalgama suele penalizar a los sectores de menores ingresos del conurbano para los cuales las posibilidades de esparcimiento públicas o populares resultan, en general, muy restringidas. Son habituales los usos casi excluyentes de la TV, video juegos y otros dispositivos electrónicos (particularmente teléfonos celulares), además de las bailantas, peñas y otras modalidades de recreación. Para los sectores solventes siempre están presentes otras alternativas, pero casi siempre implican desplazamientos. Unos y otros sufren, sin embargo, diversos tipos de contaminación, ruido y congestión, ligados fundamentalmente con la escala urbana y el crecimiento insustentable.

El resto de los departamentos se sitúa en posiciones intermedias, con diversos grados de contradicción entre su dotación de RRBN, RRSC y PA.

En términos genéricos, el NOA aparece en situación relativamente favorable, salvo en su franja oriental. En el NEA conviven un mosaico de situaciones: más positivas en Misiones, en menor medida en Corrientes y menos propicias en Formosa y Chaco, especialmente en sus respectivos interiores. Cuyo muestra situaciones relativamente favorables, salvo en sus áridas travesías. La región pampeana se muestra diversa; presenta condiciones relativamente buenas en Entre Ríos y Córdoba, bastante malas en Santa Fe y La Pampa. Buenos Aires exhibe contraposición entre la cuenca del Salado, en mala situación, y el sur de la provincia, con mejores valores. La Patagonia también está fragmentada: por un lado la cordillera y, en menor medida, la costa, con buenas situaciones relativas. Por el otro, la meseta, especialmente la septentrional, con situaciones muy adversas. Finalmente, la RMBA exhibe con crudeza (salvo pocas excepciones) el grado de padecimiento ambiental de la mayoría de sus residentes, generalmente privados de RRBN, y con fragmentados RRSC en un marco de considerables problemas ambientales.

Desde el punto de vista de la escala urbana hay una notable dispersión de situaciones:

	RMBA (10.000.000 hab y más)	Ciudades Grandes (entre 1.000.000 y 9.999.999 hab.)	Ciudades Intermedias Grandes (entre 400.000 y 999.999 hab.)	Ciudades Intermedias (entre 50.000 y 399.999 hab.)	Pueblos Grandes (entre 20.000 y 49.999 hab.)	Pueblos Pequeños y población rural (menos de 20.000 hab.)
Mejor situación (posición)	Tigre, 68°	Capital (Córdoba) 27°	General Pueyrredón (Buenos Aires) 12°	Dr Manuel Belgrano (Jujuy) 2°	Junín (San Luis) 1°	Los Lagos (Neuquén) 9°
Peor situación (posición)	Presidente Perón, 510°	Rosario (Santa Fe) 104°	Ensenada (Buenos Aires) 506°	Chivilcoy (Buenos Aires) 475°	Rivadavia (Salta) 509°	Limay Mahuida (La Pampa) 511°
Posición media	377,2°	65,5°	179°	186,4°	255,8°	281°
Puntaje medio RRBN	2,7	7,1	5,9	6,2	5,4	5,3
Puntaje medio RRSC	6,1	8,9	7,1	5,8	4,7	3,7
Puntaje medio PA	2,6	3,1	2,6	2,0	1,7	1,4
Puntaje medio ICA	5,6	7,6	6,8	6,8	6,3	6,2

Cuadro 2. Índice de calidad ambiental e indicadores significativos según categorías urbanas. Argentina, c. 2010. **Fuente:** elaboración propia.

Ninguno de los partidos situados en la RMBA alcanza a ocupar una posición destacada. A pesar del alto grado de heterogeneidad entre sus extremos, la ubicación media de sus partidos es la más baja del conjunto exhibiendo, por tanto, las peores condiciones ambientales. Los RRBN resultan extremadamente insuficientes y los RRSC muy asimétricos, todo ello en un contexto de grandes problemas ambientales.

Entre las ciudades grandes, por el contrario, hay tendencia a ocupar posiciones más favorables y se observa el mejor desempeño grupal. Esto está vinculado con su dotación relativamente alta de RRSC en relación con la población demandante.

Las ciudades intermedias grandes muestran también cierto grado de dispersión, ocupando el segundo puesto en términos grupales. Su desempeño general desde el punto de vista de la calidad ambiental se sitúa, muy cerca de las grandes, en un tercer escalón.

Los pueblos grandes también se muestran muy variables entre sí. Evidentemente, las situaciones cambian significativamente según el contexto regional, especialmente en lo que respecta a RRBN. El grupo alcanza un desempeño bastante pobre, probablemente por la penalización que implica su relativa escasez de RRSC.

Finalmente, los pueblos pequeños y población rural muestran alto grado de variación ya que, una vez más, sus RRBN difieren significativamente en función de sus territorios. La posición media y el pobre desempeño global de sus departamentos se asocian estrechamente con su alta escasez de RRSC.

Resulta llamativo que los problemas ambientales, a pesar de su indudable relación con la escala urbana, no acusen un máximo en la RMBA. Probablemente esto se asocie con deficiencias en la información o limitaciones de los indicadores estadísticos utilizados para captar algunos fenómenos.

Los RRBN favorecen, en términos genéricos, a las ciudades grandes e intermedias y penalizan severamente a la RMBA.

Los RRSC alcanzan sus valores máximos en las ciudades grandes e intermedias, siendo los más perjudicados en este aspecto los pueblos y la población rural.

Finalmente, el propio ICA alcanza sus valores máximos en las ciudades grandes e intermedias, luego en los pueblos y población rural y, por último, en la única conurbación de la Argentina: la RMBA.

4. Conclusiones

Tradicionalmente, el desarrollo de una sociedad se mide considerando variables socioeconómicas tales como educación, salud y vivienda (captables con información estadística), pero en la actualidad se hace necesario ajustar esas variables con otros indicadores con el fin de tener en cuenta que, aunque la creación de riqueza y el crecimiento del ingreso permitan, teóricamente, mayor consumo y mayores niveles de vida, la degradación del ambiente reduce tanto el bienestar de la población como el del sistema productivo para producir en un futuro.

La mayoría de los trabajos que utilizan alguna variable asociada con la calidad ambiental son aplicados mayoritariamente en ciudades, dado que son considerados necesarios para la gestión y el desarrollo local. En escalas menores, su implementación suele dificultarse debido a la calidad de la información: cuando se intenta recopilar datos provenientes de distintas jurisdicciones es común encontrar que no están disponibles o, directamente, no son comparables por la escala espacial y temporal en la que fueron medidos. Estas particularidades están más presentes en la información ambiental porque carece del soporte que poseen los datos económicos y sociales que son relevados de forma periódica y sistemática por distintos organismos nacionales, provinciales y municipales.

ESPACIOS PRIORITARIOS EN I+D: TRANSPORTE

Por eso nuestra propuesta intenta, con algunas restricciones, superar la barrera local para incursionar en la escala nacional de un territorio complejo como es la República Argentina a partir del análisis de un índice de calidad ambiental aplicado a escala departamental. El índice pretende ser una síntesis, tanto de las posibilidades de esparcimiento cotidiano de la población como de los problemas ambientales que se padecen. De esta manera surge la importancia de asociar en forma de índice-resumen la dimensión ambiental con la calidad de vida a partir de la consideración de distintos elementos que contemplen a los problemas ambientales, pero también a los factores positivos vinculados con el ambiente, tal es el caso de los recursos recreativos de base natural o los socialmente construidos que influyen también sobre el bienestar de la población.

Bibliografía

ARAÑA, J., LEÓN, C., y GONZÁLEZ, M. (2003): “Valoración múltiple de bienes públicos urbanos mediante técnicas de preferencias declaradas”, *X Encuentro de Economía Pública*, Santa Cruz de Tenerife, 6-7 de febrero.

HERZER, H., y GUREVICH, R. (1996): “Degradación y desastres: parecidos y diferentes: tres casos para pensar y algunas dudas para plantear”, en M. Fernández (Comp.): *Ciudades en riesgo, Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina*, Quito, pp. 75-91.

METZGER, P. (2006): “Medio ambiente urbano y riesgos: elementos de reflexión”, en M. Fernández (Comp.): *Ciudades en riesgo, Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina*, Quito, pp. 43-56.

TANGUAY, G., RAJAONSON, J., LEFEBVRE, J. y LANOIE, P. (2010): “Measuring the sustainability of cities: A survey-based analysis of the Use of Local Indicators”, *Ecological Indicators*, vol. 10, n° 2, pp. 407-418.

VELÁZQUEZ, G., y CELEMÍN, J. P. (2013): *La calidad ambiental en la Argentina. Análisis regional y departamental* (c.2010), Centro de Investigaciones Geográficas, Tandil.

Acerca de la movilidad cotidiana. El caso de Buenos Aires metropolitana

Susana Kralich*

Los problemas vinculados al sector transporte tienen alta prioridad en las agendas gubernamentales, en razón de sus fuertes repercusiones sociales, económicas y políticas. La gestión y planificación en los diversos niveles territoriales demandan asimismo la producción de información, realización periódica de estudios, capacitación y actualización de recursos humanos y el apoyo a la investigación, en sostén de la insoslayable articulación ciencia – sociedad. Tal como lo demuestran los trabajos presentados por los integrantes del presente panel temático, el transporte urbano e interurbano de pasajeros y el de cargas, constituyen objeto de investigaciones científicas. Acerca de dichas cuestiones el presente artículo ofrece algunas reflexiones teóricas y el resultado de estudios empíricos relativos a la Región Metropolitana de Buenos Aires.

Palabras clave

Movilidad diaria, transporte urbano, Buenos Aires metropolitana

* Geógrafa Universidad de Buenos Aires (UBA). Especialista en Transportes Terrestres, Universidad Politécnica de Madrid; Investigadora CONICET/Instituto de Geografía-Facultad de Filosofía y Letras, UBA; Prof. Titular de Transporte Urbano, Maestría en Planeamiento Urbano y Regional (PROPUR), Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, UBA. Correo electrónico de contacto: skralich@educ.ar.

*Detrás de cada fecha,
detrás de cada cosa,
con su espina y su rosa,
detrás está la gente.*

J. M. Serrat

1. Introducción y marco teórico metodológico

Los problemas del sector transporte tienen alta prioridad en las agendas de gobierno, en virtud de sus fuertes repercusiones sociales, económicas y políticas.

Su gestión y planificación en los diversos niveles territoriales demandan la producción de información, realización periódica de estudios, capacitación y actualización de recursos humanos, con los cuales contribuye el desarrollo de la investigación empírica y teórica en sostén de la insoslayable articulación ciencia-sociedad.

Cabe señalar asimismo la atención al surgimiento de nuevos paradigmas, como el de la movilidad y el abordaje de la relación transporte-territorio, dada su incidencia en la definición de políticas públicas y la construcción y/o readecuación de marcos legales¹. Tópicos sobre los que esperamos aportar, a propósito del caso de la región metropolitana de Buenos Aires, sobre cuya composición y principales características sociodemográficas ilustra la **Figura 1**.

Las ciudades de la globalización (Prevot, 2002; Sassen, 2007; Ciccolella, 2014) comparten rasgos comunes, contrastantes con los de otros momentos de la historia, en particular tras el impacto de las nuevas Tecnologías de Información y Comunicación (TIC). Algunos de ellos son: crecimiento extendido en superficie y descenso de la densidad, límites difusos y polarización social. En tal contexto, crece y se consolida lo que se ha dado en llamar “ciudad dual” (Castells, 1995; De Mattos, 2002; Sassen, 2011), en virtud de sus profundas brechas riqueza-pobreza.

Atinente a sus flujos, a la “hipermovilidad” surgida de la disminución/desaparición de barreras espacio temporales, que da lugar a la “ciudad brillante y veloz”, se contraponen la inmovilidad que aqueja a los sectores más vulnerables, “ciudad lenta y opaca” (Santos, 1994; 2000).

En cuanto a metodología, tradicionalmente en los estudios de transporte han prevalecido los análisis fundados a partir del espacio material y la dimensión económica, con foco en la consideración de los desplazamientos concretados. Pero donde existen situaciones de desigualdad se generan demandas que trascienden la direccionalidad de los viajes. Por ende,

¹ Espacio-territorio entendido como espacio socialmente “construido” (Lefebvre, 1991).

inferirlos restringiéndose a encuestas de origen y destino (O/D) y, más aún si son realizadas a usuarios de transporte público, no permite percibir otros tipos de desplazamientos (Gutiérrez, 2009).

El paradigma de la movilidad (que no rechaza, sino complementa al anterior) aporta el concepto de “práctica social”. A través de metodologías cualitativas permite develar necesidades y deseos de traslado insatisfechos que, conjugados con las capacidades de transporte disponibles, pueden mostrar el camino hacia su posible solución. Así se cubre un campo de conocimiento que abarca tanto el estudio tradicional del movimiento (O/D) como el de las prácticas implicadas, sumando también los viajes en modos no tradicionales y los deseos/necesitados, aunque finalmente no realizados o realizados sin éxito (ibídem).

En tal sentido, las bases de datos e indicadores disponibles para el sector resultan ilustrativos. Organismos internacionales de la talla del Banco Mundial, la Corporación Andina de Fomento (CAF) o la Unión Internacional de los Transportes Públicos (UITP) han trabajado en la elaboración de bases actualizadas, pero los métodos permanecen siendo los tradicionales. Y el problema se reitera en los estudios concretados en muchos países, incluido el nuestro, en sus respectivos niveles jurisdiccionales.

