

GABRIELA DUTRÉNIT
JORGE NÚÑEZ JOVER (COORDS.)

Vinculación universidad-sector productivo para fortalecer los sistemas nacionales de innovación: experiencias de Cuba, México y Costa Rica

Gabriela Dutrénit y Jorge Núñez Jover (COORD.)

Para Bengt-Åke Lundvall, una de las voces más prestigiosas a nivel internacional en los asuntos tratados en *Vinculación universidad-sector productivo para fortalecer los sistemas nacionales de innovación: experiencias de Cuba, México y Costa Rica*: «Este libro puede ser un importante paso para el entendimiento del “aprendizaje a través de la interacción” entre universidad y sociedad. Esto responde a los temas de la conferencia GLOBELICS y los enlaces de la innovación no solo con el desarrollo económico sino con la inclusión social y el entorno sustentable». Más de veinte expertos de cinco países aúnan esfuerzos para evaluar prácticas, ejercer el criterio desde el saber y el testimonio; para pensar y proyectar la educación superior y la investigación y producción científicas en sus conexiones con el sector productivo y la sociedad.

ISBN: 978-959-7251-02-6



9 789597 251026

VINCULACIÓN UNIVERSIDAD-SECTOR PRODUCTIVO PARA FORTALECER LOS SISTEMAS NACIONALES
DE INNOVACIÓN: EXPERIENCIAS DE CUBA, MÉXICO Y COSTA RICA




EDITORIAL

Vinculación universidad-sector productivo
para fortalecer los sistemas nacionales de innovación:
experiencias de Cuba, México y Costa Rica

Vinculación universidad-sector productivo para fortalecer los sistemas nacionales de innovación: experiencias de Cuba, México y Costa Rica

GABRIELA DUTRÉNIT
JORGE NÚÑEZ JOVER
(coordinadores)



378.25

Dut

V Dutrénit, Gabriela.

Vinculación universidad-sector productivo para fortalecer los sistemas nacionales de innovación: experiencias de Cuba, México y Costa Rica. / Gabriela Dutrénit, Jorge Núñez Jover. -- La Habana: Editorial UH, 2017.

432 p.: gráf. 23 cm

1. EDUCACIÓN SUPERIOR-ESTUDIO DE CASOS-CUBA
2. EDUCACIÓN SUPERIOR-ESTUDIO DE CASOS-MÉXICO
3. EDUCACIÓN SUPERIOR-ESTUDIO DE CASOS-COSTA RICA

I. Núñez Jover, Jorge.

coaut.

II. t.

ISBN: 978-959-7251-02-6

EDICIÓN José Antonio Baujín

DISEÑO DE PERFIL DE LA COLECCIÓN Alexis Manuel Rodríguez Diezcabezas de Armada /
Claudio Sotolongo

DISEÑO Claudio Sotolongo

CORRECCIÓN Daliana Rodríguez

COMPOSICIÓN Cecilia Sosa

IMAGEN DE CUBIERTA Nombre(s) Apellido(s)

SOBRE LA PRESENTE EDICIÓN © Gabriela Dutrénit, 2017

© Jorge Núñez Jover, 2017

© Editorial UH, 2017

ISBN 978-959-7251-02-6

EDITORIAL UH Dirección de Publicaciones Académicas,
Universidad de La Habana
Edificio Dihigo, Zapata y G, Plaza de la Revolución,
La Habana, Cuba. CP 10400.

Correo electrónico: editorialuh@fayl.uh.cu

Índice

Foreword	9
.....	
BENGT-ÅKE LUNDVALL	

Academia-sector productivo: una vinculación fortificadora de sistemas nacionales de innovación. Lecciones de Cuba, Costa Rica y México	13
.....	
GABRIELA DUTRÉNIT, JORGE NÚÑEZ JOVER	

PARTE I. SOBRE LA VINCULACIÓN UNIVERSIDAD-SECTOR PRODUCTIVO EN CUBA

Vinculación universidad-sector productivo en Cuba: un análisis desde la perspectiva de los modelos computacionales basados en agentes	25
.....	
GUILLERMO ANDRÉS, GABRIELA DUTRÉNIT, JOSÉ MIGUEL NATERA	

La universidad en el sistema de innovación. Estudio de caso sobre el vínculo universidad-industria biotecnológica en Cuba	83
.....	
CARLOS ÁLVAREZ VALCÁRCEL, MARÍA ELIANA LANIO RUIZ, JORGE NÚÑEZ JOVER, ROLANDO PÉREZ ÁLVAREZ	

La creación de la industria cubana de zeolitas naturales: un caso de universidad emprendedora	123
.....	
GERARDO RODRÍGUEZ-FUENTES, FERNANDO SANTIAGO RODRÍGUEZ, INOCENTE RODRÍGUEZ-IZNAGA, JORGE NÚÑEZ JOVER	

La relación entre CIPEL y la Unión Eléctrica: un caso de vinculación universidad-empresa	153
.....	
MIGUEL CASTRO FERNÁNDEZ, MIRIAM VILARAGUT LLANES, MIRIAM L. FILGUEIRAS S. DE ROZAS, LÁZARO GUERRA HERNÁNDEZ, CLAUDIA DE FUENTES, GABRIELA DUTRÉNIT	

Factores que dificultan o favorecen la adopción
de nuevos productos biomateriales
en el sistema de salud cubano: el caso del TISUACRYL® 195

LISSY WONG HERNÁNDEZ, DIONISIO ZALDÍVAR SILVA,
ALEXANDRE O. VERA-CRUZ

PARTE II. SOBRE LA VINCULACIÓN UNIVERSIDAD-SECTOR PRODUCTIVO EN MÉXICO

Vinculación y desarrollo inclusivo. Reflexiones para analizar las políticas
públicas de CTI en el caso mexicano 219

MARCELA SUÁREZ, JOSÉ MIGUEL NATERA, SOLEDAD ROJAS RAJS

Los incentivos de las instituciones académicas para la vinculación
conocimiento-sociedad: estudio exploratorio 241

ROSALBA CASAS, JUAN MANUEL CORONA, MARCELA SUÁREZ

Canales de interacción universidad-empresa y beneficios esperados: un
análisis de micro datos de las empresas mexicanas 285

CLAUDIA DE FUENTES, GABRIELA DUTRÉNIT, ARTURO TORRES

Capacidades y transferencia de tecnología en las universidades.
El caso del área de la biomedicina en la Universidad Nacional
Autónoma de México (UNAM) 323

ARTURO TORRES, JAVIER JASSO VILLAZUL

PARTE III. SOBRE LA VINCULACIÓN UNIVERSIDAD-SECTOR
PRODUCTIVO EN COSTA RICA

Papel de los organismos públicos de investigación en el sistema de
innovación de Costa Rica 353

JEFFREY OROZCO, KEYNOR RUIZ

Principales componentes que influyen en la vinculación de los
organismos públicos de investigación y las empresas 393

KEYNOR RUIZ, RODRIGO CORRALES, JEFFREY OROZCO

Sobre los autores 425

Foreword

The 13th annual conference of GLOBELICS took place in Havana in September 2015 with the theme «Innovation to reduce poverty and inequalities for inclusive and sustainable development». It was organized by the Ministry of Higher Education and attended by many Cuban scholars as well as by a record number of scholars from other parts of the world. As preparation for the conference colleagues from Mexico organized a workshop together with Cuban colleagues.

This book is the outcome of the workshop and the conference. The theme of the book is about the role of universities in the national system of innovation and it includes a series of sector or technology specific case studies from Cuba, Mexico and Costa Rica.

Universities have an important role in society when it comes to develop science and culture and to pass on scientific knowledge to students. Cuba has since the revolution given high priority to higher education and research.

For Cuba as for other middle income economies it has become an increasingly important challenge to mobilize the knowledge and the competence developed within universities for innovation aiming social and economic development. The challenge is to develop forms of interaction with users outside the university that result in innovative solutions and that at the same time through feedback enhances the quality of study programs and research activities.

One of the cases presented in this book that played an important role at the GLOBELICS conference refers to how the biotechnology sector in Cuba was developed through a close interaction between scientific research and applications in the health sector. The case is interesting since it shows how the social and political priorities of generalized access to health services and of medical study programs

resulted in world leading technological competences and in high industrial and export performance.

Both within Cuba and in other parts of world important lessons can be drawn both from such success stories and from less successful examples. Why is it much more difficult to mobilize science and higher education for innovation in fields of agro-food and distribution?

This book may be seen as an important step toward understanding «learning by interacting» between university and society. It responds to the theme of the GLOBELICS conference and links innovation not only to economic development but also to social inclusion and environmental sustainability.

BENGT-ÅKE LUNDVALL

Emeritus Professor in Economics at the Department Business and
Management at Aalborg University, Denmark



Vinculación universidad-sector productivo
para fortalecer los sistemas nacionales de innovación:
experiencias de Cuba, México y Costa Rica

Academia-sector productivo: una vinculación fortificadora de sistemas nacionales de innovación. Lecciones de Cuba, Costa Rica y México

GABRIELA DUTRÉNIT
JORGE NÚÑEZ JOVER

El avance científico y tecnológico es importante para conducir al progreso económico de los países. Existe un consenso creciente acerca de la importancia que tiene el incremento de la inversión nacional en ciencia y tecnología para asegurar el crecimiento económico de una nación (Schumpeter, 1942; Solow, 1956; Abramovitz, 1956 y 1986), pero también para conducir al bienestar social. La estructura de redes a nivel local, regional, nacional e internacional y la construcción de los sistemas nacionales de innovación (SNI) contribuyen a dicho éxito (Freeman, 1987; Lundvall, 1992; Nelson, 1993). Sin embargo, nuestro conocimiento sobre los procesos que vinculan innovación y crecimiento, e innovación e inclusión social es aún reducido.

Desde los trabajos pioneros sobre los SNI (Freeman, 1987; Lundvall, 1992, Nelson, 1993), y a partir de la evidencia empírica recolectada en países con diferentes trayectorias institucionales y niveles de desarrollo, el concepto ha evolucionado. Todos los enfoques reconocen que los actores básicos que participan en estos sistemas de innovación son: universidades, centros de investigación, empresas, Gobierno, poder legislativo, instituciones financieras y organizaciones intermediarias de innovación. Inicialmente se asoció la innovación a la empresa, ya que esta es el tipo de organización productiva característica del sector manufacturero. Al incorporar otros sectores al análisis, como el sector agropecuario, las industrias culturales, etc., se han incorporado otros actores productivos, como son las cooperativas, los productores individuales y organizaciones del sector social.

Se distinguen tres enfoques sobre el SNI:

- Sistemas extendidos de investigación y desarrollo (I+D), que vinculan instituciones de conocimiento con la producción (enfoque estrecho de ciencia, tecnología e innovación, CTI) (Nelson, 1993).
- Sistemas extendidos de producción, enfocados a los procesos de *learning by doing, using and interaction* (enfoque amplio, DUI) en el sistema de producción (Freeman 1987; Lundvall, 1992), donde los SNI están conformados por los elementos y relaciones que interactúan para la producción, difusión y uso de conocimiento económicamente útil (Lundvall, 1992).
- Sistemas extendidos de producción y construcción de competencias, que incorporan los vínculos entre el sistema de educación y el mercado de trabajo a la innovación (enfoque amplio) (Lundvall, 2012; Lundvall *et al.*, 2009).

En todos los enfoques, el aprendizaje desempeña un papel central, pero hay diferentes formas y actores. Jensen *et al.* (2007) distinguen dos modos de aprendizaje que están en la base de los SNI: 1) modo de aprendizaje CTI, donde el aprendizaje y la innovación se basan en determinantes que provienen de la ciencia y tecnología, como el gasto en I+D, el capital humano, la inversión en infraestructura; y 2) modo de aprendizaje DUI (por sus siglas en inglés), donde el aprendizaje y la innovación se basan en la práctica, el uso y la interacción, por lo tanto se asientan más en la experiencia y la práctica interactiva. Lundvall *et al.* (2009) desarrollan más ampliamente esta distinción entre modos de aprendizaje, dando lugar a diferentes enfoques de los SNI.

Recientemente, Lundvall (2012) señalaba: «The national innovation system is an open, evolving and complex system that encompasses institutions and economic structures. The quality of its elements and of the relationships between elements determine the rate and direction of innovation and competence building emanating from a combination of experience based and science based learning». A partir de esta definición, argumentaba que, en el caso de los países en desarrollo, particularmente en los de bajos ingresos, el enfoque CTI es limitado porque se enfrenta a restricciones en los actores, los vínculos y la interacción academia-sector productivo. Una alternativa de la política de CTI ha sido: copiar las instituciones formales de I+D de los países

desarrollados, promover el incremento de la inversión en ciencia y mejorar la formación académica, así como buscar financiamientos externos. Pero se observan fuertes dificultades para establecer conexiones que faltan, y mejorar la capacidad de los usuarios. En este sentido, consideraba que el enfoque amplio, particularmente de los sistemas extendidos de producción y construcción de competencias, que incorporan los vínculos entre el sistema de educación y el mercado de trabajo a la innovación, es más apropiado para esos países.

Esta definición amplia del concepto de SNI se basa en una conceptualización asimismo amplia de la innovación. Esta se le puede definir como la introducción al mercado de un producto (bien o servicio), proceso, método de comercialización o método organizacional nuevo o significativamente mejorado por una organización (OCDE, 2005). Recientemente se ha incluido a los modelos de negocios como otro tipo de innovación. La innovación se basa en la capacidad de generar y usar el conocimiento, enfocarlo hacia la resolución de problemas e introducir las soluciones que emerjan en el mercado. De esta forma, la innovación contribuye a la productividad, que a su vez impulsa la competitividad. Pero cuando ubicamos al proceso de innovación como un fenómeno generalizado, se contribuye también al crecimiento económico, a la generación de empleo de calidad y, consecuentemente, al bienestar social.

Al emplear una definición amplia de innovación, el proceso incluye diferentes actividades, que van desde la concepción de la idea, la I+D, hasta la transferencia, la producción y la comercialización de los bienes y servicios. El *Manual de Oslo* (OCDE, 2005) reconoce tres grandes grupos de actividades de innovación:

- Investigación y desarrollo experimental (I+D interna, adquisición de I+D externa).
- Actividades relativas a las innovaciones de producto y proceso (adquisición de otros conocimientos externos; obtención de máquinas, equipos y otros bienes de capital; preparación del mercado para la comercialización de innovaciones de producto y formación).
- Actividades relativas a las innovaciones de mercadotecnia y de organización.

La I+D interna puede basarse en nuevo conocimiento o en nuevas combinaciones de conocimiento ya existente. Pero las otras actividades

son más proclives a usar conocimiento ya existente. Se reconoce así que hay dos fuentes de la innovación: 1) I+D, y 2) el conocimiento ya existente. En este sentido, la innovación incluye un conjunto mucho más vasto de actividades que la generación de nuevo conocimiento por la I+D; involucra muchas esferas de acción del sector productivo y requiere la acción coordinada de varios actores económicos y sociales, tanto públicos como privados (Dutrénit y Vera-Cruz, 2016).

El uso del concepto de SNI, muchas veces sin una clara distinción de los enfoques estrecho o amplio, se ha extendido de manera importante alrededor del mundo. Expertos de diversas disciplinas, organismos internacionales y formuladores de políticas lo usan como un marco conceptual apropiado para entender los procesos de innovación en diferentes contextos nacionales y como una herramienta útil para guiar el diseño y la implementación de las políticas de ciencia, tecnología e innovación.

Debido a la evolución del enfoque de SNI (si bien anteriormente el éxito tecnológico y económico se asociaba a la capacidad individual de las empresas para realizar actividades de I+D), hoy ha sido superado por análisis más elaborados que incluyen un conjunto más amplio y complejo de actividades, tales como la generación, modificación y transferencia de conocimiento; los procesos de aprendizaje tecnológico y los contactos y las complementariedades entre ciencia, tecnología y mercado. Así, un tema central es la interacción y los flujos de información y conocimiento entre los agentes del sistema.

Existen múltiples enlaces entre los actores de un SNI, entre la universidad y las empresas, entre otras instituciones académicas (centros de investigación, institutos tecnológicos, etcétera) y otros actores del sector productivo (productores, cooperativas, otras organizaciones del sector social, etc.), entre las instituciones académicas y el Gobierno, o entre la academia y otros actores de la sociedad, relacionados con necesidades sociales. La literatura ha prestado especial atención a los nexos academia-empresa, es decir, entre generadores de conocimiento y demandantes de conocimiento para usos productivos.

La vinculación academia-empresa es un problema complejo, ya que incluye actores que tienen lógicas muy diferentes, que provienen del ámbito académico y empresarial, por lo que es necesario tender puentes y romper barreras culturales. Se ha estudiado el tema desde diferentes aspectos: los canales y formas de interacción, los factores

estimuladores, las barreras, los incentivos y los beneficios que se generan.

En la literatura reciente se identifican distintos canales de interacción academia-empresa, que incluyen desde la contratación de recién graduados hasta la realización de actividades de investigación y desarrollo de manera conjunta (Cohen *et al.*, 2002; Perkmann *et al.*, 2013; Arza *et al.*, 2015).

La vinculación entre los actores que forman parte de los SNI genera una cantidad importante de beneficios para cada uno de los participantes: las empresas, los investigadores y las instituciones académicas. Los resultados de estos estudios tienen implicaciones directas tanto para el diseño de políticas de CTI como para las organizaciones participantes (Dutrénit, De Fuentes y Torres, 2010).

La literatura ha explorado también los determinantes de la vinculación. Desde la perspectiva de las empresas se ha identificado que los factores más importantes son estructurales (por ejemplo, edad de las empresas, tamaño, intensidad tecnológica del sector), de comportamiento (por ejemplo, tipo de actividades de I+D, intensidad de la I+D, estrategia de apertura de la empresa) y relacionados con las políticas de innovación (financiamiento de vínculos, apoyo a incubadoras, fomento de clústeres). Además, varios autores señalan que las empresas que invierten más en I+D son más proclives a tener mayores capacidades de absorción para aprender e interactuar con universidades (Cohen *et al.*, 2002; Fontana *et al.*, 2006; Segarra-Blasco y Arauzo-Carod, 2008; Laursen y Salter, 2004; Dutrénit y Arza, 2010).

Desde la perspectiva de las instituciones académicas, se ha encontrado que factores institucionales (por ejemplo, afiliación institucional, misión fundacional de la universidad, experiencia en transferencia de tecnología, acceso a diferentes fuentes de financiamiento para la investigación, calidad de esta) e individuales (experiencia previa, estatus académico, campos de investigación) explican la probabilidad de establecer interacciones (Boardman y Ponomariov, 2009; D'Este y Patel, 2007; Schartinger *et al.*, 2001; Mansfield y Lee, 1996; Bekkers y Bodas Freitas, 2008; Dutrénit y Arza, 2001).

Hay autores que han identificado algunas desventajas de la interacción, entre las que mencionan que un mayor involucramiento con la industria puede corromper la investigación académica y la enseñanza, desviando la atención de la investigación fundamental. También argumentan que se puede limitar la apertura de la comunicación

entre investigadores académicos y poner restricciones a la difusión del conocimiento, que es un componente esencial de la investigación académica (Rosenberg y Nelson, 1994; Welsh *et al.*, 2008; Mansfield y Lee, 1996).

Los SNI, el papel de los actores y la naturaleza de la vinculación difiere en los países en desarrollo, particularmente en América Latina y el Caribe, en términos de los niveles de desarrollo, las capacidades de CTI y el tamaño, trayectoria y estrategia nacional. Hay lecciones aprendidas que son útiles, pero también se requiere ir a los casos nacionales, regionales y sectoriales para identificar especificidades. Este libro recoge experiencias de vinculación academia-sector productivo que ocurren en tres países, que difieren en términos de sus SNI, tamaño de las economías y tipos de economía (de mercado o planificada). Los países son Cuba, Costa Rica y México.

Cuba es un país relativamente pequeño con una economía empuñada en la realización de importantes transformaciones. Una de las palancas a las que resulta posible apelar es el potencial humano creado a lo largo de seis décadas. En el caso de Cuba concurren algunas particularidades. Una de ellas es que las organizaciones analizadas son públicas, tanto las del sector productivo como las universidades. Unas y otras son parte del sistema cubano de CTI, conducido por el Estado. Ello sin duda influye en las características y resultados de esas vinculaciones, aunque estas son variadas, como se puede apreciar en los casos estudiados. Otra peculiaridad suya es el papel que desempeñan las universidades en el sistema de CTI, con un rol activo. En ese sentido, el caso cubano guarda semejanza con el concepto de «sistema universitario de desarrollo» propuesto por Brundenius, Lundvall y Sutz (2009). Estos autores se refieren a universidades cuya actuación dentro del SNI es especialmente proactiva, mostrando un fuerte compromiso con el desarrollo económico y social de países, territorios y sectores. Un sistema universitario de tal tipo requiere compromiso y motivación por parte de sus profesores e investigadores, que se deben sentir socialmente útiles y deben recibir el respaldo de sus instituciones. El enfoque que existe en Cuba sobre el papel de las universidades en el sistema de innovación se corresponde con ese modelo. Sin duda, las universidades están fuertemente orientadas a satisfacer necesidades del desarrollo. Ellas no solo realizan investigación científica y procesos de formación, sino que se involucran de muy variadas maneras con el sector productivo,

con la administración pública y con el conjunto de la sociedad. La política y la gestión universitaria se orientan hacia ese fin. Desde luego que ello no siempre garantiza vinculaciones exitosas.

México es un país grande, con una economía de mercado y un SNI emergente. Existe una larga tradición de vínculos academia-sector productivo en varios sectores (químico, farmacéutico, agro), pero han existido dificultades para que estos conduzcan a un fortalecimiento del SNI. Los vínculos se establecen entre universidades públicas o privadas y un sector productivo mayormente de capital privado. La naturaleza de estas interacciones no difiere de la literatura existente, y se enmarca en las tres funciones tradicionales de la universidad (docencia, investigación, difusión). Las universidades no avanzan hacia actividades productivas.

Costa Rica es un país pequeño, con una economía de mercado y un SNI también emergente. Tiene una especialización productiva diferente a la mexicana, lo que ha llevado a vinculaciones en sectores diferentes (café, industria electrónica). De forma similar al caso mexicano, las universidades tienden a cumplir las tres funciones clásicas.

Los aspectos de la vinculación que aborda el libro se orientan, por una parte, hacia la evidencia cualitativa, desde la perspectiva de las universidades mexicanas y cubanas, y, desde otra, hacia una evidencia cuantitativa, desde la perspectiva de empresas mexicanas y de empresas y organismos públicos de investigación de Costa Rica.

Los estudios reunidos en este volumen recogen experiencias diferentes que aportan aprendizajes útiles para la construcción de políticas de CTI orientadas a la construcción de SNI en países en desarrollo.

En relación con la evidencia cualitativa de las universidades cubanas, se presentan cuatro capítulos: «La universidad en el sistema de innovación. Estudio de caso sobre el vínculo universidad-industria biotecnológica en Cuba»; «La creación de la industria cubana de zeolitas naturales: un caso exitoso de universidad emprendedora»; «La relación entre el CIPEL y la Unión Eléctrica: un caso de vinculación universidad-empresa»; «Factores que dificultan o favorecen la adopción de nuevos productos biomateriales en el sistema de salud cubano: el caso del TISUACRYL®». En lo que respecta a la evidencia cualitativa de las universidades mexicanas, se incorporan dos capítulos: «Los incentivos de las instituciones académicas para la vinculación conocimiento-sociedad: estudio exploratorio»; «Capacidades y transferencia de tecnología en las universidades. El caso del área de la biomedicina en la UNAM».

Tocante a la evidencia cuantitativa desde la perspectiva de empresas mexicanas, un capítulo se suma al conjunto: «Canales de interacción universidad-empresa y beneficios esperados: un análisis de microdatos de las empresas mexicanas». La evidencia cuantitativa, desde la perspectiva de empresas y organismos públicos de investigación de Costa Rica, incluye dos capítulos: «Papel de los organismos públicos de investigación en el sistema de innovación en Costa Rica»; «Principales componentes que influyen en la vinculación de los organismos públicos de investigación y las empresas».

Adicionalmente el libro recoge dos capítulos conceptuales: «Vinculación y desarrollo inclusivo. Reflexiones para analizar las políticas públicas de CTI en el caso mexicano»; «Vinculación universidad-sector productivo en Cuba: un análisis desde la perspectiva de los modelos computacionales basados en agentes».

Este libro surge como resultado de la 13.^{va} Conferencia Internacional Globelics 2015, realizada en La Habana del 23 al 25 de septiembre, y de un taller sobre experiencias de vinculación universidad-industria en Cuba, en febrero del mismo año. Los trabajos que lo integran en su mayoría fueron presentados en el congreso y se enriquecieron con los comentarios recibidos. Los estudios reunidos sobre Cuba se han beneficiado de la colaboración de los colegas de la Universidad Autónoma Metropolitana de México, particularmente a través de la realización del taller de trabajo mencionado.

Agradecemos el apoyo de CONACYT, a través del proyecto «Vinculación academia-sector productivo: un análisis de la productividad de investigación y del desempeño innovativo de las empresas» (N.º 168280) del Fondo SEP-CONACYT, para el financiamiento del taller que tuvo lugar en la Universidad de La Habana, y la colaboración de la Universidad Autónoma Metropolitana y de su rector Salvador Vega y León para la impresión de este libro.

Bibliografía

- ABRAMOVITZ, M. (1956): «Resource and output trends in the United States since 1870», *American Economic Review*, vol. 46, n.º 2, pp. 5-23.
- ABRAMOVITZ, M. (1986): «Catching up, forging ahead, and falling behind», *The Journal of Economic History*, vol. 46, n.º 2, pp. 385-406.
- ARZA, V.; DE FUENTES, C.; DUTRÉNIT, G.; VÁZQUEZ, C. (2015): «Channels and benefits of interactions between public research organizations and industry: Comparing country cases in Africa, Asia, and Latin America»,

- en E. Albuquerque, W. Suzigan, G. Kruss, K. Lee (eds.), *Developing national systems of innovation. University-industry interactions in the global south*, Edward Elgar, Cheltenham, pp. 93-119.
- BEKKERS R.; BODAS FREITAS, I. (2008): «Analyzing knowledge transfer channels between universities and industry: To what degree do sectors also matter?», *Research Policy*, n.º 37, pp. 1837-1853.
- BOARDMAN, P. C.; PONOMARIOV, B. L. (2009): «University researchers working with private companies», *Technovation*, n.º 29, pp. 142-153.
- BRUNDENIUS C.; LUNDVALL, B-Å.; SUTZ J. (2009): «The role of the universities in innovation systems in developing countries: Developmental university systems-empirical, analytical and normative perspectives», en B-Å. Lundvall, K. J. Joseph, C. Chaminade; J. Vang (eds.), *Handbook of innovation systems and developing countries. Building domestic capabilities in a global setting*, Edward Elgar, Cheltenham, UK, pp. 311-333.
- COHEN, W.; NELSON, R.; WALSH, J. (2002): «Links and impacts: The influence of public research on industrial R&D», *Management Science*, n.º 48, pp. 1-23.
- D'ESTE, P.; PATEL, P. (2007): «University-industry linkages in the UK: What are the factors underlying the variety of interactions with industry?», *Research Policy*, n.º 36, pp. 1295-1313.
- DUTRÉNIT, G.; ARZA, A. (2010): «Interactions between public research organizations and industry in Latin America. A study from the perspective of firms and researchers», *Science and Public Policy*, vol. 37, n.º 7, pp. 541-553.
- DUTRÉNIT, G.; VERA-CRUZ, A. O. (2016): «Políticas públicas de CTI, problemas nacionales y desarrollo», en A. Erbes, D. Suárez (comps.), *Repensando el desarrollo latinoamericano: una discusión desde los sistemas de innovación*, Ediciones UNGS, Buenos Aires, pp. 351-383.
- DUTRÉNIT, G.; DE FUENTES, C.; TORRES, A. (2010): «Channels of interaction between public research organizations and industry and benefits for both agents: Evidence from Mexico», *Science and Public Policy*, vol. 37, n.º 7, pp. 513-526.
- FONTANA, R.; GEUNA, A.; MATT, M. (2006): «Factors affecting university-industry R&D projects: The importance of searching, screening and signaling», *Research Policy*, n.º 35, pp. 309-323.
- FREEMAN, C. (1987): *Technology policy and economic performance: Lessons from Japan*, Pinter Publisher, New York.
- JENSEN, M.; JOHNSON, B.; LORENZ, E.; LUNDVALL, B-Å. (2007): «Forms of knowledge and modes of innovation», *Research Policy*, vol. 36, n.º 5, pp. 680-693.

- LAURSEN, K.; SALTER, A. (2004): «Searching high and low: what types of firms use universities as a source of innovation?», *Research Policy*, n.º 33, pp. 1201-1215.
- LUNDVALL, B-Å. (2012): «Innovation systems for low income countries», Presentation in the Tanzania Workshop of Africalics, March, Dar es-Salaam.
- LUNDVALL, B-Å. (ed.) (1992): *National systems of innovation. Towards a theory of innovation and interactive learning*, Pinter Publishers, London.
- LUNDVALL, B-Å.; Joseph, K. J.; Chaminade, C.; Vang, J. (2009): *Handbook of innovation systems and developing countries. Building domestic capabilities in a global setting*, Edward Elgar, Cheltenham.
- MANSFIELD, E.; LEE, J. Y. (1996): «The modern university: contributor to industrial innovation and recipient of industrial R&D support», *Research Policy*, vol. 25, n.º 7, pp. 1047-1058.
- NELSON, R. (ed.) (1993): *National innovation systems: a comparative study*, Oxford University Press, New York.
- OCDE-EUROSTAT (2005): *Manual de Oslo: Guía para la recogida e interpretación de datos sobre innovación*, OCDE, Paris.
- PERKMANN, M.; TARTARI, V.; MCKELVEYB, M. *et al.* (2013): «Academic engagement and commercialization: A review of the literature on university-industry relations», *Research Policy*, n.º 42, pp. 423-442.
- ROSENBERG, N.; NELSON, R. (1994): «American universities and technical advance in industry», *Research Policy*, n.º 23, pp. 323-348.
- SCHARTINGER, D.; SCHIBANY, A.; GASSLER, H. (2001): «Interactive relations between universities and firms: Empirical evidence for Austria», *The Journal of Technology Transfer*, vol. 26, n.º 3, Springer, pp. 255-268.
- SCHUMPETER, J. (1942): *Capitalism, socialism, and democracy*, George Allen & Unwin, Londres.
- SEGARRA-BLASCO, A.; ARAUZO-CAROD, J. M. (2008): «Sources of innovation and industry-university interaction: Evidence from Spanish firms», *Research Policy*, vol. 37, n.º 8, pp. 1283-1295.
- SOLOW, R. M. (1956): «A contribution to the theory of economic growth», *The Quarterly Journal of Economics*, vol. 70, n.º 1, pp. 65-94.
- WELSH, R.; GLENNA, L.; LACY, W.; BISCOTTI, D. (2008): «Close enough but not too far: Assessing the effects of university-industry research relationships and the rise of academic capitalism», *Research Policy*, n.º 37, pp. 1854-1864.



Parte I. Sobre la vinculación universidad-sector productivo en Cuba



Vinculación universidad-sector productivo en Cuba: un análisis desde la perspectiva de los modelos computacionales basados en agentes

GUILLERMO ANDRÉS
GABRIELA DUTRÉNIT
JOSÉ MIGUEL NATERA

Introducción

Existe una amplia literatura sobre las relaciones universidad-industria,¹ fundamentada en evidencia empírica recolectada a partir de estudios de caso, encuestas y análisis bibliométricos (Fontana, Geuna, & Matt, 2006). Sin embargo, el uso de herramientas tradicionales de investigación puede dificultar la comprensión de las relaciones complejas que emanan de las interacciones entre las universidades y la industria, por lo que resulta válido y necesario explorar otras alternativas. Según Triulzi, Pyka y Scholz (2014), los modelos basados en agentes (ABM) están explícitamente diseñados para analizar las relaciones U-SP y para generar nuevas reflexiones en el debate de estas relaciones, debido a que se enfocan en las microinteracciones de los multiagentes involucrados.

Este trabajo se inserta en ese vacío de la literatura y se plantea sentar las bases para la elaboración de un ABM sobre las relaciones de vinculación universidad-sector productivo en Cuba. Se articula en torno a la siguiente interrogante: ¿cuáles son las dimensiones más relevantes para estudiar la vinculación U-SP en el marco del sistema nacional de innovación cubano desde la perspectiva de los ABM? Este trabajo utiliza los resultados de un conjunto de estudios de caso realizados por varios autores sobre estas relaciones, varios de los cuales

¹ En el trabajo se utilizan los términos «vinculación universidad-empresa», «vinculación universidad-sector productivo» y «vinculación universidad-industria» como equivalentes.

están incluidos en este libro. Esta información se complementa con entrevistas y otros trabajos sobre la vinculación U-SP.

El trabajo se ha dividido en varias secciones. En la primera se hace un recorrido por la noción de los sistemas nacionales de innovación (SNI) y el papel a desempeñar por estos en la vinculación U-SP. En la segunda se describe la metodología de los modelos computacionales basados en agentes, revisando sus implicaciones para el tema del trabajo. En la tercera se muestra una representación de los actores del SNI cubano, particularizando la perspectiva de las universidades y de las empresas. La cuarta sección contiene la síntesis de un conjunto de estudios elaborados para el congreso GLOBELICS, realizado en La Habana en septiembre de 2015, algunos de los cuales se encuentran contenidos en el presente libro, mientras que en la quinta se sintetizan los planteamientos utilizados para la elaboración de un modelo ABM sobre la vinculación U-SP en Cuba, caracterizando a los agentes y definiendo las relaciones estructurales que se establecen entre ellos.

Con la elaboración de esta investigación, se espera contribuir por primera vez en Cuba al estudio de la vinculación U-SP desde la perspectiva de los modelos computacionales basados en agentes. Se avanza así en la posibilidad de que el país disponga de una herramienta de análisis de las relaciones entre la universidad y el sector productivo, elaborada desde una perspectiva sistémica, integradora y que posibilite explorar escenarios a fin de evaluar resultados posibles.

1. El papel de la vinculación universidad-sector productivo en el marco del sistema nacional de innovación

En el pensamiento latinoamericano sobre ciencia y tecnología, el trabajo pionero de Sábato y Botana (1968) llamó la atención sobre las relaciones entre los principales actores de la economía nacional, en su caso el Gobierno, la estructura productiva y la infraestructura científico-tecnológica. Dichas relaciones quedaron reflejadas en un «triángulo», donde las universidades fueron subsumidas en el término «infraestructura científico-tecnológica».

Con posterioridad, Etzkowitz y Leydesdorff (2000), siguiendo la lógica de determinar actores relevantes e interacciones, plantearon la existencia de una Triple Hélice compuesta por la universidad, el Estado y las empresas. Aunque explícitamente estos autores plantean que existe una diferencia entre este enfoque y el de los SNI, la tesis de la Triple Hélice señala que la universidad puede desempeñar un papel

muy relevante en los procesos de innovación que ocurren dentro de las sociedades basadas en el conocimiento.

Lundvall (2007) reconoce que las relaciones entre las empresas y la infraestructura científica de la nación son uno de los componentes centrales del SIN; es decir, su centro está constituido no solo por «las empresas en interacción con otras empresas» sino también por la interacción de las empresas con la «infraestructura de conocimiento». Esta misma importancia refrenda los planteamientos de Nelson y Rosenberg (1993), para quienes «las universidades, tanto como los laboratorios corporativos son partes esenciales del sistema de innovación» (p. 7).

Como plantean Mowery y Sampat (2006), aunque las universidades desempeñen funciones similares en la mayoría de los SNI, la importancia de su papel varía considerablemente por diversos factores, entre los cuales se encuentran la estructura de la industria doméstica y el tamaño y estructura de otros actores del sistema que también realizan investigación. Dichos autores profundizan en las funciones que asumen las universidades y las enmarcan en primer lugar en la investigación y la docencia, a las cuales se tiende a añadir la «tercera misión de la universidad», mucho más asociada a la difusión y transferencia del conocimiento (Galindo, Sanz, y De Benito, 2011; CEPAL, 2010). Esta última viene asociada usualmente a la comercialización.

En el marco del presente trabajo, se considera a la vinculación U-SP como las relaciones (directas o a través de un intermediario) que dentro del SNI establecen las universidades y las empresas con la finalidad de realizar las funciones de ambas en mejores condiciones.

Se ha fundamentado la idea de que las relaciones de vinculación universidad-empresa constituyen un importante motor de la innovación y el desarrollo tecnológico a través de diversas aristas. En esta dirección, Mansfield (1990) argumenta que sin este tipo de relaciones diversos productos en el mercado no pudieran llegar a desarrollarse, o al menos se demorarían más tiempo.

Desde el punto de vista histórico, se ha observado como tendencia un mayor acercamiento de las universidades a la esfera productiva (Thursby y Kemp, 2002). Según CEPAL (2010), las universidades encuentran razones para vincularse en el fortalecimiento de su papel como formadoras de recursos humanos, la actualización y reforzamiento de sus capacidades científico-tecnológicas, la difusión y aplicación de forma práctica de los resultados obtenidos en la investigación científica

y el acceso a una fuente de financiamiento alternativa. Por otra parte, las empresas se vinculan puesto que les resulta posible encontrar la solución a problemas específicos. Disponer de una alternativa económica a las actividades de investigación y desarrollo les permite desarrollar también capacidades científico-tecnológicas e implementar una estrategia innovadora de largo plazo y de mejora de la competitividad (CEPAL, 2010).

Sin embargo, como reconocen Dutrénit, De Fuentes y Torres (2010), varios autores (Mansfield, 1990; Nelson y Rosenberg, 1993; Cohen *et al.*, 2002, entre otros) han identificado desventajas en las interacciones U-SP. Al respecto, plantean que:

Un mayor involucramiento con la industria puede corromper la investigación académica y la enseñanza, desviando la atención de la investigación fundamental. También señalan que se puede limitar la apertura de la comunicación entre investigadores académicos y poner restricciones a la difusión del conocimiento, que es un componente esencial de la investigación académica (Dutrénit, De Fuentes y Torres, 2010, p. 7).

Las formas que asume la colaboración entre la universidad y la industria son diversas, y existen diferentes propuestas para agruparlas. Dutrénit y Arza (2010) consideran que, entre los múltiples canales existentes, los más reconocidos son los bidireccionales, comerciales, de servicios y tradicionales. Estos canales pueden estar sujetos a un ordenamiento, para lo que se requiere tomar en consideración un conjunto de dimensiones como: 1) la dirección de la relación; 2) el grado de formalidad; 3) el horizonte temporal; 4) el tipo de conocimiento transferido; 5) el número de actores involucrados y 6) la institucionalidad (CEPAL, 2010; Casalet, 2012).

Para que los actores lleven adelante las relaciones de vinculación con los mejores resultados, deben estar creadas las condiciones organizacionales apropiadas. Del lado de las universidades se requiere disponer de espacios especializados para la vinculación (por ejemplo, oficinas de transferencia de tecnología) y del lado de las empresas es necesario contar con «capacidades de absorción» (Cohen y Levinthal, 1990). Asimismo, si se pretende fomentar la vinculación desde las políticas públicas, estas deben ser integrales e incentivar a ambos actores (Fontana, Geuna, y Matt, 2006; Dutrénit, De Fuentes y Torres, 2010).

2. La metodología de los modelos basados en agentes (ABM) para analizar la vinculación U-SP en Cuba

Los modelos basados en agentes (Agent Based Models, ABM por sus siglas en inglés) constituyen una herramienta novedosa en las ciencias sociales, cuyo uso se está extendiendo rápidamente (Gilbert, 2008; Macal y North, 2014). Desde el punto de vista conceptual, Parunak, Savit y Riolo (1998) describen a los ABM como un modelo que «consta de un conjunto de agentes que encapsulan los comportamientos de los diversos individuos que constituyen el sistema, y la ejecución consiste en la emulación de esas conductas» (p. 10), mientras que Gras, Dutrénit y Vera-Cruz (2012) los definen como «un método computacional que representa o simula un fenómeno existente en la realidad» (p. 13).

Gilbert (2008) ubica a los ABM como «una forma de ciencia social computacional», la cual, según Tesfatsion (2006) puede ser empleada para describir los sistemas económicos, los cuales se caracterizan por ser complejos y adaptativos. En términos metodológicos, desde la perspectiva de Axelrod y Tesfatsion (2006):

Quando la interacción de los agentes es contingente con la experiencia pasada, y especialmente cuando los agentes continuamente se adaptan a esa experiencia, el análisis matemático típicamente es muy limitado en su capacidad para derivar las consecuencias dinámicas, [...] en este caso, el ABM puede ser el único método práctico de análisis (p. 1649).

La evolución de esta herramienta ha permitido múltiples aplicaciones para los ABM. Los tres principales modelos que se han consolidado en el campo que ocupa este trabajo son: 1) el SKIN (Simulating Knowledge Dynamics in Innovation Networks), 2) el de Hiper-ciclos y 3) el SSRIS (Self-Sustaining Regional Innovation System) (Ruiz, 2015). El que más se ha empleado para estudiar las relaciones de vinculación ha sido el primero. Sus orígenes se remontan a un trabajo de Gilbert, Pyka, y Ahrweiler (2001) relacionado con la dinámica de la innovación en el contexto de redes industriales. El SKIN es «un modelo multi-agente de redes de innovación en industrias intensivas en conocimiento basado en investigación empírica y marcos teóricos de la economía de la innovación y la sociología económica» (Ahrweiler, Pyka, y Gilbert, 2011, p. 221), donde:

Los agentes representan las firmas innovadoras que tratan de vender sus innovaciones a otros agentes y usuarios finales, quienes también tienen

que comprar materias primas u otros *inputs* más sofisticados de otros agentes (o suministradores de material) para producir sus *outputs*. Es un modelo básico de un mercado extendido con una representación de la dinámica de conocimiento en y entre las firmas. Cada firma trata de mejorar su desempeño innovador y sus ventas mejorando su base de conocimiento a través de su adaptación a las necesidades de los usuarios, aprendizaje incremental o radical y cooperación y establecimiento de redes con otros agentes (p. 221).

Los principales antecedentes de aplicación del modelo SKIN a la vinculación universidad-empresa provienen de los trabajos de Ahrweiler, Pyka, y Gilbert (2011) y de Triulzi, Pyka y Scholz (2014). En el modelo SKIN, dado que en el centro de la atención se encuentran los procesos de generación, transferencia y uso del conocimiento dentro del SNI, se toma en consideración el «espacio del conocimiento» (*knowledge space*) en el cual se desempeñan los actores (Triulzi, Pyka y Scholz, 2014). Bajo esta condición, una de las contribuciones más relevantes de Gilbert, Pyka y Ahrweiler (2001) es la introducción del concepto de *kene*,² el cual ha sido desarrollado ampliamente con posterioridad (Triulzi, Pyka y Scholz, 2014).

Según Ruiz (2015), los modelos de tipo SKIN poseen dos limitaciones en sus supuestos. La primera está determinada por una probabilidad de éxito de los proyectos de I+D, establecida en función de las capacidades técnicas de los agentes, sin considerar la demanda del mercado, por lo que el modelo tiene un sesgo de tipo *technology push*. La segunda se basa en la dinámica de aprendizaje, la cual genera una tendencia hacia la homogeneidad en las capacidades de los agentes.

A diferencia de los documentos de Ahrweiler, Pyka y Gilbert (2011) y de Triulzi, Pyka y Scholz (2014), que fueron elaborados a partir de premisas teóricas, el planteamiento de las bases para la construcción del ABM que se realiza en este trabajo tiene fundamentos en la dinámica real del SNI cubano y en las relaciones de vinculación que se dan en el mismo. El modelo propuesto asume principalmente la forma de un modelo SKIN, también incorpora otros elementos propios de los modelos de hiper-ciclos y de SSRIS, los cuales contribuyen a reflejar

² Se considera a los kenes como un vector que permite caracterizar individualmente a cada agente, en función de las dimensiones relevantes bajo las cuales se van a determinar su comportamiento y sus interacciones (Gilbert, Pyka y Ahrweiler, 2001; Triulzi, Pyka y Scholz, 2014).

en mejor medida la dinámica del SNI cubano y superar, al menos, la primera de las limitaciones del modelo SKIN. Para ello, se aprovechan las contribuciones realizadas por Ruiz (2015) en varios aspectos, entre los que se encuentran el uso de capacidades dentro del modelo, la incorporación del papel de la demanda a partir de la adaptación de las llamadas «oportunidades de innovación del entorno competitivo» (p. 46) y la forma de representar la dinámica del modelo.

La evidencia empírica para construir el diseño de los agentes, sus interacciones y el entorno fue obtenida tras la recopilación de los artículos sobre vinculación U-SP presentados por autores cubanos en la Conferencia Internacional GLOBELICS 2015. Se realizó una selección de ocho documentos, explicativos de cinco experiencias de innovación. Con ello se dispuso de suficiente información para caracterizar a los actores involucrados e identificar las relaciones más relevantes dentro del SNI cubano, que explican las interacciones entre los centros de educación superior y el sector productivo. La tabla 1 lista los trabajos analizados en esta investigación.

La información obtenida de los trabajos se complementó con un trabajo de campo donde fueron efectuadas nueve entrevistas semiestructuradas a expertos relacionados con los casos. En total se cubrieron catorce horas y media de entrevistas. La motivación para realizar las entrevistas fue doble: por un lado, el abordaje de las temáticas a las cuales estaban dirigidos los trabajos podía sesgar la información y no revelar todas las relaciones y características de los actores, necesarias para la elaboración de un ABM, y por otro, era necesario validar una parte de las relaciones que sustentan los hechos estilizados.

3. La vinculación universidad-sector productivo en el marco del sistema nacional de innovación cubano

Para comprender plenamente la dinámica de la inserción de las universidades en la economía nacional, así como sus interacciones con el sector productivo, es preciso partir de un marco más general, donde se tome en cuenta el SNI en su conjunto. El gráfico 1 presenta una primera aproximación a la representación esquematizada del SNI cubano. En consecuencia, aunque se requiere continuar trabajando en el mismo, presenta de forma sintetizada a los actores y las relaciones que se establecen entre ellos para la generación, transmisión y uso del conocimiento, así como las interacciones formales derivadas de la institucionalidad del país.

Tabla 1. Casos de estudio sobre vinculación universidad y sector productivo

N.º	CENTRO Y UNIVERSIDAD	TÍTULO DEL TRABAJO	AUTORES
1	BIOMAT, Universidad de La Habana	«Barreras para la introducción de nuevos productos, biomateriales in el sistema de salud cubano: el caso del TISUACRYL®» «A positive experience of technological innovation from higher education to the productive level: the case of the Cuban Center of Biomaterials (BIOMAT)»	Wong, Zaldívar y Vera-Cruz (2015, 2016) Álvarez, Corona y Natera (2015)
2	IMRE, Universidad de La Habana	«The role of the links between university and health sector: the case of introduction of light therapy using light-emitting diodes (LEDT) in Cuba» «La creación de la industria cubana de zeolitas naturales: un caso de universidad emprendedora»	Purón, Acevedo y Torres (2015) Rodríguez-Fuentes, Santiago, Rodríguez-Iznaga y Núñez (2015, 2016)
3	CIPEL, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría	«La interrelación universidad-empresa vista a través de la relación entre el CIPEL y la Unión Eléctrica»	Castro, Vilaragut, Filgueiras, Guerra, De Fuentes y Dutrénit (2015, 2016)
4	CEAT, Universidad de Matanzas	«The development of entrepreneurial university from the experience of Cuba. A case study»	Andrés, Echeverría y García (2015)
5	Estación Experimental Indio Hatuey, Universidad de Matanzas	«CesplH®, organización de base tecnológica incubada en la educación superior para brindar servicios de encespado al turismo e instalaciones deportivas» «IHplus®, un bioproducto de amplio uso agropecuario basado en microorganismos nativos. El vínculo ciencia-producción para su mejora y difusión en Cuba»	Hernández, Suárez y Hernández (2015) Blanco, Suárez y Ojeda (2015)

En esta figura, el grosor de las líneas refleja la intensidad de las relaciones representadas. Los espacios con colores agrupan a los grandes tipos de actores: los gubernamentales (azul), los productores de bienes y servicios (verde) y los generadores de conocimiento (anaranjado). También se identificaron algunos actores que por sus características no se han agrupado, pero que son muy relevantes para el SNI, tales como las universidades extranjeras y otros actores foráneos, los consumidores y los intermediarios.

El esquema se construyó a partir de documentos oficiales, las experiencias de innovación basadas en los casos y las entrevistas realizadas. En la sección 3.1 se describen los actores del SNI que se presentan en

el gráfico y en la sección 3.2 se analizan las interacciones entre los actores, con un énfasis en aquellas establecidas entre la universidad y el sector productivo, lo que permite argumentar las flechas incluidas en el gráfico. Posteriormente, en el acápite 4 se presenta un resumen comparativo de los casos.

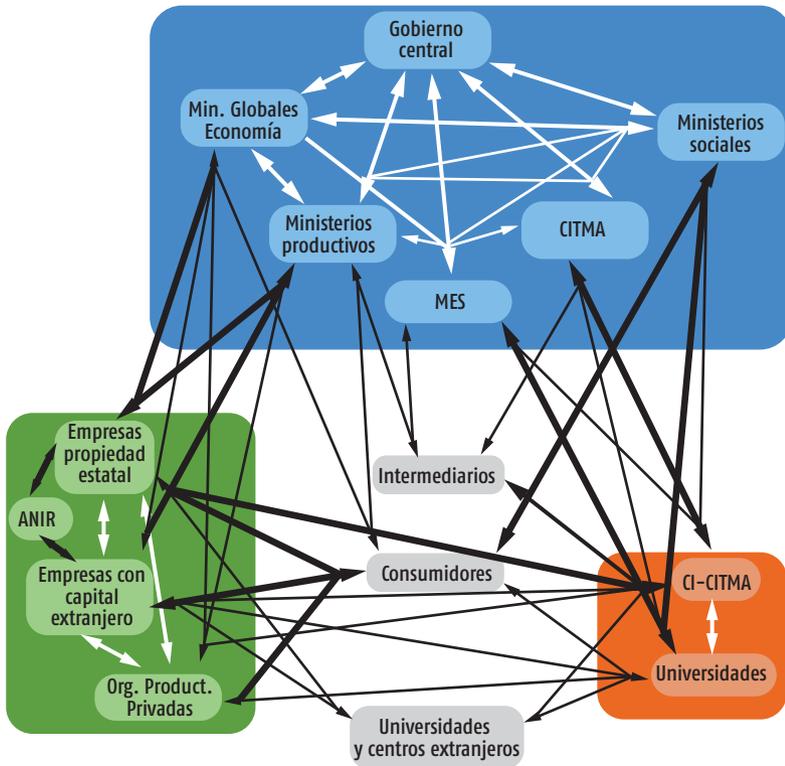


Gráfico 1. Representación estilizada del SNI cubano.

Fuente: Andrés (2016).

El SNI cubano se inserta en un contexto específico, caracterizado por: 1) economía planificada; 2) fuerte presencia del Estado en la vida económica, que controla la mayor parte de los medios de producción, y 3) país insular, donde viven aproximadamente 11.2 millones de personas (ONEI, 2015). La planificación de la economía permite encauzar con una visión estratégica los recursos del país, aunque también genera rigideces en el funcionamiento del SNI, al estar los principales actores económicos sujetos al plan, obstaculizando la agilidad

necesaria para un aprovechamiento óptimo de las oportunidades de innovación.

En la actualidad, el SNI cubano se encuentra inmerso en un proceso de cambios denominado «actualización del modelo económico», que se ha guiado por los *Lineamientos de la política económica y social del Partido y la Revolución*. Este es un documento aprobado en el VI Congreso del Partido Comunista de Cuba (PCC, 2011a), que fue revisado y ajustado en el VII Congreso de esa organización, realizado en 2016.

El nuevo modelo económico plantea la realización de profundas modificaciones en el funcionamiento de las instituciones del país, entre las cuales se encuentran: la separación entre las funciones gubernamentales y las empresariales, y el otorgamiento de mayor autonomía a las empresas, la reapertura del trabajo por cuenta propia, el fomento de la inversión extranjera directa, la eliminación de la dualidad monetaria y cambiaria, la racionalización del gasto social, etc. (PCC, 2011a).

3.1. Los actores del SNI

En este estudio, con fines analíticos se han agrupado los actores en tres sectores (GOBIERNO, PRODUCTIVO y ACADEMIA). Hay actores que por su naturaleza no coinciden plenamente con uno de estos sectores, por lo que se ubican en un apartado al final. Asimismo, la sociedad constituye un receptor de muchas de las innovaciones generadas, desempeñando la función de consumidor final. A continuación, se caracterizan brevemente estos actores.

3.1.1. Sector Gobierno

El sector Gobierno tiene un papel preponderante dentro del SNI en Cuba, dada la naturaleza centralizada del sistema económico, altamente dominado por la propiedad social. La Asamblea Nacional del Poder Popular (ANPP) es la encargada de aprobar las leyes que rigen la vida del país,³ y en el terreno de la CTI cuenta con una comisión permanente para debatir ese tema.⁴ Sesiona de forma ordinaria dos

³ Como plantea la Constitución en su artículo 70, «La Asamblea Nacional del Poder Popular es el único órgano con potestad constituyente y legislativa en la República» (ANPP, 1976).

⁴ La Comisión de Educación, Cultura, Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente de la ANPP está compuesta por 49 diputados más otros invitados (ANPP, 2016).

veces por año, y en el período entre sesiones la representa el Consejo de Estado (ANPP, 1976).

El Consejo de Ministros (CM) ejerce las actividades del Gobierno de la República; es dirigido por el presidente del Consejo de Estado. Se integra además por el vicepresidente primero de ese órgano, varios vicepresidentes, los ministros, los presidentes de institutos nacionales e invitados, como el secretario general de la Central de Trabajadores de Cuba (ANPP, 1976).