2. Algunas referencias históricas

En las últimas décadas, las ciudades latinoamericanas han sufrido los impactos de políticas que, en el marco de contextos globalizadores, modificaron notablemente su estructura socio-territorial. Con el fin del Estado de Bienestar se procedió a la implementación de medidas de liberalización económica, que incluyeron la privatización (o concesión a privados) de servicios públicos, la retirada o achicamiento del Estado y las prácticas desregulatorias (con resultados que exigieron su vuelta atrás, como en el caso chileno). En la Argentina, la regulación persiste, aunque ejercida en forma pasiva, en tanto los operadores –con gran poder de lobby– logran en general imponerse sobre cuestiones estratégicas (Müller, 2010).

Otro fenómeno relevante que colabora con la mutación de ciudad compacta a difusa (Ascher, 2004; De Mattos et al., 2005) y con los procesos de exclusión (y autoexclusión), se vincula con las dinámicas de urbanización, protagonizadas por grupos polarizados (Burchell et al., 2005; Vidal, 2007; Ainstein et al., 2012). En los bordes de la gran ciudad, o aun en discontinuidad con ellos, de la mano de obras públicas de vialidad rápida (Figueroa, 2005; Blanco, 2007), surge gran cantidad de barrios privados, con viviendas unifamiliares, prevalentemente de clases alta y medio alta y movilidad apoyada en el uso del automóvil. Tendencia que torna crecientemente inequitativo el uso del espacio público vial, agravando los índices de congestión y contaminación metropolitanas.

En paralelo se verifica también el asentamiento de grupos de bajos recursos en áreas caracterizadas por la carencia o el déficit de servicios urbanos, movilidad asociada al transporte

público o, en su defecto, a modos alternativos con fuerte sesgo de ilegalidad². La explicación remite a la sumatoria de varios factores. Principalmente el deterioro de las prestaciones de transporte masivo, el aumento de la inaccesibilidad (geográfica, horaria, económica, social, etc.) y la profundización de la inseguridad urbana (Rodríguez *et al.*, 2006). También se sumaron los impactos producidos por extendidos procesos de flexibilización laboral, que conllevaron incremento del desempleo y del trabajo “en negro”, tercerización y cuentapropismo (Kralich y Gutiérrez, 2007).

La vida cotidiana pasa a apoyarse en la posesión de objetos y el desarrollo de hábitos que devienen en ineludibles. Teléfono móvil, internet, ordenador portátil, televisión por cable y satelital, DVD, *home theatre*, servicios de *delivery*, telecompras, etc., expresando las nuevas tendencias del consumismo urbano posmoderno, tras la demanda creciente de autonomía, privacidad, flexibilidad y velocidad (López, 2014; Drewe, 2005; Finquelievich *et al.*, 1998).

En la movilidad local ilustran esta tendencia la ya señalada intensificación del uso del automóvil particular y la génesis y reproducción de servicios conocidos popularmente como charters, combis y remises (Kralich, 2008). Si bien ya existían desde las décadas del '30 y '40 (como servicios contratados por empresas los primeros o viajes de lujo o extraordinarios los últimos), a partir de los '90 pasan a compartir protagonismo con los modos masivos, complementándose.

La hiperdependencia tecnológica profundiza las brechas interclases sociales, económicas y etarias, redundando en hábitats polarizados y contrapuestos, sin mistura ni integración (Solínis, 2007). De la mano de estas tendencias cunde el individualismo, en desmedro de la cooperación y la solidaridad social, particularmente exacerbados en la ciudad cerrada.

En lo que atañe a los niveles de decisión, las inversiones en infraestructura y servicios se concentraron preferentemente en las áreas de mayor nivel socioeconómico y/o densidad. Así se generaron, por un lado, significativos contrastes de accesibilidad geográfica y, por el otro, una fuerte incidencia de los costos de transporte sobre los salarios mínimos (Kralich, 2013).

Durante los '90, por ejemplo, la combinación entre alzas tarifarias y salarios depreciados o congelados resultó en presupuestos mensuales de transporte que hasta podían consumir un tercio del ingreso mínimo (Ibidem). Luego de diciembre 2001, esta situación, en combinación con las demandas de incremento tarifario de los empresarios de transporte urbano (Gutiérrez, 2004), llevó al Ejecutivo provisional a implementar –en prevención de estallidos

² Gravitaron en la proliferación de estos modos la combinación de comodidad (viajes puerta a puerta), costo relativo (el remise, al igual que el taxi, se abona por viaje y no por pasajero. El charter en cambio compensa su mayor tarifa con comodidad, puntualidad, eliminación de trasbordos y seguridad, ya que como el remise, reduce la exposición a ilícitos, al eludir o reducir paradas, esperas, caminatas y trasbordos).

sociales– el pago de subsidios a los operadores de transporte urbano automotor todo el país e incrementar los vigentes para los modos guiados metropolitanos. Garantizaba, de tal forma, el congelamiento tarifario y compensaba los mayores costos operativos.

3. ¿Qué ocurrió con los flujos cotidianos desde la década del '70?

Para ponderar la evolución de los flujos cotidianos metropolitanos dispusimos de estadísticas oficiales para los cortes 1970 y 2006/7 (Arg., SETOP, 1972; e INTRUPUBA, respectivamente)³. Si bien los datos brindados por una y otra fuente proceden de encuestas de origen y destino, su método difiere. En 1970 fueron domiciliarias e incluyeron la totalidad de los modos públicos y privados. En cambio, las de 2006/7 consideraron solamente a usuarios de modos masivos⁴. Para tratar de minimizar ésta y otras heterogeneidades metodológicas (campo de estudio, cambios jurídico-administrativos, universo de modos estudiados, etc.), resolvimos observar la dimensión relativa de los flujos entre y dentro de grandes sectores jurisdiccionales (Capital Federal y municipios metropolitanos).

Así, tras comparar sendas mediciones, surge en primer lugar un aumento del 46% en los viajes totales (17,6 millones en 1970, y 25,7 para el 2006/7), teniendo en cuenta que en el lapso la población metropolitana trepó un 50 % (de 8,4 a 12 millones). Pero dicho incremento ofrece significativos cambios en su distribución intra e interjurisdiccional comparada. Por ejemplo: los producidos al interior del distrito capitalino descienden de 42 a 32%, en tanto que los restantes pares de orígenes y destinos muestran incrementos. La movilidad centrífuga de Capital hacia los municipios metropolitanos, crece de 10 a 14%, en tanto que los inversos (centrípetos) –más tradicionales– pasan de 10 a 13%. Otra tendencia destacable reside en que los flujos intermunicipales pasan a demostrar prioridad relativa, al incrementarse de 38 a 41%, coherentemente con la consolidación de nuevas polaridades en el aglomerado.

También se constata –sobre todo en algunos tramos troncales– la atenuación de la movilidad de las horas pico, con una tendencia a la homogeneización de los desplazamientos, que pasan a ser abundantes a toda hora y en todo sentido. Esto último –sobre todo en contraste con los datos de los 70– se explica tanto por la acrecentada movilidad de los grupos de mayor poder adquisitivo (asociadas al uso intenso del automóvil) como a los cambios vinculados por la difusión de las nuevas TICs.

³ Investigación de Transporte Urbano Público de Buenos Aires (Argentina, Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios, Secretaría de Transporte, Buenos Aires. 2007/9. En <http://www.transporte.gov.ar/intrupuba/>

⁴ En razón de que los resultados del estudio complementario realizado (Encuesta de Movilidad Domiciliaria en la Región Metropolitana de Buenos Aires – ENMODO) no ameritan confiabilidad por cuestiones metodológicas, no incluimos los mismos en este análisis.

A propósito de la desproporción del automóvil en el concierto modal, la misma se produce en paralelo con otro indicador desalentador: la pérdida sufrida por los modos masivos⁵. Sin embargo, aunque éstos pasan de cubrir dos tercios de los viajes cotidianos en 1970, a poco menos del 40% en el 2006/7 (Müller et al., 2009), conservan su relevancia, sobre todo en los barrios más densos, pero con diversificada calidad de las prestaciones, según el corredor. Tendencia que se articula con los cambios cuali-cuantitativos verificados en la morfología urbana, y particularmente los relativos a la periurbanización (Svampa, 2008), cuyo crecimiento a costa de bajas densidades, torna ineficiente la prestación de servicios masivos, profundizando las inequidades preexistentes.

Atinente al incremento de servicios alternativos, su versión colectiva –más común para viajes cotidianos– se brinda con ómnibus charter y combis (traffic). En cambio, para traslados predominantemente ocasionales, comienza a extenderse el requerimiento de autos de alquiler sin taxímetro (remises). El crecimiento de unos y otros, sin ser muy alto en términos absolutos, alcanza niveles críticos de fricción con los operadores regulares debido a la competencia desleal que significan sus altos índices de ilegalidad. La explicación obedece no sólo a demandas que el transporte público deja insatisfechas (cualitativas o cuantitativas, según el área), sino a fuertes tasas de desempleo, con lo que las prestaciones se convierten en una atrayente opción laboral. La combinación de éstos y otros factores dispara demandas y ofertas, obligando a la readecuación de las reglamentaciones respectivas (tras lo cual muchos servicios normalizan sus prestaciones, pero persiste no obstante un número importante operando bajo condiciones de ilegalidad o pseudolegalidad).

En cuanto a las tasas de movilidad, la media de poco más de dos viajes por habitante (2,11) calculada para 1970, que había sufrido un descenso para los '90 (1,95) (FADU, 1990) verifica –según datos de la INTRUPUBA– un repunte a 2,15 para el año 2007 (Müller et al., op. cit.).

4. Aspectos políticos y de gestión

En el lapso analizado se han dado en la metrópolis objeto de estudio notables cambios, entre los cuales cuenta el aumento del número de distritos involucrados en la gestión de servicios comunes. El proceso remite no sólo a la adición de municipios alcanzados por la urbanización continua o discontinua (suburbanización y periurbanización, respectivamente), sino también a la subdivisión de varios de ellos⁶.

⁵ Este modo pasa de cubrir del 15% al 36% de los viajes metropolitanos totales en el lapso 1970-97 (FADU, 1999), hasta llegar al 40% para el corte 2006/7 (Müller et al., 2009).

⁶ Durante la década de los '90 se concretó parcialmente el Proyecto Génesis 2000, impulsado por el entonces gobernador de la provincia de Buenos Aires, mediante el cual el Gran Buenos Aires pasó de abarcar 19 a 24 municipios, por la subdivisión de los partidos de General Sarmiento, Morón y Esteban Echeverría. En el ámbito más amplio de la Región Metropolitana, en cambio, suman 44 (Kralich, 2012).

Este hecho subraya la importancia de disponer, si no directamente de un gobierno metropolitano, por lo menos de una coordinación mínima. Como bien puntualiza Pérez (2006), nos encontramos frente a una doble fragmentación: político institucional y técnico-sectorial. Sin embargo, y no obstante la concreción de algunos logros en otras áreas, en la del transporte el historial es frustrante, incluso cuando la coincidencia de signos políticos en los gobiernos nacional, provincial y capitalino (en tres oportunidades desde el recupero democrático en 1983) podría haber allanado el camino hacia su consecución⁷.

Por otra parte, en contextos de cambios políticos, sociales, económicos y funcionales, cabe señalar la relevancia que le cabe a la readecuación de marcos legales. Su diseño “noventista” resultó, en palabras de Thwaites Rey (1994), funcional al proceso en ciernes. Construidos a la medida de los requerimientos de la nueva etapa de acumulación de capital, reubicaron las bases de la dominación social y definieron nuevas formas de legitimación-deslegitimación estatal. Por añadidura, los procedimientos autoritarios aplicados permitieron la internalización de beneficios por el incremento de eficiencias globales a favor de grupos hegemónicos (Veschi et al., 2000; Schwarzer 2004; y Schweitzer, 2014, entre otros, destacaron el caso ferroviario), a la vez que los perjuicios resultaron absorbidos por los sectores más vulnerables (Basualdo, 2002; Ainstein et al., 2012).

Otro aspecto a señalar es que, finalizando el siglo XX, todo el sistema de transporte metropolitano quedó en manos de operadores privados⁸. En el automotor colectivo, dicho esquema ya regía desde los años 50/60, sumándose en los 90 los servicios ferroviarios bajo el sistema de concesión. El Estado conservó la propiedad de los activos, cediendo la explotación a empresas privadas, con el agregado de un subsidio destinado a cubrir costos operativos e inversiones. Como dijimos, luego, a raíz de la crisis de fin del 2001 se sumaron más subsidios a lo operadores privados del ferrocarril metropolitano y se les otorgaron también a los del automotor colectivo. El recupero de los indicadores socioeconómicos verificado en la última década fundamentó el retiro gradual de los subsidios, conllevando el consiguiente aumento del costo de los pasajes⁹. Como contrapeso, a fines de 2012 se implementaron descuentos para ciertos grupos vulnerables¹⁰. Escolares y estudiantes secundarios, jubilados y pensionados, personal del servicio doméstico, beneficiarios de la Asignación Universal por Hijo (AUH), Asignación por embarazo, Programa Jefes y Jefas de Hogar y Veteranos de la guerra de Malvinas. Los mismos

⁷ En los últimos años cristalizan algunos intentos: sectoriales (CEAMSE, AMBA, CONAMBA, Mercado Central, Comités de las Cuencas Matanza-Riachuelo y Reconquista) jurisdiccionales (consorcios de municipios como la RMN -Región Metropolitana Norte- (2000) que integran Vicente López, San Isidro, San Fernando y Tigre, y el COMCOSUR (Consorcio de Municipios del Conurbano Sur), en el 2004, con Avellaneda, Quilmes, Lomas de Zamora, Lanús, Florencia Varela, Berazategui y Almirante Brown.

⁸ También en los '90 tienen su primavera las versiones privadas de la seguridad, educación, transporte, telefonía, asistencia médica, obras sociales, jubilación, universidades, cementerios y recreación.

⁹ Se procedió asimismo a la gradual reestatización del sistema ferroviario a partir de incumplimientos contractuales de los concesionarios.

¹⁰ Resolución Ministerio del Interior y Transporte n° 975/2012 (diciembre).

pueden desde entonces acceder a rebajas en los boletos adquiridos con la tarjeta SUBE, habiendo tramitado previamente la acreditación de su condición¹¹.

En cuanto al modelo de gestión con debilidad regulatoria, llevó en el marco sociopolítico mencionado a una crisis manifestada en desinversión, falta de mantenimiento, distorsiones en la prestación de los servicios y disminución del confort y la accesibilidad, en particular en las áreas de menor interés comercial. Sin embargo, lo más grave fue el aumento de la accidentalidad, en particular en el ámbito ferroviario. La frustración y la pérdida de confianza por parte de la ciudadanía se tradujeron en una seguidilla de conflictos y violentas protestas. Hechos de los que la prensa dio buena cuenta, especialmente entre 2011 y 2013, reclamando sea por gruesas fallas en la prestación de servicios metropolitanos como por la reiteración de gravísimos siniestros.

En contraste, en los últimos años hay registro de buenas prácticas –si bien algunas de ellas perfectibles– concretadas por el Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires (a las que se van sumando proyectos análogos en algunos municipios del conurbano). Nos referimos en particular a la implementación y extensión de carriles viales exclusivos para buses: BRT (bautizados localmente como *metrobús*); inauguración de áreas para el estacionamiento de combis; peatonalización de calzadas en zonas centrales; implementación de *bicicling* gratuito; extensión de la red de bicisendas y ciclo vías; y normativa para la facilitación de su aparcamiento, los que están significando un aporte de valor a la mejoría y el ordenamiento del tránsito capitalino¹².

5. Reflexiones finales

El crecimiento metropolitano verificado en las tres últimas décadas, como vimos, incorporó enclaves discontinuos respecto del tejido preexistente, segregados (para grupos de bajos recursos) y autosegregados (para las clases alta y medio alta) en barrios cerrados. Los últimos, aunque preexistentes, variaron en su esencia, de residencia secundaria otrora a permanente ahora.

La red de transporte masivo no logró acompañar este proceso, con lo que fue perdiendo participación. La tendencia se exacerbó en los '90, tanto en razón del crecimiento en discontinuidad con la mancha urbana, como por las bajas densidades de ocupación. El automóvil particular pasó a tener un rol protagónico en el concierto modal, cubriendo hasta casi el 40% de los viajes totales. En los bordes metropolitanos se registró apropiación de la accesibilidad por parte de segmentos medios y altos, que entorpecieron la circulación de los otros sectores y reforzaron procesos de inequidad. Ligado a estas dinámicas creció asimismo la

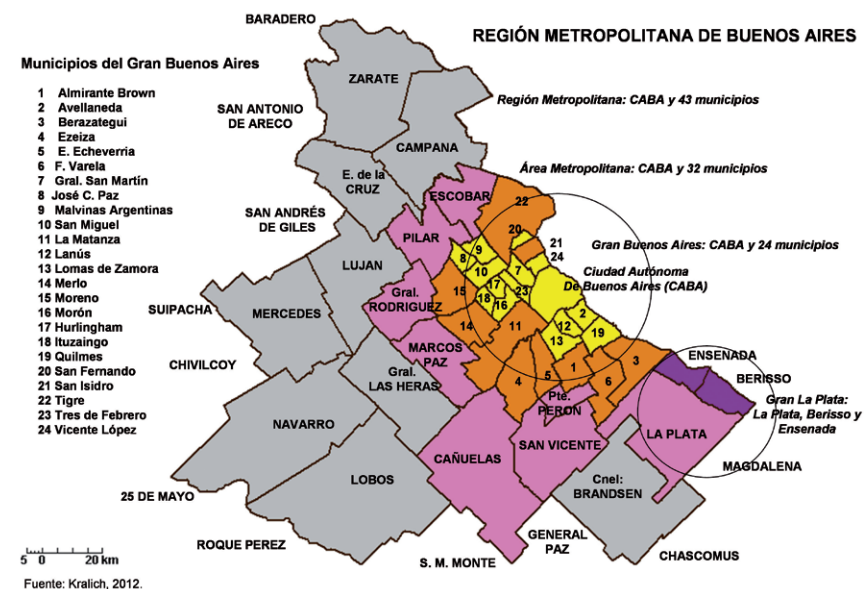


Figura 1. RMBA. Mapa político y Datos sociodemográficos (2010). Gran Buenos Aires – GBA: 25 distritos, 3800 km², 13 millones de habitantes, densidad 2700/3300 hab/km². Área Metropolitana de Buenos Aires – AMBA: 33 distritos, 8200 km², 14,5 millones de habitantes, densidad 1400/1750 hab/km². Región Metropolitana de Buenos Aires – RMBA: 44 distritos, 17500 km², 15 millones de habitantes, densidad 700/850 hab/km². Población metropolitana con Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI): valores distritales oscilantes entre 5% mínimo (Vicente López) y 30% máximo (F. Varela). Fuente: Argentina, INDEC, Censo Nacional de Población y Vivienda 2010.

incidencia de modos alternativos de transporte, cuya calidad y legalidad resulta en general explicada por el nivel socioeconómico prevaleciente sus demandantes.

En los últimos años se lograron algunos avances y paliativos en la optimización de la prestaciones de transporte público. En especial se destacan los realizados en el último bienio, cuando se concretaron importantes inversiones orientadas a la renovación y el mantenimiento ferroviario, largamente postergados.

Sin embargo, aún muchos problemas persisten, lo que conlleva que a diario miles de usuarios tomen decisiones individuales, que a más de no resultar convenientes para sí, contribuyen con la ineficiencia del sistema.

Y atentos a que todo lo concerniente a la esfera del transporte está impregnado por una intensa politización, fuertes intereses en juego y muy alto impacto social, económico y ambiental, estaremos contestes también en que las problemáticas trascienden lo sectorial, involucrando otras

¹¹ SUBE: Sistema Único de Boleto Electrónico.

¹² Se está procedido asimismo a extender la red de metro (subte), cuyos altos costos e impactos exigen la convergencia gestonaria y de financiamiento por parte de los niveles local (Ciudad de Buenos Aires) y nacional (Secretaría de Transporte de la Nación).

tantas áreas pasibles de cambios. Sea en lo atinente al mejoramiento de las variables económicas y sociales, la producción de datos confiables, la lucha contra la corrupción, o un responsable y continuado control estatal y social. También es vital remediar la falta o insuficiencia de articulación entre áreas concurrentes, como las de planificación urbana y las de transporte público, amén de las de coordinación regional. De ello dependerá lograr un uso más racional y sostenible de las redes de servicios masivos, mejorando umbrales de calidad y accesibilidad en pos de ciudades más sostenibles, eficientes y equitativas.

Bibliografía

AINSTEIN, L., KRALICH, S., GUEVARA, T., y VILLADEMIGO, J. (2012): “Una modelización comparada relativa a Grandes Aglomerados Compactos y Grandes Aglomeraciones Difusas”, en: L. Ainstein, (comp.): *Estructuración Urbana, Institucionalidad y Sustentabilidad de Ciudades Metropolitanas y Regiones Difusas*. Miradas comparadas de Buenos Aires / Londres / Los Ángeles / París / Tokio y Toronto, EUDEBA, Buenos Aires, pp. 33-75.

ASCHER, F. (2004): *Los Nuevos principios del urbanismo*, Alianza, Madrid.

BASUALDO, E. (2002): “El proceso de privatización en la Argentina: la renegociación con las empresas privatizadas: revisión contractual y supresión de privilegios y de rentas extraordinarias”, *FLACSO*, Buenos Aires. Disponible en: bibliotecavirtual.clacso.org.ar/ar/libros/argentina/flacso/no6_ProcesoPrivatizacionArgentina.pdf.

BLANCO, J. (2012): “Políticas ferroviarias e impactos socioterritoriales: El caso de La RMBA”, en: M. Cerasoli: *Politiche ferroviarie, modelli di mobilità e territorio. Le ferrovie italiane nell'epoca della pseudo-liberalizzazione*, Università Roma Tre, Aracne, pp. 152/165.

BLANCO, J. (2007): “La red de autopistas en Buenos Aires y la reorganización del espacio metropolitano en la década de 1990. Estudio de un caso: el Acceso Norte ramal Pilar”, *Tesis de Maestría en Políticas Ambientales y Territoriales*, Universidad de Buenos Aires, Facultad de Filosofía y Letras.

BURCHELL, ANTHONY DOWNS, R. W., MCCANN, B., y MUKHERJI, S. (2005): *Sprawl costs: economic impacts of unchecked development*, Island Press, Washington DC.

CABRALES-BARAJAS, L. F. (coord.) (2002): *Latinoamérica: países abiertos, ciudades cerradas*, Universidad-UNESCO, Guadalajara.

CASTELLS, M. (1995): *La ciudad informacional*, Alianza Editorial, Madrid.

CICCOLELLA, P. (2014): *Metrópolis Latinoamericanas: más allá de la globalización*. Buenos Aires, Café de las Ciudades.

DE MATTOS, C. (2002): “Mercado metropolitano de trabajo y desigualdades sociales en el Gran Santiago: ¿Una ciudad dual?”, *Eure*, vol. XXVIII, n° 85, diciembre, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, pp. 51-70. Disponible en: www.redalyc.org/articulo.oa?id=19608504.

DE MATTOS, C., y PÉREZ RIFFO, L. (2005): “Globalización, redes, nodos y dinámica metropolitana. El Gran Santiago en los noventa”, en: C. De Mattos, O. Figueroa y otros: *Gobernanza, competitividad y redes*, Santiago, Chile, pp. 31-64.

DREWE, P. (2005): “Relacionando las redes de la infraestructura y la industria de la internet”, en: C. De Mattos, O. Figueroa y otros: *Gobernanza, competitividad y redes*, Santiago, Chile, pp. 379-408.

FADU-GCBA (1999): “Estudio de Transporte y Circulación Urbana Primera Etapa. Informe final”, Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño y Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires. Universidad de Buenos Aires, CETRAM.

FIGUEROA, O. (2005): “Transporte urbano y globalización: Políticas y efectos en América Latina”, *Eure*, vol. 31, n° 94, Santiago, Chile, pp. 41-53. Disponible en www.scielo.cl/scielo.php.

FINQUELIEVICH, S., y SCHIAVO, E. (comps.) (1998): *La ciudad y sus TICs*, Universidad de Quilmes.

GARCÍA PALOMARES, J. C. (2008): “Incidencia en la movilidad de los principales factores de un modelo metropolitano cambiante”, *Eure*, vol. 34, n° 101, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, pp. 5-24. Disponible en: www.scielo.cl/pdf/eure/v34n101/arto1.pdf.

GOBIERNO DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES (2007): “Lineamientos estratégicos para la RMBA”, La Plata.

GUTIÉRREZ, A. (2004): “Concentración empresarial y eficiencia en el autotransporte urbano de Buenos Aires”, *Eure*, vol. 30, N° 91, Santiago, Chile, pp. 97-110.

GUTIÉRREZ, A. (2009): “Movilidad e inmovilidad”, *Actas XV Congreso Latinoamericano de Transporte Público*, CLATPU, Buenos Aires, p. 14.

INDEC: *Censo Nacional de Población y Vivienda 2010*, Argentina.

KRALICH, S. (2008): “Acerca del impacto de la opción remisa en la movilidad ciudadana”, *Actas XXI Jornadas de Historia de la Ciudad de Buenos Aires*, Instituto Histórico de la Ciudad de Buenos Aires.

KRALICH, S. (2012): “Sobre aglomerados en expansión: algunas precisiones conceptuales y su aplicación al caso de Buenos Aires”, en: L. Ainstein (comp.): *Estructuración Urbana, Institucionalidad y Sustentabilidad de Ciudades Metropolitanas y Regiones Difusas. Miradas comparadas sobre Buenos Aires, Londres, Los Ángeles, París, Tokio y Toronto*, EUDEBA, Buenos Aires, pp. 79-119.

KRALICH, S. (2013): "Reflexiones sobre los cambios habidos en la movilidad diaria metropolitana", *Suplemento Voces en el Fénix*, diario Página 12, Buenos Aires, sep-tiembre 15, p. 1-4. Disponible en www.vocesenelfenix.com/content/reflexiones-sobre-los-cambios-habidos-en-la-movilidad-diaria-metropolitana.