En el marco del proceso de actualización del modelo económico, se creó la Comisión Permanente de Implementación y Desarrollo, que es un actor *ad hoc*, con el fin de tener a su cargo la gestión del proceso de actualización.⁵

La profunda imbricación de las instancias superiores del Gobierno, tales como la ANPP, el CE y el CM, justifica que sean agrupados en un solo ente, denominado Gobierno Central (GC). Este determina las líneas generales de la política de CTI, genera el marco regulatorio y tiene poder de decisión sobre los flujos de financiamiento al SNI.⁶

En los ministerios globales de la economía (MGE), se ubica fundamentalmente el Ministerio de Economía y Planificación (MEP), el Ministerio de Finanzas y Precios (MFP) y el Banco Central de Cuba (BCC). Ellos son los encargados directos de la elaboración y el cumplimiento de la planificación centralizada de la actividad económica, el control del presupuesto del Estado y la asignación de recursos financieros y materiales para la innovación.

El CITMA, según Núñez, Montalvo, Pérez, Fernández y García (2011):

actúa como rector de la actividad de la ciencia y la innovación tecnológica. Es responsable del diseño de las políticas de promoción y desarrollo

⁵ En la *Resolución sobre los lineamientos de la política económica y social del Partido y la Revolución*, aprobada en el VI Congreso del PCC, dicha organización política acordó «orientar al Gobierno la creación de una Comisión Permanente para la Implementación y Desarrollo, la cual, sin menoscabo de las funciones que corresponden a los respectivos organismos de la administración central del Estado, tendrá la responsabilidad de controlar, verificar y coordinar las acciones de todos los involucrados en esta actividad, proponer la incorporación de nuevos lineamientos, y conducir, en coordinación con los órganos competentes, la divulgación adecuada del proceso» (PCC, 2011b).

⁶ En este trabajo se utiliza indistintamente los términos SNI y sistema nacional de CTI, este último término en correspondencia con los documentos oficiales sobre el funcionamiento del SNI que se utilizan en Cuba.

de la innovación según las proyecciones estratégicas que optimizan las inversiones disponibles, así como regula y facilita las acciones entre los actores que intervienen en el proceso de innovación.

A este ministerio se le subordinan una parte de los centros de investigación del país (por ejemplo: Instituto de Meteorología, Centro de Aplicaciones para el Desarrollo Nuclear, Centro Nacional de Investigaciones Sismológicas, Centro de Investigaciones de la Economía Mundial, etc.).

El MES dirige el sistema nacional de educación superior, y por lo tanto se le subordinan casi todas las universidades. El trabajo del MES incluye, junto a la labor de rectorar la formación de profesionales, el impulso de la investigación científica y la transferencia de tecnología (www.cubagob.cu). Rubio-González (2016) reconoce el potencial para la generación de conocimientos de este ministerio, dado que «en Cuba, aproximadamente el 50 % de los recursos humanos dedicados a la investigación científica están en las instituciones de educación superior del MES».

Se consideran como ministerios productivos (MP) aquellos que ejercen la supervisión de empresas encargadas de la producción de bienes y servicios. Aunque el país se encuentra en medio de un proceso para la descentralización de funciones y el otorgamiento de más facultades a las empresas estatales (PCC, 2011a), la influencia de los organismos centrales es aún determinante en la toma de decisiones en la esfera productiva. Algunos de los MP más importantes son: Ministerio de Industrias, Ministerio de la Agricultura, Ministerio del Turismo, Ministerio de Energía y Minas, etc.

Los ministerios sociales (MS) ejercen la actividad rectora de diferentes acciones de corte social clave para el SNI. Aunque estos tienen la posibilidad de generar ingresos a través de empresas subordinadas,⁷ el cumplimiento de su función social transcurre principalmente bajo el presupuesto del Estado. Los más importantes en esta categoría son: el Ministerio de Educación (MINED), el Ministerio de Salud Pública (MINSAP), el Ministerio del Trabajo y la Seguridad Social, el Ministerio de Cultura (MINCULT) y el Instituto Nacional de Educación Física y Recreación (INDER), entre otros.

⁷ Por ejemplo, el MINSAP cuenta con la Empresa de Insumos Médicos (INSUME), según aparece descrito en Wong, Zaldívar y Vera-Cruz (2015).

3.1.2. Sector productivo

La caracterización del sector productivo parte de los tipos de propiedad vigentes dentro de la economía, dado que la propiedad es un factor determinante en las formas de relacionarse de los actores, y en las normas vigentes para cada caso. A continuación se caracterizan las tres formas preponderantes:

- **EMPRESAS DE PROPIEDAD SOCIALISTA (EPS):** Pertenecen a todos los ciudadanos del país (PCC, 2016), aunque dependen plenamente de las decisiones emanadas de los organismos del Estado (ONEI, 2015). En el conjunto de EPS encontramos diferentes estructuras organizativas (organizaciones superiores de dirección empresarial,⁸ empresas estatales, unidades empresariales de base),⁹ las cuales determinan las características de su inserción en el sistema empresarial y la subordinación a las diferentes instancias del Gobierno.
- **EMPRESAS CON CAPITAL EXTRANJERO (ECE):** Asumen varias formas jurídicas reconocidas por las regulaciones vigentes. Estas empresas están asociadas principalmente al sector exportador de la economía nacional (por ejemplo, turismo) (ONEI, 2015). A diferencia de las economías de mercado, la contratación de fuerza de trabajo nacional está mediada por una empresa intermediaria pública que es una EPS, la cual negocia el suministro de la mano de obra y los salarios, entre otros aspectos. Las ECE pueden ser de propiedad mixta (entre el Gobierno cubano y el inversionista extranjero) o tener capital 100 % extranjero. Tanto en las EPS como en las empresas mixtas, siempre que exista representación sindical, está la posibilidad de contar con la presencia de «trabajadores innovadores», agrupados en la Asociación Nacional de Innovadores y Racionalizadores (ANIR). Estos trabajadores proponen pequeñas mejoras o soluciones a roturas de equipos a partir de su iniciativa, y como plantean

⁸ Las organizaciones superiores de dirección empresarial (OSDE) son grandes conglomerados de empresas estatales que disponen de mayor autonomía para la toma de decisiones y se subordinan al Consejo de Ministros o a su Comité Ejecutivo.

⁹ Las EE que no conforman las OSDE según su tamaño e importancia pueden tener una subordinación nacional (al ministerio correspondiente) o local (al Consejo de Administración Provincial o Municipal). Las EE pueden tener o no UEB subordinadas, presentes en una, varias o todas las provincias del país.

Núñez, Montalvo, Pérez, Fernández y García (2011), «su actividad dentro de las empresas maximiza el uso del conocimiento tácito y el despliegue de creatividad tecnológica» (p. 102).

- ORGANIZACIONES PRODUCTIVAS NO ESTATALES: Se caracterizan por desarrollar una pequeña actividad privada. Hay dos formas principales: las cooperativas (COOP) y el trabajo por cuenta propia (TCP). Estas organizaciones son autónomas frente al Gobierno y suministran bienes y servicios a los consumidores finales (personas físicas), las EPS y las ECE.

3.1.3. Sector académico

El sector académico provee los principales insumos de conocimiento al SNI. En el caso cubano, todas las entidades del sector académico son públicas y reciben financiamiento del presupuesto del Estado, con independencia del ministerio en el cual se inserten o de su capacidad para generar ingresos.

Las universidades (U) se integran en un sistema subordinado principalmente al MES, aunque también existen otros ministerios que cuentan con una universidad que provee educación especializada.¹⁰ Se distribuyen de forma relativamente homogénea en el territorio nacional, de forma que cada provincia dispone de su U, las cuales tienen en su estructura organizativa facultades responsables de la formación de los estudiantes (MES, 2016). Al mismo tiempo, muchos municipios del país tienen un centro universitario municipal (CUM).

Las U cuentan también con un sistema de centros de investigación universitarios (CIU) (pueden ser centros de estudio, centros de investigación u otras entidades de ciencia, tecnología e innovación), que permiten la generación de conocimientos tanto para ser empleados en la docencia como para ser introducidos en el sector productivo o en otras áreas de la economía. Hay un conjunto de centros de investigación que, por su tamaño o importancia socioeconómica, se subordinan directamente al MES (CI-MES). Entre estos se encuentran el Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA), el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), el Instituto de Ciencia Animal (ICA) (MES, 2016).

¹⁰ La tendencia más reciente ha sido hacia la concentración o «integración» de las universidades especializadas bajo la gestión del MES, como ha ocurrido con los institutos superiores pedagógicos.

Otros centros de investigación se subordinan al CITMA (CI-CITMA), y se distribuyen en las diferentes ramas de la ciencia. Están presentes en todo el territorio nacional, pero su mayor concentración ocurre en la capital del país (Redciencia, 2016). La subordinación puede ser directamente al ministerio o a algunas de las delegaciones provinciales del organismo, en dependencia de la importancia del centro y su ubicación geográfica. El CITMA es responsable de la asignación de los recursos materiales y financieros que requieren sus CI y aprueba los planes de estos.

3.1.4. Otros actores

Otros actores del sistema igualmente relevantes para su funcionamiento son:

- La Academia de Ciencias de Cuba (ACC), que es una «institución independiente adscrita al Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente» (CE, 1996) y, por su composición, desempeña un papel relevante como espacio de intercambio y debate.
- Actores que desempeñan el papel de intermediarios (INT) dentro del SIN; por ejemplo, las empresas consultoras que procesan acciones de transferencia de tecnologías desarrolladas en la universidad como el Centro Internacional de La Habana (CIH) o el IDICT (Instituto de Información Científico Técnica).
- La Oficina Cubana de Propiedad Industrial (OCPI), que es dependiente del CITMA y se encarga del registro de las diferentes formas de propiedad industrial.
- Los consumidores (CONS), entendidos como las personas físicas, crean una parte significativa de la demanda final de bienes y servicios.
- Un grupo de actores externos, como universidades extranjeras, oficinas de cooperación internacional, oficinas de patentes, etc., los que desempeñan diferentes funciones, tales como el desarrollo de proyectos internacionales, intercambios académicos, provisión de financiamiento complementario a la investigación o la protección de la propiedad intelectual cubana en el extranjero. Las exportaciones de bienes de alta tecnología (en particular del sector biotecnológico) representan una fuente importante de divisas internacionales para cerrar el ciclo de investigación-producción, mientras que en el exterior se

producen un conjunto significativo de insumos que demandan las actividades intensivas del conocimiento dentro del SNI.

3.2. La naturaleza de las interacciones entre la universidad y el sector productivo en Cuba

En esta sección se presenta la naturaleza de las interacciones U-SP desde la perspectiva de los diferentes actores.

3.2.1. La perspectiva de las universidades

Cuba cuenta con 22 universidades agrupadas en el MES, donde además se encuentran 33 CI, 88 centros de estudio y 123 CUM, en los cuales se concentran aproximadamente 18 mil profesores, de ellos 12 mil a tiempo completo (Cubadebate, 2013). El carácter público de la educación, coherente con el control estatal de las actividades productivas principales, ha creado en teoría condiciones ideales para que se establezcan relaciones de interacción virtuosas U-SP. Sin embargo, a pesar de la amplia variedad de interacciones entre ambas, los resultados no son homogéneos.

Como bien plantea Pino (2002), los planes de estudios de las carreras universitarias se han establecido en función de una inserción creciente de los estudiantes de los cursos regulares dentro de las empresas. No obstante, durante cierto período las especialidades en las cuales estos se formaban plantearon algunas limitaciones para la interacción con las empresas, lo cual se ha ido revirtiendo en los últimos años, dado el crecimiento del papel de las ciencias técnicas, naturales y matemáticas, agropecuarias y médicas.

Otra dimensión importante es la distribución territorial de las U. La existencia de al menos una universidad en cada provincia del país, las cuales tienen CUM subordinados, facilita las interacciones con las empresas ubicadas en todo el territorio nacional. Para los centros de educación superior, estos espacios anteriormente llamados Sedes Universitarias Municipales,

ofrecen nuevas oportunidades de poner los conocimientos al servicio de la solución de los problemas territoriales, creando un nuevo actor colectivo, potencialmente volcado a la innovación, capaz de favorecer la creación de competencias para la asimilación/creación de tecnologías y conocimientos de significación social, siempre en vínculo con los restantes actores del territorio (políticos, administrativos, educativos) (Núñez y Pérez, 2007, pp. 168-169).

Desde la perspectiva de las U, hay varias motivaciones para establecer y mantener vínculos con el sector empresarial en materia de desarrollo de nuevas tecnologías, entre las que se encuentran: 1) la mejoría de la calidad de las investigaciones, 2) la satisfacción espiritual del personal al saber que contribuye a el avance de la sociedad, 3) las posibilidades de aplicar los conocimientos manejados en las aulas o generados en los laboratorios, y 4) los reiterados llamados del Gobierno a fomentar esas interacciones, facilitadas por la orientación de algunos centros al cierre del ciclo investigación-producción (fuente: entrevista).

Sin embargo, tal parece que la motivación principal para establecer dichas relaciones entre U y empresas constituye la posibilidad de obtener recursos económicos extras. Para ello, los colectivos de profesores-investigadores están comprometidos con la generación de tecnologías que puedan comercializarse y convertirse en innovaciones (fuente: entrevista).

Según Pino (2002), las direcciones de trabajo en las cuales las U inician proyectos de investigación se determinan según las siguientes fuentes: 1) solicitudes de organizaciones empresariales; 2) solicitudes de órganos del Gobierno; 3) resultados de estudios e investigaciones previas, y 4) la necesidad de desarrollo de las disciplinas científicas. No obstante, en muchas ocasiones, las invenciones generadas en las U no llegan a ser transferidas con efectividad al sector productivo. Una causa común es que aun existiendo la demanda, las empresas dentro del SNI carecen de las capacidades de absorción para asimilar el conocimiento creado en las instituciones de educación superior (Andrés, Echeverría y García, 2015), por lo que la demanda insatisfecha se mantiene, o la misma universidad asume funciones productivas. En otras ocasiones, lo que ocurre es que los propios centros de investigación universitarios prefieren transitar a un esquema de producción en cooperación con las empresas (Rodríguez-Fuentes *et al.*, 2015).

Las U, al convertir en innovaciones sus propios desarrollos tecnológicos, cierran el ciclo desde la generación de conocimiento hasta la comercialización de los productos finales (fundamentalmente a empresas). Estas actividades han generado una discusión sobre el carácter emprendedor y desarrollista de la universidad cubana, involucrada directamente en una función de producción que en las economías de mercado corresponde a las empresas. Al respecto, se han acumulado argumentos a favor y en contra de dichas actividades, aunque no caben dudas de que esta es una forma de vinculación de la universidad –no

muy común a nivel internacional— con un alto impacto en el sector productivo (Andrés, Echeverría y García, 2015; Blanco, Suárez y Ojeda, 2015; Hernández, Suárez y Hernández, 2015; Suárez y Martín, 2015; Wong, Zaldívar y Vera-Cruz, 2015 y Álvarez, Corona y Natera, 2015).

3.2.2. La perspectiva de las empresas

En 2014 el país contaba con 1 992 empresas, 229 sociedades mercantiles, 5 506 cooperativas y 2 297 unidades presupuestadas, para llegar a un total de 10 024 entidades productivas, administrativas y de servicios (ONEI, 2015).

El entorno donde se desenvuelven estas organizaciones es realmente complejo. El sector productivo cubano aún no se recupera completamente de los efectos provocados por el derrumbe de la URSS a inicios de la década de los noventa, a lo cual se suma la aplicación del bloqueo económico, comercial, financiero y tecnológico impuesto por los Estados Unidos a la Isla desde hace más de cinco décadas. A partir de ambos condicionantes, ha habido reducido espacio para el cambio estructural. En términos de evolución del PIB, «las empresas cubanas se desenvuelven en una economía que en los últimos cuatro años ha crecido como promedio alrededor de un 2 % (a precios de 1997), donde la formación bruta del capital continúa siendo baja, entre un 10 y un 11 %» (Díaz, 2016).

Sin embargo, a pesar de un entorno macroeconómico no tan favorable, diversas EPS tienen plataformas innovadoras, para lo cual la vinculación con las universidades constituye un motor impulsor. No obstante, otras reducen los alcances de su gestión administrativa al cumplimiento de los planes que les son asignados (fuente: entrevista).

Aunque no puedan hacerse generalizaciones, uno de los problemas con los cuales se debe lidiar en el terreno de la cultura organizacional presente en muchas EPS, e incluso en empresas mixtas, es la aversión al riesgo, pues «ni la empresa asume riesgos ni estimula la mejora; no se aceptan los errores, ni se reconocen los criterios diferentes, lo cual se considera una señal de la no existencia de estímulos para la innovación» (Díaz, 2013).

Otro punto álgido en el relacionamiento de las empresas con la educación superior, pero también con el resto de la infraestructura científica nacional, es el financiamiento. Esto se debe, entre otros factores, a los engorrosos procesos burocráticos a los cuales deben someterse las empresas para la aprobación de las inversiones —recordar que en comparación con otros países de la región, la formación bruta de capital fijo se encuentra entre las más bajas de América Latina (CEPAL, 2016)—, así

como a la escasez de divisas internacionales, con las cuales sufragar las importaciones de los insumos necesarios.

El resultado de estas limitantes es el reducido aporte empresarial a las actividades de I+D, el cual en dólares corrientes de 2014 representó el 29.95 % del total, mientras que el año anterior había sido del 14.99 % (RICYT, 2016). De forma similar al financiamiento, los mecanismos institucionales también obstaculizan la donación de equipos a las universidades o la contratación de personal académico para realizar actividades de colaboración y asesoría.

Por otro lado, el sector no estatal emergente (TCP y COOP), aunque pudiera ser un demandante de innovaciones provenientes de las universidades, en la actualidad se encuentra restringido principalmente a un conjunto de actividades con bajo valor agregado y, en consecuencia, es incapaz de absorber tecnologías provenientes de la educación superior.

A pesar de las dificultades, existe un grupo de casos exitosos de vinculación entre las empresas y las universidades. En un primer nivel, se ubican aquellos casos en los cuales las empresas crean canales para la comercialización de bienes y servicios elaborados a partir de las investigaciones desarrolladas por profesores e investigadores, y se convierten en clientes de las universidades (por ejemplo, la experiencia del CEAT), con beneficios para ambos y para la economía en su conjunto. En un segundo nivel, se ubican los casos donde se han efectuado procesos de transferencia de tecnología exitosos (por ejemplo, en el IMRE de la Universidad de La Habana, a partir del proyecto de uso de la terapia luminosa), y en un tercer nivel, aquellos donde se han logrado innovaciones a partir de proyectos conjuntos (por ejemplo, el IMRE, con la experiencia de la zeolita). La existencia de estos casos destaca el potencial que aún se esconde en las interacciones U-SP para el fortalecimiento del SNI cubano.

4. Estudio de experiencias de vinculación universidad-sector productivo en Cuba

Como parte de la evidencia empírica utilizada para la elaboración de los fundamentos del modelo, se realizó el estudio de cinco experiencias de vinculación, dos de las cuales pertenecen a la Universidad de La Habana, dos a la Universidad de Matanzas y una al Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría. La descripción de estos casos se basa en trabajos realizados por diferentes autores que, en general, tienen una relación laboral directa con los centros de investigación estudiados, algunas veces participando directamente en las innovaciones descritas.

La tabla 2 refleja una lectura de los trabajos con un lente diferente al usado por los autores, puesto que aquí se busca caracterizar a los actores de acuerdo a sus funciones dentro del SNI y a las capacidades

Tabla 2. Actores, funciones, capacidades y canales de vinculación presentes en las experiencias de innovación estudiadas

TIPO DE ACTORES	ACTORES	FUNCIONES
BIOMAT		
Gobierno	Gobierno central	<ul style="list-style-type: none"> • Formular la demanda. • Proveer los recursos para iniciar el trabajo del centro. • Establecer las regulaciones.
	MINSAP	<ul style="list-style-type: none"> • Aprobar la utilización del producto. • Determinar la cantidad demandada.
Empresas	NEURONIC S. A.	<ul style="list-style-type: none"> • Exportar el producto.
	INSUME	<ul style="list-style-type: none"> • Demandar el producto.
Universidad	Universidad de La Habana	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar las actividades de I+D. • Producir. • Comercializar el producto.
	UCMH	<ul style="list-style-type: none"> • Transferir conocimiento.
	ISPJAE	<ul style="list-style-type: none"> • Transferir conocimiento.
Sector externo	Empresas y centros de salud	<ul style="list-style-type: none"> • Demandar el producto. • Suministrar insumos.
Usuario final	Sistema nacional de salud pública	<ul style="list-style-type: none"> • Demandar el producto.
IMRE		
Gobierno	Gobierno central	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar la demanda.
	CCEEM	<ul style="list-style-type: none"> • Registro del producto.
Empresas	Empresa de Servicios y Aseguramiento a la Calidad	<ul style="list-style-type: none"> • Producir. • Comercializar el producto.
Universidad	Universidad de La Habana	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar las actividades de I+D. • Producir. • Transferir conocimiento. • Comercializar el producto.
Usuario final	Sistema nacional de salud pública	<ul style="list-style-type: none"> • Estudios clínicos. • Demandar el producto.

que emplean para realizarlas, con la finalidad de sentar los fundamentos de un modelo ABM. De forma similar, el gráfico 2 contiene una representación de estas cinco experiencias.

CAPACIDADES	CANALES DE VINCULACIÓN
<ul style="list-style-type: none"> • Identificación de la demanda • Financiamiento • Regulación 	
<ul style="list-style-type: none"> • Regulación • Identificación de la demanda 	
<ul style="list-style-type: none"> • Vinculación • Comercialización 	Canal de servicios
<ul style="list-style-type: none"> • Demanda 	Canal comercial
<ul style="list-style-type: none"> • Identificación de la demanda • Investigación • Producción • Financiamiento • Vinculación • Comercialización 	Canal tradicional
<ul style="list-style-type: none"> • Vinculación 	
<ul style="list-style-type: none"> • Vinculación 	
<ul style="list-style-type: none"> • Demanda • Producción 	
<ul style="list-style-type: none"> • Demanda 	
<ul style="list-style-type: none"> • Demanda 	
<ul style="list-style-type: none"> • Regulación 	
<ul style="list-style-type: none"> • Producción • Vinculación • Comercialización 	Canal comercial
	Canal bidireccional
<ul style="list-style-type: none"> • Investigación • Producción • Vinculación • Comercialización 	Canal de servicios
	Canal tradicional
<ul style="list-style-type: none"> • Demanda 	

Tabla 2. Actores, funciones, capacidades y canales de vinculación presentes en las experiencias (continuación)

TIPO DE ACTORES	ACTORES	FUNCIONES
IMRE-LIZ		
Gobierno	Gobierno central	<ul style="list-style-type: none"> • Formular la demanda. • Proveer los recursos para iniciar el trabajo del centro. • Establecer las regulaciones.
Empresas	Comercializadora Internacional de Minerales Técnicos S. A.	<ul style="list-style-type: none"> • Exportar el producto.
	OIBS	<ul style="list-style-type: none"> • Producir. • Vinculación para producir.
	PROVARIS	<ul style="list-style-type: none"> • Producir. • Vinculación para producir.
	Otras empresas	<ul style="list-style-type: none"> • Demandar
Universidad	Universidad de La Habana	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar las actividades de I+D. • Producir. • Transferir conocimiento. • Comercializar el producto.
	Otras universidades y centros de investigación	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar las actividades de I+D. • Transferir conocimiento.
Sector externo	Empresas y centros de salud	<ul style="list-style-type: none"> • Demandar el producto. • Consumir el producto.
	Universidades y centros de investigación	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar actividades de I+D.
Usuario final	Empresas y población	<ul style="list-style-type: none"> • Consumir el producto.
CIPEL		
Gobierno	Gobierno central	<ul style="list-style-type: none"> • Formular demanda.
Empresas	UNE	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar demanda • Formular demanda. • Producción. • Implementar las mejoras e innovaciones.
Universidad	Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar las actividades de I+D. • Transferir conocimiento.
Usuario final	Sistema electroenergético nacional	<ul style="list-style-type: none"> • Incorporar las mejoras e innovaciones.

CAPACIDADES	CANALES DE VINCULACIÓN
<ul style="list-style-type: none"> • Identificación de la demanda • Financiamiento 	
<ul style="list-style-type: none"> • Vinculación • Comercialización 	
<ul style="list-style-type: none"> • Producción • Vinculación • Comercialización 	
<ul style="list-style-type: none"> • Producción • Vinculación • Comercialización 	Canal bidireccional
<ul style="list-style-type: none"> • Demanda 	Canal comercial
<ul style="list-style-type: none"> • Investigación • Producción • Vinculación • Comercialización • Transferencia de tecnología 	Canal tradicional
<ul style="list-style-type: none"> • Investigación • Vinculación 	
<ul style="list-style-type: none"> • Demanda • Transferencia de tecnología 	
<ul style="list-style-type: none"> • Investigación • Vinculación 	
<ul style="list-style-type: none"> • Demanda 	
<ul style="list-style-type: none"> • Demanda 	
<ul style="list-style-type: none"> • Identificación de la demanda • Demanda • Producción • Vinculación 	Canal bidireccional
<ul style="list-style-type: none"> • Investigación • Vinculación 	Canal tradicional
<ul style="list-style-type: none"> • Demanda 	

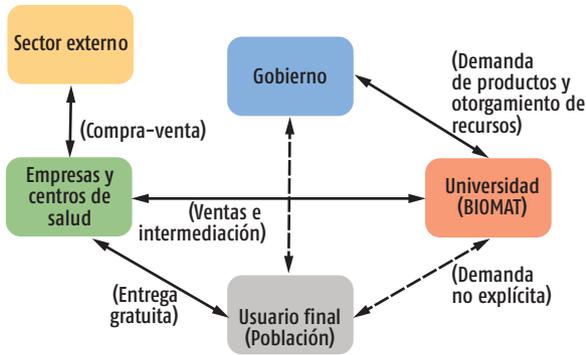
Tabla 2. Actores, funciones, capacidades y canales de vinculación presentes en las experiencias (continuación)

TIPO DE ACTORES	ACTORES	FUNCIONES
CEAT		
Gobierno	Gobierno central	Identifica la demanda. Proveer los recursos para iniciar el trabajo del centro.
Universidad	Universidad de Matanzas	Realizar las actividades de I+D. Producir. Comercializar el producto.
Empresas	Diferentes empresas	Demandar el producto. Financiar producción. Consumir el producto.
Sector externo	Diferentes agentes	Producir insumos.
EElH		
Gobierno	Gobierno central.	Formular la demanda. Proveer los recursos para el trabajo del centro.
Empresas	Varadero Golf Club	Transferencia de conocimientos. Demandar
	Otras empresas	Demanda. Transferencia de conocimientos.
	Cooperativas	Demanda. Transferencia de conocimientos. Pruebas de la efectividad del producto.
Universidad	Universidad de Matanzas	Realizar las actividades de I+D. Producir. Comercializar el producto.
Sector externo	Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE).	Proveer recursos para el trabajo del centro. Transferencia de conocimientos.
	Productores agrícolas	Demandar los productos.
Usuario final	Campesinos	Demandar los productos.

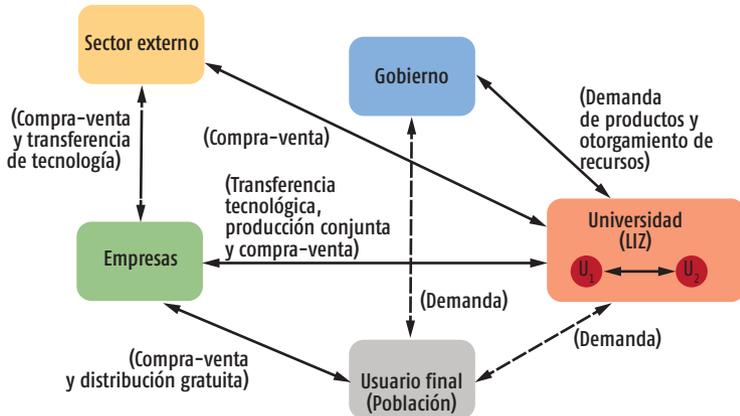
Fuente: elaboración propia a partir de Andrés, Echeverría y García (2015); Blanco, Suárez y Ojeda (2015); Castro *et al.* (2015); Hernández, Suárez y Hernández (2015); Rodríguez *et al.* (2015); Purón, Acevedo y Torres (2015); Wong, Zaldivar y Vera-Cruz, (2015); Álvarez, Corona y Natera (2015); y Andrés (2016).

CAPACIDADES	CANALES DE VINCULACIÓN
Identificación de la demanda Financiamiento	Canal comercial
Investigación Producción Vinculación Comercialización	Canal de servicios
Demanda Financiamiento Vinculación	Canal bidireccional
Producción	Canal tradicional
Identificación de la demanda Financiamiento	Canal bidireccional
Demanda Vinculación	Canal de servicios
Demanda Vinculación	Canal tradicional
Demanda Vinculación	
Investigación Producción Vinculación Comercialización	
Financiamiento Vinculación	
Vinculación	
Demanda	

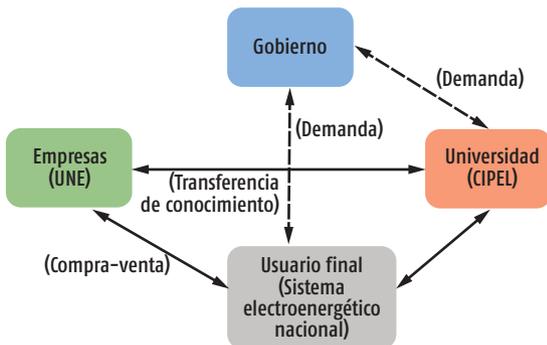
a. BIOMAT



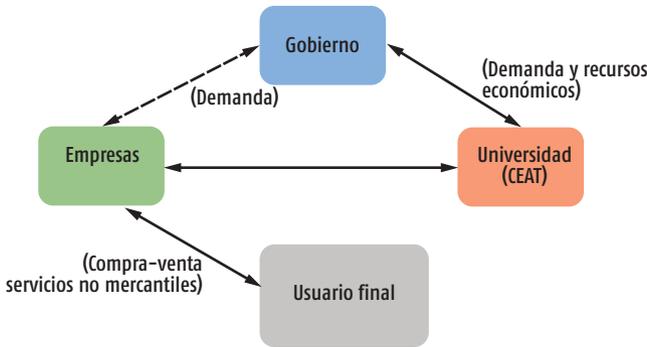
b. IMRE



c. CIPEL



d. CEAT



e. EEIH

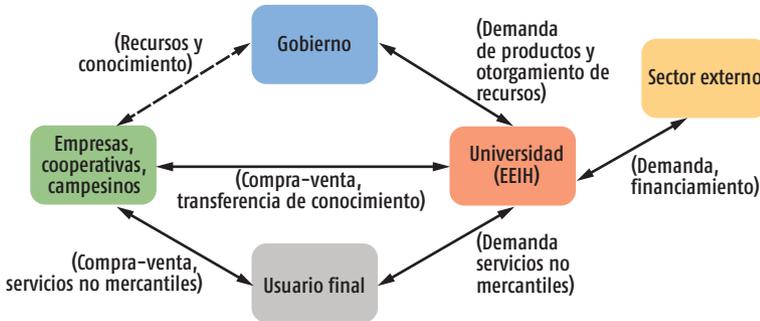


Gráfico 2. Agentes y relaciones estilizados en las experiencias de innovación estudiadas.

5. Elementos para construir un modelo ABM

A continuación, se presentan los agentes, los elementos necesarios para su caracterización, el proceso de toma de decisiones dentro del modelo y la dinámica de interacciones que se propone.

5.1. Los agentes

A partir del análisis de los actores presentes en el SNI desarrollado en la sección anterior, las interacciones que recoge la literatura sobre la vinculación en Cuba, y las interacciones que se han observado en los casos descritos, los agentes que deben participar en el modelo son:

1. GOBIERNO: Incluye a las oficinas gubernamentales encargadas de la regulación del sistema y de la distribución de los recursos del Estado, por lo que en consecuencia puede conocer

en un momento dado el estado de las capacidades del resto de los agentes del modelo que se le subordinan (empresas y universidades). Entre las capacidades del Gobierno se encuentran las de identificar la demanda y financiar las actividades de producción e investigación.

2. **EMPRESA:** El conjunto de empresas conforma el sector productivo, donde además se encuentran los establecimientos que brindan servicios sociales en el país (hospitales, escuelas, etc.), aunque entre estos y el consumidor final no medie una relación de mercado. En consecuencia, las unidades del sector productivo se encargan, dentro del modelo, principalmente de la producción de bienes y la provisión de servicios, aunque también poseen capacidades para demandar, identificar la demanda, financiar, vincularse y transferir tecnología.
3. **UNIVERSIDAD:** A la universidad se han incorporado los centros de investigación universitarios. En diferentes grados, posee capacidades para identificar la demanda, financiar, investigar, producir, vincularse y transferir tecnología. La universidad es la principal responsable de la generación del conocimiento dentro del modelo. Una característica relevante de este SNI es que las universidades posean capacidades empresariales, las cuales van siendo adquiridas o modificadas a partir de los procesos de aprendizaje que se generan con la interacción con otros agentes del modelo.
4. **AGENTE EXTERNO:** Representa las empresas extranjeras que demandan bienes y servicios producidos por los agentes de la economía, así como las agencias de cooperación internacional que financian proyectos de investigación y desarrollo. Genera una demanda de exportaciones, a la vez que posee la capacidad de financiar proyectos de investigación, producir insumos para el SNI, vincularse y recibir transferencias de tecnología.
5. **USUARIO FINAL:** Representa a la población, la cual genera el componente principal de la demanda. Las necesidades de los usuarios finales son satisfechas directamente por las empresas, donde pueden mediar relaciones de mercado o no.

Estos agentes están insertos en un ambiente que representa el SNI cubano, a partir del cual surgen las necesidades sociales, las cuales se convierten en la demanda que activa la dinámica del modelo.

5.2. Elementos necesarios para la caracterización de los agentes

A cada agente del modelo le corresponde un *kene*. Si bien en el modelo de Triulzi, Pyka y Scholz (2014), el *kene* se refiere específicamente a la dimensión del conocimiento, se propone ampliar su uso para incorporar otras capacidades presentes en los agentes identificados. Un resumen con algunas de las principales capacidades de los actores, en cada una de las experiencias de innovación estudiadas, se muestra en la tabla 3.

En correspondencia con dicha tabla, el vector que contiene las capacidades de los agentes incluye ocho variables. Estas son: generación de la demanda (D); identificación de la demanda (M); financiamiento (F); investigación (I); producción (P); vinculación (V) comercialización (C) y transferencia de tecnología (T). Otras capacidades presentes en los casos estudiados, como la de regulación, no se incorporaron en la propuesta considerando que no desempeñaron un papel significativo en las relaciones de vinculación.

Siguiendo a Lall (1992), las capacidades descritas se consideran tanto desde el punto de vista de las habilidades de los agentes (*capabilities*) como de sus capacidades físicas (*capacity*). En consecuencia, pudieran definirse de la siguiente forma:

1. CAPACIDADES DE GENERACIÓN DE LA DEMANDA (D): Capacidades para ejercer la demanda de bienes y servicios que pueden ser nuevos para el SNI o no.
2. CAPACIDADES DE IDENTIFICACIÓN DE LA DEMANDA (M): Permiten detectar el tipo de bienes o servicios que son demandados por los agentes, así como las cantidades que puede absorber el mercado. Estas capacidades contribuyen a la expansión del *stock* de conocimientos del agente.
3. CAPACIDADES DE FINANCIAMIENTO (F): Permiten decidir sobre el financiamiento a las actividades de producción e investigación. Estas capacidades implican la existencia de un *stock* de recursos financieros y contribuyen a su expansión.
4. CAPACIDADES DE INVESTIGACIÓN (I): Permiten emprender proyectos de I+D, ya sea de forma aislada o a partir de las interacciones con otros agentes. Implican la existencia de facilidades de investigación.
5. CAPACIDADES DE PRODUCCIÓN (P): Permiten la elaboración de bienes y el suministro de servicios. Estas capacidades implican la existencia de facilidades productivas (*capacity*).

Tabla 3. Resumen de las capacidades presentes en las experiencias de innovación estudiadas

Agente	Capacidades							
	Generación de demanda	Identificación de demanda	Financiamiento	Investigación	Producción	Vinculación	Comercialización	Transferencia de tecnología
Gobierno								
Empresa								
Universidad								
Agente externo								
Usuario final								

LEYENDA

- BIOMAT
- IMRE
- CIPEL
- CEAT
- EEIH

6. CAPACIDADES DE VINCULACIÓN (V): Permiten establecer relaciones entre los agentes (con el objetivo de investigar, producir, financiar o transferir tecnología). Suponen la existencia de condiciones organizacionales en los agentes para viabilizar la vinculación (oficinas de transferencia de tecnología, gestión de la innovación, etc.).
7. CAPACIDADES DE COMERCIALIZACIÓN: Permiten establecer nexos entre los agentes productores y los usuarios finales. Suponen la existencia de las condiciones organizacionales en los agentes para una comercialización efectiva (oficinas de representación comercial, puntos de venta minorista, etc.).
8. CAPACIDADES PARA TRANSFERIR TECNOLOGÍA (T): Permiten realizar procesos exitosos de transferencia de tecnología, con beneficios para las partes involucradas. Suponen la protección de la propiedad intelectual sobre el conocimiento que se transfiere.

Al incorporar al modelo las capacidades identificadas, la configuración de cada *kene* se pudiera representar gráficamente de la siguiente forma, para n cantidad de agentes presentes en el modelo (gráfico 3):

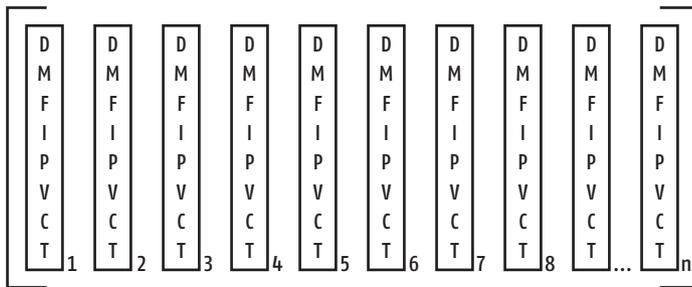


Gráfico 3. Propuesta para la representación de los *kenes*.

La configuración del ABM en términos cuantitativos permite asignar valores enteros, entre cierto rango, a las diferentes capacidades presentes en el *kene*, y variarlas en función de las interacciones que ocurren dentro del modelo. Sin embargo, a los efectos de la presente formulación inicial, se considera suficiente identificar si dichas capacidades son altas, medias o bajas o nulas.¹¹ La asignación de una

¹¹ En el caso de que las capacidades de los agentes sean muy bajas o nulas no se describirán en el modelo y, en consecuencia, no se les asigna valor.

evaluación sobre el nivel de estas capacidades se realiza a partir de la caracterización del SNI (sección 3) y de las capacidades reflejadas en las experiencias de innovación descritas (sección 4). En correspondencia con esto, se elaboró la tabla 4, que resume la asignación promedio de capacidades para cada tipo de agente.

La ponderación para cada tipo de agente toma en cuenta los siguientes elementos:

GOBIERNO:

- Capacidades altas de identificación de la demanda, considerando las múltiples interacciones que tiene con el usuario final. En las experiencias estudiadas, el Gobierno desempeñó un papel importante como intermediario entre las necesidades de los usuarios finales y la activación de procesos de investigación en las universidades para satisfacerlas.
- Capacidades altas de financiamiento, en función del control que ejerce sobre el sistema monetario-financiero del país y la posibilidad de distribuir con estos fines una parte del presupuesto del Estado. En las experiencias estudiadas, el uso de estas capacidades para financiar permitió el inicio de la actividad de centros de investigación como el CEAT (Andrés, Echeverría y García, 2015) o el desarrollo de tecnologías como la ingeniería de zeolita natural en el IMRE-LIZ (Rodríguez-Fuentes *et al.*, 2015).

EMPRESA:

- Capacidades altas de identificación de la demanda, considerando las múltiples interacciones que tiene con los usuarios

Tabla 4. Capacidades presentes en los agentes

AGENTE	CAPACIDAD		
	DEMANDAR	IDENTIFICAR LA DEMANDA	FINANCIAR
Gobierno		Alta	Alta
Empresa	Media	Alta	Alta
Universidad		Media	Media-Baja
Agente externo	Media-Baja		Media
Usuario Final	Alta		

finales en sus canales de distribución (a través de relaciones de mercado o por la provisión de servicios no mercantiles).

- Capacidades medias de identificación de la demanda, tomando en consideración que la demanda total incluye la de bienes intermedios y solo una fracción de la de bienes finales. En las experiencias estudiadas la demanda de las empresas constituyó una fuente importante de demanda para las universidades, como en el caso del CIPEL (Castro *et al.*, 2015) o el CEAT (Andrés, Echeverría y García, 2015).
- Capacidades altas de financiamiento, por su función como creadora de valor en la economía. Por ejemplo, en el caso del CEAT, las empresas suministran las divisas para las importaciones (Andrés, Echeverría y García, 2015) y en el del IMRE-LIZ aportan los recursos financieros para la producción cooperada (Rodríguez-Fuentes *et al.*, 2015).
- Capacidades de investigación en un rango entre capacidades medias y bajas, considerando el tamaño de las empresas en Cuba, las restricciones de la planificación y la trayectoria seguida por el sistema empresarial cubano en cuanto al gasto empresarial en I+D (véase gráfico 4).
- Capacidades altas de producción, dado que esta es la principal función social para este tipo de agentes.
- Capacidades medias de vinculación, tomando en cuenta que para esto se requieren estructuras organizacionales específicas que no están presentes en todas las empresas. No obstante, como pudo constatarse en las experiencias de innovación, las empresas se vincularon para comercializar (BIOMAT, IMRE), producir bienes (IMRE), transferir tecnología (IMRE) (Wong, Zaldívar y Vera-Cruz, 2015; Purón, Acevedo y Torres, 2015; Rodríguez-Fuentes *et al.*, 2015).

INVESTIGAR	PRODUCIR	VINCULAR	COMERCIALIZAR	TRANSFERIR TECNOLOGÍA
Media-Baja	Alta	Media	Alta	Media
Alta	Baja	Alta-Media	Media	Alta-Media
	Media	Media		Media

- Capacidades de comercialización altas, ya que estas disponen de las estructuras organizativas idóneas para satisfacer la demanda de los usuarios finales dentro del país y fuera de este. De esta forma, se establecieron alianzas para comercializar entre la universidad y las empresas en los casos de BIOMAT e IMRE (Wong, Zaldívar y Vera-Cruz, 2015; Rodríguez-Fuentes *et al.*, 2015).
- Capacidades medias de transferencia de tecnología, considerando que para esto se requieren estructuras organizacionales específicas que no están presentes en todas las empresas.

UNIVERSIDAD:

- Capacidades medias de identificación de la demanda, considerando que las interacciones están limitadas a grupos sociales específicos o a empresas con las que se tienen mecanismos de vinculación.
- Capacidades de financiamiento medias o bajas, tomando en cuenta que los centros de educación superior en ocasiones tienen las posibilidades de financiar proyectos completos por su propia cuenta, mientras que en otras no disponen de todos los recursos para ello. Es por esta causa que centros como la EEIH requieren acceder a financiamiento gubernamental o de agencias extranjeras para financiar algunos proyectos (Hernández, Suárez y Hernández, 2015).
- Capacidades altas de investigación, ya que esa es una de las principales misiones de la universidad. En todas las experiencias de innovación estudiadas se puso de manifiesto las capacidades para la investigación y el desarrollo de nuevos productos y servicios.
- Capacidades bajas o medias de producción, dado que poseen plantas pilotos que le permiten obtener productos en pequeña escala para hacer ensayos y pruebas. Como es el caso del IMRE-LIZ (Rodríguez-Fuentes *et al.*, 2015), que debió pasar a un esquema de producción cooperada para poder satisfacer la demanda, o del CIPEL, que requiere transferir las tecnologías que desarrolla (Castro *et al.*, 2015). No obstante, hay centros como CEAT y BIOMAT que son capaces de satisfacer la demanda actual con su producción.

- Capacidades altas o medias de vinculación, dado que muchas veces se dispone de las estructuras organizacionales específicas para ello y de las motivaciones necesarias, aunque también el ejercicio de otras funciones universitarias, como la docencia, le resta prioridad a la vinculación. Por ejemplo, en la Universidad de La Habana existe una OTRI que facilita las relaciones con las empresas nacionales, como pudo verse en las experiencias de BIOMAT e IMRE (Wong, Zaldívar y Vera-Cruz, 2015; Rodríguez-Fuentes *et al.*, 2015; Purón, Acevedo y Torres, 2015). Adicionalmente, en las cinco experiencias estudiadas los centros de investigación se vincularon de una forma u otra con el sector productivo.
- Capacidades medias de comercialización, ya que las universidades pueden vender sus productos en el mercado nacional, pero carecen de las estructuras idóneas para esto, y para la satisfacción de las demandas del mercado externo necesitan la intermediación de una empresa con autorización para exportar. Es el caso de BIOMAT, que para comercializar sus productos en el mercado doméstico lo hace a través de los contratos entre la OTRI e INSUME, mientras que para exportar requiere de la intermediación de la empresa NEURONIC S. A. (Wong, Zaldívar y Vera-Cruz, 2015).
- Capacidades altas o medias de transferencia de tecnología, tomando en cuenta que muchas veces se dispone de las estructuras organizacionales específicas para ello, aunque se prefieran seguir otras opciones antes de transferir tecnología. Es el caso del IMRE y la transferencia de tecnologías que ocurrió en la experiencia de la tecnología de zeolita natural, donde, ante la imposibilidad de satisfacer la demanda externa, se decidió facilitarle a la empresa extranjera las posibilidades de producción.

AGENTE EXTERNO:

- Capacidades medias o bajas de generación de demanda, tomando en cuenta que a pesar de que pueda tener la solvencia necesaria, los productos innovadores en la economía no cuentan con los mecanismos de mercadotecnia necesarios para generar un gran volumen de demanda externa. Es por ello que varios

de los productos innovadores de las experiencias estudiadas, aunque tienen una capacidad elevada para competir en el mercado internacional (BIOMAT, IMRE-LIZ), no disponen de una demanda estable y creciente fuera del país (Wong, Zaldívar, y Vera-Cruz, 2015; Rodríguez-Fuentes *et al.*, 2015).

- Capacidades de financiamiento medias, considerando que los agentes externos disponen de mecanismos especializados para financiar proyectos de innovación, pero por las regulaciones internas no son capaces de financiar totalmente un proyecto (siempre habrá aporte de recursos nacionales, por ejemplo, para los salarios de los profesores-investigadores). Este ha sido el caso de la EEIH, donde la agencia de cooperación internacional involucrada facilitó un importante apoyo financiero para la investigación, pero no todos los recursos empleados en el proyecto (Blanco, Suárez y Ojeda, 2015).
- Capacidades medias de producción, tomando en cuenta que los bienes elaborados por estos agentes requieren ser importados, a lo cual se aplica una restricción en función del acceso a divisas internacionales obtenidas a partir de las exportaciones (restricción de la balanza de pagos). Las empresas nacionales y las universidades requieren de asignaciones específicas de divisas (certificados de liquidez) para importar bienes y servicios, desde actores fuera del territorio nacional que operan en moneda extranjera. Aun así, como se pudo constatar en las experiencias del CEAT y el IMRE, estos insumos son fundamentales para la producción interna (Andrés, Echeverría y García, 2015, y Rodríguez-Fuentes *et al.*, 2015).
- Capacidades medias de vinculación, pues si bien pueden disponer de las condiciones y recursos para la vinculación, las barreras geográficas e institucionales obstaculizan el proceso. En las experiencias del IMRE se plantea la vinculación con un agente externo para investigar (Rodríguez-Fuentes, Santiago, Rodríguez-Iznaga, Camejo y Núñez, 2015), mientras que en el caso de la EEIH hay referencias al establecimiento de relaciones de vinculación para suministrar financiamiento y apoyar en el desarrollo de los nuevos productos (Blanco, Suárez y Ojeda, 2015).
- Capacidades medias de transferencia de tecnología, dado que, si bien se puede disponer de las condiciones y recursos para

la transferencia de tecnología, las barreras geográficas obstaculizan el proceso. A pesar de esto la experiencia del IMRE ejemplifica un caso de transferencia de tecnología (Rodríguez-Fuentes *et al.*, 2015).

USUARIO FINAL:

- Capacidades altas de generación de demanda, considerando que constituyen la gran masa de consumidores (no empresas) de la economía.

5.3. Comportamiento de los agentes y los procesos de toma de decisiones

El modelo va representar la heterogeneidad en las capacidades de los agentes. En consecuencia, la configuración de estas capacidades va a ser diferente para cada tipo de agente: Gobierno (capacidad de identificar la demanda y de financiar), universidad (capacidad de identificar la demanda, financiar, investigar, producir, vincular, comercializar y transferir tecnología), empresa (capacidad de demandar, identificar la demanda, financiar, investigar, producir, vincular, comercializar y transferir tecnología), agente externo (capacidad de demandar, financiar, producir, vincular y transferir tecnología) y usuario final (capacidad de demandar). Mientras, dentro de cada categoría se asignan valores diferentes a los agentes, dentro de los rangos planteados en la tabla 4. Esta heterogeneidad impulsa las interacciones entre agentes en busca de complementariedades con vista a obtener resultados que, de otra forma, no pudieran lograr (Ruiz, 2015).

En este trabajo, esos resultados, en última instancia, serían la satisfacción de las necesidades sociales. Para esto, los agentes tienen que tomar un conjunto de decisiones que los lleven desde el surgimiento de la necesidad hasta la producción de bienes y servicios ajustados a las características de la demanda emitida por los consumidores y su comercialización o distribución.

Tal como en el modelo de Ruiz (2015), la demanda surge del ambiente en el cual se insertan los agentes, en este caso el SNI hace surgir la demanda, pero esta aparece como un vector que sintetiza la capacidad de demanda de los agentes. Para ese proceso, los agentes disponen de un conjunto de capacidades (en el sentido que se emplea el término *capabilities*), que les permiten tomar las decisiones que dinamizan el modelo. Estas se ajustan a los principios de racionalidad limitada

(Simon, 1959; 1991), empleados usualmente en este tipo de modelación (Ruiz, 2015). Varias son las fuentes de dicha racionalidad limitada, pero quizás las más importantes surjan del carácter probabilístico de algunos componentes del sistema, tales como el surgimiento de la necesidad social, la ocurrencia de una invención y la posibilidad de encontrar un agente complementario para establecer una alianza. Por otra parte, la existencia de las capacidades supone la de posibilidades materiales para respaldarlas; es decir, poseer capacidades productivas implica tanto el conocimiento y la experiencia para producir como las instalaciones necesarias para emprender el proceso productivo.

En correspondencia con la dinámica observada en la exploración hecha a través de los estudios de caso y las entrevistas, las capacidades de los agentes no son estáticas; pueden variar a lo largo del tiempo en función de las propias exigencias del modelo (por ejemplo, reflejando el desgaste de los equipos) y las decisiones adoptadas por los agentes (por ejemplo, para invertir en un nuevo proyecto de I+D). Este hecho, nos revela la existencia de procesos de aprendizaje y co-evolución (Triulzi, Pyka y Scholz, 2014; Ruiz, 2015).

Como regla, en los rangos de valores establecidos dentro de la simulación, las capacidades que sean utilizadas por parte del agente en el modelo tenderán a irse incrementando, mientras que aquellas que no lo sean tenderán a ir disminuyendo. Esto último reflejaría la otra dimensión del asunto, que son los procesos de des-aprendizaje por la no utilización de capacidades (Dutrénit, 2000; Ruiz, 2015). De esta forma, aparecen posibilidades para el crecimiento, pero también para el decrecimiento en el papel de los agentes.

El proceso de búsqueda de un agente con capacidades complementarias que permitan satisfacer la demanda se rige, en primer lugar, por las experiencias previas de los agentes y se priorizan los agentes con los cuales ya se ha vinculado en algún momento (Triulzi, Pyka y Scholz, 2014). En segundo lugar, si no se encuentra un agente complementario de esta forma, se exploran los agentes más cercanos geográficamente (Ruiz, 2015). Una excepción la constituye el Gobierno, dado que se le atribuye un conocimiento perfecto de las capacidades de los agentes empresa y universidad.

Siguiendo a Triulzi, Pyka y Scholz (2014), hay que hacer resaltar los dos *inputs* necesarios en el proceso de producción, que son movilizados a nivel de agente: el *stock* de conocimientos y el *stock* de recursos financieros. Aunque explícitamente haya muchas ocasiones en las cuales estos

no se mencionen, la dinámica del modelo se basa en la movilización de los mismos en cantidad suficiente como para el cumplimiento de los objetivos previstos en cada etapa de la simulación.¹²

Las iteraciones sucesivas permiten que se reflejen entonces los procesos de crecimiento y desarrollo inherentes al funcionamiento de cualquier sociedad, a partir del aumento de la riqueza disponible (*stock* de recursos financieros) y del conocimiento, pero también pueden mostrar una trayectoria hacia el estancamiento o inclusive hacia la crisis, si de forma creciente las necesidades sociales son insatisfechas y, por lo tanto, los agentes no incrementan sus recursos.

A diferencia de otros modelos ABM, tales como el de Ruiz (2015), los agentes de este modelo se presentan en cantidades fijas, y en consecuencia no surgen o desaparecen. Esto se justifica en el SNI cubano dado que hay una gran estabilidad en los agentes, que muchas veces son subsidiados por el Estado antes de permitir que desaparezcan, mientras que el surgimiento de nuevas empresas estatales es muy reducido. No obstante, el incremento o disminución de las capacidades de los agentes condicionará que estos sean más o menos activos dentro del sistema.

En síntesis, hay varios elementos que van a ser esenciales en la modelación del sistema:

- La co-evolución de las capacidades de los agentes (Ruiz, 2015).
- Las características de la demanda (cantidad, nivel de innovación, nivel de financiamiento necesario para satisfacerla).
- La relación entre las necesidades que surgen en el SNI y las capacidades existentes para satisfacerlas.
- Los efectos de la complementariedad en las capacidades de los agentes.
- La evolución del SNI a partir de la dinámica de las interacciones y los cambios en las probabilidades de éxito de la vinculación entre los agentes.

Por otra parte, no se va a tomar en consideración:

- Las diferencias entre los sectores económicos.
- La presencia de capacidades de exploración del entorno.

¹² Referirse al término «cantidad» en cuanto a los conocimientos y los recursos financieros es una simplificación introducida para la elaboración del modelo.

- El papel de los intermediarios o los costos de transacción.
- Los procesos de regulación que ejerce el Gobierno dentro del SNI.
- Los cambios en la cantidad de agentes en el modelo.

5.3.1. La dinámica de las interacciones entre los agentes

Una primera aproximación a la dinámica del modelo, puede elaborarse a partir de los ABM desarrollados por Triulzi, Pyka y Scholz (2014) y Ruiz (2015), y aparece sintetizada en el gráfico 4:

Para su comprensión, se requiere establecer la relación entre las acciones, los agentes y sus capacidades, así como la lógica que rige el proceso de toma de decisiones. Es por ello que en el anexo 1 se hace un resumen de las acciones que emprenden los agentes y las capacidades que emplean en las mismas, mientras que en el anexo 2 aparecen relacionadas las decisiones, los agentes y sus capacidades.

A partir de la información contenida en el gráfico 4, y considerando la información de ambos anexos, es posible entonces formular la descripción de la dinámica del modelo.

5.3.2. Descripción de la dinámica del modelo

El modelo se inicia con el surgimiento de una necesidad por parte de los agentes que se convierte en la demanda (acción 1). Dicha necesidad surge a partir de las capacidades de demanda que tienen los agentes del modelo, aunque dado que varios agentes pueden compartir la misma demanda, esta aparece como un producto del entorno (SNI). La demanda se compone de un vector que contiene varias dimensiones: la cantidad demandada, el nivel de innovatividad correspondiente a esa demanda y un atributo binario que permite identificar si se demanda un nuevo bien para el SNI o uno previamente existente.¹³ A cada nivel de demanda, considerando estos tres elementos, corresponde un nivel de financiamiento, que se establece a partir de una relación ponderada entre el resto de los valores del vector, empleando en consecuencia otros parámetros que se deben definir con posterioridad.

Corresponde a los agentes del modelo con capacidades para identificar la demanda (GOBIERNO, EMPRESA, UNIVERSIDAD) llevar adelante el siguiente paso (acción 2). Para ello, la capacidad de identificación de

¹³ Para la programación del ABM la cantidad demandada y el nivel de innovatividad deben ser definidos dentro de cierto rango con valores numéricos.

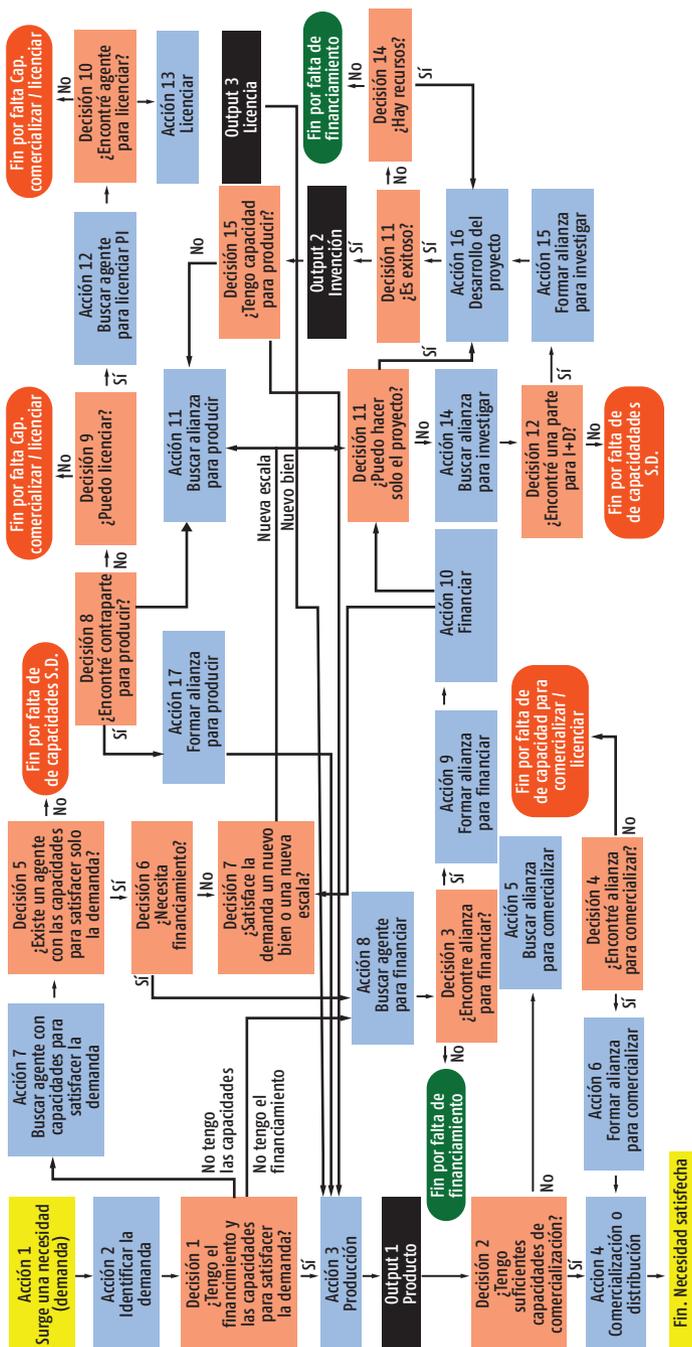


Gráfico 4. Dinámica del modelo propuesto.

la demanda que posee el agente tiene que ser mayor o igual a la cantidad demandada.

Una vez que se conoce la existencia de una demanda, corresponde al agente evaluar si dispone de capacidades para satisfacerla (decisión 1). Para ello, compara sus capacidades productivas contra la cantidad demandada, sus capacidades de investigación contra el nivel de innovatividad requerido y sus capacidades de financiamiento con el volumen de recursos necesarios para la producción. Para seguir adelante, los agentes universidad y empresa tienen que cumplir, al menos, con el requisito de poseer capacidades productivas o de investigación suficientes para satisfacer la demanda; de lo contrario, la desestimarán. El Gobierno sí puede seguir adelante, a partir de su posibilidad para encontrar otros agentes que investiguen o produzcan según corresponda.

Si los agentes universidad o empresa disponen de suficientes capacidades (productivas y de investigación), pasan a la actividad de producción (acción 3), obteniendo un producto (*output* 1) como resultado de ese proceso.

Corresponde entonces el punto de decisión 2, donde el agente evalúa si tiene suficientes capacidades de comercialización para la producción realizada. En el caso de las empresas, siempre dispondrán de estas capacidades, por lo cual se pasa a la acción 4, con la comercialización o distribución del producto, satisfaciendo la demanda y cerrando el ciclo. Sin embargo, las universidades y los agentes externos no siempre poseen las capacidades de comercialización, lo cual se asignará de forma aleatoria, en dependencia de las capacidades de comercialización de ambos (por ejemplo, capacidades medias pudieran tener 50 % de probabilidad).

Si se dispone de las capacidades de comercialización, el ciclo continúa tal como fue descrito, hasta la satisfacción de las necesidades. Si no se dispone de ellas, se para a buscar una alianza para comercializar (acción 5), la cual se establecerá con una empresa. El punto de decisión 6 dependerá de las capacidades de vinculación de los agentes, en función de lo cual se establecerá igualmente una distribución de probabilidad, asignando una probabilidad más alta mientras más alta es la capacidad de vinculación ponderada entre los agentes que participen en la interacción. Si el agente (UNIVERSIDAD, AGENTE EXTERNO) no encuentra una empresa para vincularse y comercializar juntos, termina el ciclo por falta de capacidades para comercializar y la demanda queda insatisfecha. Si logra encontrar la empresa para vincularse, se establece la asociación para comercializar (acción 6); de esta se pasa a

la comercialización (acción 4), y de ahí en adelante hasta satisfacer la necesidad.

Regresando al punto de decisión 1, también puede ocurrir que el agente no tenga posibilidades para satisfacer la demanda. En ese momento se abren dos opciones: una trayectoria cuando los agentes involucrados no tienen las capacidades para satisfacer la demanda (de producción y de investigación) y otra cuando no disponen del nivel de financiamiento requerido. En el caso de que no se posean las capacidades de producción o investigación (GOBIERNO, EMPRESA, UNIVERSIDAD), se pasa a buscar a un agente para satisfacer la demanda (acción 7), identificando al agente con las capacidades más parecidas a las que solicita el entorno. Para la búsqueda comprendida en la acción 7, se debe señalar que el Gobierno es capaz de encontrar de forma automática si alguno de los agentes posee las capacidades que se necesitan, dado que tiene conocimiento del estado de las capacidades de universidades y empresas, mientras que las posibilidades de que estas dos últimas encuentren una contraparte son menores, determinándose por una distribución de probabilidades en correspondencia con sus capacidades de vinculación.

En el proceso de selección (decisión 5), se tienen que cumplir los mismos requisitos que en el punto de decisión 1, pues el agente seleccionado deberá satisfacer, al menos, el nivel de innovatividad o la escala productiva requeridas por la demanda. Si no se encuentra un agente con capacidades para satisfacer la demanda (EMPRESA, UNIVERSIDAD, AGENTE EXTERNO), se termina el ciclo por falta de capacidades. Si se encuentra al agente con las capacidades necesarias (producción e investigación) entonces GOBIERNO, UNIVERSIDAD Y EMPRESA evalúan la existencia del financiamiento necesario (decisión 6), atendiendo a las capacidades de financiamiento de los agentes involucrados y los requisitos que plantea la demanda en este sentido. En el caso que no se necesite financiamiento, se pasa directamente a la decisión 7, valorando si la demanda se satisface con una nueva escala o un nuevo bien. Si necesita financiamiento (UNIVERSIDAD, EMPRESA), se pasa a desarrollar la acción 8, buscando un agente para financiar.

En el caso de que se disponga de las capacidades de producción e investigación necesarias, pero no del financiamiento, los agentes pasan a buscar una alianza para financiar (acción 8), con lo cual se llega al punto de decisión 3. Las posibilidades de encontrar un financista están en dependencia de las capacidades de vinculación que posea el

agente que explora el SNI, de tal forma que a mayores capacidades de vinculación, mayores probabilidades de obtener el financiamiento.

Si en este punto no se encuentra el agente (GOBIERNO, EMPRESA, AGENTE EXTERNO) que financie las actividades de producción o innovación por parte de las universidades y empresas, se termina el ciclo por falta de financiamiento. Si se encuentra este agente, se pasa a formar la asociación para financiar (acción 9) en la cual pudieran participar todos los agentes, excepto el usuario final. Subsecuentemente, transcurre la acción 10 (financiar).

Una vez que se encuentran los recursos financieros suficientes, tanto desde el lado de quienes no tienen capacidades (luego de la decisión 6), así como desde el lado de quienes no tienen e financiamiento (luego de la acción 10), los agentes universidad, empresa y agente externo llegan a la decisión 7, donde corresponde evaluar si la demanda la satisface un nuevo bien o una nueva escala. Este punto de decisión (7) transcurre de forma automática, considerando que en la demanda se encuentra preestablecido un atributo binario que identifica a un nuevo bien o una nueva escala.

En el caso de que sea necesario un nuevo bien, considerando que en este punto está cubierto el requisito de financiamiento, el agente empresa, que debe tener suficientes capacidades productivas, pasa a evaluar si puede realizar el proyecto solo. Este punto de decisión (11) estará determinado por la comparación entre las capacidades para innovar que posee el agente y las que se requieren para satisfacer la demanda. Si le es posible establecer la correspondencia (porque las capacidades de la empresa son iguales o superiores a las requeridas), entonces pasa al desarrollo del proyecto (acción 16). Si no puede, entonces busca una alianza para establecer un proyecto de investigación conjunto con otro agente (acción 14). Las probabilidades de éxito de la vinculación para hacer I+D (decisión 12) se establecen en función de la relación entre el nivel que tengan las capacidades de vinculación de los agentes. Si no encuentra otro agente para vincularse, entonces se termina el ciclo por falta de financiamiento, mientras que si lo encuentra se pasa a la acción 15 (formar una alianza) y subsecuentemente al desarrollo del proyecto (acción 16).

En el caso de que se requiera un nuevo bien y el agente que llega al punto de decisión 7 es una universidad, es de esperar que esta posea las capacidades de investigación necesarias para emprender el proyecto sola (decisión 11), aunque puede requerir el establecimiento de una alianza

con otro agente (EMPRESA, UNIVERSIDAD, AGENTE EXTERNO), en cuyo caso seguirá el mismo ciclo que el descrito para la empresa en el párrafo anterior.

El punto de decisión 15, donde se determina el éxito del proyecto de investigación, depende enteramente de la aleatoriedad de la innovación, por lo cual responde a una distribución de probabilidades. Si es exitoso, se produce una invención (*output 2*). Si no lo es, se requiere evaluar si existen los recursos para seguir adelante (decisión 14), en I+D y su gasto sucesivo sin obtener una innovación que retroalimente las capacidades para investigar de los agentes.

A partir del *output 2*, corresponde a los agentes que llegan a este punto determinar si tienen capacidades para producir (decisión 15). Si se estableció una alianza para investigar (acción 15), se considera como capacidades de producción a la sumatoria de las capacidades que se vincularon. De lo contrario, UNIVERSIDAD y EMPRESA evalúan sus capacidades de producción frente a la cantidad demandada (las capacidades de producción deben ser superiores o iguales a la cantidad demandada). En caso de que estas sean suficientes se pasa a la producción (acción 3). En caso de que no lo sean, el agente o los agentes (UNIVERSIDAD, EMPRESA) pasarán a buscar una nueva alianza para producir (acción 11).

El éxito en el establecimiento de la alianza para producir (decisión 8), dependerá de las capacidades de vinculación de los agentes involucrados (UNIVERSIDAD, EMPRESA, AGENTE EXTERNO), puesto que, a mayor capacidad de vinculación entre estos, mayor probabilidad de que se encuentre una contrapartida. En el caso de que se logre esta vinculación, entonces se forma la alianza para producir (acción 17) y se pasa a la producción conjunta (acción 3). En el caso de no encontrar contrapartida, considerando la existencia del *output 2*, surge la posibilidad del licenciamiento (decisión 19) y pasan a buscar un agente (EMPRESA, AGENTE EXTERNO) con capacidades productivas suficientes para venderle la propiedad intelectual (acción 12). Las probabilidades de éxito del licenciamiento se establecen en función de las capacidades de transferencia de tecnología de los agentes, en una relación directamente proporcional, pues a mayor capacidad de transferencia, mayor probabilidad de éxito (decisión 12). Si no se encuentra el agente para licenciar, entonces se termina el proceso por falta de capacidades para licenciar y la necesidad queda insatisfecha. Si se encuentra, transcurre la acción 13 (licenciar) y surge entonces una licencia (*output 3*). El agente que adquiere los derechos (empresa, agente externo) pasa al proceso productivo (acción 3).

Regresando a la decisión 7, si la demanda se satisface con una nueva escala, entonces los agentes involucrados (UNIVERSIDAD, EMPRESA, AGENTE EXTERNO) pasan a buscar una alianza para producir (acción 11). Las probabilidades de encontrar esta contraparte para llevar adelante un esquema de producción cooperada se establecen en función de las capacidades de vinculación entre los agentes involucrados, de tal forma que, a mayores capacidades de vinculación de estos, mayor probabilidad de éxito en la búsqueda. Si no se encuentra esta contraparte para producir, considerando que en esta parte del ciclo no hay una invención previa que permita licenciar (decisión 11), se termina la iteración por falta de capacidades y la demanda queda insatisfecha. Si se encuentra la contraparte, entonces se pasa a formar una alianza para producir (acción 17) y luego a producir (acción 3).

Conclusiones

En este trabajo, el estudio de las relaciones de vinculación U-SP se realizó desde la perspectiva de los SNI, los cuales brindan el enfoque teórico necesario para entender la naturaleza compleja de las interacciones entre las empresas y los centros de educación superior. Para lograr los objetivos propuestos, se caracterizó al SNI cubano, a partir de una representación de sus principales actores, así como la descripción de las vinculaciones que se producen en su seno. Esto permitió identificar elementos presentes a nivel del sistema que serían imposible reconocer a través del estudio de casos particulares, y obtener una representación gráfica donde ya comienzan a reflejarse los principales agentes que intervienen a nivel del SNI.

No obstante, también se pudo analizar las experiencias de vinculación e innovación de cinco centros de investigación pertenecientes a universidades cubanas, en los cuales las relaciones de vinculación U-SP se han materializado a partir de exitosas innovaciones universitarias. Estas experiencias, fundamentadas en ocho documentos de trabajo elaborados para el evento GLOBELICS 2015, y en el desarrollo de nueve entrevistas realizadas durante el trabajo de campo, permitieron completar la información requerida para el diseño conceptual del modelo ABM.

A partir de Triulzi, Pyka y Scholz (2014) y de Ruiz (2015), y utilizando los fundamentos de un modelo SKIN, se presentan las bases para la elaboración de un ABM que toma en consideración las características del SNI cubano. En principio, este está compuesto por cinco tipos de

agentes: GOBIERNO, EMPRESA, UNIVERSIDAD, AGENTE EXTERNO Y USUARIO FINAL. Cada uno de ellos resulta poseedor, en diferente grado, de ocho capacidades (generación de la demanda; identificación de la demanda; financiamiento; investigación; producción; vinculación, comercialización y transferencia de tecnología). A diferencia de Triulzy, Pyka y Scholz (2014), esta propuesta no parte de la teoría, sino de la evidencia empírica de la vinculación U-SP en Cuba.

El sistema propuesto se inicia con el surgimiento de una necesidad social en el entorno (en este caso, el SNI), representativa de la capacidad de demanda que poseen algunos agentes. Si los agentes disponen de las capacidades necesarias de investigación y producción, así como para financiar, entonces la necesidad es satisfecha y se termina ciclo dentro del modelo. Si no se dispone de las capacidades, se requiere entonces pasar a la búsqueda de otros agentes para vincularse y satisfacer dicha necesidad. Las probabilidades de encontrar un agente para obtener financiamiento, producir, investigar, licenciar y comercializar se establecen en función de las capacidades de vinculación: se asigna una probabilidad más alta mientras más alta es la capacidad de vinculación ponderada entre los agentes que participan en la interacción.

En el caso de que no se logren establecer las alianzas necesarias, el modelo se termina por falta de capacidades de producción e investigación, para la comercialización o por falta de financiamiento, y la necesidad social queda insatisfecha. Cuando de forma individual o a partir de la vinculación se satisface la demanda, se logran procesos de aprendizaje que incrementan las capacidades de los agentes, mientras que, si no se logra, las capacidades disminuyen. Se consigue así la representación de un sistema que evoluciona a lo largo del tiempo, con interacciones capaces de modificar el *kene* de los agentes allí representados.

Tal como se propuso, este trabajo planteó las bases del ABM, por lo que desde aquí se abre una línea de investigación que incluye su elaboración. Para ello, se debe pasar a la modelación matemática del modelo conceptual. Luego, corresponde la programación del ABM en algunas de las plataformas disponibles, para ejecutar el modelo, a partir de lo cual se podrían realizar las correcciones necesarias para empezar a obtener información del mismo. Esto sentaría las bases para el proceso de interpretación, el cual incluiría la utilización de métodos estadísticos para el análisis y, finalmente, empleando dichos resultados, realizar nuevamente el proceso de validación del modelo.

Anexos

Anexo 1. Acciones, agentes y las capacidades involucradas

N.º	ACCIONES	AGENTES
1	Demandar	EMPRESA, AGENTE EXTERNO, USUARIO FINAL. Se sintetiza como demanda del entorno.
2	Identificar la demanda	GOBIERNO, EMPRESA, UNIVERSIDAD
3	Producir	EMPRESA, UNIVERSIDAD, AGENTE EXTERNO
4	Comercializar	EMPRESA, UNIVERSIDAD
5	Buscar alianza para comercializar	UNIVERSIDAD
6	Formar alianza para comercializar	UNIVERSIDAD, EMPRESA
7	Buscar agente para satisfacer la demanda	GOBIERNO, EMPRESA, UNIVERSIDAD
8	Buscar agente para financiar	UNIVERSIDAD, EMPRESA
9	Formar alianza para financiar	GOBIERNO, UNIVERSIDAD, EMPRESA, AGENTE EXTERNO
10	Financiar	UNIVERSIDAD, EMPRESA, GOBIERNO
11	Buscar alianza para producir	UNIVERSIDAD
12	Buscar agente para licenciar propiedad intelectual	UNIVERSIDAD
13	Licenciar	UNIVERSIDAD, EMPRESA, AGENTE EXTERNO
14	Buscar alianza para investigar	UNIVERSIDAD, EMPRESA
15	Formar alianza para investigar	GOBIERNO, UNIVERSIDAD, EMPRESA
16	Desarrollar proyecto de investigación	UNIVERSIDAD, EMPRESA

Anexo 2. Decisiones, agentes, y capacidades

N.º	DECISIONES	OPCIONES	AGENTES QUE PARTICIPAN
1	¿Tengo el financiamiento y las capacidades para satisfacer la demanda?	Sí/No	GOBIERNO, EMPRESA, UNIVERSIDAD
2	¿Tengo suficientes capacidades de comercialización?	Sí/No	UNIVERSIDAD, EMPRESA
3	¿Encontré alianza para financiar?	Sí/No	GOBIERNO, EMPRESA, UNIVERSIDAD, AGENTE EXTERNO
4	¿Encontré alianza para comercializar?	Sí/No	EMPRESA, UNIVERSIDAD, AGENTE EXTERNO

CAPACIDADES INVOLUCRADAS

Capacidad de demanda

Capacidad para identificar la demanda

Capacidad de producción

Capacidades de comercialización

Capacidades de vinculación

Capacidad de vinculación

Capacidades de vinculación (universidad y empresa). El Gobierno no requiere.

Capacidad de vinculación

Capacidad de vinculación

Capacidad de financiamiento

Capacidad de vinculación

Capacidad de vinculación

Capacidad de transferencia de tecnología

Capacidad de vinculación

Capacidad de vinculación

Capacidad de investigación

RACIONALIDAD

El agente compara sus capacidades productivas contra la cantidad demandada; sus capacidades de investigación contra el nivel de *innovatividad* requerido y sus capacidades de financiamiento con el volumen de recursos requeridos para la producción. Para que se siga la opción de sí, las empresas y universidades deben hacer *match* con al menos una variable del vector demanda.

Las empresas contarán con capacidades de comercialización, pero con la universidad será aleatorio, con probabilidades de que ocurra en función del valor de las capacidades de comercialización que estas posean.

Las posibilidades de encontrar un financista, están en dependencia de las capacidades de vinculación que posea el agente que explora el SNI, de tal forma que a mayores capacidades de vinculación, mayores probabilidades de obtener el financiamiento.

Las empresas dispondrán de capacidades de comercialización suficientes. Para las universidades y agentes externos se sigue una distribución de probabilidad, asignando una probabilidad más alta mientras más alta es la capacidad de vinculación ponderada entre los agentes que participan en la interacción.

Anexo 2. Decisiones, agentes, y capacidades (continuación)

N.º	DECISIONES	OPCIONES	AGENTES QUE PARTICIPAN
5	¿Existe un agente con las capacidades para satisfacer la demanda solo?	Sí/No	EMPRESA, UNIVERSIDAD
6	¿Necesita financiamiento?	Sí/No	GOBIERNO, EMPRESA, UNIVERSIDAD
7	¿Satisface la demanda un nuevo bien o una nueva escala?	Nuevo bien/ Nueva escala	EMPRESA, UNIVERSIDAD, AGENTE EXTERNO
8	¿Encontré una contraparte para producir?	Sí/No	UNIVERSIDAD, EMPRESA, AGENTE EXTERNO
9	¿Puedo licenciar?	Sí/No	EMPRESA, UNIVERSIDAD
10	¿Encontré agente para licenciar?	Sí/No	EMPRESA, UNIVERSIDAD, AGENTE EXTERNO
11	¿Puedo hacer solo el proyecto?	Sí/No	EMPRESA, UNIVERSIDAD
12	¿Encontré una contraparte para hacer I+D?	Sí/No	EMPRESA, UNIVERSIDAD, AGENTE EXTERNO
13	¿Es exitoso el proyecto?	Sí/No	EMPRESA, UNIVERSIDAD, AGENTE EXTERNO
14	¿Hay recursos?	Sí/No	EMPRESA, UNIVERSIDAD
15	¿Puedo producir solo?	Sí/No	EMPRESA, UNIVERSIDAD, AGENTE EXTERNO

Bibliografía

- AHRWEILER, P.; PYKA, A.; GILBERT, N. (2011): «A new model for university-industry links in knowledge-based economies», *Journal of Product Innovation Management*, vol. 27, n.º 2, pp. 218-235.
- ÁLVAREZ, R.; CORONA, J.; NATERA, J. (2015): «A positive experience of technological innovation from higher education to the productive level: the case of the Cuban Center of Biomaterials (BIOMAT)», Universidad de La Habana.
- ANDRÉS, G. (2016): «La vinculación universidad-sector productivo en Cuba. Bases para la elaboración de un modelo basado en agentes».

RACIONALIDAD

El agente compara sus capacidades productivas contra la cantidad demandada, sus capacidades de investigación contra el nivel de *innovatividad* requerido y sus capacidades de financiamiento con el volumen de recursos requeridos para la producción. Para que pueda satisfacer solo la demanda debe cumplir con los tres requisitos.

Se comparan las capacidades del agente para financiar y el nivel de financiamiento requerido para la satisfacción de la demanda.

Transcurre de forma automática, considerando que en la demanda se encuentra preestablecido un atributo binario que identifica a un nuevo bien o una nueva escala.

El éxito en el establecimiento de la alianza para producir dependerá de las capacidades de vinculación de los agentes involucrados, puesto que, a mayor capacidad de vinculación entre estos, mayor probabilidad de que se encuentre una contrapartida.

Se necesita haber realizado una inversión previa para responder afirmativamente.

Las probabilidades de éxito del licenciamiento se establecen en función de las capacidades de transferencia de tecnología de los agentes, en una relación directamente proporcional, pues a mayor capacidad de transferencia, mayor probabilidad de éxito.

Se comparan las capacidades de innovación del agente con el nivel de *innovatividad* requerido para satisfacer la demanda.

Las probabilidades de éxito de la vinculación para hacer I+D se establecen en función de la relación entre el nivel que tengan las capacidades de vinculación de los agentes.

Depende completamente de la aleatoriedad de la innovación, por lo cual responde a una distribución de probabilidades.

Esta decisión se establece en función de los recursos que se dispone para hacer I+D y su gasto sucesivo si no se obtiene una innovación que retroalimente las capacidades para investigar de los agentes

Se establece comparando las capacidades de producción del agente con el nivel de producción requerido para satisfacer la demanda.

Idónea de Comunicación de Resultados para obtener el grado de Maestro en Economía, Gestión y Políticas de Innovación, Universidad Autónoma Metropolitana-Unidad Xochimilco, México.

ANDRÉS, G.; ECHEVERRÍA, C.; GARCÍA, H. (2015): «The development of entrepreneurial university from the experience of Cuba. A case study». Paper elaborado para el Congreso Globelics, La Habana, 23-25 septiembre.

ASAMBLEA NACIONAL DEL PODER POPULAR (ANPP) (1976): *Constitución de la República de Cuba*, <<http://www.parlamentocubano.cu/index.php/constitucion-de-la-republica-de-cuba/>> [29/8/2016].

- ASAMBLEA NACIONAL DEL PODER POPULAR (ANPP) (2016): «Comisión de Educación, Cultura, Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente», <<http://www.parlamentocubano.cu/index.php/comision-de-educacion-cultura-ciencia-tecnologia-y-medio-ambiente/>> [29/7/2016].
- ARZA, V. (2010): «Channels, benefits and risks of public-private interactions for knowledge transfer: a conceptual framework inspired by Latin America», *Science and Public Policy*, vol. 37, n.º 7, pp. 473-484.
- AXELROD, R.; TESFATSION, L. (2006): «A guide for newcomers to agent-based modeling in the social sciences», en L. Tesfatsion & K. Judd, *Handbook of computational economics. Agent-based computational economics*, New Holland, Ámsterdam, vol. 2, pp. 1647-1659.
- BLANCO, D.; SUÁREZ, J.; OJEDA, F. (2015): «IHplus®, un bioproducto de amplio uso agropecuario basado en microorganismos nativos. El vínculo ciencia-producción para su mejora y difusión en Cuba». Paper elaborado para el congreso Globelics, La Habana, 23-25 septiembre.
- BRUNDENIUS, C.; LUNDVALL, B.-Å.; SUTZ, J. (2008): «Developmental university systems: Empirical, analytical and normative perspectives». Artículo presentado en la VI Conferencia Globelics, Ciudad de México.
- CASALET, M. (2012): «Las relaciones de colaboración entre la universidad y los sectores productivos: Una oportunidad a construir en la política de innovación», en J. Carrillo, A. Hualde, y D. Villavicencio, *Dilemas de la innovación en México. Dinámicas sectoriales, territoriales e institucionales*, El Colegio de la Frontera Norte, Tijuana, pp. 109-142.
- CASTRO, M.; VILARAGUT, M.; FILGUEIRA, M.; GUERRA, L.; DE FUENTES, C.; DUTRÉNIT, G. (2015): «University-industry interaction: The case of CIPEL and UNE in Cuba». Paper elaborado para el congreso Globelics, La Habana, 23-25 septiembre.
- CASTRO, M.; VILARAGUT, M.; FILGUEIRA, M.; GUERRA, L.; DE FUENTES, C.; DUTRÉNIT, G. (2016): «La interrelación universidad-empresa vista a través de la relación entre el CIPEL y la Unión Eléctrica». Inédito.
- CE (1996): «Decreto-Ley 163», *Gaceta Oficial de la República de Cuba. Edición Ordinaria*.
- CEPAL (2010): *Vínculos entre universidades y empresas para el desarrollo tecnológico*, Naciones Unidas, Santiago de Chile.
- CEPAL (2016): *Balance preliminar de las economías de América Latina y el Caribe 2015*, Naciones Unidas, Santiago de Chile.
- COHEN, W.; LEVINTHAL, D. (1990): «Absorptive capacity: A new perspective on learning and innovation», *Administrative Science Quarterly*, vol. 35, n.º 1, pp. 128-152.

- COHEN, W.; NELSON, R.; WALSH, J. (2002): «Links and impacts: The influence of public research on industrial R&D», *Management Science*, n.º 48, pp. 1-23.
- CUBADEBATE (2013): «Educación superior en Cuba: La ciencia como principio», <<http://www.cubadebate.cu/noticias/2013/09/12/educacion-superior-en-cuba-la-ciencia-como-principio/#.V0QmKZHhC00>> [29/10/2015].
- DE FUENTES, C.; DUTRÉNIT, G. (2012): «Best channels of academia-industry interaction for long term benefit», *Research Policy*, vol. 41, n.º 9, pp. 1666-1682.
- DE FUENTES, C.; DUTRÉNIT, G. (2014): «Geographic proximity and university-industry interaction: the case of Mexico», *The Journal of Technology Transfer*.
- DÍAZ, I. (2013): «Desafíos de la innovación empresarial en Cuba», *COFIN HABANA. Revista Cubana de Contabilidad y Finanzas*, vol. 8, n.º 4, pp. 27-34.
- DÍAZ, I. (2016): «Los cambios en la empresa estatal cubana en el contexto de la actualización del modelo», *Cuban Studies*, n.º 44, pp. 112-132.
- DUTRÉNIT, G. (2000): *Learning and knowledge management in the firm: From knowledge accumulation to strategic capabilities*, Edward Elgar, Cheltenham.
- DUTRÉNIT, G.; ARZA, V. (2010): «Channels and benefits of interactions between public research organisations and industry: comparing four Latin American countries», *Science and Public Policy*, vol. 37, n.º 7, pp. 541-553.
- DUTRÉNIT, G.; CAPDEVIELLE, M.; CORONA, J.; PUCHET, M.; SANTIAGO, F.; VERA-CRUZ, A. (2010): *El sistema nacional de innovación mexicano: instituciones, políticas, desempeño y desafíos*, Universidad Autónoma Metropolitana/Textual, Ciudad de México.
- DUTRÉNIT, G.; DE FUENTES, C.; TORRES, A. (2010): «Diferencias en la efectividad de los canales de interacción sobre los beneficios obtenidos por investigadores y empresas en México», documento n.º 27/10, <<http://cienciassociales.edu.uy/departamentodeeconomia/wp-content/uploads/sites/2/2013/archivos/2710.pdf>> [7/10/2015].
- ETZKOWITZ, H.; LEYDESDORFE, L. (2000): «The dynamics of innovation: from national systems and “Mode 2” to a Triple Helix of university-industry-government relations», *Research Policy*, n.º 29, pp. 109-123.
- FONTANA, R.; GEUNA, A.; MATT, M. (2006): «Factors affecting university-industry R&D projects: The importance of searching, screening and signalling», *Research Policy*, n.º 35, pp. 309-323.
- GALINDO, J.; SANZ, P.; BENITO, J. J. DE (2011): «La universidad frente al reto de la transferencia del conocimiento 2.0: Análisis de las herramientas digitales a disposición del gestor de transferencia», *Investigaciones*

- Europeas de Dirección y Economía de la Empresa*, vol. 17, n.º 3, pp. 111-126.
- GILBERT, N. (2008): *Agent based models*, SAGE Publications Inc., London.
- GILBERT, N.; PYKA, A.; AHRWEILER, P. (2001): «Innovation networks. A simulation approach», *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, vol. 4, n.º 3, <<http://jasss.soc.surrey.ac.uk/4/3/8.html>> [23/5/2015].
- GRAS, N.; DUTRÉNIT, G. y VERA-CRUZ, M. (2012): «Innovaciones inclusivas: Un modelo basado en agentes».
- HELBING, D.; BALIETTI, S. (2012): «Agent-Based Modeling», en D. Helbing, *Social Self-Organization*, Springer, Berlín, pp. 25-70.
- HERNÁNDEZ, L.; SUÁREZ, J.; HERNÁNDEZ, G. (2015): «CespIH®, organización de base tecnológica incubada en la educación superior para brindar servicios de encespado al turismo e instalaciones deportivas». Ponencia elaborada para el congreso Globelics, La Habana, 23-25 septiembre.
- LUNDVALL, B.-Å. (2007): «National Innovation System. Analytical concept and development tool», *Industry and Innovation*, vol. 14, n.º 1, pp. 95-119.
- LALL, S. (1992): «Technological Capabilities and Industrialization», *World Development*, vol. 20, n.º 2, pp. 165-186.
- MACAL, C.; NORTH, M. (2014): «Tutorial on agent-based modeling and simulation», en S. Taylor (ed.), *Agent-Based Modeling and Simulation*, Palgrave Macmillan, Nueva York, pp. 11-31.
- MANSFIELD, E. (1990): «Academic research and industrial innovation».
- MES (2016): <<http://www.mes.gob.cu/>> [29/8/2016].
- MOWERY, D.; SAMPAT, B. (2006): «Universities in national innovation systems», en *Handbook of Innovation*, Oxford Handbooks.
- NELSON, R.; ROSENBERG, N. (1993): «Technical innovation and national systems», en R. Nelson, *National Innovation Systems. A comparative Analysis*, Oxford University Press, New York, pp. 3-21.
- NELSON, R.; WINTER, S. (1974): «Neoclassical vs. Evolutionary Theories of Economic Growth: Critique and Prospectus», *The Economic Journal*, vol. 84, n.º 336, pp. 886-905.
- NÚÑEZ, J.; MONTALVO, L.; PÉREZ, I.; FERNÁNDEZ, A.; GARCÍA, J. (2011): «Cuba: University, innovation and society: Higher education in the national system of innovation», en B. Göransson y C. Brundenius, *Universities in transition. The changing role and challenges for academic institutions*, IDRC/Springer, Ottawa, pp. 97-118.
- NÚÑEZ, J.; PÉREZ, I. (2007): «La construcción de capacidades de investigación e innovación en las universidades: el caso de la Universidad de La Habana», *Revista Educación Superior y Sociedad: Universidad*

- Latinoamericana como Centros de Investigación y Creación de Conocimientos*, Nueva Época, vol. 1, n.º 12, pp. 146-173.
- OFICINA NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMACIÓN (ONEI) (2015): *Anuario Estadístico de Cuba 2014*, La Habana, <<http://www.onei.cu/aec2014/00%20Anuario%20Estadistico%202014.pdf>> [29/8/2016].
- PARUNAK, H. V.; SAVIT, R.; RIOLO, R. L. (1998): «Agent-Based Modeling vs. Equation-Based Modeling: A Case Study and Users'Guide», en J. S. Sichman, R. Conte y N. Gilbert, *Multi-Agent Systems and Agent-Based Simulation* Springer, Berlín, pp. 10-25.
- PCC (2011a): *Lineamientos de la política económica y social del Partido y la Revolución*, Editora Política, La Habana.
- PCC (2011b): *Resolución sobre los lineamientos de la política económica y social del Partido y la Revolución*, <<http://www.granma.cu/granmad/secciones/6to-congreso-pcc/artic-022.html>> [29/8/2016].
- PCC (2016): «Conceptualización del modelo económico y social cubano de desarrollo socialista y Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social hasta 2030: Propuesta de visión de la nación, ejes y sectores estratégicos», La Habana.
- PINO, J. (2002): «La experiencia cubana de interacción universidad-empresa hacia el tercer milenio», en A. Mungaray, J. Palacio y C. Ruiz (eds.), *Potencial de la vinculación universitaria para una política microempresarial. Una perspectiva comparada*, Universidad Autónoma de Baja California pp. 121-144.
- PURÓN, E.; ACEVEDO, A.; TORRES, A. (2015): «The role of the links between university and health sector: the case of introduction of light therapy using light-emitting diodes (LEDT) in Cuba». Paper elaborado para el congreso Globelics, La Habana, 23-25 septiembre.
- REDCIENCIA (2016): *Red Cubana de la Ciencia*, <<http://www.redciencia.cu/>> [29/8/2016].
- RICYT (2016): *Gasto en I+D por sector de financiamiento*, Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología-Iberoamericana e Interamericana, <<http://db.rieyt.org/query/AR,BO,BR,CA,CL,CO,CR,CU,EC,ES,G T,MX,PA,PT,PY,SV,US,UY,AL,IB/1990%2C2013/GASIDSFPER>> [29/8/2016].
- RODRÍGUEZ-FUENTES, G. (1991): «Ingeniería de zeolitas: Posibilidad para el desarrollo de nuevos materiales», *Memorias 3.ª Conferencia Internacional Zeolitas Naturales*, Centro Convenciones, La Habana, parte II, pp. 138-148.

- RODRÍGUEZ-FUENTES, G.; ESTÉVEZ RAMS, E. (2012): «La ingeniería de zeolitas naturales: una opción para la industria», *Revista Nueva Empresa*, vol. 8, n.º 1, pp. 27-32.
- RODRÍGUEZ-FUENTES, G.; SANTIAGO, F.; RODRÍGUEZ-IZNAGA, I.; CAMEJO, H.; NÚÑEZ, J. (2015): «The development of the industry of natural zeolites in Cuba: a case study of the entrepreneurial role of universities in developing systems of innovation».
- RODRÍGUEZ-FUENTES, G.; SANTIAGO, F.; RODRÍGUEZ-IZNAGA, I.; CAMEJO, H. y NÚÑEZ, J. (2016): «La creación de la industria cubana de zeolitas naturales: un caso de universidad emprendedora». Inédito.
- RUBIO-GONZÁLEZ, A. (2016): «Algunas consideraciones sobre la reorganización de la actividad científica en las universidades del Ministerio de Educación Superior de Cuba», *Revista Cubana de Educación Superior*, n.º 1, pp. 85-98.
- RUIZ, W. (2015): «Análisis del impacto de los intermediarios en los sistemas de innovación: Una propuesta desde el modelado basado en agentes», tesis doctoral, Departamento de Ingeniería de la Organización, Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, Medellín.
- SÁBATO, J. y BOTANA, N. (1968): «La ciencia y la tecnología en el desarrollo futuro de América Latina», *Revista de la Integración*, n.º 3, pp. 143-154.
- SÁNCHEZ, J.; NÚÑEZ, J.; MONTALVO, L.; FERNÁNDEZ, A. y PÉREZ, I. (2010): «El caso de Cuba», en B. Santelices, *El rol de las universidades en el desarrollo científico-tecnológico. Educación Superior en Iberoamérica Informe 2010*, Centro Interuniversitario de Desarrollo (CINDA) – Universia, Santiago de Chile, pp. 169-175
- SIMON, H. (1959): «Theories of decision-making in economics and behavioral science», *The American Economic Review*, vol. 49, n.º 3, pp. 253-283.
- SIMON, H. (1991): «Bounded rationality and organizational learning», *Organization Science*, vol. 2, n.º 1, pp. 125-134.
- SUÁREZ, J.; GARCÍA, J.; CEPERO, L.; MARTÍN, G. y JOVA, S. (2008): «Incubación de organizaciones de base tecnológica en la educación superior cubana en el marco de un modelo de desarrollo socialista», Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey. Documento de trabajo.
- SUÁREZ, J. y MARTÍN, G. (2015): «Procesos de innovación local en agroenergía enfocados a la mitigación y adaptación al cambio climático en Cuba. Un ejemplo exitoso de vinculación ciencia-sector productivo».
- TESFATSION, L. (2006): «Agent-Based Computational Economics: A Constructive Approach to Economic Theory», en L. Tesfatsion, K. Judd,

Handbook of computational economics, North Holland, Amsterdam, vol. 2, pp. 831-880.

- THURSBY, J. G.; KEMP, S. (2002): «Growth and productive efficiency of university intellectual property licensing», *Research Policy*, n.º 31, pp. 109-124.
- TRIULZI, G.; PYKA, A. (2011): «Learning by modeling: Insights from an agent-based model of university-industry relationships» *Cybernetics and Systems: An International Journal*, vol. 42, n.º 7, pp. 484-501.
- TRIULZI, G.; PYKA, A.; SCHOLZ, R. (2014): «RyD and knowledge dynamics in university-industry relationships in biotech and pharmaceuticals: an agent-based model», *Int. J. Biotechnology*, vol. 13, n.ºs 1-3, pp. 137-179.
- WONG, L.; ZALDÍVAR, D.; VERA-CRUZ, A. (2015): «Barriers for the introduction of new products based on biomaterials in the Cuban health system: the case of TISUACRYL®», Paper elaborado con motivo del congreso Globelics, La Habana, 23-25 septiembre.
- WONG, L.; ZALDÍVAR, D.; VERA-CRUZ, A. (2016): «Barreras para la introducción de nuevos productos biomateriales in el sistema de salud cubano: el caso del TISUACRYL®». Inédito.



La universidad en el sistema de innovación. Estudio de caso sobre el vínculo universidad- industria biotecnológica en Cuba

CARLOS ÁLVAREZ VALCÁRCEL
MARÍA ELIANA LANIO RUIZ
JORGE NÚÑEZ JOVER
ROLANDO PÉREZ ÁLVAREZ

Introducción

Este artículo se vincula a dos temas de significativa importancia, muy enlazados entre sí. Uno es el tema de las relaciones entre organizaciones públicas de investigación e industria y otro, la función de las universidades en el desarrollo económico y social. Esta contribución se relaciona también con una cuestión práctica: las transformaciones que tienen lugar hoy en la política de ciencia, tecnología e innovación (PCTI) en Cuba; en particular, el debate sobre el papel de las universidades en esa política.

Estos temas de amplio interés son examinados en este artículo a través de un estudio de caso que describe y analiza la vinculación entre el Centro de Estudios de Proteínas (CEP), instancia de investigación de la Universidad de La Habana y una organización de la industria biotecnológica cubana: el Centro de Inmunología Molecular (CIM). CIM y CEP son parte del proceso de construcción de capacidades científicas y tecnológicas en Cuba en las últimas cinco décadas; ambos están conectados al proceso de creación de una base científica nacional, proceso que comenzó a desarrollarse a partir de los años sesenta, y del cual es parte la Reforma Universitaria que transformó las universidades e introdujo la investigación científica como un componente clave de la vida institucional.

La creación de una base científica nacional inició su camino en el contexto de profundas transformaciones políticas y económicas que, por su amplio respaldo popular, contribuyeron a la construcción de

un consenso entre la masa de profesionales e investigadores, según el cual la ciencia debía estar al servicio del desarrollo económico y social. Como expondremos más adelante, esos valores compartidos son relevantes para la vinculación entre CIM y CEP.

Ambas organizaciones son parte de las transformaciones ocurridas en la política científica y tecnológica nacional de fines de los años ochenta y principios de los noventa. Por un lado, se incorporó a la política científica universitaria el objetivo de trabajar por la innovación con el propósito de generar nuevos grupos, nuevos incentivos, que fomentaran las relaciones con el sector productivo y, por otro, se dio un impulso extraordinario a la biotecnología orientada a la industria médico-farmacéutica, con el doble propósito de satisfacer demandas nacionales del sector de la salud y generar exportaciones de alto valor agregado.

La evolución de ambas organizaciones ha transcurrido en un contexto crítico para la economía cubana, donde el financiamiento para las actividades de investigación se ha hecho crecientemente difícil. Finalmente, ellas son parte del debate sobre PCTI mencionado antes, que se orienta a consolidar un sistema de innovación capaz de atender demandas sociales e impulsar la economía.

Existen pocos estudios sobre experiencias cubanas en los campos de ciencia, tecnología e innovación. Por eso conjeturamos que este tipo de trabajo puede ser de interés para quienes toman decisiones en este campo. ¿Pueden los países en desarrollo generar innovación basada en la ciencia a través de la vinculación entre la universidad y la industria? ¿Cuáles son las características de esa vinculación: sus motivaciones, barreras, canales, beneficios y riesgos? Es difícil hacer generalizaciones, pero las evidencias que estos casos ofrecen permiten extraer algunas lecciones de utilidad para ese debate.

Nuestro trabajo consiste en una investigación descriptiva que se apoya en estudio de documentos, entrevistas y, sobre todo, en la observación participante de los autores de esta contribución: hemos colaborado profesionales involucrados en las instituciones que participan de la vinculación y un estudioso de los temas de políticas en ciencia, tecnología e innovación.

Este artículo sigue la siguiente lógica: comenzamos por presentar los referentes conceptuales y metodológicos a partir de los cuales realizamos nuestro trabajo; caracterizamos los dos actores involucrados en la vinculación y los procesos de acercamiento entre ellos, para luego identificar las motivaciones, canales, beneficios, barreras y

riesgos que encontramos en esta vinculación. Finalmente, identificamos algunos aprendizajes que se derivan de este estudio.

1. El papel de la universidad en el sistema de innovación. Referentes conceptuales y debates sobre política

En Cuba la innovación fue incorporada de forma explícita a la política de ciencia y tecnología (PCT) a partir de 1994. Con la creación del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA), se formularon un conjunto de políticas que ponían el énfasis en la innovación y resaltaban el papel de las instituciones de investigación en la recuperación económica del país. El propósito principal declarado fue colocar en su centro a la producción de bienes y servicios, sobre bases de eficiencia y competitividad, que condujeran a una economía moderna y a su inserción ventajosa en el mercado internacional. El modelo se denominó «Sistema de ciencia e innovación tecnológica» y concedió un gran protagonismo al sector de I+D. Esto se corresponde con lo que se ha denominado modelo restringido de sistemas de innovación (Lundvall, 2007; Lundvall *et al.*, 2009).¹ Los avances más relevantes se han obtenido en la industria biotecnológica. En otros sectores e instituciones los resultados son más modestos.²

Las universidades cubanas ocupan un lugar importante en el sistema cubano de innovación (Núñez, *et al.*, 2011a). Ellas realizan una parte importante de la investigación nacional, gestionan conocimiento e innovación para el desarrollo territorial y local, forman los graduados y ofrecen formación de posgrado en áreas relevantes para el desarrollo, en particular para el sector de la biotecnología. Por ejemplo, alrededor del 20 % de los doctores en ciencia que forma la Universidad de La Habana (UH) cada año están vinculados a perfiles de interés para el desarrollo de la biotecnología. Centenares de investigadores y tecnólogos del Polo Científico se han formado en programas de maestrías de la UH y algo semejante ocurre en otras universidades. La educación

¹ «Innovation system research has taken two different perspectives, a narrow one, equating innovation to science and technology, and a broader one encompassing learning, innovation and competence building at different levels of aggregation» (Lundvall *et al.*, 2009). Estos autores critican el Modelo de la Triple Hélice porque contribuye a una comprensión estrecha del sistema de innovación.

² Una evaluación de los resultados de la PCT en Cuba puede encontrarse en Núñez y Montalvo (2014). Allí se menciona que los resultados de dos encuestas de innovación realizadas en 2004 y 2006 revelan la débil interacción entre el sector empresarial y el sector de producción de conocimientos.

superior ha creado programas de formación, o ha modificado los ya existentes, por reclamo de la industria, como es el caso de la ingeniería biomédica. Uno de los destinos más importantes de los graduados universitarios en áreas como química, biología, bioquímica-biología molecular, microbiología, farmacia e ingenierías afines, entre otras, son los centros del sector de la biotecnología. Sin embargo, son escasos los estudios realizados en Cuba sobre la conexión entre la industria y las universidades (Pérez y Núñez, 2009; Núñez *et al.*, 2011b).

Según Dutrénit (2010), hay mucha evidencia de los beneficios que las interacciones entre organizaciones públicas de investigación e industria generan para ambos actores, pero, como ha mencionado Arza (2010), la mayoría de los estudios empíricos y teóricos se basan en experiencias de países desarrollados (Perkmann y Walsh, 2007; Bekkers y Bodas Freitas, 2008) y muy pocos de países en desarrollo.³

Arza (2010) indica correctamente que estos estudios en países del Sur deben tomar en cuenta algunas particularidades. Por ejemplo, se debe analizar si esos vínculos contribuyen o no a atender necesidades socioeconómicas propias, como pobreza, inequidad, sistemas de salud frágiles, educación, entre otras. Como es conocido, las demandas del mercado con frecuencia difieren de las necesidades sociales más urgentes. Esa es hoy una importante preocupación de los estudios sobre innovación (Bortagaray y Ordóñez-Matamoros, 2012; Cassiolato y Lastres, 2013; Sutz, 2010; Johnson y Andersen, 2012).

Por otra parte, en el Sur el dinamismo tecnológico de las firmas es menor. Las empresas tienen poca capacidad absorptiva y se prefiere importar tecnologías a crearlas, lo cual es un viejo problema que incluye aspectos económicos, pero también políticos y culturales (Sábato y McKenzie, 1982). Otra particularidad es que en los países del Sur, con frecuencia las universidades no se involucran directamente en el desarrollo económico y social, por ejemplo, a través de agendas de investigación orientadas a ese fin. En América Latina, desde los años noventa se enfatiza el vínculo universidad-empresa, pero los resultados aún son modestos (Santelices, 2010; Albornoz y López Cerezo, 2010; OEI, 2012). Exploraremos en nuestro estudio de caso si estos rasgos generales se cumplen o no.

El otro tema conceptual que anima nuestro trabajo es el de modelos de universidades. Al respecto, autores vinculados a GLOBELICS (Brun-

³ Para el caso de las universidades, hay contribuciones interesantes; por ejemplo: S. Schwartzman (ed.) (2008).

denius *et al.*, 2009) han defendido el concepto de «sistema universitario de desarrollo» («developmental university system»). Los autores prefieren este concepto a otros como los de «tercera misión» y «universidades emprendedoras» («entrepreneurial universities»). Sus argumentos se resumen así: la tercera misión de las universidades adiciona a las dos consideradas como clásicas (la enseñanza y la investigación científica) las diferentes vías mediante las cuales se conciben las relaciones de las universidades y la sociedad a la cual pertenecen. La noción de «tercera misión» encierra, en sí misma, una fuerte inclinación normativa: aún no está legitimada como las otras dos misiones universitarias. Por otra parte, la definición de «universidades emprendedoras», aunque tiene diferentes significados, suele estar relacionada con la idea de capitalización del conocimiento («capitalization of knowledge»), propia del modelo de «Triple Hélice» (Etzkowitz, 2004; Etzkowitz y Leydesdorff, 2000).

El «sistema universitario de desarrollo» (DUS, por sus siglas en inglés) debe estar vinculado, preferentemente, a un enfoque amplio de sistema de innovación, que no solo considere las actividades de I+D y sus instituciones, e incorpore el aprendizaje, las capacitaciones productivas, que realizan diferentes tipos de organizaciones, que suele denominarse como modo de innovación del tipo «hacer, usar e interactuar» («Modo DUI», según siglas en inglés) (Etzkowitz y Leydesdorff, 2000, p. 314).

El DUI, según la formulación de los mencionados autores, debe ser un sistema abierto, orientado a interactuar con la sociedad. No debe guiarse por la lógica de la ganancia y su mayor objetivo debe ser contribuir al desarrollo económico y social (con equidad e inclusión). Tiene como objeto promover la innovación, combinándola con igualdad y justicia. En suma, debe ser una herramienta para el desarrollo. Se ha sugerido que un sistema así puede ser útil también para países desarrollados.

Aunque en este enfoque, denominado DUS, las universidades desempeñan diferentes papeles, siempre es importante diferenciar las contribuciones que estas pueden realizar con relación a otras organizaciones. Por otra parte, el enfoque sugiere la necesidad de la diferenciación entre universidades: unas pueden ser centros articulados a redes globales de conocimiento⁴ y otras, centros de desarrollo nacional o regional, más orientadas a solución de problemas locales.