KRALICH, S., y GUTIÉRREZ, A. (2007): "Más allá de la informalidad en el transporte de pasajeros. Reflexiones sobre los servicios charter en la RMBA", en *Revista Laboratorio*, año VIII, n° 20, pp. 51-57, Instituto Gino Germani, Facultad de Ciencias Sociales, Universidad de Buenos Aires. Disponible en: laboratorio.fsoc.uba.ar/textos/20_7.htm.

LEFEBVRE, H. (1991): *The production of space*, Oxford, Blackwell Ltd. Disponible en: www.healthcity2013.be/psaa2013/sites/default/files/shared%2ospace/Burak/lefebvre_production_space%5B1%5D.pdf.

LÓPEZ, G. (2014): "Internet, redes sociales, movilidad y después", *Voces en el Fénix*, n° 39, FCE, Universidad de Buenos Aires, octubre, pp. 30-37. Disponible en: www.youblisher.com/p/1027118-Voces-en-el-Fenix-No-39-MATRIX-Internet-y-nuevas-tecnologias/.

Ministerio de Economía: "SETOP 1972/3. Estudio Preliminar del Transporte en la Región Metropolitana", Buenos Aires, Argentina.

Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios. Secretaría de Transporte: "Proyecto de Transporte Urbano de Buenos Aires 2007/9", *Investigación de Transporte Urbano Público de Buenos Aires* (INTRUPUBA), Buenos Aires, Argentina. Disponible en: www.transporte.gov.ar/intrupuba.

MÜLLER, A. (2010): "Marco regulatorio para el autotransporte colectivo urbano: reseña y opciones", *Revista Transporte y Territorio*, n° 2, Universidad de Buenos Aires, p. 158-177. Disponible en: www.rtt.filo.uba.ar/RTT00209158.pdf.

MÜLLER, A., y KRALICH, S. (2009): "Movilidad y cambios socio-económicos: El caso de la Región Metropolitana de Buenos Aires en las tres últimas décadas", *Actas XV Congreso Latinoamericano de Transporte Público y Urbano*, Corporación Andina de Fomento (CAF), Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (GCABA), Proyecto de Transporte Urbano de Buenos Aires.

PÍREZ, P. (2006): "La problemática de la gestión". Disponible en: www.atlasdebuenosaires.gov.ar.

PREVOT SCHAPIRA, M. F. (2002): "Buenos Aires en los años 90: metropolización y desigualdades", *Eure*, vol. 28, n° 85, Santiago, Chile, p. 31-50.

RODRÍGUEZ CHUMILLAS, I., y LÓPEZ LEVI, L. (2005): "Evidencias y discursos del miedo en la ciudad: casos mexicanos", *Scripta Nova: Revista de Geografía y Ciencias Sociales*, n° 9 Extra, p. 194.

SANTOS, M. (1994): "Globalización, medio técnico-científico, nueva urbanización, nueva metropolización", *seminario Las ciudades en la ordenación del territorio*, mimeo, Mar del Plata.

SANTOS, M. (2000): *La naturaleza del espacio*, Ariel, Barcelona.

SASSEN, S. (2007): *Una sociología de la globalización*, Katz, Buenos Aires.

SASSEN, S. (2011): *Cities in a world economy*, Pine Forge Press, Thousand Oaks, California.

SVHVARZER, J. (2004): "Problemas y desafíos para el desarrollo en el siglo XXI. El caso del ferrocarril", *documento de trabajo*, mimeo.

SCHWEITZER, M. (2014): "Políticas ferroviarias en la Argentina. Planes y proyectos en la primera década del siglo XXI", *Revista Transporte y Territorio*, n° 10, FFYL-UBA, Universidad de Buenos Aires, pp.13-32. Disponible en: revistascientificas.filo.uba.ar/index.php/rtt/article/view/501/514.

SOLINIS, G. (2006): "Latinoamérica: países abiertos, ciudades cerradas". Disponible en: www.unesco.org/most/ciudad_book.htm.

SVAMPA, M. (2008): *Los que ganaron. La vida en los countries y barrios privados*, Biblos, Buenos Aires.

THWAITES REY, M. (1994): "Apuntes sobre el Estado y las privatizaciones", *Aportes n° 1*, Asociación de Administradores Gubernamentales, Buenos Aires, pp. 28-48.

VESCHI, E., SILVA, J. A., y NIEVA, R. (2000): "Análisis de los resultados del proceso de privatizaciones ferroviarias en la República Argentina", *XX Congreso Panamericano de Ferrocarriles*, La Habana.

VIDAL K., S. (2007): "Transformaciones socioterritoriales de la Región Metropolitana de Buenos Aires en la última década del siglo XX: la incidencia de las urbanizaciones privadas en la fragmentación de la periferia", *Tesis doctoral*, FLACSO, Buenos Aires. Disponible en: legacy.flacso.org.ar/uploaded_files/Tesis_Sonia_Vidal_Koppmann.pdf

Intermodalismo en México: tendencias y relevancia temática

Carlos Martner Peyrelongue* y Gabriela García Ortega**

A pesar de ser un modo más sostenible que el autotransporte (en las dimensiones económica, ambiental y social), el transporte intermodal de mercancías es todavía un sector incipiente en México. En este sentido, el presente trabajo tiene por objetivo realizar una revisión de las tendencias recientes del transporte intermodal en México y generar una propuesta metodológica para el análisis periódico y sistemático de los corredores intermodales mediante la recopilación de datos duros de origen-destino de la carga, así como de la identificación y representación espacial de los flujos transportados a través de la red ferroviaria e intermodal mexicana y de la modelación de los mismos en un sistema territorial georreferenciado, con la finalidad de proporcionar insumos para la planeación y la toma de decisiones institucional y empresarial en los ámbitos del transporte y la logística.

Palabras clave

Transporte intermodal, corredores, territorio

* Doctor en Ciencias Sociales (Área de Desarrollo Regional), Coordinador de Integración del Transporte del Instituto Mexicano del Transporte. Investigador Nacional Nivel II del SNI-CONACYT, México. Correo electrónico de contacto: martner@imt.mx.

** Maestra en Geografía, Investigadora de la Coordinación de Integración del Transporte del Instituto Mexicano del Transporte. Correo electrónico de contacto: ggarcia@imt.mx.

1. Introducción

Entre 1996 y 1997 se inició la reestructuración del transporte ferroviario e intermodal en México con diversos efectos positivos en cuanto al movimiento terrestre de la carga en el país, y desde luego con resultados también benéficos y alentadores expresados en el aumento paulatino pero constante del volumen de la carga por el modo ferroviario, que ha pasado en el período 1995-2012 de 18,5% a 25,4% de las toneladas-kilómetros movidas por el transporte terrestre en el país. Por su parte, el transporte carretero de carga sigue siendo dominante, pero su participación en el periodo señalado se redujo en términos relativos casi un 7%, al pasar del 81,5% al 74,5% de la carga terrestre.

No obstante lo anterior, por cuestiones de indefinición en las partes relacionadas con la obligatoriedad de proporcionar reportes y datos relativos a la operación del transporte ferroviario e intermodal, así como sobre la confidencialidad de la información, en los marcos jurídicos de los títulos o acuerdos de concesión otorgados por el gobierno de la República, las empresas propietarias de éstos no tenían obligaciones de proporcionar información sobre los orígenes-destinos de la carga, carros utilizados, distancias recorridas por corredor, etc., con lo que se produjo un largo vacío en cuanto a la disponibilidad de datos detallados que permitieran llevar un seguimiento periódico del comportamiento del sector ferroviario de carga y, en particular, del transporte intermodal, uno de los subsectores más dinámicos en las últimas décadas.

Así ocurrió desde 1997 hasta 2011, año este último en el que entró en operación el Comité Técnico Especializado de Información Económica y Operativa del Sector Transporte (CTE-IEOST), creado por la SCT y el INEGI, dentro del cual se formó un grupo especializado para el desarrollo metodológico de una matriz origen-destino de carga ferroviaria, integrado por personal de la Dirección General de Transporte Ferroviario y Multimodal (DGTFM-SCT) e investigadores del IMT. Al amparo de este grupo de trabajo se han obtenido datos e información estadística del 2010 a 2012 y se ha iniciado el conocimiento de la distribución territorial de los flujos origen-destino de la carga intermodal en México (García et al., 2012).

Cabe precisar que el concepto de transporte intermodal comprende básicamente a aquellos flujos de carga movidos por medio de contenedores en los que en el tramo terrestre participan el ferrocarril y el autotransporte, este último en lo que se conoce como “la última milla” (Rodríguez, 2004). Al utilizar modos de transporte distintos, el intermodal recurre a combinaciones variables, tales como:

- Barco – ferrocarril – autotransporte
- Autotransporte – ferrocarril – autotransporte

Dada la importancia de este sector, el presente trabajo tiene por objetivos: realizar una breve revisión de las tendencias recientes del transporte intermodal terrestre (ferrocarril-camión) en México; explorar fuentes de datos disponibles; y proponer un esquema metodológico para análisis de la evolución y tendencias del transporte y los corredores intermodales. La idea central es dar los primeros pasos hacia la generación de una propuesta metodológica para el análisis periódico y

sistemático de los corredores intermodales mediante la recopilación de datos duros de origen-destino de la carga, así como de la identificación y representación espacial de los flujos transportados a través de la red ferroviaria e intermodal mexicana y de la modelación de los mismos en un sistema territorial georreferenciado con la finalidad de proporcionar insumos para la planeación y la toma de decisiones institucional y empresarial en los ámbitos del transporte y la logística.

2. Importancia del transporte intermodal en México

El transporte intermodal es un sector todavía incipiente en el país. Sin embargo, se reconoce su importancia y su alto potencial de crecimiento, al grado de que se le otorga condición de prioridad dentro del Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 (Plan Nacional de Desarrollo, 2013).

Se tiene claro que el desarrollo del transporte intermodal refleja una evolución hacia la integración de funciones y la optimización de sistemas. Esto no quiere decir que la operación eficiente de cada uno de los modos no sea importante por sí misma, sino que pasa a ser secundaria en relación con la eficiencia del sistema (Burkhalter, 1999).

El transporte intermodal involucra en el segmento terrestre principalmente al modo ferroviario, el cual es capaz de movilizar volúmenes considerables de carga, por lo que resulta altamente sustentable en comparación con el autotransporte (Martner, 2008). Desde el punto de vista económico, el costo del intermodal es menor y por tanto se favorece la competitividad; desde la perspectiva social se reduce la carga vehicular en las carreteras, se disminuyen las tasas de accidentalidad y, por tanto, las de mortalidad por accidentes carreteros; y en términos ambientales, la generación de emisiones contaminantes es notablemente menor.

Tal como señala San Martín (1997): “Está comprobado que el ferrocarril tiene ventajas comparativas significativas sobre el camión para traslados en largas distancias. Por esto, para poder aprovechar al máximo los beneficios del contenedor era necesario que el ferrocarril se integrara como uno de los actores principales al sistema intermodal de transporte (...) La tremenda innovación tecnológica creó los carros de ferrocarril capaces de cargar el doble de contenedores en una plataforma (...) El tren de doble estiba, mejoró substancialmente la eficiencia de los puentes terrestres y corredores intermodales, revolucionando la logística comercial internacional”.

La tendencia reciente del intermodal en México muestra un elevado dinamismo a pesar de haber transitado por una fuerte crisis económica global entre 2008 y 2009. En efecto, de 2000 a 2012 la carga intermodal transportada por ferrocarril se cuadruplicó al pasar de 2 a 8 millones de toneladas y de 1.600 a 6.500 millones de toneladas-kilómetro.

Esto significó que la tasa de crecimiento medio durante el periodo fuese de 11,3% anual medida en toneladas y de 12,6% anual en el caso de las toneladas-kilómetro (Gráfico 1). Por cierto, ambas muy superiores a las tasas de crecimiento del autotransporte y del ferrocarril, que respectivamente fueron de 1,5% y 4,2% anuales.

3. Diseño conceptual de la metodología para el análisis del transporte intermodal

Una de las dificultades para realizar estudios y análisis sistemáticos del comportamiento y evolución del transporte intermodal fue, por un largo período de tiempo, la falta de información detallada del transporte por ferrocarril y por camión, debido a que éste dejó de publicar datos referentes a las fluctuaciones de la oferta y la demanda, así como de los orígenes y destinos de los flujos de carga, los nodos emisores y receptores por tipos de carga, las rutas regionales y nacionales principales, etc.

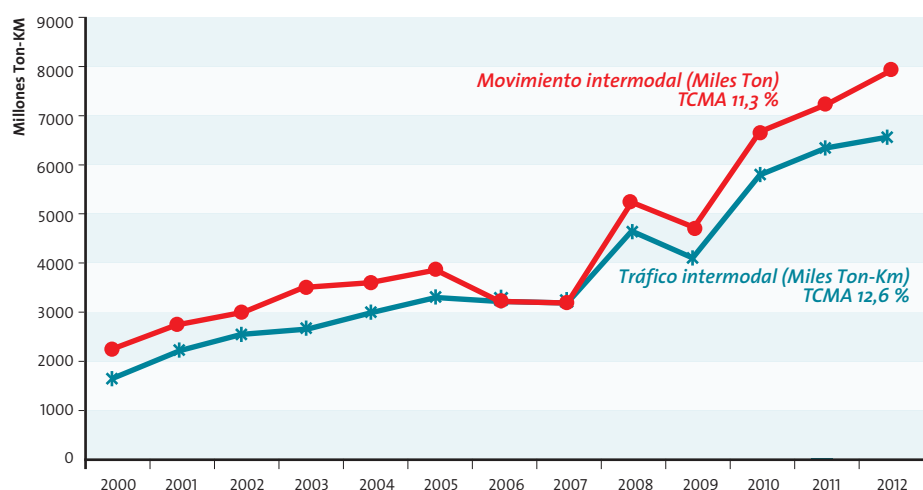


Gráfico 1. Movimiento y tráfico intermodal, 2000-2012. Fuente: elaborado por IMT con base en datos de la Dirección General de Transporte Ferroviario e Intermodal, SCT.