⁴ Sobre redes de conocimiento: R. Casas (ed.) (2001).

Las universidades deben tener capacidad de responder en el corto plazo a necesidades de los usuarios y a la vez mantener algún grado de autonomía y establecer compromisos a largo plazo. Finalmente, el DUS debe apoyarse en el compromiso y la motivación de sus profesores e investigadores. Los valores compartidos son fundamentales. Lo más importante es que profesores e investigadores se sientan socialmente útiles (Etzkowitz y Leydesdorff, 2000, p. 331) y las instituciones los respalden.

El enfoque que existe en Cuba sobre el papel de las universidades en el sistema de innovación se corresponde bastante bien con la idea de DUS.⁵ Las universidades están orientadas a satisfacer necesidades del desarrollo. Nuestro modelo se basa en la idea de que la excelencia académica debe combinarse con la relevancia y el impacto económico y social. La pertinencia y la orientación a la satisfacción de necesidades sociales son requisitos imprescindibles de un desempeño académico de excelencia.

Las universidades cubanas planifican sus actividades a corto y mediano plazos. Uno de los elementos centrales de ese planeamiento es la proyección y evaluación del impacto económico y social de la universidad, incluido el impacto de las actividades de I+D y la formación de recursos humanos.

El caso que estudiamos en este documento aborda un tipo específico de vínculo universidad-industria. El Centro de Estudios de Proteínas (CEP) de la Universidad de La Habana es una institución con resultados científicos relevantes, bien conectada con redes internacionales, que ha establecido un canal bidireccional de intercambio con el Centro de Inmunología Molecular (CIM), uno de los más importantes de la industria biotecnológica cubana. Se trata, por tanto, de innovación basada en la ciencia.

En este trabajo nos apoyamos en un marco conceptual (Arza, 2010; Dutrénit y Arza, 2010) que sugiere estudiar la vinculación a través de motivaciones, barreras, canales, beneficios y riesgos y sus relaciones. Como se mencionó, los resultados de esta indagación pueden ser importantes para los tomadores de decisiones. En Cuba se labora en la actualidad en la formulación de una nueva PCTI que favorezca

⁵ El caso que estudiamos en este documento, es claramente de innovación basada en la ciencia y no tanto del Modo DUI. Sin embargo, como hemos mostrado en otro lugar (Núñez *et al.*, 2013), las universidades también participan en otros modos de innovación.

en mayor medida las conexiones entre centros de investigación y el sector productivo. En ese contexto se ha producido un debate sumamente interesante sobre el papel de las universidades (Blanco, ed., 2013). Las lecciones que resultan de aquí pueden ser útiles para ese fin.

Por otra parte, esta pesquisa revela algunas particularidades en relación con la experiencia internacional. Frecuentemente, los estudios se basan en las relaciones entre universidades y sector privado. En nuestro caso, la universidad es pública y la industria es propiedad del Estado. Otra peculiaridad se refiere a los vínculos entre canales y beneficios. El marco conceptual utilizado destaca los siguientes: 1) servicio, que genera beneficios económicos para las organizaciones públicas de investigación (OPI) y beneficios productivos a corto término para las firmas; 2) tradicional, que genera beneficios intelectuales para OPI y beneficios productivos a corto término para las firmas; 3) bidireccional: genera beneficios intelectuales para OPI y de largo término basados en la innovación para las firmas, y 4) comercial: beneficios económicos para OPI y de largo término basados en la innovación para las firmas.

El caso que expondremos a continuación confirma la importancia del canal bidireccional y muestra un panorama un poco más complejo sobre las relaciones entre motivaciones, canales y beneficios. Ello se relaciona con el hecho de que nos referimos a una industria pública con buen dinamismo tecnológico, que combina la atención de problemas de salud relevantes con la obtención de provecho económico. En esa combinación, las metas de salud son clave. Tanto el personal que trabaja en el CIM como los investigadores del CEP reconocen en ellas, enfocados a enfermedades de gran impacto humano como el cáncer, una motivación fundamental. De tal modo, el compromiso con objetivos sociales, la motivación y los valores, individuales e institucionales, compartidos por la universidad y el sector productivo, son elementos fundamentales.

2. La ciencia universitaria: evolución del Centro de Estudios de Proteínas

El CEP, como toda la investigación científica en la Universidad, tiene sus orígenes en la Reforma Universitaria de 1962, que incorporó la investigación a la educación superior, creó las carreras de ciencias orientadas a la formación de investigadores y dio lugar a los primeros documentos de política científica universitaria (Núñez 2010).

El CEP ilustra los cambios experimentados en la institucionalidad de la investigación científica universitaria y su orientación hacia una

mayor conexión con el sector productivo. Su estrategia y andadura han sido diferentes a las de otros grupos universitarios. Es un organismo que desde sus inicios ha dirigido sus esfuerzos a vincular sus líneas de investigación con aquellas de la industria biotecnológica nacional –ahora integrada en la organización superior de dirección empresarial BioCubaFarma–, mediante el desarrollo de investigaciones estratégicas y la formación de alto nivel.

Este centro de estudios se creó sobre la base de la experiencia y los resultados investigativos obtenidos, desde principios de la década de los setenta, por un grupo de profesores del Departamento de Bioquímica de la entonces Escuela de Bioquímica Farmacéutica, posteriormente integrada en la Facultad de Biología de la Universidad de La Habana. En esta década y en la siguiente, el desarrollo de las investigaciones permitió acumular experiencias y resultados, en la esfera de la bioquímica de las proteínas de interés para la biomedicina y la biotecnología. Fue una primera etapa donde se desarrollaron metodologías para la purificación y caracterización de proteínas. Esta fase permitió la consolidación de un colectivo de profesores con una clara concentración en tareas de investigación científica orientadas a problemas de incidencia social, aun cuando en sus inicios podemos considerarla una etapa de desarrollo endógeno del grupo.

Durante la década de los años ochenta, la contribución de la ciencia al desarrollo del país fue objeto de agudas críticas debido al bajo nivel de aplicación de los resultados científicos, la dispersión y la falta de integralidad de muchos de los esfuerzos que se venían realizando. Entre otras medidas adoptadas, la ciencia pasó a ser organizada a través de programas científico-técnicos nacionales, ramales y territoriales. Numerosos centros de investigación fueron adscritos a los ministerios productivos que debían interesarse por sus resultados, se crearon centros de investigación y/o producción (con facilidades para el escalado y la producción) y surgieron los «polos científicos» en todas las provincias (redes de instituciones científicas, educacionales, de salud y productivas encargadas de impulsar diferentes programas de investigación y aplicación de resultados).

De tal forma, hacia los ochenta llegaron a la universidad nuevas señales del contexto, demandando mayor contribución social, en particular productiva, a la investigación universitaria. A partir de 1985 aumentó la vinculación de la Universidad de La Habana con los principales programas nacionales de desarrollo, y en ese entorno

fueron surgiendo nuevas instituciones de investigación que partían generalmente de grupos ya existentes, con el propósito de dotar a estos colectivos de mayor capacidad para producir y aplicar resultados científicos. Apareció así un conjunto de centros de nuevo tipo vinculados directamente a programas nacionales de desarrollo industrial que reclamaban un importante respaldo científico-técnico. Estos centros se orientaron a cerrar el ciclo investigación-producción con una organización multidisciplinaria e incorporando capacidades productivas o mediante vínculos muy estrechos con la industria. Es el caso del Instituto de Materiales y Reactivos, el Centro de Biomateriales, el Centro de Antígenos Sintéticos, el Centro de Productos Naturales, el Instituto de Farmacia y Alimentos, entre otros. Todos ellos contaron con inversiones centrales significativas y atención diferenciada del Gobierno (Rodríguez, 1997).

Es común a todos esos centros su inmersión dentro de un tejido de relaciones que incorporó actores sociales diversos y planteó demandas más directas a la investigación, con la consiguiente generación de nuevas trayectorias socio-técnicas (Thomas, 2008 y 2011) (vacunas, láseres, biomateriales, medicamentos, etc.). En mayor medida que en el período inmediato anterior, los campos de relevancia se definieron en el intercambio entre actores académicos y extrauniversitarios.

En la medida en que la crisis económica del país se profundizó luego de la caída de la Unión Soviética, el propósito de aumentar el efecto práctico de las investigaciones se enlazó con la idea de obtener por esa vía recursos financieros para la universidad. De los análisis colectivos surgieron nuevas agendas de investigación que incluyeron: medicamentos, diagnosticadores, biomateriales, equipos médicos, nuevos materiales, biotecnología y alimentos, estudios medioambientales, computación, estudios económicos, entre otras. En cada una de estas direcciones se precisaron líneas de investigación priorizadas con el propósito de utilizar más eficientemente los limitados recursos disponibles, concentrar la producción científica universitaria y elevar su impacto sobre los problemas más importantes para el país. Se establecieron también lineamientos para la captación de recursos materiales y financieros, basados, entre otros en la venta de servicios científicos-técnicos, *software*, pequeñas producciones especializadas de alto valor agregado, así como transferencia de tecnologías (Rodríguez, 1997).

La orientación práctica e incluso comercial demandó de los grupos y centros de investigaciones el aprendizaje de asuntos en los cuales

antes no habían incursionado: estudios de mercado, análisis de costos, gestión por proyectos, gestión de la calidad, estrategias de comercialización, contratos, propiedad intelectual, licencias, publicidad, entre muchos otros, y se generaron interacciones múltiples entre diversos especialistas. Ocurrió así una transformación en la racionalidad y la cultura de varios de los líderes científicos e investigadores. Quizás no sea exagerado decir que se forjó una suerte de segunda revolución académica (Etzkowitz y Leydesdorff, 1997).

El período se caracterizó por otros aspectos relevantes. El primero a destacar es la fragua del sistema de posgrado que la Universidad de La Habana exhibe hoy, con un alto volumen de maestrías y doctorados, con la pertinencia social como guía y sujeto a un proceso bastante estricto de evaluación y acreditación de programas. Lo segundo es la transformación radical del proceso de internacionalización de la Universidad. Si en la etapa anterior fueron privilegiadas las relaciones con instituciones europeas del campo socialista, luego de la desaparición de este, la UH pasó a diversificar y ampliar sus relaciones en un plazo muy breve de tiempo. La formación doctoral y posdoctoral, así como las investigaciones conjuntas, están en el centro del intercambio internacional. Finalmente, en la etapa la Universidad incorporó un sistema de gestión apoyado en la proyección y evaluación anual y a mediano plazo de objetivos, programas e instituciones. Estos medios fortalecieron los mecanismos universitarios para organizar la vida institucional alrededor de prioridades y, a la vez, para rendir cuentas por su trabajo. Pertinencia y calidad están en el centro de ese sistema de gestión.

En tal contexto, en 1986, el colectivo de profesores del Departamento de Bioquímica se transformó en Grupo de Objetivos Priorizados de Proteínas (GOP), lo que determinó la ampliación de personal y de objetivos orientados hacia la obtención de productos importantes para el país. A partir de aquí puede establecerse una segunda etapa en el desarrollo del equipo de investigación. En efecto, durante los quince años de existencia del GOP, las investigaciones condujeron al descubrimiento de moléculas proteicas obtenidas a partir, fundamentalmente, de organismos marinos, con aplicaciones potenciales en la biotecnología y en la biomedicina, lo que determinó el otorgamiento de varias patentes nacionales. El grupo desarrolló un estudio amplio y multidisciplinario de caracterización molecular y funcional de proteínas, tales como inhibidores de proteasas y proteasas de diferentes clases mecanísticas y toxinas con acción membranotrópica, lo que

contribuyó a la introducción de tecnologías de avanzada y a ampliar el conocimiento en este campo. Esto permitió la obtención de proyectos nacionales e internacionales, la publicación de artículos científicos en revistas de la corriente principal, la presentación de numerosas ponencias en eventos internacionales, dentro y fuera de Cuba, y una colaboración estrecha bi- y multidireccional con centros de investigación y producción del país, incluyendo los del sector biotecnológico (agrupados en el *cluster* que, como ya se apuntó, se denominó «Polo Científico del Oeste de La Habana») que como parte de la misma PCTI fueron surgiendo durante esa década y la siguiente.

El grupo en su desarrollo fue logrando la capacitación de profesionales con un nivel de especialización superior y prestó numerosos servicios científico-técnicos. Estos servicios respondieron a los ajustes en las prioridades, que expresaban un cambio en la mentalidad y el modo de asumir la actividad científica, de acuerdo con la naturaleza del encargo social recibido. Con iguales motivaciones el CEP se concentró en diversas tareas como la producción de reactivos biológicos para el sistema de salud pública cubano (enzimas y otros compuestos para los *kits* para diagnóstico de laboratorio) o proteína A inmovilizada para la purificación de inmunoglobulina, entre otros.

El perfeccionamiento de la enseñanza de posgrado fue otra de las misiones que el GOP se trazó desde sus inicios, colaborando con la formación de profesionales de diferentes especialidades de otros centros en el área de la bioquímica de las proteínas y enzimas. La etapa se caracterizó por una intensa actividad de posgrado pues la Facultad y, en particular, el área de bioquímica fue el escenario natural en el que se defendieron numerosas tesis doctorales de los centros del naciente Polo Científico con su doble implicación: la contribución de la experiencia académica a los procesos de defensas doctorales y la obligada actualización de los académicos en temas de frontera e impacto para la naciente industria biotecnológica del país. Por otra parte, la academia a través de estas actividades, se fue convirtiendo en un eslabón imprescindible en la calificación del personal vinculado directamente a la industria biotecnológica y contribuyó a alcanzar un cierto nivel de reconocimiento profesional. En otras palabras, esta etapa fundacional puede caracterizarse así:

- Consolidación y concentración de objetivos de investigación científica por un grupo de académicos universitarios.

- Orientación de estas investigaciones hacia la solución de problemas sociales, sin abandono de las investigaciones básicas, aunque no estuvo exenta de desaciertos, de prioridades no bien definidas por parte de los organismos que reclamaban la solución de problemas por parte del grupo universitario.
- Inicio de vínculos con centros de la industria biotecnológica a través de proyectos de investigación.
- Contribución de la academia a la formación posgraduada del personal vinculado a la industria biotecnológica.
- La industria biotecnológica se encontraba en su fase inicial, concentrada en su desarrollo endógeno. El interés por la Universidad se centró, sobre todo, en la formación de posgrado de sus especialistas, jóvenes en su mayoría.

En suma, esta etapa puede considerarse de acercamiento mutuo, exploratoria, aun sin fraguar proyectos conjuntos de largo alcance. Tal vez, la existencia de una brecha sustancial en la cultura de la propia Universidad de cómo entender la tríada ciencia, tecnología e innovación en relación con el sector productivo biotecnológico y las propias urgencias endógenas de desarrollo del sector productivo ralentizaron un flujo más dinámico y estable entre ambos tipos de instituciones.

A partir de la experiencia docente e investigativa acumulada por más de veinte años por el colectivo de profesores e investigadores dedicado al estudio de proteínas y enzimas, se fundó el CEP en diciembre de 2000, enfocado no solo a estrategias de obtención y caracterización de proteínas, sino también a otras tecnologías de avanzada en biociencias moleculares, en consonancia con los nuevos retos del desarrollo científico-tecnológico. Así fue posible el diseño y obtención de proteínas quiméricas o modificadas con propiedades prestablecidas o mejoradas para su uso biotecnológico o biomédico. Adicionalmente, se profundizó en las técnicas de ingeniería de proteínas, relacionadas con la modificación del microentorno de las moléculas mediante su inmovilización. La introducción de técnicas de alta productividad para la identificación de moléculas, basadas en la interacción proteína-proteína y el desarrollo de cuestiones básicas, esenciales para la caracterización estructural y funcional de las proteínas fueron objetivos del centro. A partir de esta nueva época, el CEP se convierte en uno de los centros de referencia más importantes

del Ministerio de Educación Superior de cara al desarrollo de la industria biotecnológica cubana.

Un rasgo que caracteriza el quehacer del CEP ha sido la concentración de las investigaciones del tipo que Stokes (1997) incluye en el «cuadrante de Pasteur», que él llama «investigación básica orientada para aplicación» –otros prefieren la denominación «investigación estratégica»–. Esta orientación ha permitido ir consolidando cierto liderazgo en determinados temas y tecnologías y ha conseguido sortear limitaciones materiales. Para lograr mantener un alto nivel científico, frente al deprimido crecimiento en recursos materiales de las universidades, la estrategia puesta en práctica ha combinado la concentración de esfuerzos en torno a líneas de investigación, así como el crecimiento y formación del personal recién graduado, la colaboración y las alianzas con centros del Polo Científico y la colaboración internacional con instituciones de alto desempeño científico. Resulta importante destacar que la dirección de investigaciones a un fin con prioridad social no desechó la importancia de las investigaciones básicas como soporte imprescindible de aquellas.

En esta etapa se comienzan a hacer más frecuente el establecimiento de nexos investigativos entre la Universidad y los representantes de la industria biotecnológica, fundamentalmente desde un ángulo más informal. Sin embargo, la propia dinámica de la industria, que está trabajando por encontrar sus vías de autosustentamiento ante la inversión estatal, no siempre coloca entre sus prioridades esta colaboración.

Una de las motivaciones que movilizó al CEP hacia el sector productivo fue, de una parte, la necesaria alianza con centros que, apoyados centralmente por entidades del Gobierno, contaran con equipamiento de punta y suministros para desarrollar estas investigaciones y de otra, la transferencia de experiencias de posibles salidas tecnológicas que no existían en el país y de las cuales los académicos habían sido pioneros en su introducción con una visión de su posible impacto en la industria. Hay una larga historia de estos encuentros donde los esfuerzos que fructificaron estuvieron relacionados no solo con el hecho del éxito de los resultados científicos-tecnológicos de la cooperación sino también con la *voluntad de hacerlo* aun en condiciones desfavorables.

El CEP es hoy una institución de investigación perteneciente a la Universidad de La Habana dedicada al aislamiento, purificación, así como a la caracterización estructural y funcional, de proteínas y

péptidos obtenidos, fundamentalmente, a partir de organismos marinos. Su claustro cuenta con alrededor de 25 profesionales entre profesores e investigadores a tiempo completo, así como estudiantes de posgrado. Todos comparten su tiempo entre la enseñanza y la investigación científica.

En lo relativo a la enseñanza, el CEP tiene una estrecha vinculación con el Departamento de Bioquímica de la Facultad de Biología y participa en la formación de los futuros bioquímicos-biólogos moleculares cubanos y, de forma conjunta, desarrolla programas de posgrado como la Maestría en Bioquímica y el Doctorado en Biociencias Moleculares. El claustro del CEP se compone principalmente de bioquímicos que colaboran con biólogos, físicos y químicos, que conforman un conjunto multidisciplinario con una visión más integrada de la práctica científica.

Organizado en torno a dos direcciones principales de investigación constituidas también en laboratorios: proteasas e inhibidores de proteasas y de liposomas y toxinas, el CEP cuenta también con un joven laboratorio de bioinformática que complementa el enfoque teórico necesario para explicar los hallazgos experimentales. La inmovilización de proteínas y el estudio de péptidos antimicrobianos son otras de las direcciones de investigación del CEP con resultados interesantes. Vinculados a estos temas de investigación, estudiantes de pregrado y de posgrado realizan trabajos de diploma, tesis de maestría y tesis de doctorado.

Origen y desarrollo de la industria biotecnológica⁶

De alguna manera la exposición del caso que abordamos en este documento se puede beneficiar de un breve repaso de los orígenes y evolución de la industria biotecnológica en Cuba.

El interés del Gobierno cubano por desarrollar la biotecnología en el país se puso de manifiesto a inicio de los años ochenta. Por esa época visitó Cuba el profesor Randoll Lee Clark, presidente del Instituto de Tumores del Hospital M. D. Anderson, de Houston, Texas, quien, en una visita a Fidel Castro, le aconsejó producir interferón⁷ en la Isla (Herrera, 2008). En enero de 1981 se decidió que un pequeño grupo de investigadores cubanos comenzaran a trabajar en el proyecto.

⁶ Este acápite se basa en el trabajo de Núñez, Pérez y Montalvo (2011b).

⁷ A principios de la década del ochenta el interferón se consideraba como una esperanza para combatir el cáncer (Limonta, 2002).

Dos de ellos fueron enviados a un entrenamiento a EE. UU. con el profesor Clark y después otros seis viajaron a Finlandia al laboratorio del profesor Kari Cantell en Helsinki, primer laboratorio productor de interferón en el mundo (Limonta, 2002). Otro investigador viajó a Francia con el objetivo de aprender la vía recombinante de producción de interferón. El grupo, integrado por investigadores provenientes del Centro Nacional de Investigaciones Científicas (CNIC) y de la Clínica del Ministerio del Interior, fue creado, y supervisado de forma directa por Fidel Castro (Herrera, 2008).

De regreso en Cuba con la tecnología de la producción del interferón, el grupo comenzó a trabajar en una casa del Gobierno convertida en laboratorio. El día 28 de mayo del mismo año 1981 el colectivo entregó a Fidel el producto de su trabajo. El primer interferón cubano fue llevado a Finlandia para ser testado en los laboratorios del profesor Cantell, donde cumplió con todos los parámetros de calidad exigidos y muy pronto se aplicó en el sistema de salud cubano para combatir una epidemia de dengue hemorrágico (Limonta, 2002).

Este resultado fue posible por la capacidad de aprendizaje demostrada por los investigadores cubanos, el interés gubernamental por el sector de la salud y la intervención personal del presidente cubano.

A fines del mes de mayo, en las mismas instalaciones donde se obtuvo el interferón, se creó el Centro de Investigaciones Biológicas (CIB).⁸ La creación del CIB se percibió como «un temprano y decisivo respaldo a la visión de desarrollo acelerado de la medicina que preconiza el Gobierno cubano» (Limonta, 2002, p. 4).

En el mes de junio el Gobierno tomó además una importante decisión: fundar el «Frente Biológico», que tuvo como objetivo fortalecer y coordinar el trabajo y la investigación de diferentes instituciones y grupos científicos en el campo de la biología y la biotecnología en Cuba (Majoli, 2002; Limonta, 2002). El Frente debía promover las interacciones y sinergias entre instituciones científicas y productivas y el Gobierno. Pero el interés de este último iba más allá: «en el máximo nivel del Gobierno existía una prospección de desarrollo encaminada a alcanzar los mayores niveles de las ciencias biotecnológicas del

⁸ El CIB tenía dos propósitos principales: incrementar la producción del interferón leucocitario cuatro veces por encima del nivel de la producción existente en el laboratorio inicial, e introducir la tecnología del ADN recombinante para producir inicialmente interferón y, paulatinamente, otros medicamentos y vacunas de tipo recombinantes (Limonta, 2002).

mundo» (Limonta, 2002, p. 5). En diciembre de 1982 la UNESCO/ ONUDI lanzó una convocatoria para la creación de un Centro Internacional de Ingeniería Genética y Biotecnología (CIGB). Cuba solicitó la sede de la institución y le fue conferida en diciembre de 1983 a Italia y la India, construyéndose sendas sedes en Trieste y Nueva Delhi. No obstante, Fidel decidió construir un centro con recursos propios⁹ (Limonta, 2002; Herrera, 2008).

Las universidades contribuyeron con profesores e investigadores a la génesis y desarrollo de las nuevas instituciones. El 1.º de julio de 1986 se inauguró el Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología (CIGB), con instalaciones y equipamiento de última generación y, sobre todo, con un grupo de jóvenes científicos capacitados y altamente motivados (Majoli, 2002).

La institucionalización de la biotecnología en Cuba (Limonta, 2002) se basó en algunas ideas clave. El objetivo fue crear una institución de investigación-producción, a ciclo cerrado, lo que implicó, por ejemplo, realizar toda la investigación necesaria para obtener el interferón y producir las cantidades necesarias para responder a la demanda del país. Se definieron con claridad objetivos y plazos para cumplir el encargo. La comunicación e interacción entre los investigadores permitió un dominio del proyecto en su conjunto aun cuando cada uno de los participantes tenía bien definidas sus propias tareas. La capacitación constante de profesores e investigadores constituyó una prioridad, así como la búsqueda de métodos avanzados de control de la calidad. El esfuerzo de cada integrante para contribuir con los objetivos del equipo se convirtió en un hecho cotidiano y se creó un entorno de exigencia permanente. A la creación de este ambiente contribuyó de forma directa la participación personal de Fidel Castro a través del control riguroso del avance del trabajo.

Estas bases conceptuales caracterizan hasta hoy la investigación en biotecnología en el país. Lage (1999) afirma que muchas de ellas pueden ser identificadas como rasgos de lo que él denomina «el experimento» de la biotecnología cubana.

En suma, los esfuerzos a favor de la biotecnología fueron guiados por dos objetivos fundamentales: la satisfacción de las necesidades socia-

⁹ Esta decisión fue consultada a los integrantes del CIB y de otras instituciones cubanas, así como a prestigiosas personalidades internacionales de las ciencias biológicas, como el profesor Albert Sasson (Limonta, 2002).

les, en particular el avance del sistema de salud cubano, y la búsqueda de ingresos para la economía nacional en los mercados externos. Ello explica el formidable despegue de las investigaciones biotecnológicas, asociadas en lo fundamental al sector médico-farmacéutico. Influyó también en el interés por las biociencias la necesidad de enfrentar las agresiones de la guerra biológica contra Cuba.¹⁰

La biotecnología ocupa un lugar relevante dentro de la PCT de Cuba. El interés por la biotecnología no decayó a pesar de la fuerte crisis económica de los noventa y el reforzamiento del bloqueo norteamericano.

La biotecnología aplicada a la industria médico-farmacéutica ha tenido la mayor prioridad. También se desarrollan importantes proyectos orientados a la agricultura, la producción de alimentos, el ganado y el cuidado del medio ambiente. Los resultados de la biotecnología benefician al sistema de salud cubano y ocupan un lugar creciente en las exportaciones nacionales (Núñez *et al.*, 2011b).

El locus preferente de la biotecnología cubana ha sido el Polo Científico del Oeste de La Habana.¹¹ Según Lage (2008), el Polo es «un conjunto de más de 40 organizaciones que comprende cerca de 12 000 empleados, entre ellos 7 000 científicos e ingenieros». Al estudio del tema se le han dedicado diversos trabajos (entre ellos, Lage, 1994, 1999, 2006 y 2013; Kaiser, 1998; Majoli, 2002; López *et al.*, 2006 y 2007; Núñez *et al.*, 2011b).

En un sentido amplio, el Polo Científico no se limita a las instituciones que geográficamente se sitúan en la zona oeste de la capital cubana. Existe un amplio conjunto de organizaciones en el país que, aunque están subordinadas a diferentes ministerios y se ubican en diversos territorios, tienen objetivos de trabajo que contribuyen al desarrollo de las investigaciones y las producciones que se hacen en el Polo Científico. Las universidades destacan en el conjunto de esas organizaciones. Aquí se manifiesta el concepto de Fidel Castro de que el Polo Científico es un «instrumento de cooperación y de apoyo mutuo entre los centros de investigación, que tiene como objetivo poner a cooperar a todos los centros, a ayudarse unos a otros en equipos,

¹⁰ Por ejemplo, la fiebre porcina en los años setenta, el dengue hemorrágico en 1981, la plaga *Thripsalmi*, al parecer introducida intencionalmente en Cuba a fines de 1996, entre otras.

¹¹ Como se mencionó antes, ahora está integrado en la organización superior de dirección empresarial BioCubaFarma.

en personal, en experiencias, en conocimientos, lo cual multiplica sus posibilidades» (Castro, 1991).

Dentro de ese concepto amplio, algunas instituciones han constituido la base principal del Polo científico; entre ellas:

1. Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología (CIGB)
2. Centro de Inmunología Molecular (CIM)
3. Centro Nacional de Investigaciones Científicas (CNIC)
4. Centro de Inmunoensayo (CIE)
5. Centro Nacional de Animales de Laboratorio (CENPALAB)
6. Centro Nacional de Biopreparados (BIOCEN)
7. Centro de Neurociencias de Cuba (CNC)
8. Instituto de Medicina Tropical Pedro Kourí (IPK)
9. Instituto Finlay
10. Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA)
11. Centro Internacional de Restauración Neurológica (CIREN)

La comercialización de los productos biotecnológicos producidos comenzó a finales de 1983. Para ello se creó la empresa comercial Heber Biotec S. A., que en la actualidad distribuye sus principales productos en más de 45 países y cuenta con más de 400 registros farmacéuticos. Vacunas Finlay S. A. es la compañía que tiene la representación exclusiva para la negociación y comercialización de los productos, servicios técnicos y consultorías del Instituto Finlay. CIMAB S. A. es el representante exclusivo para la comercialización de los productos y servicios del Centro de Inmunología Molecular. De esta manera, casi todos los centros del Polo Científico tienen sus propias empresas comercializadoras para conseguir el cierre del ciclo investigación-producción-comercialización. En la actualidad estas empresas exportan productos a decenas de países por centenares de millones de dólares.

En los últimos años el Polo Científico y su sistema empresarial han fortalecido el trabajo conjunto con empresas extranjeras; por ejemplo, de China, Vietnam, India e Irán, donde incluso se han creado instituciones análogas. También se ha colaborado con empresas de Canadá y Estados Unidos. Existen acuerdos o negociaciones para la transferencia de tecnologías con alrededor de una veintena de países.¹²

¹² Entre estos países, India, China, Brasil, Egipto, Malasia, Irán, Rusia, Sudáfrica, Gran Bretaña, Venezuela, México, Túnez, Argelia, Bélgica y negociaciones con

Las negociaciones incluyen tanto productos como activos intangibles (patentes, tecnología, conocimiento tácito, capacidad científica).

El modelo de desarrollo de la biotecnología cubana se considera exitoso desde los puntos de vista científico, social y económico. Lage ha resumido sus características (Lage, 2006) del siguiente modo:

- Se ha realizado en un país en vías de desarrollo, con escasos recursos materiales y poco desarrollo industrial; ha sido conducido básicamente por el Estado y prácticamente sin inversión extranjera directa, aunque la cooperación a través de empresas mixtas avanza. El financiamiento de las inversiones no procede de la especulación en la bolsa con las acciones de las empresas sino de ingresos reales que produce la comercialización, tanto de productos como de activos intangibles.
- La integración de las actividades de investigación, producción y comercialización: de modo semejante a como se muestra en el modelo del «Modo 2» de producción de conocimientos (Gibbons, *et al.* 1994), en el sector biotecnológico se trabaja en el «contexto de aplicación», se fomentan las interacciones y el trabajo en redes, se utilizan criterios de calidad apropiados (la producción de publicaciones científicas¹³ o la obtención de reconocimientos académicos se subordina a la solución de problemas de salud o la obtención de logros económicos a través de la comercialización en el exterior) y se promueve la interdisciplinaridad. Como vemos, desde el punto de vista de la producción de conocimiento se trabaja, hasta cierto punto, dentro de un modelo semejante al de la industria biotecnológica internacional, aunque en la experiencia cubana, a diferencia de otros países, las mismas instituciones trabajan a «ciclo completo», desde la producción hasta el uso del conocimiento y la captura del valor generado.
- La diferencia está en la apropiación social de esos resultados: la población cubana y, con frecuencia, personas de otros países

Holanda, España, Alemania y Estados Unidos. Brasil compra a Cuba 100 mil dosis de vacunas contra la hepatitis B y 1 millón de dosis de vacunas contra la meningitis B.

¹³ Aunque algunas instituciones como el CIGB «has published 680 peer-reviewed papers in scientific journals, from 1986 to 2006. It is also worth noting that the CIGB's papers have been cited in more than 3 000 papers» (López, *et al.*, 2006).

que reciben los beneficios de la cooperación médica cubana se apropian de esos avances gratuitamente o a precios muy bajos. Por tratarse de empresas públicas los beneficios de la comercialización pertenecen a la población. Esos beneficios sirven para ayudar a mantener el sistema de salud cubano.

- La capacidad de trabajar, a la vez, en temas de la frontera científica y tecnológica y en productos más tradicionales que generan oportunidades económicas al país. Estos últimos permiten realizar importantes aprendizajes que se reflejan en la consolidación de la industria y junto a los servicios médicos constituyen un factor importante del intercambio comercial con numerosos países. Algunas de las trayectorias tecnológicas escogidas responden a perfiles epidemiológicos diferentes al que caracteriza a Cuba. Este es el caso, por ejemplo, de la vacuna del cólera, que en Cuba no constituye un problema de salud pero si es una importante prioridad para otros lugares. Los objetivos de la biotecnología cubana atienden intereses tanto de los países del sur como del norte.
- La gran articulación con el Estado y el Gobierno. Las relaciones han sido fluidas y permanentes. Algunas decenas de investigadores han sido miembros del parlamento cubano, lo que proporciona a ese sector de la comunidad científica una alta representatividad política.
- La comunidad científica y tecnológica de la biotecnología cubana se caracteriza por valores de consagración al trabajo, orientado al servicio público. En los últimos años se ha incrementado notablemente la gratificación económica de esos trabajadores, pero, sin duda, los beneficios que obtienen son mucho menores que los servicios que prestan y la riqueza que crean.
- La colaboración de las instituciones del Polo Científico con otras instituciones cubanas, por ejemplo, con el sistema de salud cubano y su red de hospitales y médicos de la familia. También es importante la colaboración con el sistema de educación superior.

Los avances se han basado en aspectos tales como la prioridad de la biotecnología dentro de la PCTI, la fortaleza del sistema de salud, la puesta en práctica de formas de gestión adecuadas a los propósitos de

la industria biotecnológica (gestión que ha estado guiada siempre por indicadores ambiciosos y por la búsqueda permanente de lo nuevo), la cooperación estrecha entre actores, la ampliación de los mercados internacionales, la utilización de la cooperación internacional, los relativamente rápidos aprendizajes en materia de gestión de la calidad y manejo de la propiedad intelectual, una adecuada percepción social sobre la contribución de la biotecnología al desarrollo.

La industria biotecnológica cubana ha devenido a lo largo de treinta años un sector emergente de la economía nacional, con productos innovadores de alto valor agregado que cierran su ciclo económico en el mercado exterior. Esta experiencia enseña que la industria de alta tecnología en países pequeños debe estar orientada a la exportación, ya que el mercado doméstico no permite recuperar la inversión en investigación-desarrollo.

Este hecho tiene implicaciones prácticas en la gestión de las empresas innovadoras, más aún en los países en vías de desarrollo, pues requiere de la interacción con mercados sujetos a diferentes ambientes regulatorios. Por otra parte, el propio proceso de globalización de la economía mundial ha conllevado a un crecimiento permanente y prácticamente universal del estado regulatorio y competitivo de los mercados. El éxito de estas empresas de alta tecnología en países del sur pasa por una capacidad innovadora en los modelos establecidos de negocio, que permita la sostenibilidad financiera del crecimiento y la gerencia distribuida de los proyectos a través de alianzas estratégicas.

Como se ha dicho, los cambios que se producen en la actualidad en la economía cubana determinaron la incorporación del Polo al grupo empresarial de la industria médico-farmacéutica (BioCubaFarma), creado a finales de 2012 y subordinado directamente al Consejo de Ministros. Este organismo reúne a las instituciones del Polo Científico y al Grupo Empresarial Farmacéutico con otras entidades de investigación científica, productiva, de servicios y de comercialización. Esta combinación persigue hacer coincidir en una sola estructura las instituciones encargadas de todo el ciclo productivo, desde la investigación hasta la comercialización, de modo que las interacciones entre los procesos sean más eficientes. BioCubaFarma también cuenta con un mayor nivel de autonomía empresarial.

Tomando como base la demanda cubana de medicamentos, y para la exportación, BioCubaFarma dirige la ejecución de la política de investigación y desarrollo de medicamentos y de otros productos

y servicios, incluyendo su proyección en el mercado internacional. También, de las actividades de comercio exterior y las negociaciones en las que participen las entidades, como la importación y exportación de productos y servicios, la transferencia de tecnología y el desarrollo de productos y servicios (Ministerio de Justicia de Cuba, 2012; Núñez y Figueroa, 2014).

El Centro de Inmunología Molecular en la industria biotecnológica cubana: innovación basada en la ciencia

El Centro de Inmunología Molecular (CIM), fundado en 1994, es una de las empresas más destacadas en el Grupo BioCubaFarma. A finales de 2015 el CIM tenía 1 136 trabajadores, entre ellos 514 graduados universitarios y 406 técnicos. El personal del CIM incluye 441 doctores, 150 másteres en ciencias y acumula 639 patentes en el exterior (355 concedidas). En 2014 la formación del personal alcanzaba alrededor de 70.5 horas por trabajador. Las exportaciones del CIM han aumentado 926 veces en 20 años y su mercado se ha ampliado a 31 países. Tiene su propia firma comercial (CIMAB) registrada en la Cámara de Comercio de Cuba. CIMAB tiene participaciones en 3 empresas mixtas, en España, Singapur y China. El ingreso anual es aproximadamente de 100 millones de dólares debido a la exportación de productos y regalías de empresas conjuntas en el extranjero. Hay una fuerte colaboración con Brasil, China y la India y una estrategia para diversificar los mercados.

El CIM surge y se desarrolla como una empresa de propiedad estatal, en una economía socialista. La inversión inicial provino del Gobierno que aportó el capital que todas las compañías de alta tecnología y alto riesgo necesitan para madurar. De hecho, en su primera década el CIM trabajó como organización presupuestada hasta que sus resultados económicos le permitieron pasar a un sistema de gestión autofinanciada.

De modo similar al resto de las instituciones de la industria biotecnológica cubana, es un centro que realiza actividades de investigación-desarrollo, producción y comercialización, que trabaja orientado al desarrollo de anticuerpos monoclonales y vacunas terapéuticas para la inmunoterapia del cáncer y en la tecnología de escalado del cultivo de células de mamíferos (Pérez, 2008).

El CIM, como otras organizaciones de la industria biotecnológica cubana, tiene la capacidad de trabajar, a la vez, en temas de la

frontera científica y tecnológica que generan productos innovadores (patente propia), y en la asimilación de tecnologías que generan productos biosimilares (patente de otro que expira su plazo de validez), que generan oportunidades económicas y resuelven problemas de salud al país.

A la vez, el CIM tiene asimismo algunas particularidades. La primera es que fue fundado en 1994, dos años después de la desaparición del campo socialista europeo y en el nadir de la crisis económica que derivó de la pérdida de los justos términos de intercambio comercial que Cuba tenía con esos países. El despegue del CIM no disfrutó del contexto económico favorable que mantenía la integración económica con el campo socialista. La segunda es que la inmunoterapia del cáncer es el campo más competitivo de la biotecnología mundial (40 % de todos los biofármacos en desarrollo en el mundo), por lo que este centro no dispuso de la ventaja de nichos comerciales de escasa competencia. La tercera característica es que sus instalaciones de escalado se basaron en la tecnología de células superiores, que en ese momento, como tecnología industrial, no contaba con un desarrollo a nivel mundial (Núñez y Figueroa, 2014).

En resumen, se trató nada menos que de un emprendimiento en un campo competitivo, con tecnologías emergentes y en un contexto de depresión general de la economía. Probablemente cualquier enfoque convencional de análisis *ex-ante*, hubiera pronosticado el fracaso del CIM.

Sin embargo, después de una etapa de despegue de cinco años, entre 2000 y 2011, las exportaciones del CIM se multiplicaron por 16, llegando a más de 25 países; el colectivo de trabajadores aumentó 5 veces; los ingresos pudieron financiar la ampliación del área construida y la multiplicación por 5 de la capacidad productiva. También participa en una empresa mixta con capacidades de producción en China. El CIM acumuló 40 invenciones patentadas que sustentaron 737 aplicaciones de patentes en el exterior (Núñez y Figueroa, 2014). Y lo más importante: abasteció al sistema cubano de salud con productos inmunológicos avanzados que se suministran gratuitamente a la población.

¿Cómo fue posible esto? ¿Cómo pudo «navegar contra el viento» (Arocena y Sutz, 2003) esta organización y sus innovaciones?

La proyección de este centro se apoya en algunas ideas básicas (Pérez, 2008). Primero, en una determinación precisa de los objetivos

y los plazos para alcanzarlos. El objetivo económico constituye una importante fuerza motriz de las investigaciones. Los ingresos económicos permiten la sostenibilidad de las investigaciones. En segundo lugar, la competitividad basada en la innovación; la búsqueda de conocimiento nuevo es esencial. La novedad de los productos que surgen de la investigación es la que permite ocupar posiciones en el mercado. Sus investigaciones demuestran que desde el sur se pueden producir innovaciones que satisfagan necesidades del sur y del norte. El CIM desarrolla también una «estrategia puente», que consiste en la obtención de productos de bajo riesgo, en lo fundamental productos tipo «me too». Estos productos permiten tener un flujo de caja positivo y permiten además ganar experiencia en el escalado industrial. En tercer lugar, el avance de la institución mediante redes de colaboración. Las redes fomentan la conectividad entre instituciones (sector salud, universidades, instituciones extranjeras), lo que se convierte en un factor de competitividad y de integración. En cuarto lugar, la comunidad científica y tecnológica que labora en el CIM se caracteriza por valores como laboriosidad, espíritu de equipo y orientación al servicio público. Es esencial la superación, los programas de maestría y doctorado, la captación y selección de nuevo personal, así como la obtención de grados académicos en los campos de la investigación y la docencia.

En resumen:

- El CIM, empresa de propiedad estatal, en una economía socialista, tuvo la condición de unidad presupuestada en su primera década, hasta que alcanzó un desempeño empresarial satisfactorio. La intervención estatal lo protegió de presiones competitivas domésticas y enfoques cortoplacistas, pero al mismo tiempo la estrategia exportadora lo expuso a altos requerimientos de calidad por parte de las agencias regulatorias y a las presiones competitivas externas. El acompañamiento del Estado se proyectó también hacia el exterior y los productos se insertaron en varios países en el marco de acuerdos intergubernamentales de mayor alcance.
- El CIM no renunció a la investigación científica básica, manteniendo una generación de ideas y productos totalmente originales. No olvidó que lo primero y lo más relevante en el mediano plazo en la industria biotecnológica es disponer de

fuertes capacidades científicas, combinando diferentes tipos de innovaciones, incrementales unas y radicales otras. Combinó el aprendizaje tecnológico y la mejora de productos con la investigación de alto nivel.

- El CIM logró construir una «estrategia de evaluación clínica a escala poblacional», con sus productos terapéuticos como resultado de los vínculos estrechos con programas de salud de amplia cobertura del Sistema de Salud Cubano. El director de CIM ha escrito:

La biotecnología llenó el vacío entre la investigación en inmunología y el sistema de salud. Once vacunas, más de 40 compuestos biológicos terapéuticos (incluyendo anticuerpos monoclonales y proteínas recombinantes) y sistemas de inmunodiagnóstico (incluyendo equipos para diagnóstico inmunoenzimático) se fabrican en Cuba. La carpeta de proyectos tiene ahora 91 nuevos productos potenciales en investigación. Más de 60 ensayos clínicos están en curso, con la participación de 65 hospitales (Lage, 2008, p. 110).

El CIM, como otros centros de la biotecnología, toman en cuenta las necesidades del sistema de salud para construir sus agendas de investigación y desarrollo; la interacción con el sistema de salud favorece el aprendizaje y abre nuevos senderos tecnológicos. Este enlace entre alta tecnología y programas de salud es un buen ejemplo de tecnología e innovación que resuelve problemas sociales y favorece la inclusión social y la atención a la salud. Como sabemos, la articulación entre innovación e inclusión social es uno de los temas relevantes en la agenda internacional (Dutrénit y Sutz, eds., 2013).

En la actualidad, en su colaboración con las universidades el CIM desarrolla varias áreas temáticas, entre las que se destacan el desarrollo de una vacuna terapéutica para el cáncer de mama, adyuvantes para vacunas terapéuticas, estudios de sistemas complejos, simulación de sistemas biológicos y fermentación a escala industrial de células superiores. Colabora con la Universidad de La Habana, el Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, la Universidad de Ciencias Informáticas, entre otros centros de educación superior. El CIM es también una «unidad docente», donde los estudiantes de grado

de las universidades antes mencionadas desarrollan habilidades prácticas en los laboratorios y plantas de producción; algunos de ellos, después de su graduación, pueden convertirse en parte de su equipo de trabajadores. Al mismo tiempo la participación de investigadores y tecnólogos como miembros adjuntos de los claustros de las facultades universitarias, contribuye a su desarrollo académico y se opone al pensamiento pragmático frecuente en los empresarios. Esta contradicción estimula la creatividad.

Vínculo CEP-CIM: motivaciones, barreras, canales, beneficios, riesgos

La literatura sobre motivaciones para establecer vínculos entre investigadores y empresas clasifica las de los primeros en dos grupos: intelectuales y económicas, y las de los segundos en actividades de producción de corto plazo y estrategias de innovación de largo plazo (Arza, 2010). Veamos cuáles son las motivaciones en el caso que nos ocupa, y su evolución a lo largo de más de veinte años.

Ante las amenazas que se cernían sobre la ciencia universitaria, en lo fundamental, por la escasez de una fuente de financiamiento nacional estable, una vía de supervivencia y para atenuar el impacto de la crisis de los noventa era la búsqueda de alianzas con los centros de la biotecnología cubana, favorecidos en financiamiento por el rol que de ellos se esperaba en la economía nacional, proyección que el tiempo confirmó.

Por su parte el CIM, interesado en desarrollar proyectos novedosos de I+D, donde los conocimientos sobre proteínas son clave, y conocedor de las potencialidades del CEP en ese campo, decidió fortalecer sus nexos con el CEP para construir canales de tipo bidireccional² (Arza, 2010).

Del lado del CEP existió, sin duda, un interés por captar recursos que les permitieran seguir desarrollando las investigaciones. Pero lo motivó mucho también el conocimiento de la profesionalidad de sus colegas del CIM, en cuyos procesos de formación en algunos casos había participado.

Al CIM le interesaba una alianza de largo plazo y el conocimiento de los investigadores del CEP le dio la confianza necesaria para fortalecer los nexos. El CIM siempre ha tenido la convicción de que la creación de un ambiente científico es una condición necesaria para construir la capacidad innovadora en una empresa de alta tecnología. El vínculo academia-industria contribuye a este propó-

sito, y tiene además un impacto en la formación académica de los especialistas del CIM.

Un importante antecedente es que antes de la inauguración del CIM en diciembre de 1994, existía ya una colaboración entre el grupo de investigadores que lo fundó, pertenecientes al Instituto Nacional de Oncología y Radiobiología (INOR), y la Facultad de Biología de la UH. Esta colaboración entre los investigadores del CEP y el CIM permitió la solicitud una patente europea en fecha tan temprana como 1997 (Vázquez *et al.*, 1997).

Un tema de actualidad es la llamada responsabilidad social de la empresa (Navarro, 2012), en general asociada al impacto ambiental y social de ella en la comunidad en que se inserta. Con la experiencia del CIM, es posible postular una ampliación del concepto de responsabilidad social para las empresas biofarmacéuticas, basada en el principio de la vocación social compartida, ya que el éxito de las empresas biofarmacéuticas pasa por la creación de redes de colaboración extramural con instituciones generadoras de conocimientos, como las universidades, pero también con instituciones que utilizan el conocimiento, en este caso traducido a un producto biofarmacéutico, como los hospitales del sistema nacional de salud. La empresa debe promover activamente el desarrollo de dichas redes de colaboración extramural, en una doble función de agente y cliente, lo que valida y extiende el concepto de canal bidireccional a un modelo de cooperación triangular academia-industria-sistema de salud.

La literatura mencionada asume que el canal bidireccional se logra cuando los beneficios intelectuales de los centros de investigación se enlazan con firmas que persiguen beneficios de largo plazo. En nuestro objeto de estudio se observa que los intereses económicos e intelectuales (del lado de los centros de investigación) pueden marchar juntos y que del lado de las firmas, cuando estas poseen fuertes equipos de investigadores (en el sector de la biotecnología es frecuente que existan), también puede haber motivaciones intelectuales, aunque inscritas en proyectos que persiguen fines aplicados. La realización conjunta de publicaciones científicas lo demuestra. Hablamos de fines aplicados, no solo económicos, porque el impacto en el sistema de salud, y no solo la competitividad y la ganancia, es una motivación central en el desarrollo de sus proyectos.

Sin duda, el gran espíritu de superación de ambos colectivos funcionó como una fuente de motivación para ambos. Ambos tenían razones para pensar que las interacciones (Lundvall, 1988) entre ellos podían generar aprendizajes para ambos colectivos y podían abrir nuevas avenidas a la investigación, a la solución de problemas de salud y a los avances económicos que el país necesita.

Esta articulación bidireccional se apoya en los siguientes mecanismos:

- La incorporación de proyectos del CEP de relevancia para el CIM en la carpeta de proyectos de este último. Este es el caso, por ejemplo, de la combinación de la tecnología de liposomas y la toxina altamente citolítica aislada y caracterizada ampliamente por CEP como herramienta para modular la respuesta inmune o como agente transportador de ácidos nucleicos para terapia génica.
- El desarrollo de programas de maestría y de doctorado concebidos con una visión conjunta que tiene en cuenta las necesidades del sector de la biotecnología. La Maestría en Bioquímica de la Universidad de La Habana tiene una mención de Inmunología coordinada conjuntamente por el CIM y el claustro de la Universidad. La mayor parte de su profesorado proviene del CIM. Además, el CIM es uno de los centros que participan en el programa de Doctorado en Biociencias Moleculares, liderado por la Universidad de La Habana.
- La inserción de los investigadores del sector productivo como docentes en disciplinas universitarias. Por ejemplo, investigadores del CIM, del Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología (CIGB), entre otros, han diseñado asignaturas optativas de bioquímica y biología molecular para estudiantes de pregrado, e inclusive han participado en la enseñanza de otras asignaturas del plan de estudios.
- Diseño conjunto de asignaturas de posgrado. El CIM funciona como «unidad docente»¹⁴ de la Facultad de Biología, con sus implicaciones en el tercer nivel educativo.

¹⁴ Unidad docente es una organización o espacio no universitario donde los estudiantes desarrollan prácticas preprofesionales para adquirir habilidades propias del campo de actuación del área del saben en la que se preparan.

- La co-supervisión de tesis académicas con la participación de investigadores de ambas instituciones.
- La participación conjunta en proyectos y redes de carácter nacional e internacional.
- Los laboratorios e instalaciones del CIM son cruciales para llevar a cabo los proyectos de investigación del CEP, que van desde problemas científicos básicos a los más centrados en nuevos productos o plataformas tecnológicas de interés mutuo. Esto es, por ejemplo, el uso de las toxinas formadoras de poros del CEP utilizadas de diferentes maneras para explorar posibles plataformas para el desarrollo de productos.
- Publicaciones y patentes conjuntas. Como fruto de la madurez de esta relación, en 2014 apareció una segunda patente en colaboración, pero en este caso la autoría principal radica en los especialistas de la Universidad de La Habana (Lanio *et al.*, 2014).
- Organización de talleres científicos para dar seguimiento a los proyectos científicos actuales o más prometedores.
- La representación de especialistas de ambas instituciones en el consejo científico de la otra.

Los beneficios obtenidos son diversos. El CEP fortaleció su capacidad de investigación al disponer de recursos imprescindibles; la enseñanza de grado y posgrado de la Universidad se benefició mediante el contacto con profesionales del CIM de alta calificación e incorporó a sus programas problemas propios de la industria biotecnológica. El CIM se benefició de los programas de formación de la Universidad para calificar a su personal; se nutrió de las redes internacionales en las cuales participa el CEP e incorporó a sus proyectos estudiantes de pregrado y posgrado.

De estos resultados podemos concluir que el CEP y el CIM han trabajado de conjunto en la creación de conocimiento, pero no en la captura del valor creado por dicho conocimiento, lo que nos lleva al problema de la sostenibilidad financiera de la colaboración.

Es necesario que la colaboración universidad-empresa se enfoque en la innovación, y constituya un mecanismo de inyectar recursos financieros a la Universidad. La solución de este problema tiene dos componentes:

- La creación de nuevos activos intangibles, fundamentalmente patentes.

- La capitalización de dichos activos intangibles mediante la negociación de acuerdos que permitan su realización comercial.

Se trata entonces de innovar en cómo debemos organizar y administrar el proceso de innovación en la interacción universidad-empresa.¹⁵ El CEP y el CIM están emprendiendo nuevas acciones en esta dirección:

- La creación de un laboratorio universitario en las áreas de investigaciones del CIM. Esta pudiera ser una solución estructural para lograr el carácter innovador de los proyectos, la protección de la propiedad intelectual, el cumplimiento de las normas de calidad y la logística. Sin embargo, el capital humano constituye la limitación fundamental; tanto el reacomodo de la carga docente como la estimulación salarial de los profesores requieren de soluciones creativas. Ya se ha firmado el acuerdo para la creación de dicho laboratorio y se trabaja en la implementación del mismo.
- La capitalización y negociación de activos intangibles a partir de la propiedad intelectual conjunta generada. La carpeta de proyectos del CIM para la promoción de negocios contiene un proyecto con el CEP de la Facultad de Biología, que posee propiedad intelectual conjunta. Este proyecto se ha convertido en un modelo para el desarrollo de negocios que generen un flujo financiero a la Universidad.

En resumen, estamos necesitados de una transformación sustancial en la interacción universidad-empresa, que se concentre no solo en la creación de conocimiento sino también en la captura del valor creado por dicho conocimiento.

En la literatura sobre los vínculos universidad-sector productivo, se alude también a los obstáculos y a los riesgos. El principal obstáculo se deriva de fragilidades propias de las políticas de innovación en Cuba, que limitan la transferencia directa de recursos de las empresas a las universidades y no permiten que los colectivos universitarios

¹⁵ Este asunto fue muy debatido en el Taller Universidad-Industria que tuvo lugar en la UH en el contexto del Congreso Universidad 2016 (La Habana, 15 al 19 de febrero).

reciban el mismo tratamiento salarial de quienes están en la empresa. Estos últimos pueden aumentar considerablemente sus ingresos en dependencia de los resultados económicos de la empresa. No ocurre lo mismo con los investigadores universitarios, aun cuando hayan contribuido a esos resultados económicos. Todo eso es parte de la discusión que tiene lugar hoy en Cuba sobre PCTI. Por esta razón apuntamos el elemento de los valores compartidos y otros factores subjetivos como relevantes para el caso que nos ocupa.

Con relación a los riesgos (Arza, 2010), se mencionan algunos que pudieran presentarse en casos como el que nos ocupa. Se sugiere, por ejemplo, que en las investigaciones clínicas las interacciones pueden inducir a los investigadores a esconder o modificar resultados; el poder del mercado puede distraer la investigación hacia ciertos temas lucrativos y desatender otros que atiendan necesidades de mayorías. Se mencionan los costos de oportunidad cuando una investigación quita tiempo para investigar y enseñar o cuando la investigación abandonada para favorecer la interacción deja a un lado otro proyecto más prometedor. Finalmente, se menciona el riesgo de la privatización en forma de patentes, secretos, etc., que limita el acceso a información generada por instituciones públicas.

Interrogados sobre estos aspectos los actores involucrados en esta vinculación, consideran que los procedimientos establecidos permiten mitigar dichos riesgos. Por ejemplo, en el caso de las investigaciones clínicas, estas se realizan en colaboración con el Ministerio de Salud Pública, a través de un Centro Nacional de Coordinación de Ensayos Clínicos (CENCEC), con la supervisión de los Comités de Ética de la Investigación Clínica de cada Hospital que participa en el ensayo, el reporte obligatorio del ensayo clínico en una base de datos pública y la auditoría del Centro Estatal de Control de los Medicamentos (CECMED). Por otra parte, al existir un intercambio científico permanente entre el CEP y el CIM, así como publicaciones sometidas a arbitraje, la posibilidad de alterar resultados disminuye considerablemente.

Las patentes no son propiedad privada de los investigadores ni de la empresa; son propiedad del Estado cubano; los inventores reciben un certificado de autor pero son las instituciones las que tienen el derecho de explotación comercial de las patentes, por tanto, los ingresos que de ellas se derivan se distribuyen con un enfoque social, no privado. Por ejemplo, una buena parte de los ingresos que genera la biotecnología permite sostener el sistema de salud público y gratuito del país.

Los investigadores no estiman que se hayan presentado problemas de costo de oportunidad; de hecho la colaboración entre CEP y CIM ha estado alineada con los objetivos estratégicos de ambas instituciones, lo que se discute anualmente en los Consejos Científicos respectivos. Los resultados satisfactorios obtenidos no impidieron desarrollar otros proyectos, así como la labor docente del CEP. Del lado del CIM, estos peligros son mínimos porque tienen creado mecanismos para interrumpir oportunamente aquellas investigaciones que parecían inicialmente prometedoras y luego no rinden lo esperado.

Ya se mencionó que los proyectos no están solo orientados a fines económicos sino que también satisfacen necesidades del sistema cubano de salud.

Los riesgos potenciales tienen que ver con la sostenibilidad a futuro de estos esfuerzos. Los actores actualmente implicados en esta relación muestran una gran motivación por fortalecer los vínculos y los contextos institucionales apoyan parcialmente ese interés. Es previsible que en los próximos años las personas que hoy participan abandonen sus posiciones como parte del cambio generacional natural. También puede ocurrir que los contextos institucionales se transformen y se debilite el interés que hoy se aprecia.

En Cuba están en proceso de transformación las regulaciones legales que norman el funcionamiento de las empresas e incluso se trabaja en la posibilidad de regulaciones específicas para empresas de alta tecnología. Seguramente el futuro dependerá también de tales regulaciones en proceso de formulación y aprobación. Por otra parte, se aprecian avances en el proceso de internalización de la actividad de innovación en las universidades del país mediante parques tecnológicos u otras fórmulas. En el presente se confía que los cambios que están ocurriendo crearán mejores oportunidades a la vinculación universidad-industria. Las experiencias concretas de la colaboración CEP-CIM pudieran contribuir a las experiencias que nutren el proceso de actualización del modelo económico cubano.

En resumen, motivaciones y canales, con las particularidades apuntadas, han contribuido a la obtención de adecuados beneficios. Los riesgos apuntados son más bien potenciales, mientras que los obstáculos no han impedido el vínculo, aunque es presumible que en ausencia de ellos, los resultados podrían ser mayores. A juicio de los actores ha sido una buena vinculación. Los resultados alcanzados y la firmeza de la alianza que han construido, lo confirman.

Conclusiones

Desde el punto de vista de la construcción de PCTI en Cuba y del papel que ellas atribuyen a las universidades, asunto no siempre bien resuelto, este estudio pone de manifiesto las potencialidades de las universidades dentro de los sistemas de innovación mediante su articulación estrecha con empresas del sector productivo.

El estudio presentado muestra también la necesidad de sustituir el modelo lineal de innovación por una visión más interactiva y sistémica. La muy socorrida fórmula de «introducción de resultados» que ha figurado en anteriores formulaciones de política en Cuba se muestra inferior a la riqueza de formas de interacción y canales que en el caso estudiado van definiendo las rutas del intercambio universidad-empresa.

La referencia a los riesgos que amenazan la vinculación estudiada permite comprender la necesidad de que el modelo económico que desde el Estado se viene construyendo permita a la universidad y a los investigadores acceder a los beneficios económicos que resulten del desempeño conjunto.

El caso muestra también que las funciones de la universidad pueden complementarse y enriquecerse recíprocamente. Por ejemplo, la enseñanza de grado y posgrado se enriquece cuando se articula dentro de un proceso como el descrito aquí.

El estudio permite repensar la concepción bastante promovida por la ideología neoliberal, según la cual la empresa estatal (en nuestro caso, empresa estatal socialista) es inevitablemente ineficiente e ineficaz. De ningún modo la experiencia estudiada confirma semejante idea. De modo resumido se expusieron los argumentos que permiten hablar de un desempeño empresarial exitoso en términos económicos y sobre todo sociales. El carácter público del CIM le permite atender necesidades del sistema de salud cubano fortaleciendo su naturaleza incluyente.

El compromiso con objetivos sociales, la motivación y los valores, individuales e institucionales, compartidos por la universidad y el sector productivo, son un elemento fundamental. Es frecuente que en los discursos sobre política que emiten los organismos gubernamentales de los diversos países se asuma una concepción de ciencia como un medio para el logro de otros objetivos y no como un fin en sí misma. En algunos casos se subraya su papel de medio para alcanzar competitividad y desarrollo económico; en otros, se enfatiza su importancia para el desarrollo y la inclusión social.

Sin embargo, aunque al interior de las comunidades académicas, existen distintas concepciones de ciencia, la idea hegemónica es con frecuencia la idea de la ciencia como un fin en sí misma. En Cuba, fruto de las circunstancias económicas y políticas en las cuales se han formado esas comunidades académicas, el ideal de la ciencia como fuerza encargada de contribuir a la transformación de la sociedad y de generar beneficios económicos y sociales goza de una aceptación bastante extendida.

El ethos científico en Cuba incluye valores propios de la cultura científica más universal pero incorpora valores orientados al servicio público y a la consagración que ello reclama. Esto es especialmente claro en las comunidades vinculadas a los servicios de salud, como las atendidas en este documento.

De igual modo, la idea de calidad universitaria, instalada en los sistemas de evaluación de instituciones, programas y profesores, es también peculiar pues asume que la excelencia académica debe combinarse con la relevancia y el impacto económico y social. Según esto, se planifica la vida universitaria y se crean arreglos institucionales que posibilitan la concentración en objetivos priorizados y la búsqueda intencionada de beneficios sociales y económicos, a la par que salidas académicas (publicaciones, doctorados, etc.) del mejor nivel posible.

La idea de «sistemas universitarios desarrolladores» y el sistema de valores que le es propio, al cual nos referimos en el primer segmento del trabajo, parece adecuarse bastante a las prácticas más extendidas en Cuba.

Bibliografía

- ALBORNOZ, M.; LÓPEZ CEREZO, J. A. (eds.) (2010): *Ciencia, tecnología y universidad en Iberoamérica*, OEI/Eudeba, Buenos Aires.
- AROCENA, R.; SUTZ, J. (2003): *Subdesarrollo e innovación: Navegando contra el viento*, Cambridge University Press y Organización de Estados Iberoamericanos (OEI), Madrid.
- ARZA, V. (2010): «Channels, benefits and risks of public-private interactions for knowledge transfer: conceptual framework inspired in Latin America», *Science and Public Policy*, vol. 37, n.º 7, pp. 473-484.
- BEKKERS, R; BODAS FREITAS, I. M. (2008): *Analysing knowledge transfer channels between universities and industry: to what degree do sectors also matter?*, *Research Policy*, vol. 37, n.º 10, pp. 1837-1853.

- BLANCO, F. (ed.) (2013): *La ciencia universitaria en el contexto de la actualización del modelo económico cubano*, Cátedra CTS+I, UH/Editorial Félix Varela, La Habana.
- BORTAGARAY, I.; ORDÓÑEZ-MATAMOROS, G. (2012): «Innovation, innovation policy and social inclusion in developing countries», *Review of Policy Research*, vol. 29, n.º 669.
- BRUNDENIUS, C.; LUNDVALL, B.-Å.; SUTZ, J. (2009): «The role of the universities in innovation systems in developing countries: developmental university systems-empirical, analytical and normative perspectives», en Bengt-Åke Lundvall, K. J. Joseph, Cristina Chaminade y Jan Vang (eds.), *Handbook of innovation systems and developing countries. Building domestic capabilities in a global setting*, Published by Edward Elgar, Cheltenham, UK/Northampton, Massachusetts, USA, ISBN 978-1-84720-60-9, pp. 311-333.
- CASAS, R. (ed.) (2001): *La formación de redes de conocimiento. Una perspectiva regional desde México*, IIS-UNAM/ANTHROPOS, Barcelona.
- CASSIOLATO, J.; LASTRES, H. (2013): *Sistema Nacional de Innovación de Brasil: Desafíos para la sostenibilidad y el desarrollo incluyente*, en G. Dutrénit y J. Sutz (eds.), *Sistemas de innovación para un desarrollo inclusivo. La experiencia latinoamericana*, Foro Consultivo Científico y Tecnológico, AC; LALICS, México, ISBN 978-607-9217-28-0, pp. 65-95.
- CASTRO, F. (1991): «Discurso de Clausura del VI Fórum de Piezas de Repuesto, Equipos y Tecnologías de Avanzada», <<http://www.cuba.cu/gobierno/discursos/1991/>> [23/6/2015].
- Ciência & Tecnologia Social. A construção crítica da tecnologia pelos atores sociais*, vol. 1, n.º 1, jullho.
- DUTRÉNIT, G. (2010): «Introduction to special issue: Interactions between public research organizations and industry in Latin America: a study on channels and benefits from the perspectives of firms and researchers», *Science and Public Policy*, vol. 37, n.º 7, pp. 471-472.
- DUTRÉNIT, G.; ARZA, V. (2010): «Channels and benefits of interactions between public research organizations and industry: comparing four Latin American countries», *Science and Public Policy*, vol. 37, n.º 7, pp. 541-553.
- DUTRÉNIT, G.; SUTZ, J. (eds.) (2013): *Sistemas de innovación para un desarrollo inclusivo. La experiencia latinoamericana*, Foro Consultivo Científico y Tecnológico, AC, LALICS, México, ISBN 978-607-9217-28-0.
- ETZKOWITZ, H. (2004): «The evolution of the entrepreneurial university», *International Journal of Technology and Innovation*, vol. 1, n.º 1, pp. 64-77.

- ETZKOWITZ, H.; LEYDESDORFF, L. (1997): *University and the global knowledge economy. A Triple Helix of university-industry-Government relations*, Printer Publishers, London.
- ETZKOWITZ H.; LEYDESDORFF, L. (2000): «The dynamics of innovation: from National Systems and “Mode 2” to a Triple Helix of university-industry-Government Relations», *Research Policy*, vol. 29, n.º 2, pp. 109-123.
- GIBBONS, M.; LIMOGES, C.; NOWOTNY, H.; SCHWARTZMAN, S.; SCOTT, P.; TROW, M. (1994): *The new production of knowledge. The dynamics of science and research contemporary societies*, Sage Publications LTD, London.
- HERRERA, L. (2008): «El camino hacia el éxito está lleno de fracasos. Entrevista concedida a Enrique Ubieta», *La Calle del Medio*, n.º 5, Prensa Latina, La Habana, noviembre.
- JOHNSON, B.; ANDERSEN, A. D. (ed.) (2012): *Learning, innovation and inclusive development: New perspectives on economic development strategy and development*, Aalborg University Press, Denmark.
- KAISER, J. (1998): «Cuba’s Billion-Dollar Biotech Gamble», *Science*, n.º 282, nov., pp. 1626-1628.
- LAGE, A. (1994): «Biotechnology: Offering new opportunities for developing countries», *Biopharm*, vol. 7, n.º 5, pp. 18-19.
- LAGE, A. (1999): «Las biotecnologías y la nueva economía: crear y valorizar los bienes intangibles», <http://www.nodo50.org/cubasigloXXI/economia/lage1_310502.htm> [23/6/2015].
- LAGE, A. (2006): «La economía del conocimiento y el socialismo: ¿hay una oportunidad para el desarrollo?», <<http://www.cubasocialista.cu/cs41/cseconomia.html>> [12/3/2015].
- LAGE, A. (2008): Connecting immunology research to public health: Cuban biotechnology, *NatImmunol*, vol. 9, n.º 2, pp. 109-120.
- LAGE, A. (2013): *La economía del conocimiento y el socialismo*, Editorial Academia, La Habana.
- LANIO, M. E.; FERNÁNDEZ, L. E.; SÁNCHEZ, O.; LABORDE, R.; LUZARDO, M. C.; CRUZ, Y.; MESA, C.; TEJUCA, M.; PAZOS, F.; VALLE, A.; CANET, L.; ÁLVAREZ, C.; ALONSO, M. E. (2014): «Vaccine Composition Based on Sticholys in Encapsulated Into Liposomes», US Patent 8.697.093 B2, 15 April.
- LIMONTA, M. (2002): «Historia exitosa de una visión de futuro: la biotecnología médica en Cuba», <<http://www.catedradh.unesco.unam.mx/catedradh2007/SeguridadHumana/prospectiva%206/revista>> [14/5/2015].
- LÓPEZ MOLA, E.; SILVA, R.; ACEVEDO, B.; BUXADÓ, J. A.; AGUILERA, A.; HERRERA, L. (2006): «Biotechnology in Cuba: 20 years of scientific, social

- and economic progress», *Journal of Commercial Biotechnology*, vol. 13, n.º 1, pp. 1-11.
- LÓPEZ MOLA, E.; SILVA, R.; ACEVEDO, B.; BUXADÓ, J. A.; AGUILERA, A.; HERRERA, L. (2007): «Taking stock of Cuban biotech», *Nature Biotechnology*, vol. 25, n.º 11, pp. 1215-1216.
- LUNDVALL, B.-Å (1988): «Innovation as an interactive process: from user-producer interaction to the national system of innovation», en G. Dosi, C. Freeman, R. Nelson, G. Silverberg, L. Soete (eds.), *Technical Change and Economic Theory*, Pinter, London, pp. 349-369.
- LUNDVALL, B.-Å (2007): «Innovation system research: where it came from and where it might go», Globelics Working Papers, n.º 2007-01, <<http://www.globelics.org>> [4/6/2015].
- LUNDVALL, B.-Å.; VANG, J.; JOSEPH, K. J.; CHAMINADE, C. (2009): «Innovation System Research and Developing Countries», en Bengt-Åke Lundvall, K. J. Joseph, Cristina Chaminade y Jan Vang (eds.), *Handbook of innovation systems and developing countries. Building domestic capabilities in a global setting*, Published by Edward Elgar, Cheltenham, UK/Northampton, Massachusetts, USA, ISBN 978-184-720-60-9.
- MAJOLI, M. (2002): *Ciencia y desarrollo en Cuba: aspectos del desarrollo científico y tecnológico cubano*, FLACSO, La Habana.
- MINISTERIO DE JUSTICIA DE CUBA (2012). *Gaceta Oficial de la República de Cuba*, n.º 052 Extraordinario, 7 de diciembre.
- NAVARRO, F. (2012): *Responsabilidad social corporativa: teoría y práctica*, ESIC, Madrid.
- NÚÑEZ, J. (2010): *Conocimiento académico y sociedad. Ensayos sobre política universitaria de investigación y posgrado*, Editorial UH, La Habana.
- NÚÑEZ, J. (coord.) (2014): *Universidad, innovación, conocimiento y desarrollo local*, Editorial Félix Varela, La Habana, ISBN 978-959-07-1927-1.
- NÚÑEZ, J.; ARMAS, I.; ALCÁZAR, A.; FIGUEROA, G. (2013): «Educación superior, innovación y desarrollo local: experiencias en Cuba», en J. Sutz, G. Dutrénit, *Sistemas de innovación para un desarrollo inclusivo: la experiencia latinoamericana*, Foro Consultivo Científico y Tecnológico, A. C., México, ISBN 978-607-9217-28-0.
- NÚÑEZ, J.; FIGUEROA, G. (2014): «Biotecnología y sociedad en Cuba: el caso del Centro de Inmunología Molecular», *Trilogía*, n.º 10, pp. 11-24.
- NÚÑEZ, J.; MONTALVO, L. (2014): «Science, technology, and innovation policies and the Innovation System in Cuba: Assessment and prospects, *No More Free Lunch*», en C. Brundenius, R. Torres Pérez (eds.),

- Reflections on the Cuban Economic Reform Process and Challenges for Transformation*, Springer, Switzerland.
- NÚÑEZ, J.; MONTALVO, L.; PÉREZ, I.; FERNÁNDEZ, A.; GARCÍA, J. L. (2011a): «Cuba: University, innovation and society: higher education in the National System of Innovation», en B. Göransson, C. Brundenius (eds.), *Universities in transition. The changing role and challenges for academic's institutions*, Springer, International Development Centre, Ottawa, ISBN 978-1-4419-7509-6, pp. 97-118.
- NÚÑEZ, J.; PÉREZ, I.; MONTALVO, L. (2011b): «Biotechnology, university and scientific and technological policy in Cuba: A look at progress and challenges», en B. Göransson, C. M. Pålsson (eds.), *Biotechnology and Innovation Systems. The Role of Public Policy*, International Development Research Centre, Ottawa, ISBN 978-1-55250-538-0.
- OEI (2012): *Ciencia, tecnología e innovación para el desarrollo y la cohesión social. Programa iberoamericano en la década de los bicentenarios*, <<http://www.oei.es/documentocienciapdf>> [14/12/2015].
- PÉREZ, I.; NÚÑEZ, J. (2009): «Higher education and socioeconomic development in Cuba: high rewards of a risky high-tech strategy», *Science and Public Policy*, vol. 36, n.º 2, DOI: 10.3152/030234209X413900.
- PÉREZ, R. (2008): «Inmunoterapia. Artillería anticáncer. Entrevista», *Bohemia*, año 100, n.º 26, La Habana, diciembre.
- PERKMANN, M.; WALSH, K. (2007): «University-industry relationships and open innovation: towards a research international agenda», *Journal of Management Reviews*, vol. 9, n.º 4, pp. 259-280.
- RODRÍGUEZ, C. (1997): «Universidad de La Habana: investigación científica y período especial», *Revista Cubana de Educación Superior*, vol. XVII, n.º 3, CEPES, La Habana, pp. 13-16.
- SÁBATO, J.; MACKENZIE, M. (1982): *La producción de tecnología autónoma o transnacional*, Editorial Nueva Imagen, México.
- SANTELICES, B. (ed.-coord.) (2010): *El rol de las universidades en el desarrollo científico y tecnológico. Educación superior en Iberoamérica. Informe 2010*, Centro Interuniversitario de Desarrollo (CINDA)/Universia, Chile, ISBN 978-956-7106-55-4.
- SCHWARTZMAN, S. (ed.) (2008): *Universidad y desarrollo en Latinoamérica: experiencias exitosas de centros de investigación*, IESALC, Caracas.
- STOKES, D. (1997): *Pasteur's quadrant: basic science and technological innovation*, The Brookings Institution Press, Washington D. C.
- SUTZ, J. (2010): «Ciencia, tecnología, innovación e inclusión social: una agenda urgente para universidades y políticas», *Psicología, Conocimiento*

- y *Sociedad. Revista de la Facultad de Psicología*, año 2010, n.º 01, Universidad de La República, Uruguay.
- THOMAS, H. (2008): «Estructuras cerradas vs. procesos dinámicos: trayectorias y estilos de innovación y cambio tecnológico», en H. Thomas, A. Buch (coords.), *Actos, actores y artefactos. Sociología de la tecnología*, Universidad Nacional de Quilmes, Buenos Aires, pp. 217-262.
- THOMAS, H. (2011): «Tecnologías sociales y ciudadanía socio-técnica. Notas para la construcción de la matriz material de un futuro viable», *Revista do Observatório do Movimento pela Tecnologia Social da América Latina*, vol. 1, n.º 1, <<http://www.periodicos.unp.br/index.php/cts/article/viewFile/3838/3295>> [23/5/2016].
- VÁZQUEZ, A. M. *et al.* (1997): «Anti-ganglioside monoclonal antibodies, anti-idio type monoclonal antibodies and their use in specific active immunotherapy of malignant tumors», European Patent 109.12.93/CU 11443F 1048 (03.94), Receiving section 70030006 n.º 22 500, Cuba.



La creación de la industria cubana de zeolitas naturales: un caso de universidad emprendedora

GERARDO RODRÍGUEZ-FUENTES
FERNANDO SANTIAGO RODRÍGUEZ
INOCENTE RODRÍGUEZ-IZNAGA
JORGE NÚÑEZ JOVER

Introducción

El presente trabajo se enmarca en la literatura relacionada con las distintas interpretaciones que dan las universidades al cumplimiento de su tercera misión. La evidencia empírica se refiere al caso de la industria de zeolitas naturales en Cuba. La experiencia cubana es relevante debido a que el diseño institucional de las relaciones económicas, sociales y políticas que caracterizan al país conlleva, entre otros aspectos, una conformación del sector productivo distinta a la tradicional estructura empresarial de propiedad privada observada en sistemas de producción capitalista. Los resultados de esta investigación tienden a coincidir respecto a la literatura, particularmente, en la presencia de brechas significativas en las capacidades tecnológicas y en la orientación hacia la innovación entre universidades y el sector productivo.

El análisis del desarrollo de la industria cubana de zeolitas naturales durante los últimos cuarenta años muestra cómo y por qué las universidades y centros públicos de investigación ligados a la explotación del mineral han pasado a ocupar los espacios dejados por la industria procesadora del mineral, compuesta esencialmente por empresas de capital público. A ello cabría agregar la incapacidad del Estado cubano para mantener el apoyo a la industria en períodos de crisis económica y en un entorno externo restrictivo debido al bloqueo económico impuesto sobre el país.

Las universidades cubanas –entiéndase como el sector académico que incluye los centros públicos de investigación y estudio– han

apostado por desarrollar la industria de zeolitas naturales sobre la base de procesos continuos de innovación. Coincidente con el inicio del denominado Período Especial (1993) la estrategia de innovación se ha fundamentado en la llamada «ingeniería de zeolitas naturales» (IZN), término que se utiliza para describir una metodología desarrollada por los especialistas de la Universidad de La Habana (UH) para el diseño y producción de nuevos productos zeolíticos y sus tecnologías de utilización. La IZN comprende diversos procesos, desde la selección del mineral a utilizar como materia prima, hasta el desarrollo de nuevos productos o aplicaciones del mineral con alto valor agregado y bajo tonelaje; ello, sin abandonar los tradicionales productos de bajos precios y alto tonelaje (Rodríguez-Fuentes *et al.*, 1991; Rodríguez-Fuentes y Estévez, 2012; Rodríguez-Fuentes, 2015).

Cuba cuenta con una ventaja comparativa natural para la producción del mineral de zeolita, ya que en su territorio se localizan yacimientos del mismo tipo de zeolita natural (clinoptilolita-heulandita) y reservas industriales estudiadas o listas para el estudio detallado. Asimismo dispone de un favorable entorno institucional dada la vigencia de la Norma Cubana 625:2008 Zeolitas Naturales, que unifica y establece la calidad de los productos de zeolitas naturales; la existencia de la Unión GeoMinSal, que coordina el trabajo empresarial de las tres empresas geólogo-mineras del país; universidades con presencia en todas las provincias con vocación al desarrollo local, enlazadas por la red universitaria, y un Grupo Nacional de Zeolitas (GNZ), que puede ser reactivado. Además, la creación de la industria de zeolitas respondió a una estrategia del Estado cubano y no a la suma de empresas independientes, lo que subrayó la coordinación sustantiva entre las cuatro plantas-empresas productoras desde sus inicios.

Tomando como unidad de estudio a la universidad cubana, el presente trabajo contribuye a la literatura sobre la universidad empresarial, con énfasis en el caso de países con economías no capitalistas o en transición (Haiyan y Yuan, 2009; Eun, 2010, Eun *et al.*, 2015; Cai y Liu, 2015). La metodología de investigación se fundamenta en la recopilación y sistematización de las experiencias de uno de los autores, quien ha sido parte del proceso fundacional y posterior desarrollo de la industria cubana de zeolitas naturales durante los cuarenta años cubiertos por este estudio. La informa-

ción ha sido triangulada con fuentes secundarias de literatura, así como con algunas entrevistas realizadas a principios de 2016, principalmente a representantes de la industria cubana procesadora de zeolitas, de propiedad pública.

El documento se estructura como sigue. La sección 1 presenta una breve discusión de la literatura sobre la tercera misión de la universidad; el énfasis está situado en la heterogénea interpretación que las universidades dan a dicho mandato, incluyendo, pero sin limitarse a ello, al establecimiento de vínculos con el sector productivo. La sección 2 presenta el desarrollo de la industria de zeolitas naturales, en el nivel global y en Cuba. Además de una periodización histórica, la discusión sobre la industria cubana introduce algunos elementos de los procesos de interacción, o de no interacción, con el sector productivo cubano y con el exterior. Finalmente, la última sección contiene las principales conclusiones de este estudio.

1. La universidad y su tercera misión

La literatura reconoce las diversas contribuciones que universidades y centros públicos de investigación aportan al funcionamiento de los sistemas de innovación. Al cumplir con sus misiones de educación e investigación, las universidades proveen a la sociedad de recursos humanos altamente calificados, con nuevo conocimiento y una mayor comprensión del mundo que nos rodea (Nelson, 1993; Pavitt, 1998). Las universidades cuentan con un tercer mandato, que de manera creciente invita a la reflexión sobre la contribución de las universidades al fomento de la actividad económica, a la promoción del desarrollo social, a la organización política y a los principios de gobernanza en una sociedad determinada (Göransson *et al.*, 2009). Akpan *et al.* (2012) y Göransson *et al.* (2009) documentan la diversidad de conceptos relacionados con la compleja y heterogénea naturaleza de esta tercera misión; los autores destacan la multiplicidad de estrategias puestas en marcha por las universidades para cumplirla, frecuentemente en un delicado balance con sus mandatos en educación y en investigación.

Mayores esfuerzos de investigación son necesarios para mejorar nuestra comprensión de las diversas formas que adopta la tercera misión de las universidades sobre sus contextos de aplicación y sobre cómo la vinculación con la sociedad produce flujos de retroalimentación desde y hacia las diversas actividades que las universidades

realizan (Douglas, 2012; Kruss y Gastrow, 2013; Pienaar-Steyn, 2012). Se trata de entender a la universidad como un ente social que responde, a la vez que moldea, a la dinámica de innovación, de actividad productiva y de desarrollo social en un espacio y tiempo determinados.

El debate es particularmente intenso en relación con las interacciones que se establecen entre universidades y diversos agentes sociales, incluyendo, pero sin limitarse a ello, a empresas y otros agentes productivos (Bortagaray, 2009; Göransson y Brundenius, 2011; Kruss *et al.*, 2012; Kruss *et al.*, 2015). Las universidades cuentan con la capacidad para conectar lo local con lo global, la educación y la investigación con la dinámica social y económica (Kruss y Gastrow, 2013; Göransson y Brundenius, 2011).

Las interacciones universidad-sector productivo como base para la innovación reciben una gran atención en la literatura (Kruss *et al.*, 2015). En el caso de países en desarrollo, la literatura es relativamente reciente pero en rápido crecimiento (Albuquerque *et al.*, 2015; Arza 2010; Dutrénit, 2010; Eom y Lee, 2009; Suzigan *et al.*, 2009). Algunas de las lecciones aprendidas coinciden con lo observado en países desarrollados. Por ejemplo, los flujos de intercambio de conocimiento involucran múltiples canales, incluyendo la movilidad del personal, los contactos formales e informales, los servicios de consultoría, las actividades conjuntas de innovación, la generación de empresas tipo *spin-off* o a través de incubadoras de empresas (De Fuentes y Dutrénit, 2012; Kruss *et al.*, 2015; Albuquerque *et al.*, 2015).

La dinámica de las interacciones cambia a lo largo del tiempo de acuerdo con el grado de coevolución entre las capacidades de investigación en universidades y centros públicos de investigación, por un lado, y las capacidades tecnológicas y para absorber conocimiento por parte de las empresas, por el otro (Santiago y Dutrénit, 2012; Vera-Cruz, 2014). Cabe reconocer la diversidad de agentes que operan en los sectores productivos de países en desarrollo, incluyendo empresas formalmente establecidas que frecuentemente pasan a un segundo plano dada las dimensiones de las formas alternativas de organizar la producción (Vera-Cruz, 2014). Con frecuencia las capacidades productivas y para el desarrollo de actividades científicas y tecnológicas son también muy bajas entre este tipo de arreglos productivos alternativos (Kruss y Gastrow, 2013; Vera-Cruz, 2014).

Así, la literatura reconoce que las interacciones universidad-sector productivo no solo buscan promover la innovación en un sentido estrictamente tecnológico. Dichas interacciones contribuyen a la resolución de problemas en el ámbito productivo mediante la generación de conocimientos, habilidades y soluciones adaptadas a las necesidades y contextos locales (Kruss y Gastrow, 2013).

1.1. La universidad empresarial

En el contexto de países en desarrollo, el diferencial en capacidades tecnológicas y para la innovación entre universidades y centros públicos de investigación, por un lado, y el sector productivo, por el otro, frecuentemente lleva a una situación en la que los primeros tienen que asumir el liderazgo en la realización de actividades de innovación (Albuquerque *et al.*, 2015; Vera-Cruz, 2014). Desde el punto de vista de las universidades y centros de investigación, la literatura documenta las diversas estrategias seguidas para comercializar, de manera directa, algunas de las innovaciones que ellas generan (Göransson y Brundenius, 2011; Kenney y Mowery, 2014; Sampat y Mowery, 2004; Hellström, 2007):

- La creación de infraestructura de apoyo para la comercialización dentro de la estructura organizacional de la propia universidad o centro de investigación. Aquí se incluyen las oficinas de transferencia tecnológica (OTT), actividades de consultoría y la provisión de servicios profesionales, así como unidades creadas específicamente para el desarrollo de nuevos negocios: compañías controladoras de propiedad de la universidad y parques científicos o tecnológicos operados directamente por las universidades (Eun, 2010; Göransson y Brundenius, 2011; Haiyan y Yuan, 2009; Cai y Liu, 2015). Göransson y Brundenius (2011) afirman que este tipo de unidades pueden funcionar como plataformas que permiten la identificación, desarrollo, financiamiento y comercialización de nuevas tecnologías y actividades productivas al amparo de la universidad, pero sin estar necesariamente supeditadas a su estructura organizativa y de gobernanza.
- Reformas o transformaciones en la estructura interna y la cultura organizacional a fin de facilitar la generación

de conocimiento con una orientación eminentemente empresarial, de extensión e interacción con agentes en el mercado. Algunas formas concretas incluyen los programas de educación dirigidos a promover el emprendimiento y actividades de diseminación de conocimiento vinculadas al sector productivo.

- Actividades de vinculación y de cooperación sectorial que buscan establecer vínculos entre universidades y centros de investigación y su entorno social inmediato; el contenido científico o técnico del conocimiento se supedita a las necesidades de comunidades, grupos sociales y empresas (Krusz y Gastrow, 2013).

En cuanto a países con economías en transición desde regímenes de economía planificada hacia economías orientadas al mercado, la literatura sobre la naturaleza y funcionamiento de universidades empresariales es aún incipiente (Eun, 2010). Sin embargo, existe evidencia respecto a cómo la necesaria transformación económica y la ausencia de un sector empresarial privado fuerte lleva a las universidades a asumir funciones tradicionalmente asociadas al sector empresarial (Cai y Liu, 2015).

En el caso de la Universidad Tsinghua en China, Haiyan y Yuan (2009) dan cuenta de la compleja estructura de los sistemas de transferencia tecnológica existentes en la institución. La manera en que la Universidad Tsinghua ha encauzado su tercera misión incluye cuatro elementos básicos:

- Establecimiento de empresas de propiedad de la universidad con la intención de facilitar la comercialización de resultados de investigación. Esta estrategia se remonta a la década de los ochenta, cuando algunos investigadores adscritos a la universidad comenzaron a comercializar sus resultados de investigación; ello, gracias a la posibilidad de redireccionar los ahorros generados en la ejecución de fondos de investigación.
- Firma de contratos para proveer de tecnologías y servicios tecnológicos a empresas locales.
- Adopción de acuerdos de cooperación con gobiernos locales dirigidos a promover el desarrollo regional y/o local.

- Creación de unidades especializadas sobre la base de mecanismos multilaterales de cooperación internacional, incluyendo el modelo UURR, en el que se involucra a la Universidad Tsinghua (U) + una universidad extranjera (U) + una región en China (R) + una región en el extranjero (R). El mecanismo UURR promueve la cooperación multinacional en materia de educación, ciencia y tecnología, por un lado, y la actividad económica, por el otro. Haiyan y Yuan (2009) estiman que el modelo UURR explica gran parte de la exitosa contribución de la Universidad Tsinghua al desarrollo de algunos sectores de alta tecnología en China, a la mejora observada en las actividades de investigación y en las capacidades productivas, tanto de la universidad como de sus empresas asociadas. El modelo UURR ha maximizado las capacidades y ventajas comparativas de los agentes participantes.

En el marco de las relaciones del tipo de la triple-hélice, Cai y Liu (2015) sugieren al menos tres tipos de sistemas de interacción entre las universidades, Gobierno y sector productivo. Un primer sistema es el denominado «estadista»: el Gobierno asume la responsabilidad de dirigir las relaciones universidad-sector productivo, particularmente en la definición de proyectos a realizar de manera conjunta. En el extremo opuesto, un sistema «de *laissez faire*», en el que los tres agentes operan de manera independiente, con esporádicas y bien acotadas interacciones entre ellos. Finalmente, un sistema intermedio presenta a los tres agentes colaborando e interactuando de manera estrecha entre sí. Durante las diversas etapas de desarrollo de la industria de zeolitas naturales, las universidades cubanas han experimentado alguno de estos modelos. A ello se asocian, además, las labores de emprendimiento realizadas por diversos académicos e investigadores cubanos.

Este trabajo documenta los diversos esfuerzos realizados por la Universidad de La Habana y centros de investigación asociados para canalizar las innovaciones generadas a partir de resultados de investigación sobre zeolitas naturales. Entre estos mecanismos destacan proyectos de investigación-desarrollo conjuntos entre la Universidad de La Habana y centros de investigación de propiedad pública, a través de diversos ministerios estatales, de acuerdo con

iniciativas de la propia Universidad o los ministerios estatales. La Universidad de La Habana se dio a la tarea de establecer mecanismos de cooperación y de transferencia tecnológica que le permitieron crear vínculos estrechos con otras universidades y empresas (públicas y privadas) en Cuba y en el exterior.

Cuba ofrece un amplio potencial para estudiar las diversas contribuciones de la universidad a los esfuerzos de desarrollo a largo plazo. Los trabajos de Pérez Ones y Núñez Jover (2009) y de Núñez Jover *et al.* (2014) dan cuenta de la estrategia de desarrollo, basada en un uso intensivo del conocimiento, adoptada por el país durante las últimas décadas. Parte integral de dicha estrategia ha sido la Reforma Universitaria llevada a cabo en 1962 y que buscaba transformar a las universidades en agentes de desarrollo.

La reforma se llevó a cabo en el contexto de las dramáticas transformaciones económicas, políticas, ideológicas y culturales resultado de la Revolución Cubana. Así, la transformación estratégica de las universidades cubanas ha ido tomando forma gradualmente para incluir la creación de capacidades de producción y el establecimiento de relaciones muy cercanas con el sector productivo en sectores tecnológicos específicos –por ejemplo, biotecnología y la industria médico-farmacéutica (Núñez Jover *et al.*, 2011). El caso de estudio ilustra cómo las universidades cubanas han transformado la tercera misión en una oportunidad para participar directamente en actividades productivas, sobre la base de esfuerzos continuos de innovación y de transformación de sus resultados de investigación en aplicaciones con una amplia aceptación en el mercado doméstico e internacional.

2. La industria de zeolitas

2.1. Mercado global

Las zeolitas naturales son un producto mineral con amplio potencial para su uso y explotación comercial. Las zeolitas son empleadas en industrias relacionadas con la alimentación animal, el lecho para animales; como aditivos puzzolánicos al cemento natural; como sustitutos de la arena sílice en la purificación de agua, el control de olores y la limpieza de aguas residuales. De manera creciente, se han introducido aplicaciones para el soporte de fungicidas y pesticidas, absorbentes de gases, soportes de fertilizantes, absorbentes de petróleo, desecantes, catalizadores y la acuicultura. La producción

global de zeolitas en el año 2014 alcanzó las 2.7 millones de toneladas, siendo China el principal productor mundial, con cerca de 2 millones de toneladas destinadas principalmente a la industria de materiales de construcción. El resto de la producción mundial se consume mayormente en América del Norte, Asia y Europa Occidental.

El valor del mercado global de zeolitas naturales es alrededor de los USD 500 millones. El potencial de crecimiento del mercado de productos derivados es alto, si se considera que el mercado global para productos de zeolitas sintéticas oscila entre 1.7 y 2 millones de toneladas, equivalente a USD 3 000 millones anuales. Para el año 2020 se espera que el valor del mercado alcance los USD 4 500 millones (*Grand View Research*, 2016; *Market Research Store*, 2016). Claro que el crecimiento del mercado de zeolitas naturales no puede ser basado en la sustitución de productos de zeolitas sintéticas ni por el incremento de los volúmenes de producción; debe ser por el desarrollo de productos de alto valor agregado (Rodríguez-Fuentes, 2015).

2.2. La industria cubana de zeolitas

Los últimos cuarenta años de desarrollo de la industria cubana de zeolitas naturales pueden caracterizarse en cuatro etapas principales (figura 1). Durante las dos primeras etapas se observa una cercana relación entre las universidades y el sector productivo estatal bajo la guía del Gobierno cubano, lo que caracterizaría un modelo estatista de interacción con la industria (Cai y Liu, 2015).

A partir de los años noventa, a medida que se retira el apoyo del Estado cubano a la industria de zeolitas, se ha dado una sostenida divergencia entre la especialización de las empresas públicas en el segmento considerado tradicional de productos con alto tonelaje y bajo valor agregado. Por su parte, las universidades han buscado una estrategia basada en la innovación-introducción de productos con alto valor y menor volumen. La figura 1 presenta un breve bosquejo de las principales organizaciones involucradas en cada una de las etapas de desarrollo de la industria. La industria cubana de zeolitas naturales cuenta como clientes alrededor de 30 empresas nacionales, mientras que en el mercado exterior sus productos son comercializados con empresas de Brasil, Canadá, Colombia, España, Italia, y México.

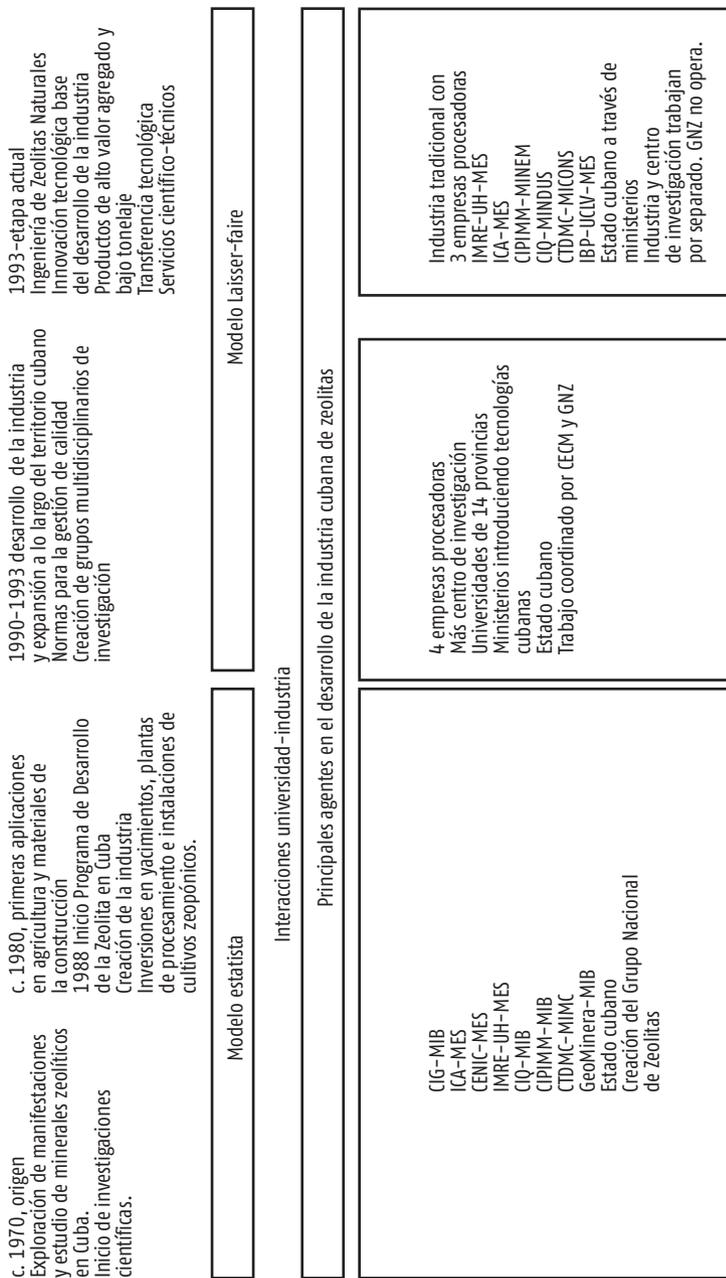


Figura 1. Etapas de desarrollo de la industria de zeolitas naturales en Cuba.

2.2.1. Los orígenes

En 1971 dos geólogos cubanos, la Dra. Amelia Brito y el Dr. Donis Coutín, con la colaboración del asesor búlgaro Boyan Alexiev, descubrieron la primera manifestación de zeolitas cubanas, en lo que posteriormente se identifica como el yacimiento Tasajeras, en San Juan de los Yeras, Ranchuelo, provincia de Villa Clara. Cinco centros de investigación trabajaron juntos durante la fase previa a la creación de la industria de zeolitas en Cuba:

- Instituto de Geología y Paleontología (CIG), Academia de Ciencias de Cuba (ACC).
- Instituto de Ciencia Animal (ICA), Ministerio de Educación Superior (MES).
- Centro Nacional de Investigaciones Científicas (CENIC), MES.
- Centro de Investigaciones y Proyectos para la Industria Minero Metalúrgica (CIPIMM), Ministerio de Industria Básica (MIB).
- Centro de Investigaciones Químicas (CIIQ), MIB.

En 1975, el ICA demostró los beneficios del empleo de la roca zeolítica en la nutrición vacuna. Los trabajos conducidos en ese centro constituyeron el primer empleo de las zeolitas cubanas. En 1980, el Fondo Geológico Nacional del Ministerio de la Industria Básica (MIB) aceptó el informe del estudio geológico-tecnológico del yacimiento Tasajeras, lo que permitió iniciar la explotación industrial del mineral. En 1982, se inauguró una planta piloto localizada en Remedios, provincia de Villa Clara, con capacidad para producir 20 000 toneladas anuales de roca zeolítica secada, pulverizada y ensacada con destino a la alimentación animal. Esta planta fue construida por la Unión de Minería del MIB con la gestión determinante de su director Víctor García.

En 1987, los sustratos NEREA (nutrientes en roca y empleo de agua) invadieron los círculos infantiles o guarderías donde, en una pequeña área, los niños podían cultivar sus vegetales e iniciarse en el conocimiento de la naturaleza. El detonante del Programa de Desarrollo de la Zeolita en Cuba fue justamente la introducción de los sistemas de cultivos zeopónicos y la oportunidad de presentar su potencialidad como nueva tecnología agrícola al presidente cubano, Comandante en Jefe Fidel Castro Ruz, por los autores Dr. Gerardo Rodríguez-Fuentes, investigador del Centro Nacional de Investigaciones Científicas del Ministerio de Educación Superior (MES) y el Ing. Lorenzo Rivero González,

agronomo del Plan Agropecuario del Ministerio del Interior (MININT), quienes habían construido una pequeña instalación zeopónica en un círculo infantil que el Comandante inauguraba (noviembre 1987). En ese momento «se solicitó a los especialistas en zeolita organizar un programa que contemplara todo lo necesario para desarrollar las zeolitas y su utilización», lo cual fue posible gracias a la experiencia acumulada hasta ese momento sobre los aspectos básicos para comenzar la construcción y desarrollo de la industria de la zeolita natural (Rodríguez-Fuentes, 1991).

En mayo de 1988, se aprueba por el presidente de Cuba el programa de desarrollo de la zeolita (Programa de la Zeolita), diseñado y elaborado por investigadores y tecnólogos cubanos (Rodríguez-Fuentes, 1991). El Programa de la Zeolita tuvo como objetivo fundamental introducir aceleradamente los usos y aplicaciones de las zeolitas en la agricultura, industria, servicios y medicina, con el respaldo productivo y material necesario.

En su primera etapa, la implementación del Programa de la Zeolita contó con la participación de seis ministerios y varias de sus empresas nacionales, cinco universidades y diez centros de investigación y desarrollo, coordinados por el Equipo de Coordinación y Apoyo del Comité Ejecutivo del Consejo de Ministros. En este período se registra la construcción de cuatro plantas en igual número de yacimientos para el procesamiento del mineral zeolítico, con una capacidad total de producción de 600 000 toneladas/año (t/año). En ese momento las reservas industriales del mineral fueron estimados en 121 millones de toneladas. Geográficamente, los yacimientos se distribuyen a lo largo del territorio cubano; los seleccionados para su explotación, donde se construyeron las plantas de procesamiento, están en las provincias de La Habana, Villa Clara, Camagüey y Holguín (figura 2). Una quinta planta se construyó en Santiago de Cuba para producir cemento romano –conglomerado zeolita y cal–, con una capacidad de producción de 120 000 t/año.

Durante esta primera etapa de desarrollo, la interacción universidad-industria consistió principalmente en procesos de transferencia tecnológica desde los centros de investigación al sector industrial, incluyendo:

- Tecnología para producir sustratos NEREA®.
- Tecnología para cultivos zeopónicos empleando sustratos NEREA®.

- Formulaciones para uso como fertilizantes minerales y dietas para animales de producción.
- Aditivo puzzolánico para cementos y otros materiales para la industria de la construcción.

Adicionalmente se contaba con actividades de formación de recursos humanos y con el establecimiento de normas ramales para asegurar la calidad del mineral a procesar y de los productos; además, se fundó el Grupo Nacional de Zeolitas (GNZ) para coordinar esfuerzos entre productores e investigadores. La interacción academia-sector productivo permitió conjuntar instancias con diversas orientaciones y mandatos. En cuanto a las actividades de investigación y desarrollo (I+D), la coordinación estaba a cargo de la Academia de Ciencias de Cuba, que era el organismo rector de esas actividades antes de la creación del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. En cuanto a la producción, la coordinación recaía en la Unión Geominera del MIB, en la que se agrupaban las cuatro plantas procesadoras del mineral. La Unión apoyaba también el desarrollo y producción de materiales de construcción en las empresas del ministerio de igual nombre. Finalmente, se creó la Comercializadora Internacional de Minerales Técnicos S. A. (CIMTEC S. A.). Su primer director, Nelson Valdés, encaró la tarea de comercializar en el exterior productos de zeolita cubana y servicios especializados conexos, una experiencia sin precedentes en Cuba.



Figura 2. Distribución geográfica de los depósitos de zeolitas naturales y de las plantas de procesamiento del mineral en operación en Cuba.

Fuente: González Rodríguez (2012).

Entre los beneficios para los investigadores afiliados a las instituciones académicas participantes en la primera etapa del Programa de Zeolitas destaca, por ejemplo, la posibilidad de exponer a la comunidad mundial de zeolitas naturales los resultados de la investigación cubana en la materia. En abril de 1991, los especialistas cubanos organizaron la 3.^{ra} Conferencia Internacional sobre Ocurrencia, Propiedades y Utilizaciones de las Zeolitas Naturales, con la participación de científicos, especialistas y empresarios. Un tema central fue la creación de la industria de zeolitas naturales en Cuba a partir de la aplicación de resultados de investigación, bajo un modelo que se alejaba del tradicional esquema de pequeña empresa privada productora del mineral, para construir plantas con capacidad de producción de 150 000 t/año en un modelo de empresa estatal socialista. Las instalaciones de cultivos zeopónicos formaban parte de las empresas agrícolas estatales pertenecientes al Ministerio de la Agricultura. El éxito de esta conferencia tuvo el apoyo imprescindible de la presidenta de la Academia de Ciencias de Cuba, la Dra. Rosa Elena Simeón Negrín, quien además fue un importante soporte para los esfuerzos de los investigadores cubanos inmersos en el Programa de la Zeolita.

2.2.2. La transferencia acelerada de conocimiento desde la academia al sector productivo

En la segunda etapa del Programa de la Zeolita se crearon más de treinta grupos de investigación multidisciplinarios para el desarrollo de nuevos productos y tecnologías basados en las propiedades del mineral. La localización de las plantas permitía el transporte de productos a distancias inferiores a 200 km (figura 2). Se organizaron conferencias nacionales por el GNZ, además de varios cursos y talleres, para mantener la calificación de los especialistas y difundir los resultados obtenidos. Durante esta segunda etapa se modifica la estrategia de innovación a fin de generar soluciones a problemas más complejos.

2.3. La universidad productora

La tercera etapa se inicia a partir de 1993-1994, período que coincide con el estallido de la crisis económica que sumergió al país en el denominado Período Especial. Consecuencia directa de la crisis es el retiro del apoyo del Estado cubano y las dificultades del sector

productivo de propiedad pública para continuar sus actividades de I+D. En este período se da un congelamiento de la labor que realizaba el GNZ de unión y coordinación entre sector productivo y academia –hasta hoy no se han logrado restablecer las relaciones–. Asimismo, la industria cubana de zeolitas registró una gran caída de la producción desde 230 000 toneladas en 1990 hasta 9 000 toneladas en 2006. El mercado de zeolitas naturales se ha recuperado paulatinamente, estabilizándose alrededor de las 20 000 t/año desde el 2010, en la medida en que ha ido mejorando la situación económica del país. Consecuencia directa de estas dificultades ha sido una ampliación de las brechas en la dinámica de innovación y de desarrollo de capacidades productivas entre el sector de empresas estatales y la academia.

La academia, principalmente a través del Laboratorio de Ingeniería de Zeolitas (LIZ) de la Universidad de La Habana, ha asumido el liderazgo en torno a la innovación y el desarrollo de la industria. Destaca el apoyo recibido por la Oficina de Transferencias de Resultados de Investigación (OTRI) de la misma universidad, especialmente de quien fuera su director, el Dr. Narciso Alonso Hernández, pieza clave en la negociación de contratos para la venta de productos y la transferencia tecnológica de las «zeolitas técnicas» como él las denominó.

El liderazgo del LIZ llevó al diseño, desarrollo e introducción de nuevos materiales basados en las zeolitas con destino a la industria farmacéutica. Cinco líneas de medicamentos se han desarrollado desde entonces, incluyendo el medicamento antidiarreico ENTEREX®, cuyo principio activo es la zeolita natural purificada. El desarrollo de este medicamento –primero basado en zeolitas naturales, registrado en el mundo en el año 1995– contó con la colaboración del Departamento de Tecnología de los Medicamentos de la Facultad de Farmacia y Alimentos de la Universidad de La Habana, especialmente los doctores Antonio Iraizóz Colarte y María Aurora Barrios Álvarez, quienes desarrollaron las tecnologías para la formulación de formas terminadas que emplean los principios activos zeolíticos de LIZ. La producción de la zeolita natural purificada (NZ) con la marca ZNPmed® se realizó en la empresa laboratorio farmacéutico Dr. Mario Muñoz Monroy de la Industria Farmacéutica Cubana (IMEFA), empleando la tecnología desarrollada por el LIZ. Otros productos farmacéuticos desarrollados por este laboratorio

incluyen antiácidos NEUTACID®, hipo-colesteremiante COLESTINA®, anti-hiperglucemiante FZ® y antisépticos que emplean como principio activo el microbicida ZZ®. El desarrollo de aplicaciones farmacéuticas permitió pasar de los altos volúmenes de producción en plantas procesadoras del mineral a producciones en plantas con licencia sanitaria capaces de cumplir con los requerimientos asociados a las buenas prácticas de producción.