Por otra parte, tampoco se disponía de una herramienta metodológica que ayudara a conocer el movimiento de la carga en la red terrestre, condición necesaria para poder identificar los corredores intermodales (García et al., 2013). De manera que la metodología propuesta representa un avance en un aspecto claramente deficitario: la identificación y representación espacial de los flujos de carga transportados a través de la red ferroviaria e intermodal.

Con ello se busca aportar un método y herramienta innovadora para el conocimiento de este fenómeno, que integra la topología y rugosidades del territorio (Santos, 2000) con el análisis cuantitativo y cualitativo de los corredores intermodales, a diferencia de los enfoques existentes en la actualidad que generalmente son meramente cualitativos o, en el mejor de los casos, están basados en la modelación económica, pero carecen de la dimensión espacial (Rodríguez, 2012), salvo en el caso del ámbito urbano o llamado también de última milla de la red, donde

existe una variedad mayor de propuestas metodológicas y refinados modelos de distribución urbana de mercancías (Cedillo et al., 2014; González et al., 2014).

En efecto, las métricas y métodos actuales en este tema, tanto en México como en Latinoamérica, alcanzan normalmente datos agregados de los flujos transportados y, en el mejor de los casos, se encuentran ejemplos de modelos econométricos cuya refinación puede llegar a ser importante en cuanto a la proyección de datos económicos y sociodemográficos, pero que carecen de una dimensión básica de los flujos de transporte de carga, esto es, de la dimensión territorial (Fujita et al., 2000), donde se verifican las rutas, los corredores, las capacidades de la infraestructura, los modos utilizados, los tipos de vehículos, la localización de los nodos de intercambio o transferencia de carga y las características más detalladas de los embarques en su traslado entre diversas regiones.

Por ello el enfoque y la herramienta propuesta implica una aportación no sólo práctica sino también conceptual para medir la evolución de una temática tan vigente en la actualidad, pero tan poco estudiada con datos duros, como es la del transporte y los corredores intermodales (Boske et al., 2003).

Al respecto, se pretende que en el corto plazo la presente metodología permita generar nuevos insumos de información útiles a estudios diversos tales como modelos de generación de viajes o de distribución de la carga; de competitividad en costos o tiempos de recorrido entre los arreglos de las cadenas intermodales; análisis de eficiencia logística a nivel regional o de cadenas de suministro, entre otros.

El desarrollo metodológico que se presenta, se estructura a partir de dos insumos de información fundamentales:

- Los datos relativos a los movimientos de carga, que son el registro numérico que describe la realidad en materia de transporte ferroviario.
- La información georreferenciada de la red intermodal del país, es decir, vías, caminos, estaciones.

Dado que la representación espacial de los intercambios registrados en la matriz origen-destino de la carga intermodal, así como de los flujos que dan lugar a la conformación de los corredores intermodales es la parte central de la metodología, fue necesario estructurar primero la base geográfica, pilar sobre el que opera la metodología. Esta tarea implicó la revisión de los trazos que representan a la infraestructura ferroviaria, la inclusión de un buen número de nodos o estaciones no contenidas en la base geográfica de la que se partió y la construcción de las propiedades de conectividad de la red, necesarias para cumplir con los propósitos de trabajo de la metodología.

La aplicación de la metodología, que se apoya en las funciones operativas de TransCAD y en las funciones de representación cartográfica de un Sistema de Información Geográfica, concretamente ArcGIS (García et al., 2012), permite:

- Diferenciar los nodos según el volumen de los intercambios, sean éstos de origen o destino.
- Identificar los nodos principales, es decir, los de mayor actividad en cuanto al volumen en toneladas o toneladas-kilómetro.
- Destacar a los principales pares origen-destino.
- Representar cartográficamente los pares origen-destino por toneladas y toneladas-kilómetro a través de líneas de deseo.
- Definir escenarios de distribución de la carga en la red intermodal a partir de un modelo de asignación de la carga.
- Contrastar el aprovechamiento de la infraestructura intermodal de acuerdo con la densidad de los flujos a nivel de toneladas o de toneladas-kilómetro.
- Presentar a través de mapas la localización y distribución de los corredores intermodales y/o la gestación de futuros corredores (por toneladas o toneladas-kilómetro).

4. Situación actual de los corredores intermodales en México

De acuerdo al análisis de los datos de carga intermodal 2011, se encontraron 17 nodos con movimientos mayores a 50.000 toneladas anuales, los cuales concentraron 95% de los volúmenes de intercambio. De entre ellos, destaca la terminal intermodal de Pantaco, en México D.F., con el mayor volumen de carga, alrededor de 2,5 millones de toneladas (considerando los volúmenes de entrada y salida de la carga); seguido por los puertos del litoral del Pacífico, Manzanillo, con casi 2,3 millones, y Lázaro Cárdenas con 1,8 millones de toneladas; y Nuevo Laredo, con cerca de 1,8 millones de toneladas en la frontera norte (**Cuadro 1**).

Desde la perspectiva de la carga generada (**Gráfico 2**), la ordenación coloca entre las cinco primeras posiciones a nodos muy importantes del comercio exterior mexicano: Manzanillo, Lázaro Cárdenas, Nuevo Laredo y Veracruz, además de Pantaco, en la Ciudad de México, que es el gran centro concentrador de la carga intermodal del país. En conjunto, estos nodos concentran 67% del volumen de la carga intermodal (Morales, 2014).

Desde la visión de los nodos de atracción de carga (**Gráfico 3**), Pantaco recibe por sí solo casi la cuarta parte de la carga manejada en contenedores, y si a este nodo se suman los movimientos de Manzanillo, Nuevo Laredo y Lázaro Cárdenas, el volumen asciende a 56%.

Las principales relaciones de intercambio de la carga intermodal se circunscriben a los flujos de los puertos de Manzanillo, Lázaro Cárdenas y Veracruz con el centro del país (**Mapa 1**). También se verifica una densidad importante de flujos entre la frontera norte y los estados del noreste y del centro del país, como Nuevo León, San Luis Potosí y la región del Bajío. En menor medida, se destacan los flujos de Mexicali con Guadalajara, San Juan de los Lagos y el centro del país.

Un aporte muy importante de la metodología propuesta consiste en la posibilidad de modelar los flujos con representación geográfica para detectar de manera jerarquizada, por rangos de densidad de flujos, los principales corredores intermodales que operan en el país, así como su

Nodo	Origen	%	Destino	%2	Total	%3
Pantaco	794.616	11	1.775.207	24	2.569.835	18,3
Manzanillo	1.504.080	20	786.064	11	2.290.164	16,3
Lázaro Cárdenas	1.096.963	15	768.848	10	1.865.825	13,3
Nuevo Laredo	1.011.497	14	785.028	11	1.796.538	12,8
Veracruz	507.242	7	210.254	3	717.503	5,1
Guadalajara	309.365	4	316.098	4	625.468	4,4
Monterrey	334.766	5	263.314	4	598.085	4,3
San Luis Potosí	323.716	4	242.158	3	565.879	4,0
Silao	217.109	3	287.091	4	504.203	3,6
Salinas Victoria	247.386	3	191.454	3	438.843	3,1
Querétaro	131.022	2	306.716	4	437.740	3,1
Cuautitlan	138.644	2	236.183	3	374.829	2,7
Mina Mexico	116.712	2	201.765	3	318.479	2,3
Encantada	68.345	1	209.976	3	278.322	2,0
Mexicali	83.918	1	184.909	3	268.828	1,9
Cd Industrial	61.310	1	176.619	2	237.930	1,7
Nogales	129.136	2	47.532	1	176.670	1,3
SUBTOTAL	7.075.827		6.989.216		14.065.139	
%		95,7		94,5	95,1	95,1
TOTAL	7.395.078		7.395.078		14.790.157	

Cuadro 1. Principales nodos participantes en el movimiento de carga intermodal, 2011.

Fuente: elaborado por IMT con base en los datos de la DGTFM de SCT

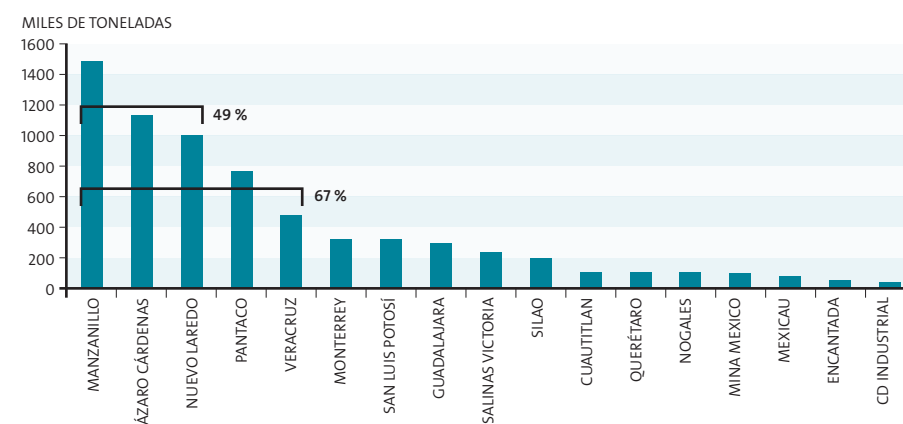


Gráfico 2. Principales nodos emisores de carga intermodal, 2011.

Fuente: Elaborado por IMT con base en los datos de la DGTFM de SCT.

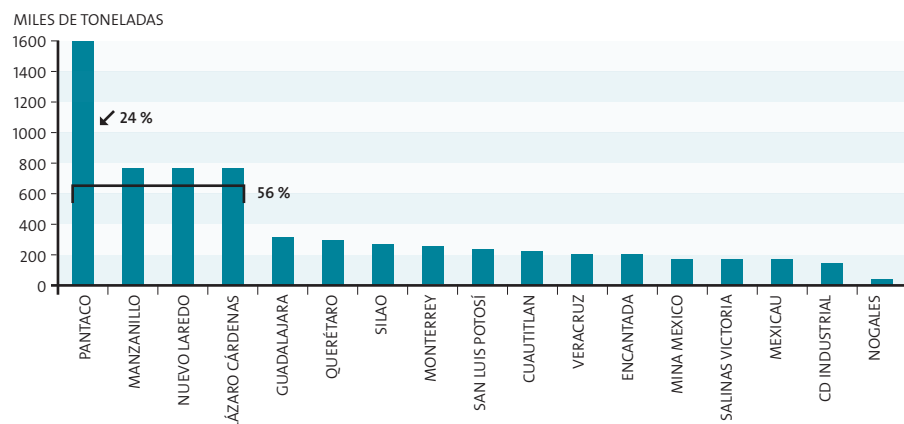


Gráfico 3. Principales nodos receptores de carga intermodal, 2011.
Fuente: elaborado por IMT con base en los datos de la DGTFM de SCT.

variación a través del tiempo. En efecto, el modelo de asignación aplicado a la red intermodal permite concluir que en México sólo existen tres corredores consolidados de alta densidad, esto es, que movilizan más de un millón de toneladas anualmente; dos de ellos son transversales, del litoral del Pacífico al centro geográfico, demográfico y económico del país, la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM), y el tercero es longitudinal en el sentido norte-sur (Mapa 2). Se trata de los siguientes:

- Manzanillo – Guadalajara – Silao – Querétaro – ZMCM (**Mapa 2**) en éste, la carga es mayor a dos millones de toneladas.
- Lázaro Cárdenas – Celaya – Querétaro – ZMCM.
- Nuevo Laredo – Monterrey – San Luis Potosí – Querétaro – ZMCM.

Es importante comentar que, al comparar la representación espacial de los flujos de carga intermodal de 2010 con la de 2011, la definición de corredores es coincidente no obstante el aumento en el volumen anual de la carga.

Un corredor intermodal en formación lo constituye la ruta Veracruz – ZMCM, donde la densidad de la carga se sitúa entre 500.000 y un millón de toneladas (**Mapa 2**). Sin embargo, pudiera pensarse que su evolución es rápida al considerar que el volumen intermodal en esta ruta en 2010 estuvo por debajo de las 500.000 toneladas.