Los principios activos zeolíticos (NZ, CZ, FZ y ZZ) han sido introducidos y evaluados en otros países desde 1994, como Argentina, Brasil, España, Francia, México, Perú y Serbia. Ello, además de la transferencia tecnológica desde el LIZ a empresas nacionales y extranjeras. Este resultado pudo obtenerse gracias al trabajo realizado por uno de los grupos multidisciplinarios creados dentro del Programa de Desarrollo de la Zeolita, el grupo dirigido por la Lic. Natalia Vega Sánchez, del Laboratorio Central de Minerales (LACEMI) del MIB, quien laboró en el establecimiento de las normas ramales para la gestión de la calidad de los productos basados en zeolitas naturales, trabajo que continuó dirigido por el Dr. Guillermo Cilano Campos del CIPIMM aun después de detenido el programa. En el año 2008, el resultado de ese trabajo fue la Norma Cubana NC 625: 2008 Zeolitas Naturales-Requerimientos, que es la primera norma sobre zeolitas naturales registrada mundialmente.

La OTRI ha firmado contratos de exportación de productos zeolíticos de alto valor agregado desarrollados y producidos por el LIZ. La concertación de estas producciones se fundamenta en la solicitud realizada por empresas interesadas en los productos desarrollados por el Laboratorio. En 1994 se comienza la exportación a México y Perú de dos productos con precios que oscilaron entre USD 1 700 y USD 4 000/tonelada, muy superiores a los USD 100/tonelada en que se comercializan los productos de la industria tradicional de zeolitas cubanas. En 2010 se negoció un contrato para la venta de NZ por USD 12 600/ tonelada con una empresa europea. Los productos son:

- ZZ microbicida de espectro amplio para purificadores de agua de consumo humano, al Grupo Bampoahí S. A. de C. V. en los años 1994 y 2004.
- NZ zeolita natural purificada a la Droguería Sealand Corporation SAC de Perú para la elaboración del producto Good Morning® en 2004.

El crecimiento en la demanda de productos de LIZ llevó a dificultades en el cumplimiento de contratos de producción bajo licencia, establecidos entre el sector productivo y el IMRE-UH; los requerimientos implicaban detener la producción cotidiana en las empresas. La respuesta del LIZ, junto a la OTRI-UH, fue iniciar la transferencia tecnológica hacia empresas en el exterior.

Un ejemplo exitoso se dio en México con una empresa del Grupo Bampoahí S. A. de C. V. que originalmente se dedicaba a la importación de tecnologías para el tratamiento de aguas. Con el tiempo, la empresa se transformó en empresa productora y comercializadora de productos de alta tecnología basados en zeolitas naturales. La participación de los especialistas cubanos de tres de las instituciones científicas (IMRE, ICA e CIQ), aseguró el éxito de la innovación en México. Se creó el Centro Experimental de Aplicaciones de las Zeolitas (CEAZ) en el Estado de Morelos para introducir y ajustar las tecnologías zeolíticas necesarias para la producción de sustratos zeopónicos, fertilizantes, aditivo para alimentación animal y microbicidas.

En 2011, el establecimiento de un contrato de producción cooperada entre el LIZ y el Órgano de Integración del Bienestar Social del Ministerio del Interior (OIBS-MININT) dio paso a un nuevo vínculo academia-empresa. En este proceso de innovación se han vinculado los esfuerzos de los especialistas del LIZ con el Ing. Héctor Camejo del OIBS-MININT, un metalúrgico que participó en la primera etapa de creación de la industria de zeolitas cubanas cuando fungía como director técnico de la Unión Geominera. El acuerdo considera que la Universidad de La Habana aporta la tecnología, el equipamiento tecnológico y la gestión de la calidad, mientras que el MININT proporciona el financiamiento, la construcción, el personal técnico y la comercialización. El acuerdo permitió construir una planta experimental para la producción del microbicida ZZ[®] y el ensamblaje de los sistemas purificadores de agua para el consumo humano que lo emplean. En esta planta también se pueden producir los productos NZ, CZ y FZ. Los beneficios de la producción son repartidos entre ambas partes. Esta relación puede ser considerada un *spin-off*.

El recuadro 1 presenta las experiencias de otros centros de investigación en relación con la innovación de tecnologías de zeolitas en un modelo similar al implementado por el LIZ.

Recuadro 1. Experiencias de innovación y de interacción entre centros de investigación y sector productivo en relación con la industria de zeolitas naturales.

- El Instituto de Ciencia Animal (ICA-MES), con el esfuerzo del Dr. Manuel Castro Perdomo y de la Dra. Esmeralda Lon Wo, fue pionero en los estudios y aplicaciones de las zeolitas cubanas. Ha mantenido su desarrollo y empleo en la ganadería cubana, con una estrategia que no dista de la empleada por LIZ-IMRE-UH. Los mecanismos más comunes de vinculación con el sector productivo en Cuba y en el extranjero han sido los contratos de transferencia tecnológica y de asistencia técnica.
- El Centro de Investigaciones e Ingeniería Química (CIQ-MINDUS) trabajó desde los orígenes de las zeolitas en Cuba, en dos líneas fundamentales: 1) Desarrollo de catalizadores y precursores de catalizadores zeolíticos, por el Dr. José Andrés González y, luego, por el Dr. Rafael López Cordero en el Centro de Investigaciones del Petróleo (CEINPET-MINEM); 2) Fertilizantes zeolíticos, por el MC. Rolando Gil y la MSc. Carmen Rodríguez. Ambas líneas las ha llevado a ciclo completo con sus propias experiencias de innovación tecnológica.
- El Instituto de Biotecnología de las Plantas (IBP-MES) de la Universidad Central de Las Villas Marta Abreu se ha especializado en el desarrollo de sustratos zeopónicos en bioplantitas para la producción de semillas de plantas destinadas a la producción agrícola. Sus especialistas Felipe Alberto Jiménez Terry y Daniel Agramonte Peñalver, partiendo de la fórmula NEREA III, la han ajustado de forma óptima a la fase de crecimiento de la micropropagación de plantas de diferentes especies tropicales y a los requerimientos nutricionales de cada una de ellas. Esta institución dedicada a las investigaciones biotecnológicas ha transferido sus tecnologías al Ministerio de Agricultura y a empresas extranjeras.
- El Centro Técnico de Desarrollo de Materiales de Construcción (CTDMC) ha logrado mejor respaldo del Ministerio de la Construcción a sus productos y tecnologías en el empleo de las zeolitas naturales. Los cementos con aditivos puzzolánicos son una producción ya tradicional en las plantas de cemento

Recuadro 1. Experiencias de innovación y de interacción entre centros de investigación y sector productivo en relación con la industria de zeolitas naturales (continuación)

cubanas; cada planta productora de cemento en Cuba cuenta con un depósito de zeolitas naturales propio. El Dr. Regino Gayoso logró la construcción de varios barcos pesqueros empleando la tecnología del ferrocemento con el empleo de la zeolita natural como árido ligero. También construyó los elementos de hormigón altamente resistentes al ambiente marino para el soporte de los barcos a reparar en el dique seco del puerto de La Habana. La Planta de Cemento Romano, resultado de los estudios del Dr. Antonio Rabilero y el esfuerzo de otros especialistas, operó desde 1990 con una capacidad de producción de 120 000 t/año, cuyo producto fue esencial para los proyectos de construcción en la zona oriental del país durante el Período Especial.

- La vinculación entre el Centro de Investigaciones y Proyectos de la Industria Minero Metalúrgica (CIPIMM-MINEM) y el sector productivo ha enfrentado problemas similares a los de las instituciones académicas, aun cuando es un centro adscrito al Ministerio de Energía y Minas, antes Ministerio de la Industria Básica. Sus especialistas, Dr. Ventura Herrera, Ing. Tania Rodríguez y MSc. Martha Velazco, han participado en el programa de desarrollo de la zeolita desde sus inicios y en la transferencia de las tecnologías desarrolladas por otros grupos. El CIPIMM ha transferido tecnologías a una empresa brasilera para la introducción de los productos de zeolitas cubanas en Brasil. Actualmente los especialistas del CIPIMM continúan insistiendo en llevar sus productos y tecnologías a la industria de zeolitas cubanas.

2.4. Barreras a la interacción con el sector productivo

De acuerdo con el Ing. Orel Pérez García, geólogo y especialista de la Oficina Nacional de Recursos Minerales del MINEM, «la industria pública cubana de zeolitas naturales se especializa en usos masivos en los cuales se demandan grandes cantidades del material donde las especificaciones de calidad son menos exigentes». Los productos están dirigidos fundamentalmente a los sectores de la agricultura, la ganadería y la producción de materiales de la construcción.

Según este experto, la especialización citada se ha mantenido prácticamente sin cambio desde hace más de veinte años. La especialización productiva del sector de empresas estatales limita, en cierto sentido, los espacios para la interacción con universidades cubanas. En particular, la industria de zeolitas enfrenta:

1. Obsolescencia tecnológica de las plantas procesadoras y equipos mineros (equipos rusos entregados en el año 1988, cuatro veces el ciclo de explotación de un equipo minero).
2. Falta de transportes para la comercialización de productos. En general, la producción se entrega a granel, requiriendo de transporte especializado (volteos), muy deficitarios en el territorio.
3. Una pobre capacidad para entregar productos envasados, algo que constituye una demanda creciente en el mercado.
4. Los relativamente bajos volúmenes que demanda la IZN como materia prima son poco atractivos, aun cuando para recibir un valor equivalente a una tonelada de alguno de los productos IZN se necesiten vender y transportar como promedio hasta 40 toneladas del mineral.
5. Una tendencia a utilizar las zeolitas naturales como sustitutos de otros minerales industriales como mecanismo para reducir costos de minería y procesamiento (Eyed, 1993). Esta situación ha impulsado a que los centros de investigación continúan con procesos de I+D e innovación en zeolitas naturales paralelos a la industria estatal.

A pesar de los retos asociados al embargo económico impuesto sobre Cuba, la estrategia de desarrollo de la industria de zeolitas naturales ha buscado capturar diversas formas de conocimiento mediante la colaboración con agentes externos. Sin embargo, los esfuerzos realizados no siempre rindieron los resultados esperados. Un ejemplo es el desarrollo de la tecnología para la elaboración de monolitos totalmente de zeolita natural para la purificación de fluidos, protegida por una patente europea con autoría de los especialistas de LIZ y del Instituto de Catálisis y Petroleoquímica del Consejo Superior de Investigaciones Científicas de España. Se trató infructuosamente de transferir esta tecnología a alguna empresa especializada en zeolitas o en tecnologías de tratamiento de aguas

en Cuba. En el año 2012, se presentó un proyecto al concurso de la Secretaría de Ciencia y Tecnología de la República de Panamá, por interés de la empresa Zeopty S. A. de ese país. El proyecto ganó el concurso, pero el bloqueo del Gobierno de Estados Unidos a Cuba impidió que el financiamiento para la ejecución del proyecto en Panamá con la transferencia de la tecnología cubano-española se realizara.

2.5. Beneficios percibidos por la academia a partir del desarrollo de la industria de zeolitas naturales

Contrario a la perspectiva de la industria estatal procesadora de zeolitas, cuya expectativa es que las zeolitas naturales se conviertan en un *commodity* en el mercado mundial, los especialistas del LIZ perciben al mineral como un insumo para productos de alto valor agregado que pueden ser comercializados en bajos volúmenes. Este desarrollo ha sido posible utilizando el financiamiento recibido del Ministerio de Educación Superior y otros ministerios, pero no del sector empresarial estatal. Los especialistas del LIZ han demostrado una gran capacidad para la transferencia de tecnologías y servicios de consultoría a empresas extranjeras que operan depósitos de zeolitas naturales.

El LIZ ha desarrollado, de manera independiente o en colaboración, cerca de 20 productos y tecnologías, todos ellos protegidos por patentes y secreto industrial; las marcas han sido registradas ante la Oficina Cubana de Propiedad Industrial. Algunos de los productos zeolíticos fueron exportados a México y Perú, mientras que las tecnologías para la producción de los sustratos NEREA® y de los cultivos zeopónicos que los emplean fueron transferidas inicialmente a los ministerios de la agricultura y la industria básica, posteriormente transferidas a México por la OTRI-UH y exportados los sustratos a Brasil, Colombia y España por una empresa del MIB-MINEM. Los especialistas del LIZ han brindado servicios de consultoría en materia de zeolitas naturales a empresas privadas e instituciones estatales de Argentina, Chile, España, México, Venezuela. Estos especialistas también han desarrollado proyectos de investigación-desarrollo con universidades e instituciones científicas de Argentina, Austria, Brasil, Canadá, Chile, Eslovenia, España, Francia, Italia, México, Noruega, Panamá y Venezuela.

La experiencia y los resultados obtenidos han sido difundidos a través de publicaciones en revistas de alto impacto, monografías,

conferencias plenarias, cursos de posgrado. El único libro de texto sobre zeolitas escrito y publicado en español para especialistas y estudiantes de Iberoamérica ha sido obra del jefe del LIZ con dos colegas venezolanos (Giannetto, Montes y Rodríguez Fuentes, 2000). Nueve especialistas de este laboratorio poseen el grado de Doctor en Ciencias Físicas, Químicas y Farmacéuticas, defendidas sus tesis en Cuba, y son reconocidos por la comunidad científica internacional en materia de zeolitas: son árbitros de revistas científicas de alto impacto y miembros de los comités científicos internacionales de las conferencias auspiciadas por la Asociación Internacional de Zeolitas (IZA) y la Asociación Internacional de Zeolitas Naturales (INZA). La Academia de Ciencias de Cuba ha reconocido los resultados de este colectivo de autores al otorgarles ocho premios nacionales.

Desde 1990 el Grupo Nacional de Zeolitas de Cuba organizó seis conferencias nacionales sobre zeolitas, las últimas cuatro durante el Período Especial. Las conferencias nacionales pasaron a la modalidad de cursos de verano internacionales organizados por el LIZ en el marco de la Escuela Internacional de Ciencia y Tecnología de Materiales que anualmente organiza el Instituto de Ciencia y Tecnología de Materiales (IMRE) de la Universidad de La Habana.

Conclusiones

El debate en torno a cómo universidades y centros de investigación se involucran, o deben involucrarse, en actividades que van más allá de sus mandatos de enseñanza e investigación es intenso. En el contexto de América Latina, este debate muchas veces implica posiciones altamente politizadas, que demuestran una cierta polarización ideológica respecto al papel de las universidades como agente de desarrollo y de movilidad social, por un lado, y como agentes dedicados a la formación de recursos humanos y de generación de conocimiento, por el otro (Arocena y Sutz, 2005; Velho, 2006).

La experiencia de la universidad cubana, y su contribución al desarrollo de la industria de zeolitas naturales durante los últimos cuarenta años demuestra que las universidades y los centros de investigación pueden responder en formas pragmáticas a las presiones que enfrentan para contribuir a la resolución de los retos sociales y a los procesos de desarrollo de largo plazo. Toda proporción guardada, este hallazgo es coincidente con la experiencia China (documentada en Haiyan y Yuan, 2009; Eun, 2010).

Dirigidos por investigadores socialmente comprometidos, las universidades y los centros de investigación involucrados en actividades de desarrollo pueden ir más allá de los tradicionales límites que comúnmente les competen. En el caso de estudio, las universidades han mantenido su encargo con la innovación, la transferencia tecnológica y, además, con actividades de producción, como vía para aprovechar las oportunidades tecnológicas y de negocios provenientes de una industria emergente. Todo ello, en un contexto de adversidad económica y de dificultades para asegurar las asociaciones estratégicas requeridas para el desarrollo de la industria cubana de zeolitas naturales. El progreso de esta industria evidencia el compromiso de los centros de investigación y su rol clave en el éxito de un modelo que Pérez Ones *et al.* (2009) han denominado correctamente como una estrategia de alta tecnología y de alto riesgo.

La academia cubana ha aprovechado varias ventanas de oportunidad, incluyendo el apoyo del Gobierno cubano durante las fases iniciales de desarrollo de la industria, el capital social que las universidades poseen en un país en el que parece aceptarse el papel de la universidad como agente promotor del desarrollo socioeconómico regional y nacional (Núñez Jover *et al.*, 2008; Pérez Ones *et al.*, 2009). Extremadamente importante ha sido la aceptación de que la universidad puede llenar los espacios que deja el sector productivo. Sin embargo, como en el caso de China, hay fronteras para las universidades y su desempeño directo en actividades productivas. Pragmáticamente, deben elaborarse cuidadosamente políticas para promover la respuesta procedente de un sector productivo responsable para continuar el desarrollo futuro de la industria de zeolitas naturales.

Este trabajo contribuye también a la literatura sobre las interacciones universidad-sector productivo en el contexto de los países en desarrollo. La discusión demuestra que, si bien dichas interacciones están presentes, estas enfrentan fuertes limitaciones como resultado del desbalance en las capacidades tecnológicas que existen entre ambos agentes. Como se ha podido constatar, la tercera etapa de desarrollo de la industria cubana de zeolitas naturales ha transcurrido con la contribución de la industria tradicional y los centros de investigación, con desarrollos y resultados diferentes.

La industria, centrada en tres empresas procesadoras del mineral zeolítico, ha continuado su especialización en productos tradicionales,

de bajo valor agregado y altos volúmenes para obtener ganancias. La incipiente innovación se centra en mejoras marginales en los procesos productivos, sin cambios importantes en las propiedades físico-químicas del producto final. A ello se suma la sensible caída en la producción, un aumento en la subutilización de la capacidad instalada y un deterioro de los equipos tecnológicos. El descuido de las actividades de desarrollo tecnológico responde a una pérdida en las capacidades de generación y de absorción de conocimiento.

Por su parte, los centros de investigación cierran el ciclo de investigación, desarrollo e innovación de manera independiente de la industria. Los vínculos con esta última se limitan al suministro de materia prima. La comercialización de nuevos productos encuentra serias limitaciones debidas a la falta de infraestructura productiva que asegure una producción estable, si bien se logra demostrar que es posible su producción, con alta calidad y a precios muy superiores al de los productos tradicionales de zeolitas naturales. Se demuestra que la transferencia de tecnologías es viable y rentable, acompañada de actividades de asistencia técnica bien valorizada. La propiedad industrial de los productos, tecnologías y marcas desempeña un papel vital en este proceso, de la misma manera que el soporte a la actividad científica realizada durante el desarrollo de los nuevos materiales. Los estudios básicos certificados y divulgados sin dañar los secretos industriales de los procedimientos tecnológicos, que han resultado ser únicos, también representan valores añadidos a los productos y las tecnologías.

De la misma manera, el estudio de caso ilustra los factores contextuales que inciden sobre la acción de las instituciones de educación superior en torno al desarrollo de la industria de zeolitas, incluyendo:

- La capacidad de los investigadores para identificar oportunidades de mercado.
- La especialización productiva del sector de empresas públicas ligadas a la industria y su rezago tecnológico respecto de las universidades.
- La influencia de un entorno de crisis económica que lleva al Estado cubano a desistir de su papel de mediador entre la academia y la industria, tan importante durante las primeras fases de desarrollo de la industria de zeolitas naturales.

Escasean en Cuba las regulaciones que permitan retribuir adecuadamente a los innovadores. De la política de ciencia, tecnología e innovación en construcción y de una futura ley de innovación, a ella asociada, deberían esperarse nuevos incentivos. Mientras tanto los especialistas del LIZ, de la misma forma que los que laboran en las universidades y centros de investigación no pertenecientes al sector productivo, continúan su labor de contribuir al desarrollo de su país desde el conocimiento científico y la innovación tecnológica.

A medida en que Cuba avanza en un proceso de transformación y de reorientación de su dinámica social y productiva, la expectativa es que este tipo de estudios permita la reflexión en torno a nuevos arreglos productivos que involucren a agentes con un amplio arraigo y reconocimiento social, pero también con una probada experiencia y capacidad para contribuir al futuro desarrollo económico del país.

La experiencia acumulada por los especialistas cubanos sobre las zeolitas naturales, específicamente en la búsqueda y estudio de estos recursos minerales, el diseño y desarrollo de nuevos productos, las tecnologías para su producción y utilización se ha valorado como un activo de la consultora internacional sobre Ingeniería de Zeolitas Naturales **NatZEng®** Natural Zeolite Engineering Consulting Service Firm, creada en 2016 dentro de incubadora de la Universidad de La Habana y la Universidad Von Humboldt. Esta consultora ofrece, a las empresas que producen, comercializan o utilizan las zeolitas naturales y están interesadas en posicionarse competitivamente en el mercado, las tecnologías para la obtención de los productos zeolíticos desarrollados por LIZ y la experiencia acumulada en las zeolitas naturales por los especialistas cubanos y sus colegas de otros países. Hasta la fecha, **NatZEng®** está manejando contratos de asesoría, transferencia de tecnologías, producción cooperada, desarrollo de nuevos productos y venta de los productos zeolíticos cubanos a tres empresas nacionales y cuatro de otros países. La alianza académica con las universidades de las provincias cubanas y de los países donde radican las empresas clientes, resulta una base importante en esta forma de conducir la innovación tecnológica.

Agradecimientos

Los autores desean que este trabajo constituya un reconocimiento a todos los que participaron en la creación de la Industria

Cubana de Zeolitas Naturales, especialmente a los que continúan trabajando en el desarrollo de las potencialidades de las zeolitas naturales en Cuba. Va nuestro sincero agradecimiento al Comandante en Jefe Fidel Castro Ruz por la confianza y apoyo en fundar una nueva industria a partir de los resultados obtenidos por los especialistas cubanos, para utilizar racionalmente un recurso natural inestimable en beneficio del pueblo cubano. Reconocimiento póstumo a los que no están físicamente pero su obra es imperecedera: Dr. Luis Reyes Soler, geólogo; Dr. Rafael Simón Carballo, bioquímico; Dr. Regino Gayoso Blanco, arquitecto; y Dr. Narciso Alonso Hernández, biólogo y fundador de la Oficina de Transferencia de Resultados de la Investigación (OTRI) de la Universidad de La Habana.

Bibliografía

- AKPAN, W.; MINKLEY, G.; THAKRAR, J. (2012): «In search of a developmental university: community engagement in theory and practice», *South African Review of Sociology*, n.º 43, pp. 1-4.
- ALBUQUERQUE, E.; SUZIGAN, W.; KRUSS, G.; LEE, K. (2015): *Developing National Systems of Innovation*. Edward Elgar Publishing.
- AROCENA, R.; SUTZ, J. (2005): «Latin American Universities: From an Original Revolution to an Uncertain Transition», *Higher Education*, n.º 50, pp. 573-592.
- ARZA, V. (2010): «Channels, benefits and risks of public-private interactions for knowledge transfer: conceptual framework inspired by Latin America», *Science and Public Policy*, vol. 37, pp. 473-484.
- BORTAGARAY, ISABEL (2009): «Bridging University and Society in Uruguay: Perceptions and Expectations», *Science and Public Policy*, vol. 36, n.º 2, pp. 115-19. DOI:10.3152/030234209X413937.
- CAI, Y.; LIU, C. (2015): «The roles of universities in fostering knowledge-intensive clusters in Chinese regional innovation systems», *Science and Public Policy*, vol. 42, n.º 1, pp. 15-29.
- DE FUENTES, C.; DUTRÉNIT, G. (2012): «Best channels of academia-industry interaction for long-term benefit», *Research Policy*, n.º 41, pp. 1666-1682.
- DOUGLAS, SHARON (2012): «Advancing the Scholarship of Engagement: An Institutional Perspective», *South African Review of Sociology*, vol. 43, n.º 2, pp. 27-39. DOI:10.1080/21528586.2012.694241.
- DUTRÉNIT, GABRIELA (2010): «Introduction to special issue: Interactions between public research organisations and industry in Latin America:

- a study on channels and benefits from the perspective of firms and researchers», *Science and Public Policy*, vol. 37, pp. 471-472.
- EOM, B.-Y.; LEE, K. (2009): «Modes of knowledge transfer from PROs and firm performance: the case of Korea», *Seoul Journal of Economics*, vol. 22, n.º 4, pp. 499-528.
- EUN, J.-H. (2010): «China's Horizontal University-Industry Linkage: Where from and Where to», *Seoul Journal of Economics*, vol. 22, n.º 4, pp. 445-466.
- EUN, J.-H.; WANG, Y.; WU, G. (2015): «China's university-industry links in transition», en *Developing National Systems of Innovation*, Edward Elgar Publishing, pp. 120-142.
- EYED, TED H. (1993): «One Size Doesn't Fit All. Zeolite'93», *4.th International Conference on the Occurrence, Properties, and Utilization of Natural Zeolites. Program and Abstracts*, International Committee on Natural Zeolite ICNZ, Boise, Idaho, pp. 87-88.
- FEBLES GONZÁLEZ, J. (2006): «Algunos resultados obtenidos con el empleo de las zeolitas en sistemas de zeopónicos», reporte interno, Unión Geominsal, Cuba.
- GIANNETTO, G.; MONTES, A.; RODRÍGUEZ FUENTES, G. (2000): *Zeolitas. Características, propiedades y aplicaciones industriales*, Ediciones Innovación Tecnológica, Venezuela.
- GONZÁLEZ RODRÍGUEZ, ESTHER MARÍA (2012): *Principales depósitos de zeolitas cubanas, características y usos*, Instituto de Geología y Paleontología, La Habana.
- GÖRANSSON, B.; BRUNDENIUS, C. (eds.) (2011): *Universities in transition*, Springer, New York.
- GÖRANSSON, B.; MAHARAJH, R.; SCHMOCH, U. (2009): «Introduction: New challenges for universities beyond education and research», *Science and Public Policy*, vol. 36, n.º 2, pp. 83-84.
- Grand View Research* (2016): «Zeolite Molecular Sieve Market by Application (Detergents, Catalysts) Is Expected To Reach \$4.27 Billion By 2022», <<http://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/synthetic-zeolite-market>> [3/4/2016].
- HAIYAN, W.; YUAN, Z. (2009): «University-owned enterprises as entry point to the knowledge economy in China», *Science and Public Policy*, vol. 36, n.º 2, pp. 103-108.
- HELLSTRÖM, T. (2007): «Dimensions of Environmentally Sustainable innovation: the Structure of Eco-Innovation Concepts», *Sustainable Development*, n.º 15, pp. 148-159, <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.102/sd.309/epdf>> [23/4/2016].

- KENNEY, M.; MOWERY, D. C. (2014): *Public Universities and Regional Growth: Insights from the University of California*, Stanford Business Books.
- KRUSS, G.; ADEOTI, J.; NABUDERE, D. (2012): «Universities and Knowledge-based Development in sub-Saharan Africa: Comparing University-Firm Interaction in Nigeria, Uganda and South Africa», *Journal of Development Studies*, n.º 48, pp. 516-530.
- KRUSS, G.; GASTROW, M. (2013): «Interaction between towers of learning and poor communities four case studies», *HSRC Review*, n.º 11, pp. 24-26.
- KRUSS, G.; LEE, K.; SUZIGAN, W.; ALBUQUERQUE, E. (2015): «Introduction», en *Developing National Systems of Innovation*, Edward Elgar Publishing, pp. 1-28.
- Market Research Store (2016): «Zeolite (Natural and Synthetic) Market for Catalysts, Adsorbents, Detergent Builders and Other Applications, Global Industry Perspective, Comprehensive Analysis, Size, Share, Growth, Segment, Trends and Forecast, 2014-2020», <<http://www.marketresearchstore.com/report/zeolite-market-z41101>> [3/4/2016].
- NELSON, R. R. (ed.) (1993): *National Innovation Systems: A Comparative Analysis*, Oxford University Press, New York.
- NÚÑEZ JOVER, JORGE; ARMAS MARRERO, ISVIEYSYS; ALCÁZAR QUIÑONES, ARIAMNIS; FIGUEROA ALFONSO, GALIA (2014): «Higher Education, Innovation and Local Development: Experiences in Cuba», en Gabriela Dutrénit, Judith Sutz (cords.), *National Innovation Systems, Social Inclusion and Development*, Edward Elgar Publishing, pp. 250-75, <<http://www.elgaronline.com/view/9781782548676.00014.xml>> [23/4/2015].
- NÚÑEZ JOVER, J.; BENÍTEZ CÁRDENAS, F.; HERNÁNDEZ GUTIÉRREZ, D.; FERNÁNDEZ GONZÁLEZ, A. (2008): «Universal higher education and sustainable social development: the Cuban model», *International Journal of Cuban Studies*, n.º 1, pp. 102-113.
- NÚÑEZ JOVER, J.; MONTALVO ARRIETE, L. F.; PÉREZ ONES, I.; FERNÁNDEZ GONZÁLEZ, A.; GARCÍA CUEVAS, J. L. (2011): «Cuba: University, Innovation and Society: Higher Education in the National System of Innovation», en B. Göransson, C. Brundenius (eds.), *Universities in Transition: The Changing Role and Challenges for Academic Institutions*, Springer and IDRC, pp. 97-118.
- PAVITT, K. (1998): «The social shaping of the national science base», *Research Policy*, n.º 27, pp. 793-805.

- PÉREZ ONES, ISARELIS; NÚÑEZ JOVER, JORGE (2009): «Higher Education and Socio-Economic Development in Cuba: High Rewards of a Risky High-Tech Strategy», *Science and Public Policy*, vol. 36, n.º 2, pp. 97-101. DOI:10.3152/030234209X413900.
- PIENAAR-STEYN, SUNETTE (2012): «The Millennium Development Goals as a Conceptual Framework for Enabling and Evaluating Community Engagement», *South African Review of Sociology*, vol. 43, n.º 2, pp. 40-57. DOI:10.1080/21528586.2012.694242.
- RODRÍGUEZ-FUENTES, G. (1991): «Programa de Desarrollo de la Zeolita en Cuba», en G. Rodríguez-Fuentes, J. A. González (eds.), *Memorias 3.ª Conferencia Internacional Zeolitas Naturales*, Centro Convenciones, La Habana, t. I, pp. 25-36.
- RODRÍGUEZ-FUENTES, G. (2015): «La ingeniería de zeolitas naturales: desarrollo de nuevos materiales y sus tecnologías de utilización». Tesis en opción al grado de Doctor en Ciencias, Universidad de La Habana.
- RODRÍGUEZ-FUENTES, G.; ESTÉVEZ RAMS, E. (2012): «La ingeniería de zeolitas naturales: una opción para la industria», *Revista Nueva Empresa*, vol. 8, n.º 1, pp. 27-32.
- RODRÍGUEZ-FUENTES, G. *et al.* (1991): «Ingeniería de Zeolitas: Posibilidad para el desarrollo de nuevos materiales», en G. Rodríguez-Fuentes, J. A. González (eds.), *Memorias 3.ª Conferencia Internacional Zeolitas Naturales*, Centro Convenciones, La Habana, t. II, pp. 138-148.
- SAMPAT, B. N.; MOWERY, D. C. (2004): *Universities in National Innovation Systems*, <https://smartech.datech.edu/bitstream/handle/1853/43161/DavidMowery_1.pdf> [22/3/2016].
- SANTIAGO, F.; DUTRENIT, G. (2012): «Determinants of PRO-industry interactions in pharmaceutical R&D: the case of Mexico», en A. Egbetokun, B. Adebowale, W. Siyanbola, O. Olamide (eds.), *Innovation Systems and Capabilities in Developing Regions: Concepts, Issues and Cases*, Gower Publishing, Ltd., pp. 251-275.
- SUZIGAN, W.; ALBUQUERQUE, E.; GARCIA, R.; RAPINI, M. (2009): «University and industry linkages in Brazil: some preliminary and descriptive results», *Seoul Journal of Economics*, n.º 22, pp. 591-611.
- VELHO, L. (2006): «Building a critical mass of researchers in the least developed countries: new challenges», en L. Box, R. Engelhard (eds.), *Science and Technology Policy for Development. Dialogues at the Interface*, Anthem Press, pp. 55-71.
- VERA-CRUZ, A. O. (2014): «What are the university-productive sector links that matter in a small island country? The case of Cabo Verde»,

La relación entre CIPEL y la Unión Eléctrica: un caso de vinculación universidad-empresa

MIGUEL CASTRO FERNÁNDEZ
MIRIAM VILARAGUT LLANES
MIRIAM L. FILGUEIRAS S. DE ROZAS
LÁZARO GUERRA HERNÁNDEZ
CLAUDIA DE FUENTES
GABRIELA DUTRÉNIT

Introducción

La interrelación o vínculo entre las universidades y las empresas del sector productivo se ha convertido, en los tiempos actuales, en una necesidad estratégica importante para el cambio tecnológico y el desarrollo económico. Si bien la existencia de una vinculación intensa es relevante para cualquier país, el impacto que puede tener en los países en desarrollo es muy grande, particularmente por el poco crecimiento del mercado de conocimiento y la escasez de recursos a los que se enfrentan (Albuquerque *et al.*, 2015).

La conformación de espacios de colaboración, donde se pueden obtener beneficios mutuos, es una de las formas en que se debe manifestar la vinculación universidad-empresa (U-E). Se espera que la universidad aporte resultados relacionados con los procesos sustantivos propios (formación de profesionales, desarrollo de investigaciones aplicadas, actividades de extensión y prestación de servicios). A su vez, se espera que la empresa demande profesionales y conocimiento, invierta en las investigaciones ya desarrolladas y ofrezca remuneraciones por los trabajos de extensión y servicios prestados por las universidades. Todo esto contribuiría a la generación de nuevos productos y procesos, a partir de la utilización del conocimiento científico y tecnológico.

Internacionalmente es reconocido que las universidades (y centros de investigaciones públicos) desempeñan un papel importante dentro

del sistema nacional de innovación, a través de la formación de recursos humanos, las actividades de investigación y la diseminación de los conocimientos, contribuyendo al almacenamiento de conocimientos que otros actores pueden crear, o desarrollando directamente aportaciones a las demandas de conocimiento de la sociedad (Etzkowitz y Leydesdorff, 2000). La evidencia empírica obtenida a través de diversas regiones del planeta sugiere que existen múltiples canales de interacción a través de los cuales el conocimiento es transferido (Arza, 2010; Albuquerque *et al.*, 2015).

La literatura internacional se concentra en economías de mercado, donde predominan las empresas privadas. En una economía socialista como la cubana, el rol de la universidad y de las empresas difiere en algunos rasgos. Las universidades avanzan hacia actividades productivas, ante la escasez de respuesta de un sector productivo, donde predominan las empresas públicas y donde recién están emergiendo pequeñas empresas privadas.¹ La vinculación con el sector empresarial ha sido poco estudiada. La literatura se ha centrado mayormente en estudios de caso sobre la contribución de las universidades al desarrollo local (Pérez y Nuñez, 2009; Morales y Herrera, 2016; Blanco, 2013; Lage, 2013). Pero, a partir de experiencias desarrolladas, es posible identificar un conjunto de limitaciones a las cuales se ha enfrentado el vínculo U-E, las cuales deben ser superadas para lograr una mayor contribución al desarrollo socioeconómico.

El presente trabajo se enfoca en las experiencias de vinculación del sector de la energía. El objetivo es analizar la naturaleza de la colaboración en el sector eléctrico entre un centro de investigaciones perteneciente a la educación superior (el CIPEL) y la Unión Eléctrica (que agrupa a empresas cubanas del sector). Las preguntas que guían esta investigación son: ¿cuáles son las características de la vinculación U-E dentro del entorno cubano? y ¿cuáles son los rasgos que influyen en el vínculo entre el CIPEL y la Unión Eléctrica?

La metodología empleada combina un estudio de caso y una encuesta. La encuesta se aplicó a directivos y especialistas del sector eléctrico cubano y de otros sectores de la industria (telecomunicaciones, minería, turismo, comercio interior, etc.), y a un grupo de profesores

¹ Existen ejemplos de ambos casos, tanto que las propias universidades realizan actividades productivas, como que se involucran en dichas actividades a través de terceros del sector empresarial.

e investigadores que, desde la universidad, se han caracterizado por tener un fuerte vínculo con el sector eléctrico, ofreciendo respuesta a los problemas que allí se presentan durante más de veinte años de trabajo conjunto. La encuesta explora la percepción de esos actores sobre los canales e interacciones, y sus diferentes puntos de vista respecto a otros sectores de la industria no tan relacionados al sector académico representado por el CIPEL. El estudio de caso se enfoca en la naturaleza de la vinculación entre el CIPEL y la Unión Eléctrica.

Este artículo se estructura a partir de la discusión de algunos tópicos de la literatura sobre los vínculos U-E. La segunda sección presenta la aproximación metodológica. Con posterioridad se describe el entorno cubano y se presenta el estudio de caso sobre la evolución U-E en el sector eléctrico. La última sección discute los principales hallazgos de las encuestas y, finalmente, se presentan las conclusiones.

1. La interacción universidad-empresa: un acercamiento a la literatura

La incorporación de la producción de conocimientos científicos entre las funciones de las universidades durante el siglo XIX fue uno de los elementos fundamentales establecidos para que se comenzarán a generar, de forma espontánea, aplicaciones útiles para la sociedad, seguidas de un apoyo creciente de la empresa en países como EE. UU. (Etzkowitz y Leydesdorff, 2000). Sin embargo, Azagra (2003) reporta que, al término de la Segunda Guerra Mundial, la universidad reduce sus contactos con la empresa, al considerarse que la investigación básica era el motor de la innovación (Bush, 1945), mientras se teme que una intromisión mayor por parte de las empresas en las agendas de investigación de las universidades pueda derivar en una disminución de la calidad en la educación superior (Merton, 1942). A partir de la década de 1970, se observa un cambio en esta tendencia, ante el auge de la comercialización de tecnologías basadas en la ciencia, como la biotecnología y las tecnologías de la información y de las comunicaciones, que se interpretan como ejemplos de ciencia exitosa por los resultados palpables obtenidos. Este papel más activo de las universidades conduce a un aumento de la vinculación entre estas y la empresa (Azagra, 2003).

Algunos autores han planteado que el fenómeno de la vinculación U-E está estrechamente ligado con los cambios en la actitud de la institución universitaria y sus integrantes. Zucker y Darby (2007) mostraron el papel crítico de los científicos «estrella» en el momento

y lugar en que aparecieron las primeras empresas de biotecnología, y cómo esas empresas resultaron exitosas. Al respecto, Lee (1996) realiza una encuesta en 1994 a unos 1 000 profesores universitarios de 115 universidades y nueve disciplinas académicas y concluye que los académicos estadounidenses de la década de 1990 están más dispuestos que los de la década de 1980 a relacionarse más estrechamente con las empresas. Estos argumentos se fundamentan en que una mayoría de los entrevistados apoyó la idea de que sus universidades participaran activamente en el desarrollo económico local y regional, facilitaran la comercialización de la investigación académica y favorecieran el asesoramiento de los universitarios a las empresas privadas. También una parte de los encuestados rechazó la idea de que sus universidades se implicaran en relaciones comerciales estrechas con la empresa privada por medio de, por ejemplo, la ayuda para la puesta en marcha de negocios o la inversión en acciones.

A lo largo de las décadas pasadas, la relación de las universidades con las empresas evolucionó de la provisión de capital humano y conocimientos útiles por vías informales hacia la proporción de recursos más tangibles por vías intensivas y formales (Etzkowitz y Leydesdorff, 2000). Sin embargo, se ha mantenido una discusión sobre la existencia de un posible *trade off* entre las actividades de vinculación y la productividad científica de los investigadores. Se argumenta que las actividades de vinculación implican el uso de tiempo y recursos que deberían estar centrados en el avance del conocimiento científico, y afectan la productividad científica. Asimismo, para algunos autores, el financiamiento de las actividades de investigación debería ser solo estatal o público (Florida, 1999; Czarnitzki y Toole, 2009). Finalmente, se argumenta que algunas empresas ven a las universidades como competidores potenciales.

Es ya ampliamente reconocido que el tema de la vinculación U-E está relacionado con las disciplinas académicas (Nelson, 1986 y 1988) y las áreas tecnológicas (Meyer-Krahmer y Schmoch, 1998), pero la interacción no está restringida a unas disciplinas científicas ni a ciertas ramas concretas de actividad, ni tampoco está condicionada por la orientación aplicada de las disciplinas científicas ni por los recursos de las ramas de actividad. Hay que tener en cuenta una variedad de instrumentos empleados para interactuar, especialmente a la hora de evaluar la actuación de la universidad (Schartinger *et al.*, 2002).

Hay múltiples evidencias de que la transferencia de conocimientos entre universidades y centros de investigación con empresas del sector

industrial transita a través de múltiples formas o canales de interacción (Arza, 2010; Dutrénit, De Fuentes y Torres, 2010; Dutrénit y Arza, 2015). Para algunos autores la apertura de la ciencia, las patentes, los recursos humanos, las investigaciones y los proyectos de I+D conjuntos, así como las redes de trabajo son los canales más importantes (Narin *et al.*, 1997; Swann, 2002; Cohen *et al.*, 2002), mientras que otros plantean que la creación de nuevas instalaciones físicas, el desarrollo de consultorías, las relaciones contractuales, los entrenamientos, las reuniones y conferencias científicas son básicas para fomentar procesos de vinculación entre las universidades y la industria (Kingsley *et al.*, 1996; D'Este y Patel, 2007; Meyer-Krahmer y Schmoch, 1998; Monjon y Waelbroeck, 2003).

Pillay (2011) plantea que la mayoría de las empresas consideran aún más importante los contactos informales con las universidades que los relativos al reclutamiento de graduados o el desarrollo de actividades conjuntas y de consultorías; así mismo, plantean que las salidas tecnológicas de las universidades, medidas a través de las patentes, son relativamente pequeñas todavía en países como Japón y Estados Unidos, aun cuando las universidades son las que aportan la mayor cantidad de artículos publicados en las revistas científicas referenciadas. Se observa un comportamiento similar en los países de Europa. Algunos países europeos, y los propios EE. UU, han comenzado desde hace ya algún tiempo a desarrollar políticas, a nivel de los gobiernos nacionales, que promuevan los vínculos entre la universidad y la industria. Similarmente, en el caso del continente asiático, gobiernos de países como Japón, China y Singapur han intensificado sus esfuerzos en esta dirección (Yusuf, 2007).

Una cercana vinculación entre el sector académico y la industria permite obtener beneficios a ambos actores, tales como:

- Intercambio de conocimientos, teorías y sus aplicaciones, incremento de contactos y adquisición de nuevas perspectivas para la aplicación del conocimiento generado por la academia en la industria (Meyer-Krahmer y Schmoch, 1998; Lee, 2000; Welsh *et al.*, 2008).
- Incremento de la productividad e innovación con impactos positivos en el desarrollo de producciones (Rosenberg y Nelson, 1994).
- Incremento de la capacidad de absorción por parte del sector empresarial (industria) para explorar el conocimiento externo (universidades y centros de investigación), apoyando el

financiamiento para explotar dicho conocimiento (Bierly *et al.*, 2009).

Bekkers y Bodas Freitas (2008) exponen que el análisis de la interacción entre la academia y la industria no es visto de forma similar por todos los actores y en todos los sectores, los que atribuyen diferente importancia a los canales de interacción. Los resultados de este último trabajo tocan aristas de interés en cuanto concluyen que, si bien tanto las empresas como las universidades consideran importante cualquiera de las vías mencionadas, visto desde la perspectiva de su importancia relativa, existe una alta diferenciación de cómo se percibe la transferencia de conocimientos entre ambas partes. Los investigadores de las universidades le dan mayor importancia a la transferencia de conocimientos que los propios investigadores de la industria, así como una mayor importancia al uso de diferentes canales para lograr una alta vinculación. Según estos autores, estas diferencias pueden ser explicadas en un alto grado por factores como las características básicas del conocimiento en cuestión, el origen de las disciplinas del conocimiento involucradas y, en menor grado, las características organizacionales e individuales de los actores implicados.

Por su parte, Dutrénit y Arza (2010) plantean que han sido pocas las investigaciones que abordan la efectividad de uso de los diferentes canales de interacción sobre los beneficios obtenidos por ambas partes, y consideran que el empleo de los diferentes canales puede estar asociado a un grupo de motivaciones. Clasifican las rutas de interacción en cuatro grandes grupos, de acuerdo a la dirección de los flujos de conocimiento:

- Tradicional: desde la academia hacia la industria, sobre la base de los roles convencionales de la academia (la enseñanza e investigación).
- Servicios: desde la academia a la industria, a través de una relación contractual (consultorías, ensayos, entrenamientos).
- Comercial: desde la academia a la industria, a través de los productos elaborados por la academia con valor comercial (patentes, licencias tecnológicas, incubadoras de conocimientos).
- Bidireccional: el conocimiento fluye en ambas direcciones, a través del desarrollo de proyectos de I+D (conjuntos, contratados).

Como resultado de un estudio realizado en cuatro países latinoamericanos (Argentina, Brasil, Costa Rica y México), un país de África (Nigeria) y tres de Asia (India, Corea y Malasia), se extraen algunos elementos de interés (Arza *et al.*, 2015):

- Se confirma que canales como la formación de recursos humanos, la creación de nuevas instalaciones, la consultoría, la investigación conjunta, los contratos de investigación, la capacitación, las reuniones técnicas y las conferencias son formas más importantes de interacción que las patentes.
- En concordancia con lo planteado por Bekkers y Bodas Freitas (2008), los actores del proceso de transferencia del conocimiento tienen variadas percepciones sobre la importancia de los diferentes canales.
- Los canales comerciales conllevan efectos negativos sobre los beneficios intelectuales para los investigadores y no tienen efectos positivos sobre los beneficios obtenidos por las empresas.

Si, de forma general, los beneficios de esta vinculación U-E son aceptados por ambas partes, no queda otra posibilidad que preguntar entonces: ¿cuáles son las características específicas de estas interacciones en diferentes contextos? y ¿por qué esta vinculación es aprovechada en algunos países más que en otros?

Uno de los elementos que se ha manejado al respecto se ubica en los intereses que tiene cada actor dentro del proceso de I+D. La división clásica de la I+D es la que, en función de su naturaleza, distingue entre investigación básica (IB), investigación aplicada (IA) y desarrollo tecnológico (DT). Las dos primeras se caracterizan por la creación de nuevos conocimientos (motivadas por la curiosidad, en el primer caso, y por la resolución de problemas concretos, en el segundo), mientras que la tercera se caracteriza por la aplicación de conocimientos ya existentes. La tendencia por parte del sector productivo o empresas es a favorecer el concepto de desarrollo experimental (a partir de preferir el uso de un conocimiento más terminado y favorable para su aplicación), mientras que en las universidades se prioriza la investigación (partiendo de considerarse a sí mismas como unidades de producción de conocimientos). Esta diferencia hace que el concepto de investigación aplicada se

convierta en un puente de enlace entre ambos intereses y en una base para lograr la vinculación U-E. Pero, este argumento no es necesariamente aceptado por la literatura internacional, ya que muchas veces se niega que la vinculación esté relacionada con la investigación aplicada, y se argumenta que sí lo está con la investigación básica (Azagra *et al.*, 2008).

La universidad puede y debe dar asistencia a las empresas, trasladando conocimientos desde la academia para la industria y viceversa (Castellanos *et al.*, 2007), pero en muchas ocasiones los tiempos entre ambos actores son diferentes. Las empresas tienen urgencias que no les permiten esperar a que el desarrollo de una investigación tenga cauces, que para la universidad son los «normales». Esto hace que las relaciones en ocasiones sean tirantes o de ausencia de entendimiento.

Según Castellanos *et al.* (2007), la empresa (sociedad) busca en la universidad, fundamentalmente, la solución a problemas técnicos, la solución a litigios y/o reclamaciones, el criterio especializado para la toma de decisiones técnicas profesionales, las experiencias para modernizar sus laboratorios de control, o la capacitación de su personal técnico en aspectos novedosos. Agregan que los productos y servicios universitarios deben satisfacer las necesidades de sus usuarios, como característica esencial de su concepción y desarrollo, por lo que el producto universitario, de acuerdo a las expectativas formuladas por las empresas, debe caracterizarse por: conjugar un adecuado nivel de actualización científico-técnica con un conveniente grado de aplicabilidad para las organizaciones, ofrecer resultados viables y factibles, ser consecuencia de la interacción de equipos multidisciplinarios, implicar la superación y capacitación de los recursos humanos de las empresas, e, incluso, incluir un buen servicio postventa.

Por su parte, Zulueta *et al.* (2014) destaca la necesidad de crear redes de valor que permitan una mayor efectividad en la transferencia de tecnologías de la universidad a la empresa para la investigación aplicada, con un modelo que ha sido empleado en Cuba en la industria azucarera. Este modelo debe contemplar un sistema que capture conocimiento de trabajo y mejores prácticas de los individuos en toda la organización, asegure los activos de conocimiento, estandarice los procesos de trabajo y garantice la actualización de los conocimientos y habilidades de los trabajadores cuando se necesiten. Para ello se

debe contar con un mecanismo para el seguimiento/medición de los resultados y el compromiso de la gerencia en lograr la excelencia operativa.

En Cuba existen diferencias importantes en la propensión a vincularse entre los sectores de acuerdo a su intensidad tecnológica. En los sectores de alta tecnología, se ha logrado una sinergia grande entre las entidades científicas (incluyendo las universidades) y las productivas, lo que ha permitido un desarrollo en gran escala. En muchos casos, el cierre del ciclo del proceso investigación básica-innovación tecnológica-producción-comercialización lo realizan las propias entidades dedicadas a la ciencia, siendo un ejemplo elocuente de ello el sector de la biotecnología (Lage, 2013). En contraste, en los sectores de baja y media intensidad tecnológica, ha habido más dificultades para transferir el conocimiento entre las universidades cubanas y el sector productivo, pues no ha existido una completa identificación de intereses, ni una política que permita la determinación de nichos de conocimiento fuera de la industria (Filgueiras, 2013).

Investigadores y gerentes han planteado que en Cuba se ha desarrollado un modelo propio de integración de las universidades como centros de innovación regional y local en los respectivos lugares donde se ubican las instituciones educativas (Becerra, 2009; Núñez y Montalvo, 2014-2015). Se han obtenido buenos resultados con sectores que no pertenecen a la industria, quizás con cierta excepción en el sector agroazucarero. Se reconoce que, en base a las experiencias desarrolladas, ha sido posible identificar un conjunto de limitaciones a las cuales se ha enfrentado el vínculo U-E. Se argumenta que estas limitaciones deben ser superadas para lograr una mayor contribución al desarrollo socioeconómico. Entre los elementos que se señalan están, en lo fundamental (Becerra, 2009):

- Desde el lado de la empresa: no siempre se valora en su justa dimensión las oportunidades y potencialidades que ofrece la universidad, ni se realiza un adecuado aprovechamiento del equipamiento técnico disponible, ni tampoco se viabiliza el acceso a la información por parte de profesores y estudiantes.
- Desde el lado de la universidad: no siempre se explotan en su justa dimensión las oportunidades que brinda el entorno

empresarial para desarrollar con los estudiantes diferentes situaciones en base a experiencias prácticas reales, ni se orientan las prioridades de superación a las demandas provenientes del sector empresarial, ni tampoco se exploran todas las oportunidades que brinda dicho sector para obtener fondos conducentes al desarrollo de proyectos empresariales. Este último aspecto ha sido muy deficiente por lo general, pues muchas empresas no poseen fondos para financiamiento de actividades de investigación, desarrollo e innovación (I+D).

Finalmente, de acuerdo con D'Este y Perkmann (2011), Sá y Litwin, (2011) y Leisyte (2011), no existe una adecuación entre los incentivos dirigidos a la industria y los orientados a la academia. Por este motivo, se considera necesario crear otros, además del financiamiento, que promuevan la colaboración. Los incentivos mencionados en estos trabajos responden a economías de mercado; los tipos que impactan a la realidad cubana tienen sus especificidades. Por ejemplo, desde 2012, para evaluar a las instituciones de educación superior en Cuba, se toma en cuenta el vínculo con el desarrollo local/sectorial como elemento clave para determinar su pertinencia (Núñez y Montalvo, 2014-2015). Sin embargo, este estímulo se enfoca del lado de la universidad; visto desde la perspectiva de la empresa, este está dado por el problema o la necesidad a la que la universidad sea capaz de responder.

Partiendo de todo lo anteriormente expresado, este artículo explora las similitudes y diferencias de la vinculación U-E en el entorno cubano y, en particular, analiza el caso de un centro de investigación ubicado dentro de una universidad, el CIPEL, y un grupo de empresas del sector de la electricidad, representadas por la Unión Eléctrica (UNE). Adicionalmente, se expone cómo ambos actores perciben esta vinculación. A través del caso de estudio, los autores exploran los factores que influyen en la evolución de la interacción entre el CIPEL y la UNE.

2. Metodología

2.1. Recolección de datos

El diseño de esta investigación combina métodos cualitativos y cuantitativos. Se realizó un estudio de caso y dos cuestionarios. El

estudio de caso contribuye al entendimiento del papel desempeñado por el CIPEL y la UNE a lo largo de la historia, así como al entendimiento de la vinculación entre estos dos agentes.

Las dos encuestas brindan información para contribuir al análisis de las características de la vinculación entre el CIPEL y la UNE. La primera busca obtener la visión de la academia y la industria sobre las formas de vinculación. Se realizó en el marco de un seminario OLADE para el desarrollo de las fuentes renovables de energía. Esta encuesta fue aplicada a 23 directivos y especialistas del sector eléctrico cubano, 47 directivos y especialistas de otros sectores de la industria (producción de componentes electrónicos, metal-mecánica, agricultura, producción azucarera, minería y química), y también a un grupo de 16 profesores e investigadores del CIPEL. La tasa de respuesta fue del 100 %.

El cuestionario de esta primera encuesta se basó en la propuesta contenida en Dutrénit y Arza (2010), y Dutrénit, De Fuentes y Torres (2010). Se pidió a los encuestados evaluar la importancia y la frecuencia de cada forma de vinculación. El cuestionario lista 22 formas/mecanismos para transferir conocimiento entre las universidades y las empresas que se incluyeron. Estas formas han sido mayormente identificadas en la literatura, y se pueden agrupar en cuatro canales de transferencia de conocimiento, siguiendo la propuesta de los autores mencionados, pero incorporan algunas adaptaciones al caso cubano, y al sector eléctrico en particular. Por ejemplo, en el canal tradicional se incorporó «Estudiantes trabajando en adiestramiento laboral» y se diferenció entre «Graduados universitarios como empleados» a nivel de maestrías y especialidades respecto a nivel de doctorado. En el canal comercial se incorporó «Subproductos universitarios (como fuentes de conocimiento)», ampliando el enfoque utilizado en las economías de mercado de patentes y licencias. En el canal de servicios se añadió «Contacto personal de la membresía de organizaciones profesionales como la ANEC, UNAIC, ANIR», *ad hoc* al caso de la Industria Eléctrica cubana. En el canal bidireccional se agregó «Proyectos colectivos en el contexto de la estructura del Programa Nacional de Ciencia y Técnica». Los cambios introducidos en todos los canales mantienen la esencia de los mismos, es decir, la motivación y la direccionalidad de los flujos de conocimiento. La tabla 1 lista las formas y los canales utilizados en el cuestionario.

Tabla 1. Modos y canales para la transferencia de conocimientos U-E.

MODOS DE TRANSFERIR CONOCIMIENTO UNIVERSIDAD-EMPRESA	CANALES
<ul style="list-style-type: none"> Acceso a publicaciones científicas (arbitradas) en revistas y libros. 	Tradicional
<ul style="list-style-type: none"> Acceso a otras publicaciones, incluyendo publicaciones profesionales y reportes. 	
<ul style="list-style-type: none"> Graduados universitarios como empleados (nivel maestrías y especialidades). 	
<ul style="list-style-type: none"> Graduados universitarios como empleados (nivel doctorado). 	
<ul style="list-style-type: none"> Participación en conferencias y talleres. 	
<ul style="list-style-type: none"> Estudiantes trabajando en adiestramiento laboral. 	
<ul style="list-style-type: none"> Actividades de transferencia de conocimiento específico organizado por la universidad en talleres, seminarios, cursos. 	Comercial
<ul style="list-style-type: none"> Textos de patentes encontradas en oficinas o bases de datos de patentes. 	
<ul style="list-style-type: none"> Subproductos universitarios (como fuentes de conocimiento). 	
<ul style="list-style-type: none"> Licencia de patentes y de conocimientos aplicadas en universidades. 	Servicios
<ul style="list-style-type: none"> Contacto personal (informal) con especialistas del ámbito académico. 	
<ul style="list-style-type: none"> Dotar al personal en posiciones de trabajo dual en la universidad y la empresa. 	
<ul style="list-style-type: none"> Personal miembro de la universidad que va a posiciones en la industria. 	
<ul style="list-style-type: none"> Intercambio temporal de personal (programas de movilidad de personal). 	
<ul style="list-style-type: none"> Contacto personal de la membresía de organizaciones profesionales como la ANEC, UNAIC, ANIR. 	
<ul style="list-style-type: none"> Consultorías y asesorías con personal miembro de universidades. 	
<ul style="list-style-type: none"> Proyectos colectivos en el contexto de la estructura del Programa Nacional de Ciencia y Técnica. 	
<ul style="list-style-type: none"> Ejecución de contratos (excluye los proyectos). 	
<ul style="list-style-type: none"> Desarrollo conjunto de proyectos de investigación básica y/o aplicada. 	
<ul style="list-style-type: none"> Instalaciones compartidas (ejemplos: laboratorios, equipamiento, alojamiento). 	
<ul style="list-style-type: none"> Contrato basado en formación y capacitación en gestión organizacional y entrenamiento brindado por universidades. 	
<ul style="list-style-type: none"> Contrato de servicios brindados por las universidades. 	

La segunda encuesta busca recoger la visión que tienen los especialistas de la Industria Eléctrica sobre la calidad con que se gradúan los ingenieros en el CIPEL. Profundizar en el entendimiento de esta forma

de conocimiento es importante, ya que la contratación de graduados representa una de las formas más importantes de vinculación U-E. Esta encuesta fue contestada por 15 directivos de la UNE, quienes influyen en las decisiones de las comisiones nacionales que se crean para la revisión de los contenidos de la carrera, pues participan directamente, o a través de especialistas que ellos proponen, en dichas comisiones. En esta segunda encuesta se abordaron aspectos tales como pertinencia de la carrera, cumplimiento de su objetivo social, cualidades personales, competencias generales y formación técnica de los egresados.

2.2. Métodos de análisis

La información obtenida para el estudio de caso fue ordenada cronológicamente. Se enfatizó la identificación de los papeles desempeñados por el CIPEL y la UNE a lo largo del tiempo. Esta información también fue analizada contextualmente, y se observó cómo cambios en el entorno contribuyeron a fortalecer la interacción de estos dos agentes a lo largo del tiempo.

Las encuestas fueron evaluadas a través de estadística descriptiva. La primera parte del análisis consistió en identificar a grandes rasgos la importancia y frecuencia asignada a la vinculación U-E. En esta etapa se analiza por separado la percepción de la academia (CIPEL) y de diferentes grupos de la industria (UNE, MINEM² y otros No UNE+MINEM).³ Esta comparación proporciona elementos interesantes que ayudan a entender los puntos de vista por diferentes grupos industriales. La segunda parte del análisis consistió en identificar la importancia y frecuencia de cada uno de los modos de transferir conocimiento U-E; se realizó la misma diferenciación de los grupos industriales, lo cual contribuye a entender con mayor detalle diferentes perspectivas respecto a la vinculación U-E. La tercera parte del análisis consistió en comparar distintos modos de vinculación identificados en Cuba, con experiencias de vinculación en otros países de América Latina, incluidos Argentina, Brasil, Costa Rica y México.

² MINEM: Ministerio de Energía y Minas.

³ El grupo UNE incluye a la Unión Eléctrica. El grupo MINEM está integrado por empresarios del níquel, el petróleo, la minería y del propio MINEM, que están vinculados de alguna manera con el CIPEL. El grupo denominado No UNE + MINEM son todos empresarios que no están relacionados con el CIPEL, que incluyen otros del petróleo, la minería y el níquel.

Este análisis permite distinguir las similitudes y diferencias respecto a modos de vinculación U-E en diferentes entornos.

3. La vinculación en el desarrollo del sector de la electricidad en Cuba

La evolución de la vinculación academia-industria en el sector de la electricidad muestra que los elementos de mayor relevancia que han influenciado en la interacción entre el CIPEL y la UNE se relacionan con la naturaleza de las contingencias y del autorreforzamiento producidos en su trayectoria. Esto es un proceso social, y en los procesos sociales es fundamental explicar su evolución y la dependencia de su trayectoria.

Como argumentan Vergne y Durand (2010), en cualquier proceso social: «de hecho, la dependencia de la trayectoria ocurre cuando las condiciones iniciales son seguidas de una serie de contingencias (o cambios) que influyen en el mismo y hacen que este sea mayor que las propias condiciones iniciales (p. 741). Y más adelante apuntan: «Una de las trayectorias se selecciona eventualmente, y varios mecanismos, como las externalidades positivas o los retornos incrementados, pueden incidir en su reforzamiento [...] Cuando un proceso tiene dependencia en su trayectoria entonces el cierre ocurrirá en una de sus posibles salidas si no se presentan disturbios externos al sistema» (p. 743).

Siguiendo a estos autores, es interesante para los estudios sobre U-E explorar la naturaleza de lo más notable que influye en los mecanismos de interacción. La vinculación U-E, en el sector eléctrico, tuvo condiciones específicas iniciales que fueron seguidas de una serie de contingencias (externas e internas) que influenciaron en la generación de mejoras de las condiciones iniciales, creando un ciclo que favoreció la obtención de éxitos en dicha vinculación.

3.1. Evolución de la industria eléctrica

Los orígenes del sector eléctrico se remontan a mediados del siglo XIX. En 1844 se inauguró la primera empresa eléctrica: una planta electroquímica de galvanizado. El telégrafo se extendió de un extremo a otro de la Isla entre 1853 y 1864. En 1867 comenzó a funcionar el primer cable telegráfico submarino entre La Habana y la Florida (EE. UU.). El 22 de febrero de 1889 se efectuó el primer ensayo de funcionamiento del alumbrado eléctrico en la ciudad de La Habana (Altshuler y González, 2010).

En 1960, y en respuesta a la drástica reducción, establecida por el Gobierno norteamericano, de la participación de los azúcares cubanos en el mercado de los EE. UU., el Gobierno de Cuba decreta la nacionalización de la Compañía Cubana de Electricidad, lo que inaugura una nueva etapa de desarrollo del sector.

La herencia de las políticas que existieron en el sector eléctrico cubano al triunfo de la Revolución cubana podrían caracterizarse por: un acceso restringido al servicio eléctrico por parte de la sociedad, muy escaso nivel de soluciones internas (I+D) dentro del sector y en las universidades aplicadas al universo eléctrico, y la no existencia de centros de investigación relativos a dicha área. Estas condiciones iniciales incidían en una participación limitada de los especialistas cubanos. Cuba fue, desde el punto de vista del sector eléctrico, durante mucho tiempo, solo importador de equipos y tecnologías (Altshuler y González, 2010).

En 1973 entran en funcionamiento las dos primeras líneas de transmisión a 220 kilovoltios, con una longitud total de 275 kilómetros; se da por inaugurado el Sistema Electroenergético Nacional (SEN), destinado a interconectar la generalidad de las plantas eléctricas importantes del país; entre ellas, las de todos los centrales azucareros de la Isla. En 1980 la capacidad total interconectada llega a 2 212 MW, la que se incrementa a 3 676 MW en 1992. Ya para el año 2004 el SEN llega a una capacidad instalada de 4 048 MW; de estos, el 79 % era generado por unidades de la UNE, aumentando el porcentaje de energía eléctrica obtenida por cogeneración. De los 4 048 MW mencionados, solo el 1.58 % era aportado por generación distribuida, el 10.12 % por ENERGAS y el resto por las centrales térmicas del país.

En este período, la generación base se realiza con grandes e ineficientes plantas termoeléctricas, con 25 años de explotación como promedio (tal y como se muestra en la figura 1), un 60 % de disponibilidad, frecuentes averías y altos consumos propios, con frecuentes apagones, principalmente en el horario de máxima demanda,⁴ y un alto porcentaje de pérdidas en las redes de transmisión y distribución eléctricas. Por otro lado, factores externos como el recrudecimiento del bloqueo económico contra Cuba, el

⁴ Por ejemplo, en el año 2005 hubo 224 días con apagones mayores de 100 MW, con más de una hora de duración.

acceso limitado a mercados internacionales, el corte abrupto de los suministros de petróleo y sus altos precios, la imposibilidad de realizar mantenimientos y reparaciones a las centrales eléctricas y a las redes de distribución y el azote cada vez más frecuente de huracanes provocaron el colapso del SEN.

Durante los años 2004 y 2005, la Dirección del país reformuló sus estrategias, con un enfoque integrador y sistémico, y a partir de 2005 se desarrolló lo que se llamó la «Revolución Energética en Cuba». Esta contempló el desarrollo simultáneo de más de 20 programas, encaminados al uso racional de la energía, manteniendo e incluso incrementando el ritmo económico del país, y disminuyendo el uso de las fuentes primarias convencionales.

El papel de las universidades fue importante desde el comienzo del desarrollo de este programa, siendo partícipes de disímiles tareas entre las que destacaron:

- Capacitación de los integrantes del Programa de Trabajadores Sociales, que apoyaron las tareas de sustitución de equipos electrodomésticos y bombillas incandescentes de baja eficiencia.
- Ensayos a equipos de medición que iban a ser utilizados en el programa, así como a diferentes tecnologías que se introducirían masivamente en el país.
- Creación de las Redes de Generación Distribuida y de Eficiencia Energética, lideradas por el CIPEL y la Universidad de Cienfuegos, respectivamente, que vinculaban dentro del trabajo de proyectos conjuntos a las universidades y a las empresas nacionales y territoriales de la UNE, en el primer caso, y a empresas de diferentes ramas de la economía, altamente consumidoras de recursos energéticos, en el segundo caso.

Con la Revolución Energética parecía haberse dado un paso importante en la vinculación de la universidad con el sector empresarial cubano. Pero el avance no ha sido exponencial, la vinculación ha tenido sus momentos de picos y de valles, lo que indica que no se ha logrado una sistematicidad en la vinculación ni en los procesos, con excepción de algunos casos específicos como el que se presenta en este trabajo.



LEYENDA

- 1 Máximo Gómez
- 2 Otto Parellada
- 3 E. Habana
- 4 Antonio Guiteras
- 5 José Martí
- 6 Carlos Manuel de Céspedes
- 7 Diez de Octubre
- 8 L. R. Pérez
- 9 Antonio Maceo

MÁXIMO GÓMEZ		
UNIDAD	MW	AÑOS
U5	90	32
U7	90	30
U8	90	27
Total	270	

OTTO PARELLADA		
UNIDAD	MW	AÑOS
U7	60	37

E. HABANA		
UNIDAD	MW	AÑOS
U2	100	19
U3	95	13
Total	195	

ANTONIO GUITERAS		
UNIDAD	MW	AÑOS
U1	317	21

JOSÉ MARTÍ		
UNIDAD	MW	AÑOS
U1	30	45

CARLOS M. DE CÉSPEDES		
UNIDAD	MW	AÑOS
U3	158	31
U4	158	30
Total	316	

DIEZ DE OCTUBRE		
UNIDAD	MW	AÑOS
U3	60	31
U5	120	24
U6	120	21
Total	300	

L. R. PÉREZ		
UNIDAD	MW	AÑOS
U1	250	12
U2	250	9
Total	500	

ANTONIO MACEO		
UNIDAD	MW	AÑOS
U3	95	31
U5	95	27
U6	95	25
Total	285	

Figura 1. Capacidad de generación eléctrica instalada en el SEN en 2004.

Fuente: Despacho Nacional de Carga de la Unión Eléctrica.

3.2. Evolución del sector académico relacionado con la industria eléctrica

El sector académico en Cuba, relacionado con los temas de la ingeniería eléctrica, también ha mantenido una tendencia de actualización y cambios, aunque estos han sido muy influenciados por la situación política en el país. Como momentos importantes dentro de esta historia, se pueden mencionar, de una forma muy resumida, los siguientes (Altshuler, 2006):

- 1900: creación de la Escuela de Ingenieros, Electricistas y Arquitectos a partir del Plan Varona, el cual se consideró una reforma universitaria desde el punto de vista de la concepción de la enseñanza universitaria. La Carrera de Ingeniería Eléctrica tenía 4 años de duración, a diferencia de las carreras de Ingeniero Civil y Arquitectura con duración de 5 años.
- 1937: la reforma de los estatutos de la Universidad de La Habana (única existente en el país) sustituye las 3 facultades creadas por el Plan Varona por 12 nuevas facultades; entre ellas la de Ingeniería y Arquitectura, la que se desdobra en dos escuelas: Ingeniería y Arquitectura.
- 1958: el Colegio Nacional de Ingenieros Electricistas cuenta con un total de 500 miembros, de los cuales el 40 % forma parte del personal de la llamada Compañía Cubana de Electricidad.
- 1960: como consecuencia del proceso de nacionalización del sector eléctrico por parte del Gobierno Revolucionario, de los 214 ingenieros empleados de la Compañía Cubana de Electricidad, solo 66 se mantuvieron en sus puestos durante los años 1960-1961; el resto emigró, en su mayor parte, hacia los EE. UU.

La formación de ingenieros electricistas era una necesidad imperiosa, y se convirtió en una prioridad de la universidad (Altshuler, 2006). Hacia esa tarea fue dirigido el esfuerzo de profesores y estudiantes que formaron aquellos primeros cursos de la Cuba revolucionaria. Esto ha permitido lograr, a lo largo de más de cincuenta años, que se graduaran miles de profesionales en las actuales especialidades, que se relacionan directamente con el sector eléctrico (las carreras de Ingeniería Automática, Telecomunicaciones e Ingeniería Eléctrica). Hoy, la Carrera de Ingeniería Eléctrica se imparte en cinco universidades del país y se ha especializado desde hace más de treinta años en la generación, transmisión, distribución y uso final de la electricidad.

Con la creación en 1968 del Centro de Investigaciones Energéticas (CIE), en la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Facultad de Tecnología (hoy ISPJAE),⁵ se dio un paso fundamental en la vinculación entre el sector académico y el sector industrial, dedicados ambos a la atención de la electricidad. Permitió la integración de profesionales del Departamento de Desarrollo de la entonces Empresa Consolidada de la Electricidad (hoy Unión Eléctrica), junto a profesores y alumnos ayudantes de dicha Escuela. Se buscó aunar recursos humanos y materiales que posibilitaran realizar en Cuba pruebas a equipos eléctricos, entrenamientos y cursos de posgrado de los profesionales de la producción, en particular para los ingenieros de las organizaciones encargadas de la generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica, así como para los profesores e investigadores del propio Centro. La instalación del Laboratorio de Alta Tensión adquirido a través del Proyecto CUB-2 firmado entre la Facultad de Tecnología y la UNESCO contribuyó a fortalecer este proceso (Ayllón y Barrios, 2014).

Posteriormente, a finales de la década de 1970 y primeros años de la década de 1980 se crea, dentro del antiguo Ministerio de la Industria Eléctrica, otro centro de investigaciones, el cual también tuvo por nombre Centro de Investigaciones Energéticas, con un espectro mayor de especialidades, ya que dicho Ministerio definió la necesidad de atender otras actividades propias del sector.

En diciembre de 1988 se fusionan ambos centros en el actual Centro de Investigaciones y Pruebas Electroenergéticas (CIPEL), con sede oficial en el ISPJAE, pero con una dirección colegiada entre dicha institución y la recién creada UNE. Por tal razón, en la estructura de dirección del centro aparece la figura del director adjunto, la cual es cubierta por un directivo de la UNE. En otras palabras, el CIPEL nació en interacción con el sector industrial, lo que, junto a la unión de los especialistas provenientes de ambos centros, creó las condiciones para que se fortalecieran las relaciones ya existentes, que estaban un poco dispersas por la presencia de ambas entidades de investigación.

Una síntesis de la estructura original del CIPEL puede observarse en la figura 2. Allí se destaca la presencia del único Laboratorio de Alta Tensión especializado en dar respuesta a los problemas del sector

⁵ ISPJAE: Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría.

eléctrico en el país, creado con tecnología alemana de primer nivel y financiado por un proyecto UNESCO.

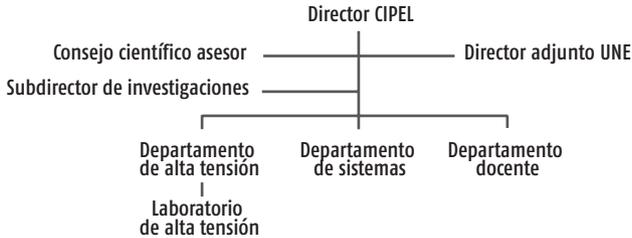


Figura 2. Estructura inicial del CIPEL.

Fuente: Elaboración propia, a partir de los documentos constitutivos del CIPEL.

Si bien este organigrama se mantiene en la actualidad desde el punto de vista administrativo, la actividad científica en el centro ha transformado su organización a partir de comenzar a trabajar por proyectos y de la creación de grupos de investigación, que son en definitiva quienes dirigen y conforman los equipos de proyecto. Hoy el centro, desde la perspectiva científica, posee cuatro grupos de investigaciones que atienden las tres líneas de trabajo fundamentales:

- **Generación distribuida:** incluye todo lo relacionado con los sistemas eléctricos de potencia y la introducción de nuevas tecnologías relacionadas con las fuentes renovables de energía, los sistemas de almacenamiento, la eficiencia y la conservación de la energía.
- **Alta tensión:** incluye temas como aislamiento eléctrico, seguridad eléctrica, diagnóstico de equipos y procesos del sector energético, trabajos de mantenimiento en líneas energizadas y ensayos a equipos utilizados en las instalaciones, y en el trabajo diario, del sector eléctrico.
- **Aplicaciones industriales:** incluye temas como electrónica de potencia, accionamientos eléctricos, diseño y comportamiento de máquinas eléctricas y sistemas de control.

El trabajo por proyectos permite dar respuesta a las solicitudes del sector productivo y de servicios, fundamentalmente provenientes de la UNE (empresas nacionales y territoriales), y vincular a los estudiantes a estos problemas. Como resultado de esto último, puede decirse

que casi el 100 % de los trabajos de diploma están vinculados a estas soluciones. Sin embargo, esta experiencia de vinculación ha sido poco estudiada y nuestro conocimiento sobre los canales de vinculación más exitosos es aún limitada.

4. La visión de los actores sobre la vinculación: resultados de la encuesta

4.1. Importancia y frecuencia asociada a cada modo de transferencia de conocimiento

La encuesta tuvo el objetivo de conocer la percepción sobre la vinculación que tienen empresarios y especialistas de diferentes sectores de la industria cubana con los cuales tiene relación el CIPEL, así como de sus propios académicos. Los empresarios y especialistas de la producción fueron separados en dos grupos: aquellos que tienen una vinculación directa con el sector eléctrico y aquellos que no la tienen (ver modelo de la encuesta en anexo).

Los gráficos 1 y 2 muestran la importancia que tiene el conocimiento transferido y la frecuencia de la interacción para cada categoría de encuestados. Se puede observar que existe una tendencia similar en el caso de los académicos y empresarios UNE, respecto a aquellos clasificados como empresarios MINEM y aquellos que no son ni UNE ni MINEM.

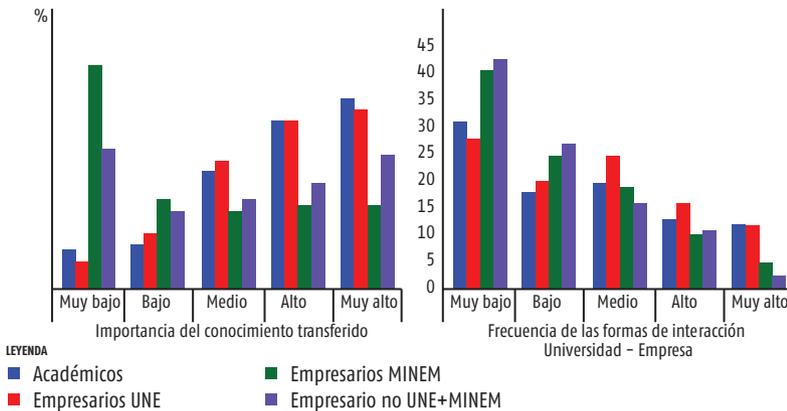


Gráfico 1. Importancia de la transferencia de conocimiento para las diferentes categorías.

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del cuestionario.

Gráfico 2. Frecuencia de los modos de vinculación U-E para las diferentes categorías.

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del cuestionario.

Si se realiza una correlación entre las categorías académicos y empresarios UNE con relación a la importancia del conocimiento transferido, se obtiene un valor del coeficiente de correlación r de 0.98 %, lo que confirma lo mencionado anteriormente.

Sin embargo, no parece existir un comportamiento similar cuando se comparan esas dos categorías mencionadas con las relativas a los empresarios no UNE (ya sean del MINEM o de otras instituciones). El resultado es una correlación entre los grupos de datos [Académicos + Empresarios UNE] con relación al grupo de datos [Empresarios MINEM + Empresarios no UNE+MINEM] con un valor de r de 0.44 %, lo que confirma la diferencia del comportamiento.

Se observa también que en el sector académico, el 63.8 % de los encuestados coinciden en la importancia de que el conocimiento sea transferido entre la universidad y la empresa (alta y muy alta), a la vez que el 48.8 % reconoce que esta relación es aún poco frecuente (muy baja y baja). En el sector empresarial asociado a la UNE, el 61.4 % y 47.4 % de los encuestados coinciden con estas consideraciones. Como se observa, hay una fuerte coincidencia en la percepción sobre la importancia y frecuencia de la vinculación entre ambos sectores de encuestados.

En el resto del sector empresarial, un 56.5 % de los encuestados del MINEM considera con una alta y muy alta importancia la transferencia de conocimientos entre la universidad y la empresa, mientras que el 66 % coincide en que la relación es aún baja o muy baja. En el otro sector empresarial entrevistado, donde se encuentran empresas importantes dentro del sector del servicio, como son la Empresa de Telecomunicaciones de Cuba (ETECSA), el Instituto de Meteorología, los Servicios de Seguridad Integrales (SEISA), el Instituto de Geofísica y Astronomía, el Ministerio del Turismo (MINTUR), el Ministerio de la Construcción, el Ministerio de Industrias, por citar algunos, los resultados son variables. Un 39.7 % plantea que la transferencia de conocimientos tiene una baja o muy baja importancia, mientras hay otro 43.3 % que plantea que tiene una alta y muy alta importancia. Sin embargo, en este mismo sector de encuestados, el 70.3 % considera que la frecuencia de las relaciones entre la universidad y las empresas es aún baja o muy baja.

Una forma de ver estos resultados desde otro punto de vista se muestra en los gráficos 3 y 4, donde, a partir de una representación gráfica del tipo radar, pueden observarse las similitudes anteriormente mencionadas para cada una de las formas de transferencia de conocimiento.

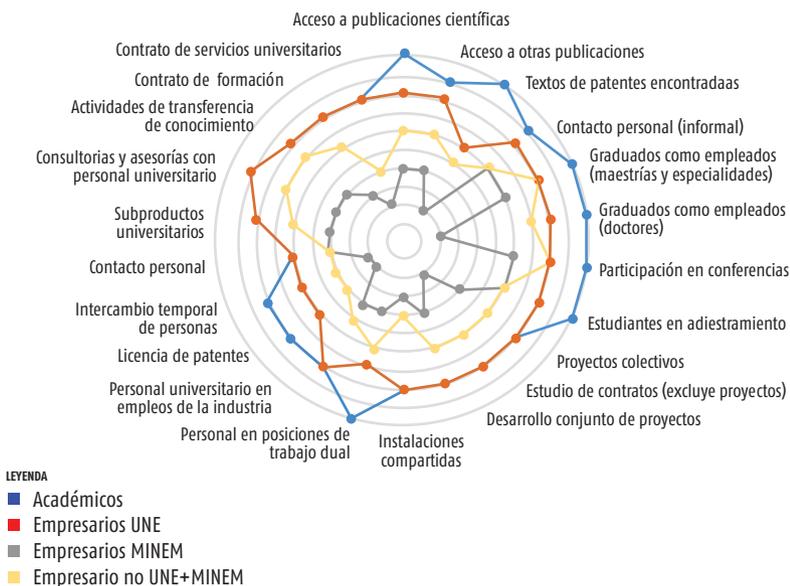


Gráfico 3. Importancia de la transferencia de conocimiento a través de diferentes modos de vinculación.

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la encuesta.

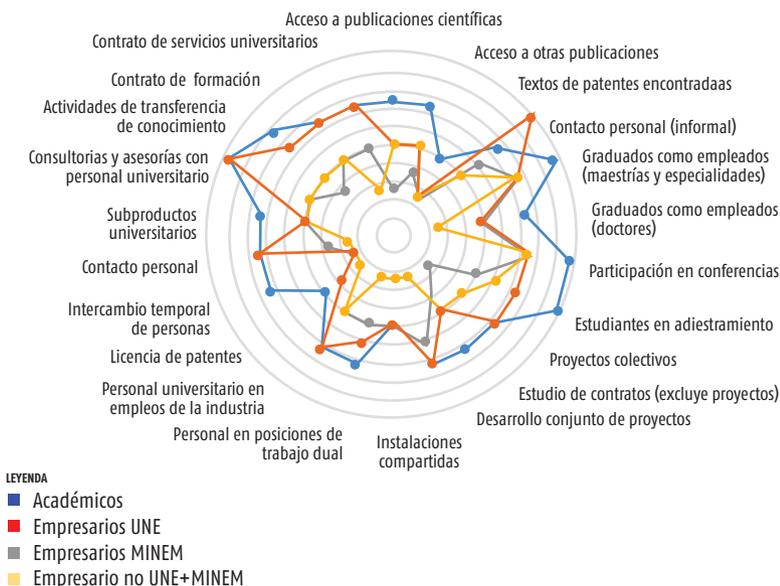


Gráfico 4. Frecuencia de la transferencia de conocimiento para los diferentes modos de vinculación.

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la encuesta.

En los gráficos se puede apreciar la similitud existente en la valoración de los modos de vinculación otorgada por los académicos y los empresarios de la UNE, y cómo se distancian de la valoración de otros empresarios, que probablemente tengan menos experiencias de interacción. En ambos gráficos, los académicos le otorgan una mayor importancia a los mecanismos del canal tradicional (graduados, estudiantes en adiestramiento, acceso a publicaciones) que los propios empresarios de la UNE. También llama la atención la importancia y frecuencia con que valoran ambos el desarrollo de proyectos conjuntos y las consultorías y asesorías. De esto se infiere que la estrecha relación entre el CIPEL y las empresas de la UNE, en su trayectoria evolutiva, favorece una percepción de valor sobre lo que puede aportar la universidad. Por este motivo, su interacción es de mayor amplitud y mayor frecuencia de la percibida por representantes de otros sectores industriales de la economía cubana, representados aquí por las categorías MINEM y NO UNE+MINEM.

4.2. Análisis de la vinculación CIPEL-UNE en el contexto de América Latina

Si bien la encuesta se enfoca principalmente en el sector eléctrico cubano, resulta de interés comparar con la visión que tienen empresas y académicos de otros países latinoamericanos. Las tablas 2 y 3 comparan los resultados obtenidos en el sector eléctrico cubano con los resultados generales de empresas y académicos de cuatro países latinoamericanos, presentados en Dutrénit y Arza (2010).⁶

En Cuba, al igual que en los otros cuatro países latinoamericanos (Argentina, Brasil, Costa Rica y México), los investigadores tienden a asignar una mayor importancia a cualquier canal comparativamente con los representantes del sector productivo. Este resultado fue también encontrado por Bekkers y Freitas (2008) para otras regiones del mundo.

Dutrénit y Arza (2010) hallaron que la coincidencia en cuanto a la percepción de los investigadores de los cuatro países era ligeramente débil (ver tabla 2). En Brasil y Costa Rica los investigadores tienden a preferir el canal tradicional (especialmente las publicaciones y las conferencias), mientras en Argentina los investigadores prefieren el canal de servicio (consultorías) y en México resalta la importancia

⁶ El cuestionario aplicado en Cuba incluye 22 modos de interacción, pero solo 9 son similares al cuestionario en otros países Latinoamericanos, que incluye 12. Para esta comparación se reportan solo los modos de interacción similares usados en las encuestas en todos los países.

del canal bidireccional (las investigaciones y desarrollos conjuntos). En todos los países, las investigaciones y desarrollos conjuntos o las investigaciones por contratos aparecen entre los modos de vinculación más importantes. En el caso de Cuba, el canal de mayor importancia para los académicos es la contratación de graduados de la universidad por la industria (canal tradicional), mientras que el modo de vinculación a través de los proyectos de I+D entre la universidad y la industria (canal bidireccional) se considera en un segundo lugar.

Cohen *et al.* (2002), Meyer-Krahmer y Schmoch (1988) y D'Este y Fontana (2007) reportaron una importancia relativa de las interacciones informales a través de conferencias y otros tipos de intercambio de información. Este resultado coincide con la percepción de los investigadores latinoamericanos, los que le asignan una alta importancia relativa a este modo de vinculación. En el caso de Cuba, al igual que en Brasil, la formalidad es más importante desde la óptica de los investigadores.

Con relación a la importancia de los modos de interacción percibidos por el sector empresarial, los resultados, mostrados en la tabla 3, expresan que el sector empresarial cubano tiene una percepción más positiva que en otros países respecto a la vinculación, a un nivel semejante al observado en el caso de Brasil.

Para el sector industrial, el canal de interacción a través de los graduados universitarios como empleados es también el más importante, mientras que el segundo lugar lo ocupa el contacto personal informal. Este último es muy importante también para el sector industrial en Argentina y Costa Rica. En contraste, las patentes son un canal poco relevante en América Latina y, en el caso cubano, es el canal menos relevante para las empresas. Resalta también que las empresas no consideran que sea importante contratar a las universidades para desarrollar investigación de su interés. Esta característica se observa con diferente grado en los países latinoamericanos; mientras en Brasil es percibido como el segundo en importancia, en México es el cuarto.

Resulta interesante que el modo de interacción a través de los graduados es el más importante para ambos actores en Cuba, lo cual parece tener relación con la importancia que se le asignó a la formación de recursos humanos desde inicios de la Revolución. También destaca la importancia que tienen los contactos informales para el sector industrial, asociados a una cultura nacional más abierta, pero al mismo tiempo la diferente percepción de los investigadores, más apegados a la formalidad asociada al método científico.

Tabla 2. Comparación de la visión que se tiene en el sector académico sobre la importancia de los canales de vinculación U-E en el sector eléctrico cubano con otros cuatro países de América Latina.

CANAL	MODO DE INTERACCIÓN	CUBA		ARGENTINA*	
		%	ORDEN	%	ORDEN
Bidireccional	Proyectos de I+D conjuntos	80.00	2	36.2	4
	Contratos	69.70	5	37.1	5
Comercial	Patentes	65.00	6	10.1	12
Servicios	Consultorías y asesorías	75.00	3	78.7	1
	Intercambio de personal temporal	63.89	7	12.4	11
	Contacto personal informal	61.54	8	44.9	2
Tradicional	Conferencias y talleres	70.83	4	43.8	3
	Graduados universitarios como empleados	83.33	1	29.2	7
	Publicaciones	50.00	9	24.7	8

Fuente: Elaboración propia a partir de Arza y Vázquez (2010), Fernandes *et al.* (2010), Orozco y Ruiz (2010), Dutrénit, De Fuentes y Torres (2010), y resultados del cuestionario en Cuba.

Nota: El orden corresponde a la importancia relativa que cada país otorgó a cada uno de los modos de interacción. Algunos modos de interacción no se presentan en la lista, por lo que hay números faltantes.

Tabla 3. Comparación de la visión que se tiene en el sector industrial sobre la importancia de los canales de vinculación U-E en el sector eléctrico cubano con otros cuatro países de América Latina.

CANAL	MODO DE INTERACCIÓN	CUBA	
		%	ORDEN
Bidireccional	Proyectos de I+D conjuntos	52.78	5
	Contratos	43.78	7
Comercial	Patentes	35.86	9
Servicios	Consultorías y asesorías	55.41	3
	Intercambio de personal temporal	38.99	8
	Contacto personal informal	57.14	2
Tradicional	Conferencias y talleres	54.39	4
	Graduados universitarios como empleados	59.61	1
	Publicaciones	48.05	6

Fuente: Elaboración propia a partir de Arza y Vázquez (2010), Fernandes *et al.* (2010), Orozco y Ruiz (2010), Dutrénit, De Fuentes y Torres (2010), y resultados del cuestionario en Cuba.

Nota: El orden corresponde a la importancia relativa que cada país otorgó a cada uno de los modos de interacción. Algunos modos de interacción no se presentan en la lista, por lo que hay números faltantes.

BRASIL*		COSTA RICA*		MÉXICO*	
%	ORDEN	%	ORDEN	%	ORDEN
70.60	5	62.30	4	61.00	1
74.80	2	36.70	7	55.30	3
42.90	11	8.10	15	30.60	11
52.10	9	49.00	6	50.10	4
53.10	8	-	-	-	-
66.00	6	82.60	1	57.70	2
74.30	3	73.10	3	48.60	6
58.30	7	26.70	10	34.30	9
74.90	1	74.5	2	30.1	12

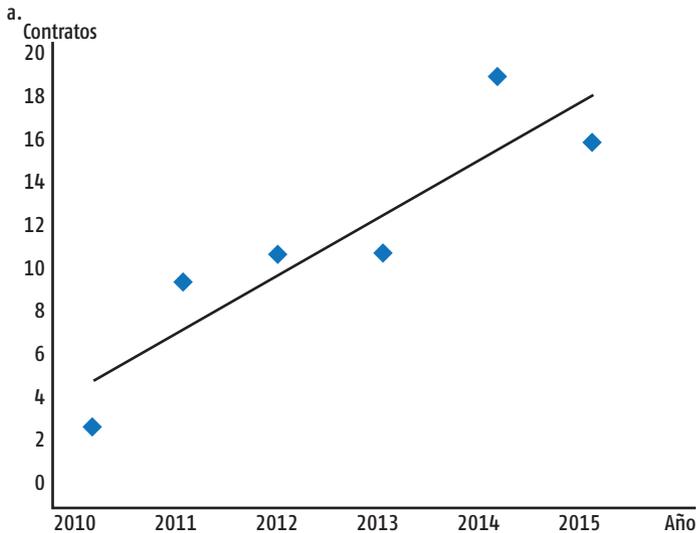
ARGENTINA*		BRASIL*		COSTA RICA*		MÉXICO*	
%	ORDEN	%	ORDEN	%	ORDEN	%	ORDEN
25.50	6	68.10	2	26.60	9	46.50	4
23.50	7	54.60	6	29.00	5	37.80	8
15.00	10	33.10	10	16.90	12	33.50	10
26.60	5	52.10	7	29.00	6	40.30	7
10.20	12	32.80	12	24.20	11	25.20	12
51.00	1	61.30	4	57.30	1	41.90	6
45.90	3	61.00	5	50.80	2	48.90	2
26.90	4	62.90	3	41.10	4	48.90	3
47.30	2	69.60	1	41.10	3	45.30	5

Los investigadores le asignan una gran importancia al modo de interacción a través de proyectos de I+D, como sus pares latinoamericanos, reafirmando el rol de la universidad como generadora de conocimiento, un papel que es menos reconocido por el sector industrial. Pero para ambos actores, el tercer lugar de importancia lo ocupan las consultorías y asesorías, destacando la confluencia sobre la importancia de los modos de interacción del canal de servicios.

Estas coincidencias y diferencias del caso cubano, particularmente del sector eléctrico, parecen indicar que la relación entre el sector académico con la UNE tiene especificidades. Pero también que se ha construido una alta coincidencia de criterios a partir de las experiencias de interacción desarrolladas durante más de cuarenta años. Téngase en cuenta que el fortalecimiento de la interacción entre el actual CIPEL y las empresas nacionales y territoriales de la UNE ha sido uno de los elementos fundamentales.

4.2.1. Otras evidencias de los resultados positivos de la vinculación

Una muestra del comportamiento de la relación entre el CIPEL y la UNE puede observarse en el gráfico 5, donde se expone la evolución de los servicios contratados por la UNE al CIPEL.



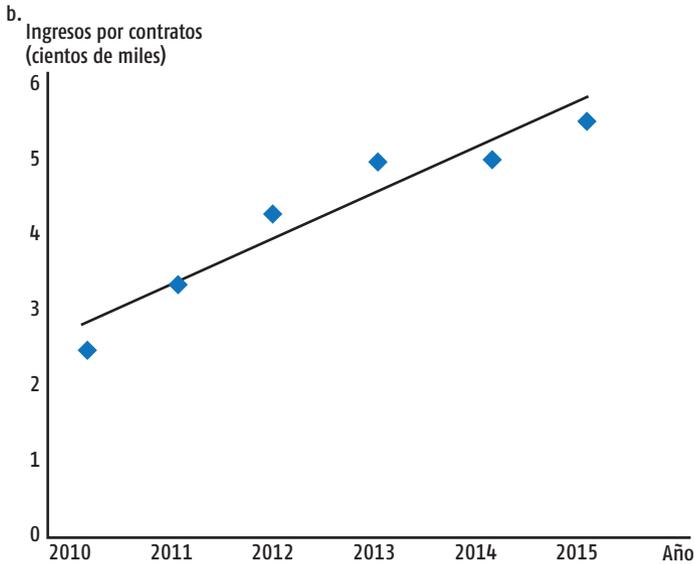


Gráfico 5(a y b). Relación contractual por proyectos CIPEL-UNE.

Estos servicios se basan en problemas científico-técnicos que requieren de una solución, a corto plazo en su gran mayoría, y otros que son necesidades de proyección y desarrollo de herramientas para el trabajo diario y futuro de las empresas. Entre estos últimos destacan estudios sobre confiabilidad de los sistemas eléctricos; estudios preliminares para el incremento de la penetración con fuentes renovables de energía; estudios para la mejora de procesos en diferentes organizaciones de la UNE; diagnóstico y solución de múltiples problemas asociados a la generación, transmisión y distribución de la electricidad; pruebas a equipamiento a emplear en el alto voltaje, y estudios de impacto ambiental, entre otros.

La relación alcanzada entre el CIPEL y las empresas de la UNE ha permitido que, por un lado, varios de los integrantes del claustro de profesores del CIPEL hayan desempeñado, o desempeñen aún, responsabilidades en empresas y entidades del sector eléctrico, ante necesidades y solicitudes de las mismas, e incluso a nivel de la estructura de las organizaciones superiores de dirección. Este rasgo se observa en la importancia asignada al modo de interacción «Personal en posiciones de trabajo dual» en el gráfico 3. Por otro lado, esta vinculación ha permitido que un grupo de destacados especialistas

de dichas empresas hayan impartido, y aún hoy imparten, diferentes asignaturas en las aulas del CIPEL.

Similarmente, esta influencia se percibe en la propia formación que reciben los estudiantes durante sus estudios; año tras año las empresas del sector eléctrico de la región occidental de Cuba reciben a los graduados del CIPEL, con criterios muy satisfactorios por parte de los empleadores con relación al nivel de preparación de los graduados. La tabla 4 da evidencia de esta satisfacción de los empleadores.

Tabla 4.- Percepción de los empleadores con relación a la capacidad que exhiben los graduados de la carrera de Ingeniería Eléctrica del CIPEL.

ASPECTOS A EVALUAR	NIVEL				
	MUY ALTO	ALTO	MEDIO	BAJO	MUY BAJO
Pertinencia de la carrera	8	4	3	0	0
Cubrimiento de su encargo social	6	8	1	0	0
Cualidades personales de los egresados	10	3	2	0	0
Competencias generales de los egresados	6	6	2	1	0
Formación técnica de los egresados	7	5	3	0	0

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del cuestionario.

Nota: Total de directivos (empresarios) encuestados: 15

Entre los resultados a destacar en la encuesta a los empleadores, de una forma resumida, pueden señalarse los siguientes:

- El 100 % de los encuestados considera la carrera pertinente, mientras que el 83 % considera que la misma responde a su encargo social.
- El 100 % de los graduados son evaluados por los empleadores con cualidades personales entre buenas y muy buenas.
- El 67 % responde que los graduados poseen totalmente o en gran medida las competencias generales que caracterizan al profesional, mientras que el 17 % responde que las poseen medianamente, para un 84 % de satisfacción, y solo el 16 % responde que poco o nada.
- El 83 % de los graduados son valorados por los empleadores con una formación técnica entre buena y muy buena.

Sin embargo, una de las muestras principales de esta fuerte relación fue la solicitud por parte del antiguo Ministerio de la Industria Básica (hoy MINEM) de que el CIPEL fuera líder de una red de conocimientos que involucrara a las empresas nacionales y territoriales de la UNE con las diferentes universidades del país (Red UNE-MES). El objetivo de la red era atender uno de los programas priorizados de energía que se desarrollaron en el marco de la Revolución Energética: el Programa de la Generación Distribuida (GD).⁷

En el marco de la red, a lo largo de siete años de trabajo, se obtuvieron un grupo importante de resultados, sobre la base de proyectos conjuntos U-E, que abordaron los retos y problemas fundamentales que implicaba la introducción de la GD en Cuba. Entre las acciones que se acometieron destacan:

- Evaluación de la capacidad de absorción en la empresa que se dedicaba a dar mantenimiento a las unidades de generación que utilizaban diesel como combustible primario.
- Evaluación de la capacidad de absorción en 23 centrales generadoras que utilizaban fuel oil como combustible primario.
- Capacitación de más de 150 especialistas en diferentes modalidades (cursos cortos, diplomados, maestría) pertenecientes a la UNE.
- Desarrollo de 25 proyectos de I+D, donde docentes-investigadores de las universidades y especialistas de las empresas nacionales y territoriales del sector eléctrico del país intervinieron de forma conjunta para cumplimentar los objetivos.

Como resultados principales obtenidos a partir de este trabajo en red pueden señalarse:

- Fortalecimiento de un canal de interacción que ha creado condiciones para que la vinculación U-E alcance la excelencia a nivel del país en un tema particular (la GD), pero aplicable a otras empresas y temas relacionados con el sector eléctrico.

⁷ Filgueiras *et al.* (2013) analiza el papel de esta red en la creación de capacidad de absorción de las empresas del sector eléctrico; Filgueiras y Castro (2012) analizan la capacidad de absorción en la generación distribuida cubana.

- Demostración de que un verdadero trabajo en equipo permite identificar variables y causas de los problemas, así como encontrar soluciones sobre la base de los proyectos conjuntos desarrollados.
- Demostración de que el conocimiento técnico y organizacional es base para obtener una alta transferencia de las nuevas tecnologías, y que las universidades son nichos de conocimiento, en esta dirección, que deben ser cada vez más explotados por la industria.

Adicionalmente, el trabajo de la Red UNE-MES de GD ha tenido un impacto social, científico-técnico y económico nada desdeñable; algunos resultados son los siguientes:

- Obtención de cinco Premios Provinciales del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA), un Premio Anual de la Academia de Ciencia de Cuba (ACC), y dos premios del Ministro de la Educación Superior por los resultados alcanzados.
- Impactos económicos del orden de 50 millones de USD reconocidos por la UNE, por la introducción dentro de los procesos de la GD de más de 60 mejoras e innovaciones tecnológicas.
- Reducción de costos en un orden de 5 millones de USD anuales por concepto de disminución de consumo de combustibles fósiles para la generación de electricidad durante el período 2011-2012.
- Un total de 62 especialistas de la UNE obtuvieron el certificado acreditativo de haber cursado el Diplomado de GD, así como fueron discutidas varias tesis de nivel maestría y cuatro doctorados a lo largo de todo el país.

Estos resultados satisfactorios de la vinculación están en la base de la percepción que tiene el sector académico y el industrial relacionados con el sector eléctrico. Se destaca aquí el papel que han desempeñado los graduados en esta interacción exitosa U-E.

Conclusiones

Aún cuando algunos autores señalan que la vinculación U-E en los sectores de baja-media intensidad tecnológica en Cuba no ha llegado

a niveles adecuados (Triana, 2008; Lage, 2013), en el sector eléctrico existen experiencias relevantes que permiten analizar y extraer lecciones que pueden informar a la formulación de la política. El objetivo de este trabajo fue analizar la naturaleza de la vinculación entre un centro de investigaciones (el CIPEL) y la UNE (empresas del sector energético) en Cuba, así como identificar similitudes y diferencias con el perfil de la vinculación de otros países de América Latina, incluidos Argentina, Brasil, Costa Rica y México.

El caso descrito ilustra la evolución gradual de la vinculación U-E entre CIPEL y la UNE, y destaca un conjunto de factores cruciales:

- La industria eléctrica ha estado involucrada con la investigación universitaria desde sus orígenes, y ha habido una influencia externa, del contexto, que ha inducido a disparar eventos desde las condiciones políticas, sociales y macroeconómicas de Cuba, y desde la evolución del sector electricidad por sí mismo, que han reforzado las tendencias hacia la interacción U-E. En este sentido, se puede observar una coevolución entre el contexto cubano, el CIPEL, la Unión Eléctrica, y la vinculación U-E.
- Como han señalado Arza (2010) y Dutrénit, De Fuentes y Torres (2010), existen diferentes modos y canales de interacción a través de los cuales se desarrolla la vinculación U-E y fluye el conocimiento. En el caso de la vinculación entre CIPEL y la UNE, se observó que estos canales difieren en cuanto a su importancia y frecuencia. Entre los canales más importantes para este sector destacan el tradicional, bidireccional y de servicios. Los dos modos de interacción más importantes para los investigadores son la contratación de graduados y el desarrollo de proyectos conjuntos de I+D, y la contratación de graduados y el contacto personal informal para las empresas. En particular, la inclusión del componente formación de recursos humanos, el enfoque de los estudiantes hacia los problemas de la industria, y la movilidad constante de especialistas entre las universidades y la industria ha sido un factor determinante para el fortalecimiento de la vinculación U-E. Esta importancia de los recursos humanos calificados es consistente con la prioridad asignada a la formación de recursos humanos desde el triunfo de la Revolución cubana.

- Este estudio contribuye a la identificación de diferencias en las percepciones desde el lado de la industria eléctrica. Los grupos industriales relacionados a la UNE, el MINEM y aquellos que no están relacionados a la UNE o al MINEM tienen diferentes percepciones sobre la importancia de la vinculación. Las empresas relacionadas con la UNE asignan una mayor importancia a la vinculación U-E, que es congruente con la percepción de la academia relacionada con la UNE. Esta armonía en la percepción sobre la importancia de la vinculación parece ser resultado de la evolución de la interacción U-E en este sector.
- Las similitudes y diferencias encontradas en el caso cubano en comparación con otros países de América Latina indican que la vinculación entre las universidades y las empresas en el sector de la electricidad tiene sus especificidades, y observa altos niveles de coincidencia con los resultados obtenidos. La vinculación CIPEL-UNE ha sido un elemento clave. La existencia de condiciones específicas iniciales, que fueron cambiando bajo la influencia de contingencias (internas y externas), ha permitido incrementar esta relación y crear condiciones que han favorecido el éxito de la misma.
- Existe una red formada por universidades y empresas públicas que ha permitido dirigir los esfuerzos en una sola dirección y limitar la dispersión de los recursos humanos y financieros (estos últimos bien limitados). Esta experiencia constituye una lección aprendida de la vinculación CIPEL-UNE.

Los resultados obtenidos a través de las encuestas realizadas a diferentes empresarios, especialistas y funcionarios de varios sectores de la economía sugieren que, cuando los intereses de la universidad y del sector industrial son coincidentes, los resultados pueden verse en positivo, como en el caso analizado en este trabajo (la relación CIPEL-UNE).

Uno de los retos fundamentales que es necesario atender es que los directivos y especialistas de la industria sean capaces de identificar a la universidad como un socio potencial para establecer una alianza estratégica. Esta alianza puede contribuir a alcanzar una alta competitividad, así como nichos de conocimientos y

experiencias que pueden ser utilizados por la industria para elevar la capacitación de sus especialistas. A la vez, puede contribuir a identificar nichos para intercambiar experiencias que ayuden a la formación de mejores especialistas en el sector, preparados para los retos que se abren ante las nuevas tendencias internacionales en el área. En esta dirección, la aplicación de modelos para incrementar la capacidad de absorción tecnológica dentro del sector industrial, constituye una vía de alta prioridad que debe ser evaluada y considerada dentro del sistema de ciencia, tecnología e innovación, tanto desde la visión de la universidad como desde la industria.

Finalmente, existe un conjunto de elementos que también favorecen esta interacción U-E en el contexto cubano, más allá de los canales de interacción analizados, que se subsumen en el caso de estudio y que constituyen «palancas del socialismo», como destaca Lage (2007). Entre estos se encuentran: la capacidad de inversión masiva del Estado en la creación de capital humano en las universidades cubanas; la integración entre instituciones que no son fragmentadas por la competencia (las nueve universidades y todas las empresas de la UNE); la estrecha vinculación de la ciencia con programas sociales, orientados a la sustentabilidad del sistema social, que es fuente de legitimidad social y también de conocimiento (el programa de la Revolución Energética); así como la motivación política y social de los trabajadores, por sobre incentivos puramente materiales. En las nuevas investigaciones se debe profundizar sobre el impacto que tienen estos rasgos específicos, sobre todo el último, en el fortalecimiento de la vinculación U-E y del sistema nacional de innovación cubano. Sin duda la formulación de la política de ciencia, tecnología e innovación, de educación superior y la energética, entre otras, tienen un gran reto por delante.

Anexo. Encuesta para evaluar el grado de transferencia del conocimiento universidad-empresa

En cada tipo de interacción Ud. debe marcar con una cruz el valor que corresponda, donde 1 (muy bajo); 2 (bajo); 3 (medio); 4 (alto) y 5 (muy alto).

En la sección A, con relación a la importancia o trascendencia de conocimiento que se transfiere, y en la sección B, con relación a la frecuencia con que Ud. conoce que se utiliza esta forma de participación o cómo Ud. considera debe ser utilizada.

MODOS DE TRANSFERIR CONOCIMIENTO UNIVERSITARIO A EMPRESAS

Acceso a publicaciones científicas (arbitradas) en revistas y libros.
Acceso a otras publicaciones, incluyendo publicaciones profesionales y reportes.
Textos de patentes encontradas en oficinas o bases de datos de patentes.
Contacto personal (informal) con especialista del ámbito académico.
Graduados universitarios como empleados (nivel maestrías y especialidades).
Graduados universitarios como empleados (nivel doctorado).
Participación en conferencias y talleres.
Estudiantes trabajando en adiestramiento laboral.
Proyectos colectivos en el contexto de la estructura del Programa Nacional de Ciencia y Técnica.
Ejecución de contratos (excluye los proyectos).
Desarrollo conjunto de proyectos de investigación básica y/o aplicada.
Instalaciones compartidas (ejemplo: laboratorios, equipamiento, alojamiento).
Dotar al personal en posiciones de trabajo dual en la universidad y la empresa.
Personal miembro de la universidad que emana a posiciones en la industria.
Licencia de patentes y de conocimientos aplicada en universidades.
Intercambio temporal de personal (programas de movilidad de personal).
Contacto personal de la membresía de organizaciones profesionales (ejemplos: ANEC, UNAIC, ANIR).
Subproductos universitarios (como fuentes de conocimiento).
Consultorías y asesorías con personal miembro de universidades.
Actividades de transferencia de conocimiento específico organizado por la universidad en talleres, seminarios, cursos.
Contrato basado en formación y capacitación en gestión organizacional y entrenamiento brindado por universidades.
Contrato de servicios brindados por las universidades.

Bibliografía

- ALBUQUERQUE, E.; SUZIGAN, W.; KRUSS, G.; LEE, K. (2015): *Developing National Systems of Innovation University-Industry Interactions in the Global South*, Edward Elgar Publishing, Cheltenham.
- ALTSHULER, J. (2006): *Para una historia de las ciencias físicas y técnicas en Cuba*, Editorial Científico-Técnica, La Habana.
- ALTSHULER, J.; GONZÁLEZ, M. (2010): *Una luz que llegó para quedarse*, Editorial Científico-Técnica, La Habana.