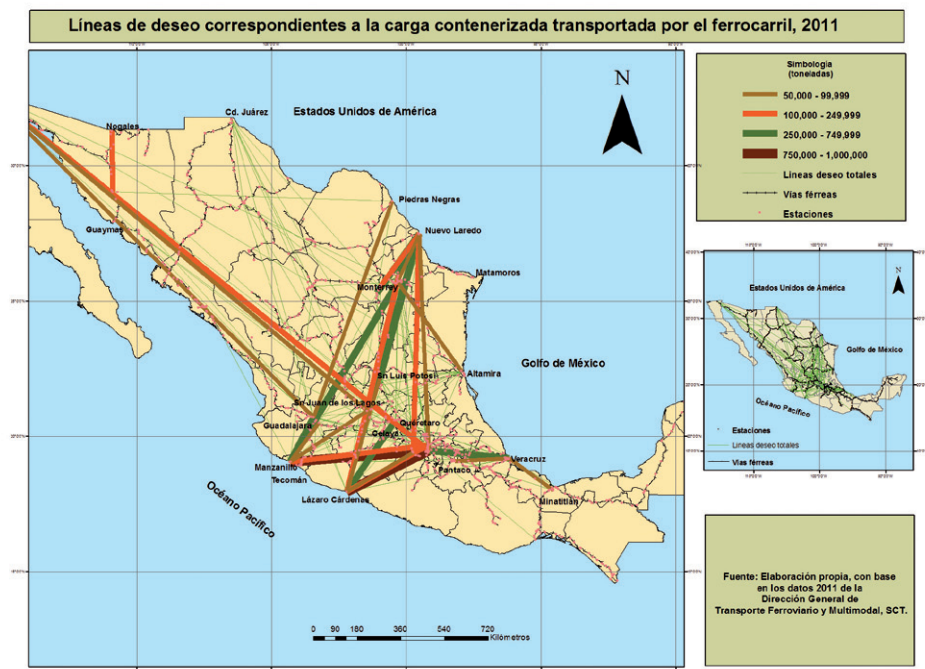
Desde la óptica de las toneladas-kilómetro, el corredor Manzanillo – Guadalajara – Irapuato – Querétaro – ZMCM es el más activo y la relación toneladas-kilómetros se mantiene superior a los 2.000 millones a lo largo de su trayecto. No así en el corredor que va de Nuevo Laredo al centro del país; en él, la relación toneladas-kilómetros varía a lo largo de su curso. La más

elevada se localiza entre Monterrey y San Luis Potosí, y luego entre Querétaro y la ZMCM, alternando con una intensidad de carga menor, como se expresa en el **Mapa 3**.

Por último, dado que el método escogido ha probado su funcionalidad y utilidad, y las bases de datos su consistencia, se buscará ampliar las posibilidades de la metodología mediante la generación de indicadores de desempeño del transporte y los corredores intermodales de tal manera de se enriquezcan los análisis sistemáticos del comportamiento evolutivo de este sector y se aporten periódicamente insumos de gran relevancia para la toma de decisiones.

En este sentido, se está proponiendo el desarrollo de indicadores tanto de corte operativo como de aquellos relacionados con la productividad y la eficiencia. De manera genérica se está identificando y construyendo una batería de indicadores que incluye, entre otros:

- Indicadores de tiempo de recorrido.
- Indicadores de productividad de terminales intermodales.
- Indicadores de Eficiencia de la Conexión Logística Internacional.
- Indicadores de Confiabilidad del Servicio.
- Indicadores de costo de la cadena intermodal.



Mapa 1. Líneas de deseo de la carga intermodal en México.
Fuente: elaborado por IMT con base en los datos de la DGTFM de SCT.



Mapa 2. Principales corredores de carga Intermodal en México, por ton (Modelo de Asignación-IMT)

Fuente: Elaborado por IMT con base en los datos de la DGTFM de SCT.



Mapa 3. Principales corredores de carga Intermodal en México, por ton-km (Modelo de Asignación-IMT).

Fuente: Elaborado por IMT con base en los datos de la DGTFM de SCT.

5. Reflexiones finales

Si bien es cierto que la formación de corredores intermodales puede considerarse como una actividad incipiente en México, también lo es su elevado potencial de desarrollo en el futuro inmediato (Martner, 2007).

No obstante, en la actualidad no existe un instrumento que permita el análisis constante del transporte intermodal en México. En el mejor de los casos existen datos segmentados y aislados sobre el fenómeno en cuestión, y muchos de ellos no se recolectan de forma sistemática o continua en el tiempo.

Las aportaciones conceptuales y metodológicas han sido exigüas en este tema. Los enfoques recientes para estudiar el comportamiento y evolución del transporte intermodal se realizan, en el mejor de los casos, con base en modelos econométricos que estiman los volúmenes y tipos de mercancías que pudiesen estarse intercambiando entre distintas regiones, pero no tienen la capacidad para territorializar los flujos en espacios concretos, en redes y nodos específicos, o bajo determinadas combinaciones multimodales. Ello le resta fuerza analítica a la hora de, por ejemplo, evaluar la operación de un corredor intermodal, establecer su jerarquía dentro de la red nacional, determinar su horizonte de saturación, las necesidades de ampliación de capacidad o de construcción de nueva infraestructura, entre otros aspectos.

Por el contrario, conceptualmente la metodología propuesta representa un avance en un aspecto claramente deficitario: la identificación, representación y análisis espacial de los flujos de carga transportados a través de la red ferroviaria e intermodal mexicana, aportando un método y herramienta inédita en México y en países de la región, que integra la topología y rugosidades del territorio con la modelación y el análisis cuantitativo de los corredores intermodales, a diferencia de los enfoques existentes en la actualidad que son meramente cualitativos o, en el mejor de los casos, están basados en la modelación económica, pero carecen de la dimensión espacial.

Por ello resulta relevante la elaboración y puesta en práctica de una metodología robusta, de corte cuantitativo, que permita un análisis periódico y permanente de la evolución y tendencias de este sector y, con ellos, impulsar instrumentos de planeación y política pública que ayuden a impulsar la competitividad de los nodos y arcos de esta red, pues no puede olvidarse que la consolidación de los corredores dependerá de la eficiencia y competitividad de los sistemas intermodales versus los sistemas unimodales basados en el autotransporte que predominan en la actualidad.

No menos importante es el hecho de que la metodología propuesta plantea el desarrollo de un conjunto de indicadores para medir periódicamente el desempeño de los corredores intermodales en México. Ello implicará, en una segunda fase, la necesidad de crear una suerte de Observatorio Nacional de Transporte y Logística que de mayor solidez institucional a la metodología propuesta.

Bibliografía

BOSKE, L., y CUTTINO, J. C. (2003): "Measuring the economics and transportation impacts of maritime-related trade", *Maritime Economics and Logistics*, vol. 5, n° 2, pp. 133-157, Ed. Palgrave Mcmillan, Londres.

BURKHALTER, L. (1999): "Privatización Portuaria: Bases, alternativas y consecuencias", *CEPAL*, Naciones Unidas, Santiago de Chile.

CEDILLO, G., DE LA RIVA, J., BUENO, A., GONZALEZ, J., y GARCÍA, J. (2014): "Reliability in urban freight distribution: A Markovian approach", *DYNA*, vol. 81, n° 187, pp. 232-239, octubre.

FUJITA, M., KRUGMAN, P., y VENABLES, A. (2000): *Economía Espacial. Las ciudades, las regiones y el comercio internacional*, Ariel Económica, Barcelona, España.

GARCÍA, G., y MARTNER, C. (2012): "Metodología para integrar una matriz origen-destino de la carga ferroviaria. Fase I: carga contenerizada", *Informe de Investigación*, Instituto Mexicano del Transporte, SCT, febrero.

GARCÍA, G., y MARTNER, C. (2013): "Análisis de la matriz origen-destino de la carga ferroviaria 2011 en México", *Informe de Investigación*, Instituto Mexicano del Transporte, SCT, diciembre.

GONZÁLEZ, J., CEDILLO, G., y GARCÍA, J. (2014): "An emission model as an alternative to O-D matrix in urban goods transport modeling", *DYNA*, vol. 81, n° 187, pp. 232-239, octubre.

MARTNER, C. (2007): "Reestructuración del espacio continental en el contexto global: Corredores multimodales en Norte y Centroamérica", *Economía, Región y Sociedad*, vol. VII, n° 25, pp. 1-48.

MARTNER, C. (2008): *Transporte Multimodal y Globalización en México*, Trillas, D. F., México.

MORALES, C. (2014): "Tendencias recientes del transporte ferroviario de carga contenerizada en México", *Informe de Investigación*, Instituto Mexicano del Transporte, SCT, enero.

Gobierno Federal de la República Mexicana (2013): *Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018*, Presidencia de la República, México.

RODRIGUE, J. P. (2004): *Transport Geography on the Web*, Hofstra University, Department of Economics & Geography, Canadá.

RODRIGUE, J. P. (2012): "The Geography of Global Supply Chains: Evidence from Third Party Logistics", *Journal of Supply Chain Management, Special Issue on "Global Sourcing: Other voices"*, vol. 48, n° 3, pp.15-23.

SAN MARTÍN, J. (1997): *El corredor intermodal del Istmo de Tehuantepec*, Mimeografiado, D.F., México.

SANTOS, M. (2000): *La Naturaleza del Espacio*, Editorial Ariel S.A., Colección Ariel Geografía, Barcelona, España.

Transporte, sostenibilidad e impactos ambientales

Rosa Virginia Ocaña Ortiz*

El transporte es una actividad fundamental dentro de la sociedad y para el desarrollo económico. Sin embargo, el transporte produce impactos ambientales y sociales con consecuencias graves para el planeta. De allí que sea urgente accionar en el transporte para lograr cambios. El objeto de este artículo es presentar, de forma sucinta, el modelo de movilidad sostenible y los elementos de transporte sustentable necesarios para lograr cambios en materia ambiental. En América Latina se han tomado importantes medidas en ese sentido y en universidades, centros de investigación y centros de gestión del transporte se avanza desarrollando investigaciones y aplicaciones para atender necesidades de transporte sustentable.

Palabras clave

Transporte, sostenibilidad, investigaciones y aplicaciones en transporte sustentable

* Economista, ULA-Venezuela, Magister Urbanismo, IUP-U. Paris XII, Doctora en Transporte, U. Paris XII, Postdoctora ENPC-Francia. Profesora Titular Universidad Simón Bolívar, Caracas, Venezuela. Presidenta e investigadora del CENVIH-MPPEUCT. Correos electrónicos de contacto: rocana@usb.ve, rocana.cenvih@gmail.com.

1. Introducción

El concepto de transporte se utiliza para describir el acto de trasladar personas o mercancías de un lugar a otro. El transporte es una actividad fundamental dentro de la sociedad y para el desarrollo económico. Una de las principales funciones del transporte es poner en contacto los consumidores con los productores y las fuentes de materias primas. El intercambio de bienes es indispensable porque ningún espacio es capaz de producir todo lo que necesita.

Asimismo, el transporte es una actividad esencial para el normal desarrollo de las actividades humanas. El transporte va más allá de los elementos técnicos, de las infraestructuras. También involucra factores geográficos (espaciales), económicos y sociales (inversiones, costos, beneficios, bienestar).

Entre los principales beneficios del transporte se tiene la disminución de los tiempos usados para los desplazamientos, dejando espacio disponible para otras actividades como el trabajo y el ocio. El transporte se ha convertido en un elemento clave para el desarrollo de las actividades humanas.

El transporte no sólo lleva personas, bienes y mercancías, también traslada la cultura propia de la sociedad con toda su riqueza y variedad; y también elementos culturales de otras sociedades que, muchas veces, acaban integrándose a la propia. El transporte es una actividad de gran importancia para la sociedad y el Estado.

En las sociedades modernas, altamente desarrolladas y diversificadas con una amplia división del trabajo, la tarea de transportar personas, bienes y mercancías se realiza a través de distintos medios de transporte. Cada uno de esos medios tiene su campo de acción, su especificidad técnica, económica y sociocultural.

El transporte es una actividad compleja y diversificada, vital y estratégica para la sociedad; es una actividad central para la vida social y personal, para el quehacer económico, político, cultural, educativo, etc.

De allí que en las últimas décadas se trabaje para implantar sistemas de transporte sustentables, es decir, sistemas de transporte que permitan el acceso a los bienes y servicios, al trabajo, a la educación, al ocio y a la información, de forma segura para la salud pública y la integridad del ambiente.

2. El transporte y su impacto

Todos los medios de transporte producen impactos ambientales y sociales, siendo los principales agentes productores del impacto ambiental el ruido, la contaminación ambiental y las emisiones de gases de efecto invernadero; y del impacto social, el efecto del espacio empleado para el transporte de viajeros, el cual determinará el tamaño de las infraestructuras necesarias (y los impactos para su construcción) y, por tanto, la cantidad de espacio público ocupado para el transporte y la fragmentación del territorio que conlleva.

El transporte presenta problemas como la congestión del tránsito (por carretera y aéreo) y las emisiones de gases de efecto invernadero, principalmente el dióxido de carbono (CO₂). Asimismo, existe insuficiente desarrollo de las energías renovables y un lento desarrollo de los combustibles alternativos (biocarburante, gas natural e hidrógeno), además de niveles creciente de ruido, contaminación y accidentes.

El transporte, como parte de la actividad humana, es responsable de una parte significativa del impacto ambiental. Este produce emisiones crecientes de gases de efecto invernadero, fundamentalmente los dióxidos de carbono (CO₂) y de nitrógeno (NO₂) y el metano (CH₄), que afectan directamente el cambio climático. Pero también es responsable de emisiones con incidencia directa sobre la salud humana, como los óxidos de nitrógeno, hidrocarburos procedentes de la combustión incompleta de los combustibles fósiles, monóxido de carbono, dióxido de azufre y partículas en suspensión.

Las emisiones de gases de efecto invernadero en el transporte son principalmente atribuibles al transporte por carretera (94% para la Unión Europea). El resto corresponde al transporte aéreo y al marítimo, y residualmente al ferrocarril y otros sistemas de transporte.

Un mayor consumo energético tiene mayores costos económicos para el usuario. De allí que optimizar el consumo de energía es una buena forma de limitar y reducir los impactos económicos, sociales y ambientales que generan su producción y consumo, lo cual representa una cuantía nada despreciable en el caso del transporte.

Los cálculos realizados para los diferentes medios de transporte son muy reveladores: el vehículo particular, tanto para ocupación completa como ocupación real, es el medio que más energía consume y que, por tanto, más impactos asociados produce por persona transportada, tal como lo muestra la **Figura 1**.

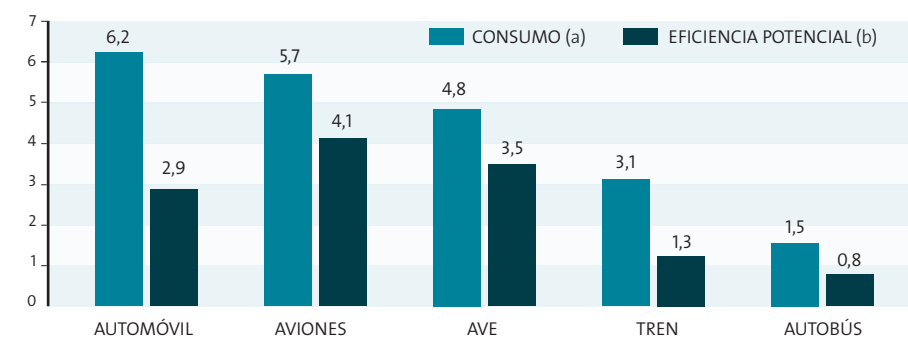


Figura 1. Cálculos para el ciclo global del transporte. **(a)** En kep (kilogramos equivalentes de petróleo) por cada 100 personas/km o t/km (de forma aproximada y más intuitiva, equivale a litros de gasolina consumidos por cada 100 km que se desplaza una persona o una tonelada de mercancía). **(b)** Mismas unidades, considerando el 100% de ocupación de los medios. **Fuente:** Sanz y Estevan (1996).

Por otra parte, el espacio público consumido es mucho menor para los transportes públicos que para los vehículos particulares. En primer lugar, porque la cantidad de espacio público necesario para transportar personas es proporcionalmente mucho más elevada en el vehículo particular que en el transporte público. Y en segundo lugar, porque la mayor parte del tiempo los carros particulares permanecen estacionados (cerca de 22 horas al día), ocupando un valioso espacio público, mientras que el transporte público está en circulación durante buena parte del día.

Estas diferencias se acentúan con las bajas tasas de ocupación media que presenta el automóvil, con poco más de una persona por vehículo. De ahí que el espacio que ocupa un viaje diario medio del hogar al trabajo en carro particular es 90 veces mayor que el mismo viaje efectuado en metro, y 20 veces más que si se realiza en autobús o tranvía. Los 60 carros que se utilizan para transportar a 75 personas equivalen a un autobús.

En otro orden de ideas, la accesibilidad que brinda el vehículo particular, junto con la gran cantidad de vías y autopistas en construcción, son la base del proceso de dispersión urbana que se viene produciendo en gran parte del mundo, y que tantos problemas ha generado de ocupación del territorio, pérdida de espacios de interés natural o agrícola, entre otros. Sean eléctricos o de combustión interna, los vehículos seguirán permitiendo y favoreciendo este tipo de urbanismo insostenible.

3. Movilidad sostenible

La movilidad sostenible es el modelo de movilidad que permite desplazarse con los mínimos impactos ambientales y territoriales. Un modelo de movilidad sostenible sería aquel en el que los medios que menos energía consumen y menos emisiones producen por kilómetro recorrido y viajero transportado tuviesen más protagonismo (ir a pie, en bicicleta, en transporte colectivo y en vehículo compartido).

En la nueva cultura de la movilidad sostenible, el peatón debe tener un tratamiento preferente, siendo la bicicleta y el transporte colectivo medios de transporte complementarios con los que debe formar una alianza. El automóvil tendría así un nuevo papel, de mucho menor protagonismo e impacto.

Sin embargo, no son suficientes las medidas de estímulo al uso de los medios de transporte alternativos al automóvil. Es indispensable introducir medidas que impliquen potenciar la calidad y frecuencia de los transportes públicos, reducir sus precios, tender hacia la intermodalidad de los transportes públicos (establecer estaciones en las cuales se integren varios medios de transporte diferentes, para mayor comodidad y rapidez en los desplazamientos de los usuarios), reducir las emisiones contaminantes de los transportes, promover que los particulares compartan sus vehículos sobre todo en los desplazamientos laborales, fomentar los medios de transporte no contaminantes y, principalmente, medidas que promuevan cambios de actitud y cambios de conciencia.

4. Transporte sustentable

En las últimas décadas se ha trabajado para implantar sistemas de transporte sustentables, es decir, sistemas de transporte que permitan el acceso a los bienes y servicios, al trabajo, a la educación, al ocio y a la información, de forma segura para la salud pública y la integridad del ambiente.

Estos sistemas deben garantizar la equidad inter e intrageneracional, ser asequibles, operar de manera eficiente, ofrecer diferentes modos de transporte para lograr una intermodalidad sin interrupciones, minimizar el consumo de recursos no renovables, reutilizar y reciclar sus componentes y limitar las emisiones de ruido y de gases de efecto invernadero a la capacidad que existe en el planeta para absorberlos.

Los principales avances en la búsqueda de sistemas de transporte sustentables se han dado en el desarrollo de nuevas tecnologías aplicadas a los vehículos e infraestructuras como el desarrollo de combustibles alternativos. Asimismo, se han introducido nuevos sistemas de gestión de la demanda que permiten mejorar la movilidad de los ciudadanos, modificando sus pautas de comportamiento, como una mejor utilización de la infraestructura.

Con el propósito de mitigar los efectos negativos del transporte y mejorar la eficiencia del uso de la energía se ha venido trabajando en el mundo para avanzar en diversas materias. Entre las más importantes, resaltan la creación de normativas, el uso más eficiente de las infraestructuras e implementar medidas y técnicas de gestión de la demanda (como fomentar el uso del transporte público, de las bicicletas y brindar medidas prioritarias a desplazamiento de los peatones). Asimismo, se han tomado medidas relacionadas con la disminución del contenido de azufre en los combustibles la producción de vehículos con reducción de las emisiones, la producción de combustibles de sustitución (biocombustibles, hidrógeno), el uso de gasolinas sin plomo, la reducción de ruidos en zonas aeroportuarias, medidas para disminuir los accidentes en las carreteras y la potenciación del uso del ferrocarril para viajes interurbanos e internacionales.

Está claro que si se quiere cambio, es necesario actuar sobre el sistema de transporte y particularmente sobre el sistema de transporte por carretera para mitigar su impacto sobre el medio ambiente, dado que es el responsable de la mayoría de las emisiones de gases de efecto invernadero y de una proporción importante de los elementos contaminantes de la calidad del aire.

Los instrumentos para intervenir sobre la demanda de desplazamientos motorizados son muy variados. Van desde la política urbanística y de crecimiento regional, las intervenciones en transporte público, la existencia de esquemas innovadores como el carpooling o car-sharing, el fomento de los desplazamientos a pie o en bicicleta, políticas de precios disuasorias de la movilidad privada o la regulación y limitación del tránsito en zonas determinadas, la reducción en el costo unitario total (costos ambientales incluidos) de cada kilómetro recorrido que puede derivarse de hechos de naturaleza muy diversa, el fomento de la conducción ecológica, la introducción de sistemas de transporte inteligente basados en nuevas tecnologías de comunicación e información para un uso más eficiente de la red vial, la mejora de la eficiencia

ambiental de los vehículos de combustión interna tradicional y la producción de vehículos con combustibles alternativos: híbridos, gas natural, gases licuados derivados del petróleo.

4.1. Los combustibles renovables

Existen indicios de que la transición energética de los combustibles fósiles hacia fuentes renovables de energía está en marcha. Las reservas de petróleo se están agotando, lo que ha permitido que el desarrollo de fuentes de energía basadas en plantas. Los cultivos pueden ser utilizados para producir combustibles para los automóviles, tales como el etanol y el biodiésel. En 2011, el mundo produjo 23 millones de galones de etanol para combustible y cerca de 6 millones de galones de biodiésel.

Los combustibles renovables y residuos constituyen la biomasa sólida, la biomasa líquida, el biogás, los residuos industriales y municipales, medidos como porcentaje del consumo total de energía.

Los biocombustibles son combustibles de origen biológico obtenido de manera renovable a partir de restos orgánicos. Estos restos orgánicos proceden habitualmente del azúcar, el trigo, el maíz o semillas oleaginosas. Todos ellos reducen el volumen total de CO₂ que se emite en la atmósfera, ya que lo absorben a medida que crecen y emiten prácticamente la misma cantidad que los combustibles convencionales cuando se queman, por lo que se produce un proceso de ciclo cerrado.

El biodiésel es un biocombustible que se fabrica a partir de cualquier grasa animal o aceites vegetales, que pueden ser ya usados o sin usar. Se suele utilizar girasol, canola o soja, los cuáles, en algunos casos, son cultivados exclusivamente para producirlo. Se puede usar puro o mezclado con gasoil en cualquier proporción en motores diésel. El principal productor de biodiésel en el mundo es Alemania, que concentra el 63% de la producción. Le sigue Francia con el 17%, Estados Unidos con el 10%, Italia con el 7% y Austria con el 3%.

El sistema más habitual es la transformación de estos aceites a través de un proceso de transesterificación. De este modo, a partir de alcohol metílico, hidróxido sódico (soda cáustica) y aceite vegetal se obtiene un éster que se puede utilizar directamente en un motor diésel sin modificar, obteniéndose glicerina como subproducto. La glicerina puede utilizarse para otras aplicaciones.

El bioetanol (o etanol de biomasa) es un alcohol que se obtiene a partir de maíz, sorgo, caña de azúcar o remolacha. Permite sustituir las gasolinas o naftas en cualquier proporción y que generan contaminación ambiental. Brasil es el principal productor de bioetanol con 45% de la producción mundial, seguido por Estados Unidos con 44%, China con 6%, la Unión Europea con 3%, India con 1% y otros países el restante 1%.

El bioetanol puede proceder del maíz como en los EE.UU. o de la caña de azúcar, como el que se fabrica en Brasil, país donde se ha venido utilizando el alcohol como combustible desde los años 60.

El biogás, resulta de la fermentación de los desechos orgánicos. Este combustible es una alternativa más en la matriz energética del mundo.

El concepto de biomasa es muy extenso y comprende todo tipo de materia orgánica, tanto de origen vegetal como animal, y está formada gracias a la fotosíntesis directa (como los vegetales) o indirectamente (por la digestión de los vegetales). La biomasa está formada por leña, arbustos, residuos forestales, restos de poda, residuos agrícolas como la paja, residuos de industrias madereras, papeleras y agroalimentarias, estiércol, residuos de explotaciones agro-ganaderas, residuos sólidos urbanos y aguas residuales urbanas, entre otros.

La mayor parte de estos componentes, por no decir la totalidad, puede utilizarse como combustible, ya sea de forma directa (quemándolos) o transformándolos a otras formas de combustible como biogás o biocombustibles. A diferencia de los combustibles fósiles, la biomasa es respetuosa con el medioambiente, ya que no emite gases de efecto invernadero de forma incontrolada.

Cuando se combustiona, la biomasa libera CO₂ a la atmósfera, el mismo CO₂ que absorbió de ella durante su crecimiento, si se trata de materia orgánica vegetal, o que absorbieron las plantas que ingirió, si se trata de materia orgánica animal. Si se consume de manera sostenible, el ciclo se cierra y el nivel de CO₂ a la atmósfera se mantiene constante, de forma que su utilización no contribuye a generar el cambio climático.

Y no sólo eso, sino que con su consumo se sustituye el consumo de combustibles fósiles, evitando así generar emisiones que no formaban parte de la atmósfera anteriormente y que son causantes del cambio climático.

Además, emplear biomasa como combustible es beneficioso para el entorno: elimina residuos ayudando a disminuir el riesgo de incendio y la acumulación de desechos y trata aguas residuales y purines que son fuente de contaminación del subsuelo y de aguas subterráneas.

Los biocombustibles parecen un medio de transición hacia combustibles menos problemáticos (como el vehículo eléctrico, o el hidrógeno), debido a las mencionadas interacciones con los alimentos (alza de precios, ocupación de tierra cultivable, consumo de agua), están proliferando nuevos desarrollos con cultivos bioenergéticos diseñados para mejorar la conversión energética. Además, existen alternativas promisorias como las algas marinas, que pueden cultivarse en ciclos más cortos y con igual o mayor eficiencia, y con la ventaja de no tener que ocupar tierras fértiles destinadas a agricultura.

En materia de combustibles renovables en Latinoamérica, debe nombrarse la iniciativa de Argentina con la entrada en funcionamiento de seis grandes plantas de biodiésel construidas por las industrias aceiteras Vicentín, Louis Dreyfus y Aceitera General Deheza (AGD). Asimismo, Brasil lidera producción de biocombustibles en la región. Por otra parte, Brasil y Colombia son los primeros productores y exportadores de biodiésel en Latinoamérica. En este orden de ideas, Colombia le donó a Honduras una planta de biocombustible con aceite de

palma y construirá plantas de biocombustible en México, Panamá y República Dominicana.

En Venezuela, desde 2002, el Gobierno Nacional, a través del Ministerio de Energía y Petróleo (MEP), tomó acciones para dejar de utilizar el Tetraetilo de Plomo (TEP) como aditivo de octanaje para las gasolinas que se expenden en el país. Desde ese momento, en las estaciones de servicio de todo el país se dispone de dos grados de gasolina: la tradicional, de 95 octanos sin plomo y la nueva, de 91 octanos, que también está libre de plomo.

De acuerdo a la norma venezolana Covenin N° 764-2002 para gasolina, se define como gasolina sin plomo aquella preparada sin la adición de Tetraetilo de Plomo (TEP) o cuyo contenido de plomo fuese inferior a 0,013 gramos por litro. Esta definición es aceptada mundialmente. Esta estrategia del MEP y de Petróleos de Venezuela responde a la necesidad de alinearse con la tendencia mundial de consumo de gasolinas ecológicas, por sus efectos beneficiosos sobre la salud y el ambiente. Es importante señalar que las estaciones de servicio se encuentran 100% acondicionadas a escala nacional.

El pasado mes de abril 2014, durante la celebración de la Cumbre Bloomberg New Energy Finance en Nueva York, se anunció el lanzamiento de una iniciativa, aprobada por unanimidad en la Asamblea General de la ONU, para promover las energías renovables y la eficiencia energética en todo el mundo. Los objetivos de esta iniciativa, conocida como “Década de la Energía Sostenible para Todos (2014-2024)”, son incrementar el uso de fuentes de energía renovables, un uso más eficiente de la energía y asegurar su acceso universal. Además, se tratará de avanzar en el desarrollo de las tecnologías renovables que lo necesiten para incrementar su competitividad y moderar el uso de las fuentes tradicionales de energía de origen fósil, todo ello en el marco de satisfacer la creciente demanda de energía reduciendo el impacto medioambiental.

En palabras del propio Secretario General de la ONU “La energía es el hilo de oro que une el crecimiento económico, el aumento de la equidad social y un medio ambiente sano. El desarrollo sostenible no es posible sin la energía sostenible”. Por estos motivos se lanzó en 2011 el programa Energía Sostenible para Todos, y ahora esta iniciativa y el Foro antes mencionado ayudarán al cumplimiento de los objetivos fijados. Estos objetivos consistían en asegurar el acceso a los servicios energéticos modernos, incrementar en un 100% los ratios de eficiencia energética y compartir globalmente el conocimiento y la experiencia acumulados en materia de energías renovables.

4.2. Los Sistemas Inteligentes de Transporte (SIT)

Los Sistemas Inteligentes de Transporte (SIT) surgen en la década de los años 90 como alternativa sostenible al problema generado por la creciente demanda de movilidad, especialmente en el ámbito urbano e interurbano. Los SIT suponen una apuesta por incrementar la movilidad sobre la base de mejorar la eficacia y eficiencia del transporte y proveer seguridad a los usuarios.

Los SIT plantean una combinación de información, comunicaciones y tecnologías del transporte en vehículos e infraestructuras. Las tecnologías de la comunicación permiten emitir información móvil en cualquier lugar y a tiempo real.

Los SIT colaboran en todos los procesos de gestión y distribución de mercancías y del transporte de pasajeros (en todos los modos de transporte). En el ámbito del transporte urbano e interurbano, las aplicaciones de SIT más usadas son: la información de tránsito y viajes, la gestión de transporte público, la gestión de transporte de mercancías, la gestión de tránsito y carreteras, la gestión de la demanda, la gestión de estacionamientos, la asistencia al conductor y la conducción cooperativa.

Otra serie de aplicaciones de los SIT son los pagos electrónicos: peajes, billetes ferrocarril, metro o bus, etc. y utilización de tarjetas inteligentes. Los SIT ayudan a la detección y prevención de incidentes, avisos de colisiones, etc. Asimismo, aportan soluciones para descongestionar las vías y permiten gestionar de forma integrada las emergencias.

Las aplicaciones SIT en vehículos proveen eficiencia y seguridad en los desplazamientos reduciendo los tiempos e incertidumbre. Otra de las más recientes y relevantes innovaciones en los automóviles son los sistemas de alarma para avisar al conductor en el caso de que éste se duerma al volante, y el pilotaje automático de seguridad, si no se consigue despertarlo en un tiempo preestablecido.

La implementación de los SIT en vehículos e infraestructuras tiene importantes efectos en el territorio y la población. En efecto, al optimizar las infraestructuras existentes haciéndolas más efectivas y reducir su congestión, contribuyen a reducir la necesidad de la expansión del sistema vial con nuevas infraestructuras

4.3. Los Sistemas de Ayuda a la Explotación (SAE)

Los SAE constituyen un conjunto de elementos de hardware y software que utilizan las técnicas más avanzadas en los campos de la Telecomunicación y la Informática. Son sistemas de control integral que aplicado a la red de autobuses de transporte público proporcionan los medios necesarios para conocer, regular y gestionar en tiempo real el funcionamiento y los recursos disponibles. Se facilita de esta manera la información necesaria para que los responsables y usuarios de la red puedan tomar sus decisiones a fin de optimizar y mejorar el servicio, tanto a un corto o medio plazo como a un plazo más largo, propio de los procesos de planificación (De Pablos Heredero, 2012).

Los SAE se apoyan a su vez en distintos sistemas, como son los sistemas de información al usuario (SIU) embarcado, los sistemas de información al conductor (SIC), los puntos de información al usuario (PIU) en paradas, los sistemas de emergencia (SOS), los sistemas de localización de vehículos (GPS), los sistemas de expedición de billetes y los sistemas de comunicaciones.

Un SAE funciona de la manera siguiente: a través de los GPS (sistema de satélites) se localiza de forma continua la red de autobuses. Los sistemas de comunicaciones por radiofrecuencia envían la posición del autobús al puesto central de control, previamente determinada por el sistema GPS. En el puesto central de control se efectúa la regulación y explotación de toda la red de autobuses. El funcionamiento del sistema se basa en cuatro procesos: localización, comunicación, regulación e información. La localización es la función básica de un SAE, y se realiza a través de un GPS que transmite su posición mediante un sistema de comunicaciones al ordenador central, desde donde se procede a efectuar los ajustes en la explotación del sistema, si estos fueran necesarios.

Los SAE permiten optimizar el uso de una flota de autobuses que prestan servicio de transporte público y ofrecen informaciones a los usuarios de este servicio, lo cual redundará en niveles de calidad, haciéndolo atractivo.

4.4. El *carsharing*

Consiste en el uso compartido de los carros particulares para la realización de viajes cotidianos y viajes interurbanos. Con él se logra disminuir los atascos, la contaminación y el gasto innecesario.

Las alternativas para intervenir sobre el sistema de transporte son muy variadas y no existe una solución única para el problema. La actividad reguladora de las administraciones a distintos niveles, desde el nacional al local, el compromiso de instituciones públicas y privadas en favor de un modelo más sostenible y la toma de conciencia de la magnitud del reto por parte de la población es muy importante.

5. Ciencia y tecnología para el transporte sustentable. Ejemplos de investigaciones aplicadas en universidades de América Latina

En diversas universidades, centros de investigación y centros de gestión del transporte de América Latina se vienen desarrollando investigaciones y aplicaciones para atender las necesidades en materia de transporte sustentable.

Se destaca la Universidad Federal de Río de Janeiro, a través del Instituto de Postgrado e Investigación en Ingeniería (Coppe), en la cual se desarrollan actualmente dos vehículos para transporte público: un autobús eléctrico híbrido a hidrógeno con tracción eléctrica y un tren de levitación magnética, además de dos proyectos para aumentar la producción de biocombustibles.

El autobús eléctrico híbrido a hidrógeno (llamado H2+2) se encuentra en fase de operación experimental en la Ciudad Universitaria. Puede recorrer hasta 300 kilómetros con una carga completa de dos baterías y la carga de combustible hidrógeno. Es muy silencioso, produce cero emisiones contaminantes y presenta bajo costo de mantenimiento. Su limitación para el uso consiste en la necesidad de infraestructura para el abastecimiento de hidrógeno.

Por otra parte, en octubre 2014 comenzaron las pruebas del tren de levitación magnética (llamado Maglev Cobra) en la ciudad universitaria de la Universidad Federal de Río de Janeiro, sistema existente en Alemania, China, Japón y Estados Unidos.

Este inicio de pruebas representa, según la directiva de la Coppe, una ruptura de las barreras tecnológicas para Brasil, tornándose visible para la sociedad un proyecto para el transporte de pasajeros. Una vez finalizadas las pruebas, el Maglev Cobra será certificado por una institución técnica, que evaluará el desempeño del vehículo (estabilidad, propulsión, velocidad, aceleración, frenado). Luego estará apto para entrar en la fase de industrialización e implantación.

El Maglev Cobra podrá desarrollar velocidades de hasta 100km/h o más en recorridos largos. Asimismo, presenta una serie de ventajas comparado con otros medios de transporte, siendo muy importante el bajo costo de inversión por kilómetro, cercano a 1/3 del costo del metro para una extensión similar. Por otra parte, su operación es silenciosa y no emite emisiones de gases contaminantes, pues es movido por energía eléctrica (que puede instalarse por paneles solares).

El desarrollo del proyecto del Maglev Cobra contó con el financiamiento de Banco Nacional de Desarrollo Económico y Social (BNDES), de la Fundación Carlos Chagas Filho, de la Secretaría de Asuntos Estratégicos de la Presidencia de la República y de algunos privados.

El transporte es una actividad esencial para el desarrollo de las actividades humanas. El transporte es responsable de una parte significativa del impacto ambiental. Lograr revertir esta situación requiere del concurso de todos los actores sociales. Las acciones son conocidas y van desde la creación de marcos regulatorios adecuados, la aplicación de nuevas tecnologías en vehículos e infraestructuras y el fomento de los desplazamientos a pie o en bicicleta hasta el desarrollo de sistemas de información a los usuarios y sistemas de transporte inteligente. La investigación y el desarrollo tecnológico son fundamentales para continuar profundizando en la consecución de elementos que permitan el logro de sistemas sustentables de transporte.

Bibliografía

DE PABLOS HEREDERO, C., PÉREZ BERMEJO, L. J., y MONTES BOTELLA, J. L. (2012): "Impacto de los sistemas de apoyo a la explotación (SAE) en la mejora de los servicios de transporte público urbano", *Cuadernos de Economía y Dirección de la Empresa*, n° 15, pp. 12-24.

COMISIÓN DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS (2001): *Integración del medio ambiente y el desarrollo sostenible en las políticas de energía y transporte: Informe de evaluación 2001 y aplicación de estrategias*.

COMISIÓN DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS (2001): *Libro Blanco sobre la política europea de transportes de cara al 2010*, Bruselas.

COMISIÓN DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS (2002): *Propuesta de Directiva relativa al fomento del uso de biocarburantes en el transporte*, Bruselas.

CONSEJO DE LA UNIÓN EUROPEA (1998): *Comunicación de la Comisión sobre Transportes y CO₂*, Bruselas.

CONSEJO DE LA UNIÓN EUROPEA (1999): *Estrategia del Consejo para la integración del medio ambiente en la política de transportes de la Comunidad que el Consejo de Transportes presenta al Consejo Europeo de Helsinki*.

IZQUIERDO, R. (2002): *Transporte: Sostenibilidad social y sostenibilidad energética*, Fundación Iberdrola.

SANZ, A., y ESTEVAN, A. (1996): *Hacia la reconversión Ecológica del Transporte en España*, Catarata.

Sitios web

<http://www.planeta.coppe.ufrj.br/>

<http://www.se4all.org/>

ISBN 978-987-3753-36-7



9 789873 753367

Organizaçã
dos Estados
Ibero-americanos



Para a Educaçã
a Ciênci
e a Cultura

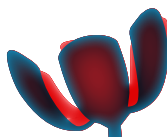
Organizaci
de Estados
Iberoamericanos



Para la Educaci
la Cienci
y la Cultura

BUENOS AIRES, ARGENTINA
12, 13 Y 14 DE NOVIEMBRE 2014

**CONGRESO
IBEROAMERICANO**
DE CIENCIA, TECNOLOGÍA,
INNOVACIÓN Y EDUCACIÓN



BUENOS AIRES, ARGENTINA
12, 13 Y 14 DE NOVIEMBRE 2014

**CONGRESO
IBERO-AMERICANO**
DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA,
INOVAÇÃO E EDUCAÇÃO

“La mirada de la OEI sobre la ciencia se apoya en la convicción de que una sociedad informada y científicamente culta debe ser consciente de las potencialidades de la ciencia y la tecnología, dos ámbitos que, a su vez, esperan de ella un apoyo a la I+D, a la innovación y a la utilización responsable de sus resultados. Este libro recoge gran parte de las contribuciones expuestas, a lo largo de los tres días que duró el Congreso, en las mesas del ciclo de debates acerca de los horizontes y los desafíos para la I+D en el contexto de Iberoamérica. Las ponencias han sido transformadas en artículos académicos con el propósito de invitar a los lectores a continuar la reflexión y el diálogo acerca de estos importantes temas, cuya indagación resulta vital para profundizar los estudios de las fronteras de la ciencia y la búsqueda de soluciones para las demandas sociales de nuestros pueblos.”

Paulo Speller

Secretario General de la OEI