PARTICIPANTE ACADÉMICO O EMPRESARIO

IMPORTANCIA DEL CONOCIMIENTO TRANSFERIDO (A)					FRECUENCIA DE LA FORMA DE INTERACCIÓN CON LA EMPRESA (B)				
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5

ARZA, V. (2010): «Channels, benefits and risks of public-private interactions for knowledge transfer: A conceptual framework inspired by Latin America», *Science and Public Policy*, vol. 37, n.º 7, pp. 473-484.

ARZA, V.; DE FUENTES, C.; DUTRÉNIT, G.; VÁZQUEZ, C. (2015): «Channels and benefits of interactions between public research organizations and industry: comparing country cases in Africa, Asia, and Latin America», en E. Albuquerque, W. Suzigan, G. Kruss y K. Lee (eds.), *Developing National Systems of Innovation*

- University-Industry Interactions in the Global South*, Edward Elgar Publishing, Cheltenham.
- ARZA, V.; VÁZQUEZ, C. (2010): «Interactions between public research organizations and industry in Argentina», *Science and Public Policy*, vol. 37, n.º 7, pp. 499-511.
- AYLLÓN E.; BARRIOS, M. E. (2014): «Apuntes para una historia del CIPEL», Centro de investigaciones y Pruebas Electroenergéticas (CIPEL), CUJAE, <<http://www.cujae.edu.cu/cipel>> [23/11/2015].
- AZAGRA-CARO, J. M. (2003): «La contribución de las universidades a la innovación: efectos del fomento de la interacción universidad-empresa y las patentes universitarias», Departament d'Anàlisi Econòmica, Universitat de Valencia. Tesis Doctoral.
- AZAGRA-CARO, J. M.; AZNAR-MÁRQUEZ, J.; BLANCO, J. M. (2008): «Interactive vs. non-interactive knowledge production by faculty members», *Applied Economics*, vol. 40, n.º 10, pp. 1289-1297.
- BECERRA, L. F. A. (2009): «El vínculo universidad-empresa y su papel en el desarrollo regional y local», *Revista Universidad y Sociedad*, vol. 1, n.º 1, Cienfuegos, pp. 1-6.
- BEKKERS, R.; BODAS Freitas, I. M. (2008): «Analyzing knowledge transfer channels between universities and industry: To what degree do sectors also matter?», *Research Policy*, n.º 37, pp. 1837-1853.
- BIERLY, P.; DAMANPOUR, F.; SANTORO, M. (2009): «The application of external knowledge: Organizational conditions for exploration and exploitation», *Journal of Management Studies*, vol. 46, n.º 3, pp. 841-509.
- BLANCO, F. (2013): *La ciencia universitaria en el contexto de la actualización del modelo económico cubano*, Editorial Universitaria Félix Varela, La Habana.
- BUSH, V. (1945, reprint 1960): *Science, the Endless Frontier: A Report to the President*, National Science Foundation, Washington, D. C.
- CASTELLANOS, P. G.; VAILLANT, G. N.; ESTRADA, H. J. A. (2007): «Modelo para el Perfeccionamiento de la Gestión Comercial. Aplicación en la Universidad de Oriente», Universidad de Oriente, Santiago de Cuba.
- COHEN, W. M.; NELSON, R. R.; WALSH, J. P. (2002): «Links and Impacts: the influence of public research on industrial R&D», *Management Science*, vol. 48, n.º 1, pp. 1-23.
- CZARNITZKI, D.; TOOLE, A. A. (2009): «Is there a trade-off between academic research and faculty entrepreneurship? Evidence from U. S.», NIH supported biomedical researchers, Discussion Paper 09-022, Centre for European Economic Research.

- D'ESTE, P.; FONTANA, R. (2007): «What drives the emergence of entrepreneurial academics? A study on collaborative research partnerships in the UK», *Research Evaluation*, vol. 16, n.º 4, pp. 257-270.
- D'ESTE, P.; PATEL, P. (2007): «University-industry linkages in the UK: What are the factors underlying the variety of interactions with industry?», *Research Policy*, vol. 36, n.º 9, pp. 1295-1313.
- D'ESTE P.; PERKMANN, M. (2011): «Why do academics engage with industry? The entrepreneurial university and individual motivations», *Journal of Technology Transfer*, n.º 36, pp. 316-339.
- DUTRÉNIT, G.; ARZA, V. (2010): «Channels and benefits of interactions between public research organisations and industry: comparing four Latin American countries», *Science and Public Policy*, vol. 37, n.º 7, pp. 541-553.
- DUTRÉNIT, G.; ARZA, V. (2015): «Features of Interactions between Public Research Organizations and Industry in Latin America: The Perspective of Researchers and Firms», en E. Albuquerque, W. Suzigan, G. Kruss, K. Lee, *Developing National Systems of Innovation University-Industry Interactions in the Global South*, Edward Elgar Publishing, Cheltenham.
- DUTRÉNIT, G.; DE FUENTES, C.; TORRES, A. (2010): «Channels of interaction between public research organizations and industry and their benefits: evidence from Mexico», *Science and Public Policy*, vol. 37, n.º 7, pp. 513-526.
- ETZKOWITZ, H.; LEYDESDORFF, L. (2000): «The dynamics of innovation: from National Systems and “Mode 2” to a Triple Helix of university-industry-government relations», *Research Policy*, vol. 29, n.º 2, pp. 109-123.
- FERNANDES, A. C.; CHAVES, C. V.; SUZIGAN, W.; ALBUQUERQUE, E.; STAMFORD DA SILVA, A.; CAMPELLO DE SOUZA, B. (2010): «The importance of academy-industry interaction for the Brazilian immature innovation system: evidences from a comprehensive database», *Science and Public Policy*, vol. 37, n.º 7, pp. 485-498.
- FILGUEIRAS, M. L. (2013): «Creación y desarrollo de la capacidad de absorción de tecnología en organizaciones de base productiva de la generación distribuida», tesis en opción al grado científico de Doctora en Ciencias Técnicas, Centro de Estudios de Gestión de Ciencias e Innovación, INSTEC, La Habana.
- FILGUEIRAS, M. L.; CASTRO, M. (2012): «La capacidad de absorción para la innovación: estudio de caso en la generación distribuida cubana», *Revista Ingeniería Energética*, vol. XXXIII, n.º 3, septiembre-diciembre, pp. 217-228.

- FILGUEIRAS, M. L.; CASTRO, M.; Rafull, I. (2013): «Determinación de la capacidad de absorción: estudio de caso en la empresa GEYSEL», *Revista Ingeniería Energética*, vol. XXXIV, n.º 3, septiembre-diciembre, pp. 175-185.
- FLORIDA, R. (1999): «The Role of the University: Leveraging Talent. Not Technology», *Issues in Science and Technology*, pp. 1-13.
- KINGSLEY, G.; BOZEMAN, B.; COKER, K. (1996): «Technology transfer and absorption: 'an R&D value-mapping' approach to evaluation», *Research Policy*, n.º 25, pp. 967-995.
- LAGE, A. (2007): «Conectando la ciencia a la economía: Las palancas del socialismo», *Revista Cuba Socialista*, 3.ª Época, n.º 45, pp. 2-26.
- LAGE, A. (2013): *La economía del conocimiento y el socialismo*, Editorial Academia, La Habana.
- LEE, Y. (1996): «Technology transfer and the research university: a search for the boundaries of university-industry collaboration», *Research Policy*, n.º 25, pp. 843-863.
- LEE, Y. (2000): «The sustainability of university-industry research collaboration: an empirical assessment», *Journal of Technology Transfer*, n.º 25, pp. 111-133.
- LEISYTE, L. (2011): «University commercialization policies and their implementation in the Netherlands and the United States», *Science and Public Policy*, vol. 38, n.º 6, pp. 437-448.
- MERTON, R. K. (1942): «Science and technology in a democratic order», *Journal of Legal and Political Sociology*, n.º 1, pp. 115-126.
- MEYER-KRAHMER, F.; SCHMOCH, U. (1998): «Science-based technologies: university-industry interactions in four fields», *Research Policy*, vol. 27, n.º 8, pp. 835-851.
- MONJON, S.; WAELBROECK, P. (2003): «Assessing spillovers from universities to firms: evidence from French firm-level data», *International Journal of Industrial Organization*, vol. 21, n.º 9, pp. 1255-1270
- MORALES CALATAYUD, M.; HERRERA MARTÍNEZ, Y. (2016): «La interacción universidad-sector productivo. Un estudio de caso en Cienfuegos, Cuba», en J. Núñez Jover y A. Alcazar Quiñones (coord.), *Universidad y desarrollo local: contribuciones latinoamericanas*, Unión de Universidades de América Latina y el Caribe/ Ministerio de Educación Superior de Cuba/ Cátedra Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación de la Universidad de La Habana, La Habana.
- NARIN, F.; HAMILTON, K.; OLIVASTRO, D. (1997): «The increasing linkage between U. S. technology and public science», *Research Policy*, n.º 26, pp. 317-330.

- NELSON, R. R. (1986): «R&D, Innovation and Public Policy», *American Economic Review*, n.º 76, pp. 186-189.
- NELSON, R. R. (1988): «Institutions Supporting Technical Change in the United States», en G. Dosi (ed.), *Technical Change and Economic Theory*, Pinter, London.
- NÚÑEZ, J.; MONTALVO, L. (2014-2015): «La política de ciencia, tecnología e innovación en Cuba y el papel de las universidades», *Revista Cubana de Educación Superior*, n.ºs 3/2014-1/2015, pp. 29-43.
- OROZCO, J.; RUIZ, K. (2010): «Quality of interactions between public research organizations and firms: lessons from Costa Rica», *Science and Public Policy*, vol. 37, n.º 7, pp. 527-540.
- PÉREZ, I.; NÚÑEZ, J. (2009): «Higher Education and socio-economic development in Cuba: high rewards of a risky high-tech strategy», *Science and Public Policy*, vol. 36, n.º 2, pp. 97-101.
- PILLAY, P. (2011): *Higher Education and Economic Development. Literature review*, Centre for Higher Education Transformation (CHET), Sudáfrica.
- ROSENBERG, N.; NELSON, R. (1994): «American universities and technical advance in industry», *Research Policy*, n.º 23, pp. 323-348.
- SÁ, C. M.; LITWIN, J. (2011): «University industry research collaborations in Canada: The role of federal policy instruments», *Science and Public Policy*, vol. 38, n.º 6, pp. 425-435.
- SCHARTINGER, D.; RAMMER, C.; FISCHER, M. M.; FROHLICH, J. (2002): «Knowledge interactions between universities and industry in Austria: sectoral patterns and determinants», *Research Policy*, vol. 31, n.º 3, pp. 303-328.
- SWANN, G. (2002): «Innovative Businesses and the Science and Technology Base: An Analysis Using CIS3 Data», Report for the Department of Trade and Industry, DTI, London.
- TRIANA, A. (2008): «Cuba: transformación económica 1990-1997: supervivencia y desarrollo en el Socialismo cubano», CEEC, Universidad de La Habana. Tesis doctoral.
- VERGNE, J. E.; DURAND, R. (2010): «The Missing Link Between the Theory and Empirics of Path Dependence: Conceptual Clarification, Testability Issue, and Methodological Implications», *Journal of Management Studies*, vol. 47, n.º 4, pp. 736-759.
- WELSH, R.; GLENNA, L.; LACY, W.; BISCOTTI, D. (2008): «Close enough but not too far: Assessing the effects of university-industry research relationships and the rise of academic capitalism», *Research Policy*, n.º 37, pp. 1854-1864.

- YUSUF, S. (2007): «University-industry Links: Policy dimensions», en S. Yusuf y K. Nabeshima (eds.), *How Universities Promote Economic Growth*, World Bank, Washington, D. C., pp.1-26.
- ZUCKER, L. G.; DARBY, M. R. (2007): «Virtuous circles in science and commerce», *Papers in Regional Science*, n.º 86, pp. 445-470.
- ZULUETA, J.; MEDINA, A.; NEGRÍN, E. (2014): «La transferencia de tecnologías universidad-empresa sustentadas en redes de valor», *Revista Ingeniería Industrial*, vol. 35, n.º 2, pp. 184-198.



Factores que dificultan o favorecen la adopción de nuevos productos biomateriales en el sistema de salud cubano: el caso del TISUACRYL®*

LISSY WONG HERNÁNDEZ
DIONISIO ZALDÍVAR SILVA
ALEXANDRE O. VERA-CRUZ

Introducción

El Centro de Biomateriales (BIOMAT) es una instancia de investigación perteneciente a la Universidad de La Habana que surge en 1991. Su misión es «la creación de conocimientos científicos y tecnológicos en el campo de los materiales de uso médico, el desarrollo y la producción de biomateriales y productos químicos para el diagnóstico y las investigaciones biomédicas y su introducción en la asistencia de salud cubana, así como coadyuvar a la formación integral y continua de profesionales». BIOMAT no solo genera conocimiento y forma recursos humanos, sino que también desarrolla innovaciones tecnológicas materializadas en la producción e introducción de nuevos productos al sistema de salud cubano e internacional como una de sus actividades centrales.

Como se ha dicho, BIOMAT surge en un momento de crisis de la economía cubana, conocido como Período Especial, donde el país estaba en condiciones de extrema fragilidad y con una creciente carencia de recursos materiales y financieros. En este contexto y considerando las capacidades científicas y técnicas acumuladas en el campo de la salud desde el inicio de la Revolución, Cuba se propuso convertirse en una potencia médica, disminuir importaciones y aumentar las exportaciones de productos médicos de alto valor en el mercado. Esta

* Los autores agradecen al apoyo de CONACYT a través del proyecto titulado «Vinculación universidad-empresa: un análisis de la productividad de investigación y del desempeño innovativo de las empresas», fundado por el «Fondo de Ciencia Básica» (CB2011-168280-S).

decisión propició el desarrollo de la industria biotecnológica y médico-farmacéutica, mediante la creación de centros de investigación a «ciclo cerrado»; es decir, centros que, aparte de hacer investigación básica, realizan las fases subsiguientes hasta lograr el desarrollo y la producción de productos comercializables. Esto era posible porque muchos de sus productos alcanzan escala comercial a muy bajo volumen de producción, por lo que son susceptibles de producirse en los laboratorios de los centros de investigación. Siguiendo este modelo, en los años del Período Especial se crearon un número considerable de centros de investigación. Así surge el Polo Científico del Oeste con instituciones como el Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología, el Centro de Inmunología Molecular, el Centro de Neurociencias, entre otros.

Las circunstancias descritas crearon condiciones para que las universidades cubanas adoptaran en la práctica una estrategia de universidades desarrollistas y en la actualidad impera un modelo de producción de conocimiento que combina el empuje de la ciencia y el jalón de la demanda y/o de las necesidades sociales, para desarrollar productos tanto para atender las necesidades del sistema de salud cubano como para generar divisas en caso de su comercialización en el extranjero.

Como resultado de la política de creación de centros de investigación a «ciclo cerrado», en la Universidad de La Habana también surgen centros que desarrollan productos con aplicación en sectores priorizados por el país como la agricultura y la salud. BIOMAT es un ejemplo de ello; es una institución de investigación aplicada que combina la ciencia y la demanda para llevar los productos desarrollados a la práctica social, mediante un sistema de gestión que integra aspectos de varias normas internacionales y que realiza un producto acorde a las especificaciones de calidad requeridas por los clientes y, específicamente, por la salud pública cubana. El proceso de trabajo en BIOMAT abarca desde la búsqueda de soluciones a problemas teóricos de las ciencias de los biomateriales hasta la obtención de productos comercializables, orientados a la satisfacción de necesidades sociales.

Los proyectos de innovación tecnológica en el campo de los biomateriales enfrentan muchos retos. Deben pasar por muchas pruebas: una evaluación rigurosa en varios campos (químico-físico-mecánico, biológico y clínico) y, así mismo, el desarrollo de la tecnología, de los ensayos y de la evaluación de conformidad, hasta lograr

procesos consistentes y reproducibles, donde se obtengan productos seguros, eficaces y que cumplan los requisitos especificados por las normas nacionales e internacionales (Guerra *et al.*, 2006).

Uno de estos proyectos de BIOMAT fue el desarrollo de un adhesivo tisular de uso médico, denominado TISUACRYL®. El proceso comenzó en los años noventa con la síntesis del producto cianoacrilato de n-butilo, por ser considerando un producto de alta tecnología que Cuba no compraba para abastecer su propio sistema de salud, por sus altos precios en el mercado internacional.

A pesar de que importantes decisiones políticas tomadas desde el inicio de la Revolución han favorecido la formación de profesionales de muy alto nivel en el campo médico, el avance de la investigación científica y, más recientemente, la creación de centros a «ciclo cerrado» con la misión de desarrollar productos innovadores con aplicación en la medicina (lo que podría llevar a suponer que la adopción en Cuba de las tecnologías y productos desarrollados por estos centros ocurriría sin mayores tropiezos), no siempre los resultados obtenidos se introducen en la práctica y contribuyen a la solución de problemas concretos. El TISUACRYL® es uno de esos casos. El producto es un adhesivo tisular que se utiliza en el cierre de heridas traumáticas o quirúrgicas tanto en la piel como en la mucosa oral; es un ejemplo de un producto innovador resultado de la investigación científica que, después de varios años de creado, enfrenta grandes dificultades en su comercialización, y aún en la actualidad su adopción por el sistema de salud cubana ha sido limitada, a pesar de que su aplicación contribuye de manera sobresaliente a la solución de problemas médicos concretos.

Esta investigación pretende, respecto del TISUACRYL®, responder las siguientes preguntas: ¿cómo ha sido el proceso de adopción y difusión de un biomaterial innovador en el sistema de salud cubano?, ¿cuáles han sido los factores que lo han dificultado o favorecido?

El artículo revisa literatura sobre la vinculación universidad-empresa y sobre las características de las innovaciones que afectan la adopción de tecnologías. Después de la sección que presenta los métodos de investigación, se describe el caso de la adopción y difusión del TISUACRYL® en el sistema de salud cubano. Finalmente, se discuten los factores que facilitaron o dificultaron este proceso y se presentan algunas reflexiones finales.

1. Revisión de la literatura

1.1. Temas sobre la vinculación universidad-empresa

Los países se diferencian en términos de los niveles alcanzados de desarrollo y madurez de sus sistemas nacionales de innovación (SNI). Existe un cierto consenso en que es necesario perfeccionar capacidades de los agentes de los SNI y estrechar los lazos entre ellos. Uno de los vínculos clave entre los actores del SNI es la interacción universidad-industria.

Existe una amplia literatura sobre vinculación universidad-industria, basada en evidencia empírica de países desarrollados, economías emergentes y países en desarrollo que ya cuentan con ciertas capacidades del sistema público de investigación y de un importante conjunto de empresas maduras. Esta literatura ha identificado determinantes, canales, motivaciones y beneficios de la interacción.

Estudios que investigan este tema han encontrado que, desde la perspectiva de las empresas, los ejes más importantes que motivan la interacción son los siguientes:

- Factores estructurales, como tamaño, edad, intensidad tecnológica y entorno industrial.
- Factores conductuales, incluyendo el tipo de I+D llevada a cabo por las empresas, la intensidad de esta actividad y la estrategia de apertura de las empresas.
- Factores relacionados con la política tecnológica, incluyendo el apoyo a incubadoras, la promoción de clústeres de innovación y el lanzamiento de proyectos de investigación conjuntos.

Adicionalmente, varios autores han identificado que las empresas que invierten en I+D son más propensas a interactuar con universidades y tienen una mayor capacidad de absorción (Cohen *et al.*, 2002; Laursen y Salter, 2004; Etzkowitz *et al.*, 2005; Motohashi, 2005; Fontana *et al.*, 2006; Eom y Lee, 2009; Giuliani y Arza, 2009; Dutrénit *et al.*, 2010b; Torres *et al.*, 2011; De Fuentes y Dutrénit, 2012).

Desde la perspectiva de universidades e investigadores, los factores institucionales e individuales explican la probabilidad de enrolarse en la vinculación universidad-industria. En lo que se refiere a factores institucionales, la literatura analiza elementos como la filiación institucional, la misión de la universidad, experiencias previas de transferencia de tecnología, importancia de la investigación, fuentes

de financiamiento y calidad de la investigación. Entre los factores individuales analizados, se encuentran experiencias previas de los investigadores, el estatus académico y campo de investigación de los investigadores, y la colaboración académica (Etzkowitz y Leydesdorff, 2000; Schartinger *et al.*, 2002; Mowery y Sampat, 2005; D'Este y Patel, 2007; Boardman y Ponomariov, 2009; Dutrénit *et al.*, 2010b; De Fuentes y Dutrénit 2012).

En lo que se refiere a los canales de interacción, la literatura ha demostrado que son múltiples, como la formación de recursos humanos, publicaciones, asistencia a conferencias, movilidad de personal, contactos informales, consultoría, investigación colaborativa y por contrato, patentamiento y *spin-offs* (Narin *et al.*, 1997; Cohen *et al.*, 2002; Schartinger *et al.*, 2002; Laursen y Salter, 2004; Mowery y Sampat, 2005; Fontana *et al.*, 2006; Hanel y St-Pierre, 2006; Bekkers y Bodas Freitas, 2008; Bierly *et al.*, 2009; Vera-Cruz, 2014). Se han encontrado diferencias según el agente analizado (empresas o universidades/investigadores) y sectores.

La literatura basada en evidencia de economías avanzadas se ha concentrado en aquellos canales de interacción relacionados con la generación y comercialización de conocimiento (investigación colaborativa y por contrato, patentamiento y licenciamiento) (Cohen *et al.*, 2002). Sin embargo, incluso en aquel contexto, otros autores han encontrado que el movimiento de recursos humanos es un canal importante de flujo de conocimiento (Narin *et al.*, 1997; Mowery y Sampat, 2005). Dutrénit y Arza (2010) encontraron un resultado similar basado en el análisis de cuatro países latinoamericanos.

Existen diferentes agrupamientos de canales, de acuerdo con su nivel de formalidad, el grado de interacción, la dirección de los flujos del conocimiento y del potencial para obtener resultados aplicables. A pesar de que la evidencia muestra que los canales informales son importantes (Vedovello, 1998; Fritsch y Schwirten, 1999; Schartinger *et al.*, 2002; D'Este y Patel, 2007; Eun, 2009; Perkmann y Walsh, 2009), la literatura se enfoca más en canales formales, ya que los autores están más interesados en aquellos vínculos asociados con la colaboración en investigación (Dutrénit y Arza, 2010).

Varios autores señalan que la relación entre universidades y el sector productivo puede generar beneficios económicos y sociales que contribuyen al desarrollo, mejora los vínculos con los clústeres y provee de una plataforma para la formación de empresas. Estas interacciones

también pueden suministrar herramientas a las empresas para optimizar sus procesos productivos a través de actividades de consultoría y entrenamiento. Además, las universidades pueden beneficiarse con la capacidad de acceder a fondos externos para financiar su investigación, dotándolas de una mejor infraestructura científica y tecnológica. Todo esto contribuiría a reforzar los SIN y los procesos de desarrollo (Etzkowitz y Dzisah, 2007; Petersen y Rumbelow, 2008; Vera-Cruz *et al.*, 2008; Kruss *et al.*, 2009).

Existen dos funciones reconocidas de las universidades: la formación de recursos humanos y la generación de conocimiento. No obstante, las universidades también generan conocimiento que puede contribuir a resolver los problemas nacionales y entonces respaldar los procesos de desarrollo. A raíz de esta posibilidad de una participación directa de la universidad en los procesos de desarrollo, que puede entenderse como respuesta a la creciente importancia del conocimiento como un acervo productivo, se estableció la idea de la muy mencionada «tercera misión» de la universidad, que ha propiciado la aparición de una nueva línea de investigación sobre el papel de las universidades en el desarrollo mismo, que toma un enfoque de universidad desarrollista en los países en desarrollo (Arocena y Sutz, 2005; Göransson *et al.*, 2009) o de universidad emprendedora en la literatura de los países desarrollados (Etzkowitz y Dzisah, 2007; Etzkowitz y Leydesdorff, 2000).

Si bien la literatura sobre la vinculación es amplia, aún nuestro conocimiento es limitado. El estudio de los factores que obstaculizan o facilitan la difusión de los productos de las actividades innovadoras de las universidades, materializadas en productos y tecnologías terminadas, como es el caso de los centros de investigación cubanos a «ciclo cerrado», es de interés para el campo de estudio particularmente cuando, como en la actualidad, se busca entender la dimensión social del fenómeno innovador, o los procesos de innovación en nuevas realidades, como es el caso de una economía no orientada al mercado.

Seguidamente, se hace una brevísima revisión de la literatura sobre las características de las innovaciones que afectan la adopción, de donde se extraerán los conceptos que estructuran la presentación de la evidencia empírica del caso, así como la discusión y reflexiones finales.

1.2. Características de las innovaciones que afectan la adopción

Actualmente existe un amplio corpus de literatura dirigida a identificar los factores que afectan los procesos de adopción y difusión de

innovaciones en diferentes sectores (Besley y Case, 1993; Greenhalgh *et al.*, 2004).¹ Se destacan particularmente los aportes seminales en el campo de la sociología rural sobre los procesos de adopción y difusión de tecnologías agrícolas, con el estudio de Everett Rogers en los años setenta sobre la difusión de maíz híbrido en el Estado de Iowa, Estados Unidos (Rogers, 1995). Una observación temprana de estos estudios es que frecuentemente puede transcurrir un período de tiempo bastante largo entre el momento en que una innovación se desarrolla y es ofrecida al mercado, y el momento en que ella es ampliamente adoptada (Hartwich y Scheidegger, 2010). Estos estudios pioneros identificaron una serie de características de las innovaciones que afectan su difusión. Rogers (1995) apunta cinco atributos principales que afectan su adopción:

- **Ventaja relativa:** se refiere al grado en que una innovación es vista como mejor que el producto o la tecnología que sustituye. La idea es que cuanto mayor es la ventaja percibida, más rápidamente es adoptada la innovación. La ventaja relativa de una innovación puede ser aumentada ante los ojos de posibles adoptantes mediante el uso de esquemas de incentivos, tales como entrenamiento gratuito de personal para el uso de la innovación, entrega de muestras gratuitas o a bajo costo para prueba, etc.
- **Compatibilidad:** es el grado en que una innovación es vista como afín a los valores necesidades y experiencias pasadas de los adoptantes potenciales. En este sentido, la compatibilidad tiene dos vertientes, una más objetiva asociada a conocimientos, habilidades y facilidades que poseen los posibles adoptantes. Estos elementos son muy importantes en cuanto afectan directamente el costo económico de la adopción. La otra vertiente es de naturaleza subjetiva y está ligada a cultura, normas y valores que, si bien no afectan directamente el costo económico de la adopción, de acuerdo a algunos autores pueden llegar a ser más decisivos para el rechazo de la innovación.

¹ El término «adopción» se refiere al comportamiento de un individuo con respecto a una innovación. «Difusión», por otro lado, se refiere a la acogida agregada de una innovación por una comunidad o población. Una medida de la difusión es la proporción de personas que adopta la innovación en una población dada.

- **Complejidad:** está asociado con el grado de dificultad percibida como inherente a la innovación por los potenciales adoptantes. Así, las innovaciones que son más fáciles de entender y usar son más rápidamente adoptadas que aquellas requeridas del desarrollo de nuevas habilidades y conocimientos por parte de los adoptantes.
- **Susceptibilidad de ser probado:** la posibilidad de probar o testar una innovación a una escala pequeña permite familiarizarse con la innovación mediante el desarrollo de procesos de aprender haciendo antes de tomar una decisión definitiva de adopción. Esto disminuye substancialmente la incertidumbre y el riesgo ante los ojos de los posibles adoptantes. Las innovaciones que pueden ser probadas serán adoptadas más rápidamente, siempre y cuando durante el período de prueba los efectos negativos de la innovación no resulten ser superiores a los positivos (Tidd, Bessant y Pavitt, 1998).
- **Susceptibilidad de ser observado:** se refiere al grado en que los resultados de una innovación son visibles a sus potenciales adoptantes. La propuesta es que cuanto más fácil sea para terceros observar los beneficios de una innovación, mayores serán las probabilidades de que la innovación sea adoptada.

Estos cinco atributos son los más estudiados y citados en la literatura especializada. Sin embargo, ciertamente no son los únicos factores que pueden explicar la adopción, su ritmo, o la no adopción de una innovación. De hecho, existe evidencia empírica robusta de que otros factores como las características y comportamientos de los adoptantes, las relaciones interpersonales, el comportamiento de los medios de comunicación masivos también afectan la adopción de las innovaciones y su ritmo de difusión. El presente trabajo suma a este tipo de evidencia.

2. Métodos de investigación

Esta investigación está basada en una metodología fenomenológica interpretativa, empleando datos cualitativos. Se analiza un caso, el proceso de introducción, adopción y difusión del producto Tisuacryl® en el sistema de salud cubano. Se utilizaron fundamentalmente tres fuentes de información: análisis de documentos (artículos, cartas, regulaciones, normas), archivo (informes y resultados de investigación), observación directa del contexto y las relaciones entre actores,

a través de la participación de dos de los autores en el proyecto, como fundadores del Centro de Biomateriales.

3. El caso: desarrollo del TISUACRYL® y las dificultades para su introducción en el mercado

Desde su creación en 1991, en BIOMAT se trabaja con una profunda vocación hacia la innovación tecnológica en el campo de los biomateriales, que se ha materializado en dos productos fundamentales: el adhesivo tisular de cianoacrilato de n-butilo TISUACRYL® y el granulado denso de hidroxiapatita sintética para relleno óseo APAFILL-G®. Se han desarrollado además otros productos que actualmente no se producen, como es el caso del CUBRIDEM, sellante dental de fosas y fisuras; el OBTUDENT, resina fotocurada para aplicación dental, y el VETACRYL, adhesivo tisular de uso veterinario. Actualmente existen otros productos en desarrollo como el BIOGRAFT-G, granulado de beta-fosfato tricálcico reabsorbible, que se utiliza como relleno para la restauración ósea.

La innovación tecnológica en el Centro de Biomateriales se gestiona a través de dos procesos: 1) *el de investigación y desarrollo de productos*, que conlleva desde el diseño de la investigación hasta tener el producto acabado en su envase final, y 2) *el de transferencia de los resultados de investigación*, que atiende la producción, la actividad promocional y la interface con la empresa comercializadora de los productos, ya sea en el «mercado» nacional o en el internacional. Esta investigación se concentra en el análisis de esta segunda fase.

BIOMAT trabaja en cumplimiento de:

- la norma de gestión de la calidad NC-ISO 9001:2008;
- la norma de equipos y dispositivos médicos NC-ISO 13485:2005;
- elementos de la norma de gestión ambiental NC-ISO 14001:2004;
- elementos de la norma cubana de gestión de la seguridad y salud en el trabajo NC 18001:2005;
- sistema de control interno, según la resolución 60/2011 de la Contraloría General de la República de Cuba;
- planeación estratégica basada en la dirección por objetivos.

Todo ello propicia una gestión cada vez más coherente con el deber ser de la educación superior, en términos de compaginar las actividades de

docencia e investigación con la satisfacción de necesidades del desarrollo social, como se espera de un centro universitario de investigación en el campo de los materiales de uso médico.

Como fue mencionado anteriormente, el TISUACRYL® surge como alternativa al hilo de sutura para garantizar un adhesivo cubano que tuviera ventajas, sustituyera importaciones que el país no podía enfrentar por sus altos precios en el mercado, y que fuera un producto de alto valor agregado.

Este adhesivo permite el sellado de las heridas pequeñas, ya sea como sustituto, complemento o protector del hilo de sutura, siempre con buenas garantías de una estética favorable, en cuanto a que permite una herida lineal y sin marcas adicionales de la aguja cuando se aplica la sutura. Además, disminuye el riesgo de infecciones; es fácil de aplicar, por lo que el entrenamiento requerido es mínimo y la experiencia necesaria se adquiere rápidamente; no se precisa de anestesia, siempre que no se necesiten puntos intradérmicos; es biodegradable y de remoción espontánea, por lo que no hace falta una segunda consulta para retirarlo; se logra un cierre hermético de la herida, con bordes bien afrontados y sin exigencia de protección. Asimismo, en traumatología de la mucosa oral no hay que usar anestesia para unir los bordes; su uso disminuye el tiempo de tratamiento de la herida hasta un cuarto o la mitad del tiempo para suturar, por lo que, en los casos quirúrgicos se reduce el lapso total de la anestesia; la adhesividad se logra en breve tiempo y hay un sellado hermético de la zona intervenida, sin necesidad de proteger la herida. Cuando es aplicado en estomatología, evita la exfoliación de otros biomateriales y complicaciones por rechazo a la sutura; la cicatrización favorece la estética; el postoperatorio resulta más cómodo para el paciente y el cierre de la herida no es doloroso, por lo que constituye el tratamiento de elección de padres y niños.

Las características del TISUACRYL® descritas en el párrafo anterior revelan que el producto cumple con una serie de rasgos descritos por Rogers (1995), que favorecen la adopción de una innovación. De acuerdo a lo presentado, al menos cuenta con las características de ventaja relativa, compatibilidad y complejidad.

El producto obtuvo el registro médico para su aplicación en heridas cutáneas en cirugía en 1996 y en cirugía oral, en el año 1998. En 1999, BIOMAT obtuvo la Marca CE (Registro Médico en la Unión Europea) para el TISUACRYL® por cinco años y certificó el Sistema de Aseguramiento de la Calidad NC ISO 9002:94 en la producción de

TISUACRYL®, APAFILL-G y VETACRYL, por la Oficina Nacional de Normalización (ONN). La Dirección Nacional de Estomatología (DNE), en el año 1999, concertó una demanda anual de 20 mil ampollitas de TISUACRYL®, la cual fue totalmente satisfecha y a partir de octubre de 2001 se realizó la entrega paulatina de otras 20 mil a la DNE. Por otra parte, se ingresó al Ministerio de Educación Superior más de 115 mil USD por ventas de TISUACRYL® en el extranjero en el período que va de 1996 a 2001 –aunque no es una cantidad elevada, en aquel momento representó un importante ingreso para el centro y la universidad, por encontrarse el país en el llamado PERÍODO ESPECIAL, con grandes dificultades económicas.

El proceso de introducción y difusión de un producto en el sistema de salud se complejiza porque los centros de investigación no contratan directamente con las empresas comercializadoras, mas bien dependen del Ministerio de Salud Pública (MINSAP) para eso. El ministerio tiene un conjunto de empresas manejadas centralmente que son las que se conectan y distribuyen a los usuarios finales, es decir, a hospitales, clínicas, etc. Para la comercialización en el extranjero, las empresas comercializadoras son designadas por el Ministerio de Comercio Exterior (MINCEX), que también cuenta con un grupo de empresas manejadas centralmente. Así, para la introducción del TISUACRYL® en el mercado nacional e internacional se utilizaron diferentes empresas comercializadoras del país, ninguna del Ministerio de Educación Superior al que pertenece BIOMAT, y en todos los casos los resultados fueron deficientes. Los esfuerzos para distribuir el producto fueron insuficientes e intermitentes, y trajeron como consecuencia que no se lograra un flujo de ventas estable. Entre las causas de ese resultado podemos mencionar:

- Las empresas ya tenían su cartera de productos, que habían manejado tradicionalmente, y no se interesaron por promover un producto con bajos volúmenes como era el caso de TISUACRYL®.
- Falta de interés y motivación de las empresas en la distribución de un producto desconocido en los hospitales cubanos.
- Insuficiente preparación de las personas que realizaban la difusión del producto, por lo general, especialistas de marketing que no contaban con los conocimientos técnicos para explicar a los potenciales adoptantes las ventajas sobre el hilo de sutura

que substituía, lo cual mermaba la visualización de ventaja relativa del mismo.

- Situación de crisis de la economía que creaba una situación de incertidumbre acerca de los presupuestos anuales de las instituciones potenciales adoptantes del producto.

Esta situación mostró la necesidad de que la comercialización del producto estuviera en manos de una empresa que respondiera a los intereses de BIOMAT y de la Universidad, por ello se solicitaron los servicios de una empresa del Ministerio de Educación Superior para gestionar los ingresos por servicios en el exterior. A partir de 2001 toda la gestión de comercialización de BIOMAT se realizó con personal del propio centro a través de la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la Universidad para la venta al mercado nacional y de la empresa MERCADU S. A. para la exportación al mercado internacional. En ambos casos, se mantuvo una estrecha relación, que hizo que la comercialización fuera estable en ese período y que se obtuviera registros médicos del producto en otros países: México, 2003; Brasil, 2004; Colombia, 2004; Guatemala, 2007.

En esa etapa el producto se consolidó y obtuvo varios premios: Premio Anual de Innovación Tecnológica, en 2002; Concurso Nacional de Salud del MINSAP, en 2004; Medalla y Premio a la Calidad en la XII Feria Internacional de la Técnica Médica «Salud Para Todos», en 2005, y Premio Expocuba 2006, además de premios científicos en la Universidad de La Habana. Los ingresos sumaron un aproximado de 150 000.00 euros que, a pesar de no ser una cifra elevada, representó un paso de avance en la comercialización.

Debemos mencionar que no hubo una amortización de las inversiones realizadas con el objetivo de desarrollar una variante estéril del TISUACRYL®, a solicitud de un cliente y del representante de BIOMAT en la UE a finales de la década de los noventa. El incumplimiento por parte del cliente de los contratos firmados dio al traste con estas perspectivas de desarrollo, lo que trajo pérdidas económicas.

A finales de 2008, por decisión gubernamental desaparece MERCADU y, por indicación del Ministerio de Comercio Exterior y la Inversión Extranjera (MINCEX), órgano rector de la actividad exportadora en Cuba, el TISUACRYL® se exporta al mercado exterior a través de NEURONIC S. A., empresa comercializadora del Centro de Neurociencias, actualmente perteneciente a la organización supe-

rior de dirección empresarial (OSDE) BIOCUBAFARMA, que, por supuesto, asume esta responsabilidad pero sin la verdadera vocación para vender o introducir dicho producto. Una de las dificultades presentadas en este cambio fue la necesaria modificación de los registros y licencias comerciales en México y la pérdida del registro en Brasil, con pérdidas económicas importantes y demoras que propiciaron la ausencia de ventas desde el año 2009 al 2011.

Para la introducción del TISUACRYL® al mercado nacional se ha mantenido la gestión de la OTRI y se ha utilizado además la vía de la entrega gratuita de manera directa a las instituciones de salud, promocionando el producto mediante charlas a los especialistas que lo aplican. Así, se realizaron entregas gratuitas de aproximadamente 10 mil ampollas de TISUACRYL® a diferentes instituciones clínicas y hospitalarias, con un impacto económico de unos 20 mil USD, según cálculos conservadores, considerando los menores precios a los que se ofertan productos similares en el mercado internacional.

En los años 2002 y 2003 se acometieron dos ensayos clínicos nacionales multicéntricos para demostrar la efectividad y seguridad del uso del producto TISUACRYL®, con resultados satisfactorios que fueron presentados en una reunión de la Dirección de Especialidades Médicas del MINSAP. Posteriormente, en varias ocasiones se participó en reuniones del más alto nivel con la dirección del MINSAP; se realizó un Taller de Aplicaciones Clínicas, que contó con la participación de médicos y estomatólogos nacionales y extranjeros; pero no se ha logrado una propuesta para la difusión del TISUACRYL® en otras especialidades en la salud pública cubana.

A pesar de que el producto tuvo una amplia aceptación por los especialistas clínicos y que, desde BIOMAT, se realizó un amplio trabajo de difusión mediante conferencias técnicas en diferentes centros de salud, no fue hasta 2008 que se logró que el producto TISUACRYL® se encontrara en el Plan de Generalización del MINSAP. Como estrategia, se propició la difusión del adhesivo en estomatología y la introducción en la asistencia primaria de salud (APS) y en hospitales, por lo que en octubre de 2008 se entregaron 1 000 ampollas para cada una de las direcciones mencionadas. Posteriormente, la DNE solicitó 20 000 ampollas de TISUACRYL® para 2009, y el MINSAP otorgó un financiamiento de 50 000.00 CUC del crédito con China, ejecutado en julio de 2009. Se entregaron a la DNE 17 000 ampollas y 3 000 a la Dirección de APS.

Entre los años 2010 y 2011 no se recibieron solicitudes de la DNE, lo que implicó que la producción ya realizada quedara en almacén y que no se logaran ingresos por esta vía. Estos desajustes se deben a la situación económica del país, en particular en el MINSAP, que con un mismo presupuesto tiene que financiar todos los medicamentos, productos y dispositivos médicos a utilizar. Desde 2012 se ha logrado que la DNE mantenga una solicitud estable de TISUACRYL®: en 2012 y 2013 fue de 8 000 ampollitas, ambas solicitudes cumplidas en el 2013 (febrero y julio, respectivamente) y en el 2014, de 16 000 ampollitas, de las cuales solamente pudieron ser entregadas 4 000 ampollitas en julio de ese año, debido a que por la escasez de ventas en el extranjero el centro no contaba con los recursos necesarios para adquirir las materias primas necesarias para completar el pedido.

Otra de las dificultades que se presenta para la difusión y exportación del TISUACRYL® es la falta de recursos materiales y financieros para garantizar una producción estable y con las condiciones mínimas requeridas. Esto está asociado a la inestabilidad en la distribución y comercialización del producto por los factores expuestos anteriormente. Cabe señalar que el TISUACRYL® no sustituye un producto similar, sino productos tradicionales, como es el caso del hilo de sutura, que se compran en un paquete con otros insumos de uso médico a las empresas importadoras. A pesar de que BIOMAT es un centro de investigación, las pequeñas producciones de este adhesivo pueden generar cantidades apreciables del producto, pues una de las características de los biomateriales es que con pequeñas producciones se satisfacen grandes demandas. Entiéndase que una ampollita de TISUACRYL® solamente contiene 0.15 ml del adhesivo y es suficiente para el cierre de una herida de hasta 5 cm de longitud.

Al beneficio económico que reporta el TISUACRYL®, se le adiciona un gran beneficio social, debido a las ventajas en la aplicación del mismo tanto para el paciente como para el especialista que lo aplica, ya que se evita el trauma psicológico y el dolor que causa la sutura, lo que es especialmente importante en el tratamiento de los niños. Además, al aplicar el adhesivo no es necesario el uso de anestesia. Otro de los beneficios sociales es que se ahorra tiempo y materiales al aplicar el adhesivo, importante para el especialista que lo aplica, pues puede atender más pacientes de manera más eficiente, y, para el paciente, que puede incorporarse mucho más rápido a la vida laboral y social. Si tenemos en cuenta los precios del mercado internacional para los

adhesivos tisulares, que oscilan entre 25.00 y 80.00 USD por ampollita, se realiza un ahorro considerable al país.

Con la perseverancia que caracteriza a los investigadores, se continúa el trabajo con el TISUACRYL® para aplicaciones futuras en otras especialidades y se trabaja actualmente con especialistas de cirugía general para el uso del TISUACRYL® en el peritoneo, como protector después del cierre con la sutura para prevenir la dehiscencia de la herida y la aparición de fístulas en anastomosis gastrointestinal. Se estudia, además, el uso del adhesivo en heridas del riñón y vías urinarias, a través del diseño de un modelo por ablación de la masa renal con la realización de un ensayo no clínico.

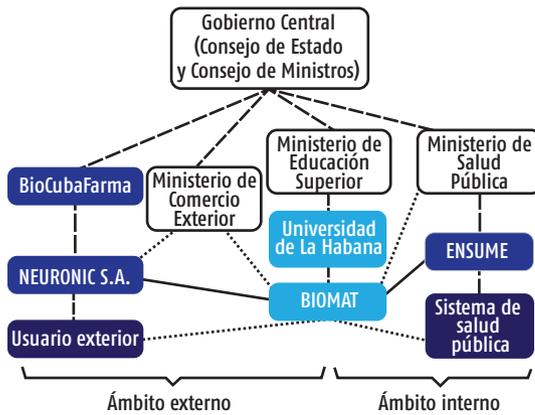


Figura 1. Adopción de TISUACRYL®: organismos y niveles de decisión involucrados.

Nota: Las líneas discontinuas expresan relaciones de subordinación. Las líneas continuas, relaciones de mercado. Líneas punteadas reflejan relaciones indirectas necesarias en el proceso de difusión.

4. Discusión y reflexión final

En este trabajo se analiza el proceso de adopción de un producto biomaterial innovador por el sistema de salud cubano, el TISUACRYL®, producido por un centro de investigación y desarrollo tecnológico de la Universidad de La Habana, el Centro de Biomateriales (BIOMAT). De manera colateral se describe también este mismo proceso en los mercados de exportación. Es interesante notar que la adopción del producto sigue racionalidades diferentes en el ámbito interno cubano y en los mercados de exportación.

Se pudieron identificar unos factores que favorecieron y otros que dificultaron el proceso en ambos contextos. Así, en el ámbito interno

cubano, favorece la adopción el apoyo de la alta dirección del Estado, que creó el centro y lanzó la estrategia de «ciclo cerrado», la cual generó la posibilidad de que los centros de investigación universitarios desarrollaran actividades que van desde la I+D, hasta la comercialización de bienes y servicios innovadores, a partir de los cuales se obtienen los recursos económicos para retroalimentar las actividades de I+D.

También fueron elementos favorecedores las características del TISUACRYL®, que muestran una clara ventaja relativa (Rogers 1995) sobre el producto o tecnología que sustituye, el hilo de sutura. A esto se suma en el contexto interno cubano el hecho de que el TISUACRYL® es un producto innovador único en el espacio nacional, es decir, no existen otros adhesivos tisulares que compitan con TISUACRYL®. Asimismo, tiene alta compatibilidad con los valores de la práctica médica cubana, donde se privilegia el éxito del tratamiento y el bienestar del paciente sobre el costo del tratamiento. A la compatibilidad contribuyó en igual medida el alto nivel técnico de los médicos y enfermeros cubanos, lo que permitió probar el producto en clínicas estomatológicas en todas las provincias del país. Sin embargo, hay que mencionar que la adopción del TISUACRYL® implica cambios en las prácticas médicas y eso en algunos casos creó resistencia a su adopción, aunque esto no fuera un elemento determinante.

El hecho de que el producto sea producido por un centro de la Universidad de La Habana, universidad altamente reconocida en Cuba, facilitó los contactos y trámites requeridos para la introducción del producto en sus primeras etapas.

En cuanto a factores que limitaron o representaron una real barrera a la adopción del producto, destaca el hecho de que dicho proceso se da a través de múltiples niveles de decisión, como resume la figura 1, que actúan con lógicas e intereses diversos. Esta circunstancia constituyó, posiblemente, el más importante factor que explica la situación de permanente frenado y arranque que caracterizó la adopción de TISUACRYL® por el sistema de salud cubano. Otra limitante fue el manejo centralizado de los presupuestos y de las compras en el sistema de salud. A pesar de que el producto tuvo una amplia aceptación por los especialistas clínicos, ellos no pueden decidir directamente sobre la adquisición del producto; deben esperar hasta que a nivel central se decida la incorporación del producto en el Plan de Generalización del MINSAP, plan de difusión de los resultados de I+D en el sistema de salud, lo que no ocurrió hasta 2008. En este sentido, no obstante que

TISUACRYL® cumple con varias de las características que favorecen la adopción de una innovación (Rogers, 1995) –ventaja relativa, compatibilidad, complejidad, susceptibilidad de ser probado, susceptibilidad de ser observado–, una serie de otros factores parecen haber pesado más en la definición del ritmo de adopción, en las condiciones específicas de una economía no orientada al mercado como es la cubana. En particular, se puede destacar que los adoptantes potenciales, que en una economía de mercado son generalmente los usuarios finales, en este caso, los agentes de venta de las empresas distribuidoras y exportadoras parecen haber asumido este papel.

A nivel externo, si bien por la serie de reconocimientos que obtuvo el producto parece haber tenido una posición competitiva en varios países, la adopción del producto también transcurrió de manera lenta e intermitente. A ello contribuyeron básicamente tres circunstancias. En primer lugar, la misión principal de las empresas exportadoras no era comercializar TISUACRYL® y tampoco tenían la capacidad técnica para hacerlo. Es decir, dado que las empresas distribuidoras pertenecían a otros ministerios y que BIOMAT no tenía alta capacidad de negociación con ellas debido a que era apuntada verticalmente, dedicaban su mayor esfuerzo a la distribución de los productos de las empresas de sus propios ministerios, que conocían mejor.

En segundo lugar, BIOMAT no tenía capacidad de incidencia sobre los canales de comercialización externos. Al contrario de lo que ocurrió en el ámbito interno, BIOMAT no pudo desarrollar una campaña de marketing para motivar a los posibles adoptantes mediante el uso de esquemas de incentivos, tales como entrenamiento gratuito de personal para el uso del producto, entrega de muestras gratuitas o a bajo costo para prueba, etc.

En tercer lugar, a diferencia de lo que ocurría en el ámbito interno, en el mercado externo había otros adhesivos tisulares que competían directamente con TISUACRYL®, disminuyendo así su ventaja relativa.

El tema de la función social de la universidad es especialmente relevante para Cuba, considerando que es un país socialista, por lo que la atención a problemas sociales constituye una prioridad. Sin embargo, no se ha discutido de manera sistemática y en profundidad.

A reserva de que futuras investigaciones lo confirmen, se puede decir que, si bien BIOMAT ha encontrado muchas dificultades para difundir de manera sostenida el TISUACRYL® en el sistema de salud cubano y en el mercado de exportación, lo cual ha menguado el impacto económico

del mismo, el centro ha cubierto ampliamente con la función social de la Universidad, en tanto se puede destacar que el producto TISUACRYL® ha sido distribuido y aplicado en hospitales y clínicas de todas las provincias del país a partir de entregas gratuitas del producto, y gracias a que las relaciones informales predominan sobre las relaciones formales, por lo cual, a pesar de que no se demandaba el producto de manera oficial por las direcciones centrales del sistema de salud, sí se solicitaba de forma personal al centro productor por los especialistas que lo aplican.

Finalmente, es de destacar que en los estudios de la vinculación universidad-industria, se supone siempre que las interacciones están reguladas por el mercado. En una economía como la cubana, los mecanismos de regulación parecen ser más del orden de la planeación o de la administración. Este es un punto que también se tocó en esta investigación solo de manera colateral, sin embargo, se presenta como un tema de extrema relevancia para investigaciones futuras, pues si bien existe reiterada evidencia de la ineficiencia del mercado como regulador de las decisiones de política de ciencia y tecnología, el caso de TISUACRYL® revela que la regulación administrativa también incurre en ineficiencias en el campo.

Bibliografía

- AROCENA, R.; SUTZ, J. (2005): «Latin American Universities: from an Original Revolution to an Uncertain Transition», *Higher Education*, vol. 50, n.º 4, pp. 573-592.
- BEKKERS, R.; BODAS FREITAS, I. M. (2008): «Analysing Knowledge Transfer Channels Between Universities and Industry: to What Degree Do Sectors Also Matter», *Research Policy*, vol. 37, n.º 10, pp. 1837-1853.
- BESLEY, TIMOTHY; CASE, ANNE (1993): «Modeling Technology Adoption in Developing Countries», *American Economic Review*, American Economic Association, vol. 83, n.º 2, pp. 396-402.
- BIERLY, P. E.; DAMANPOUR, F.; SANTORO, M. D. (2009): «The Application of External Knowledge: Organizational Conditions for Exploration and Exploitation», *Journal of Management Studies*, vol. 46, n.º 3, pp. 481-509.
- BOARDMAN, P.; PONOMARIOV, B. (2009): «University Researchers Working with Private Companies», *Technovation*, vol. 29, n.º 2, pp. 142-153.
- CHATAWAY, J.; HANLIN, R.; KAPLINSKY, R. (2014): «Inclusive Innovation: An Architecture for Policy Development», *Innovation and Development*, vol. 4, n.º 1, pp. 33-54.

- COHEN, W.; NELSON, R.; WALSH, J. (2002): «Links and Impacts: The Influence of Public Research on Industrial R&D», *Management Science*, vol. 48, n.º 1, pp. 1-23.
- COUTO SOARES, M.; CASSIOLATO, J. E. (2013): «Innovation Systems and Inclusive Development: Some evidence based on empirical work», International Workshop on «New Models of Innovation for Development», pp. 1-21.
- DE FUENTES, C.; DUTRÉNIT, G. (2012): «Best Channels of Academia-Industry Interaction for Long-term Benefit», *Research Policy*, vol. 41, n.º 9, pp. 1666-1682.
- D'ESTE, P.; PATEL, P. (2007): «University-Industry Linkages in the UK: What Are the Factors Underlying the Variety of Interactions with Industry?», *Research Policy*, vol. 36, n.º 9, pp. 1295-1313.
- DUTRÉNIT, G.; ARZA, V. (2010): «Channels and Benefits of Interactions between Public Research Organizations and Industry: Comparing Four Latin American Countries», *Science and Public Policy*, vol. 37, n.º 7, pp. 541-553.
- DUTRÉNIT, G.; CAPDEVIELLE, M.; CORONA ALCANTAR, J. M.; PUCHET, M.; SANTIAGO, F.; VERA-CRUZ, A. O. (2010a): *El sistema nacional de innovación mexicano: estructuras, políticas, desempeño y desafíos*, UAM/Textual, México D. F.
- DUTRÉNIT, G.; DE FUENTES, C.; TORRES, A. (2010b): «Channels of Interaction between Public Research Organizations and Industry and Benefits for Both Agents: Evidence from Mexico», *Science and Public Policy*, vol. 37, n.º 7, pp. 513-526.
- EOM, B.-Y.; LEE, K. (2009): «Modes of Knowledge Transfer from PROs and Firm Performance: the Case of Korea», *Seoul Journal of Economics*, vol. 22, n.º 4, pp. 499-528.
- ETZKOWITZ, H.; DZISAH, J. (2007): «The Triple Helix of Innovation: Towards a University-led Development Strategy for Africa», *ATDF Journal*, vol. 4, n.º 2, pp. 3-10.
- ETZKOWITZ, H.; LEYDESDORFF, L. (2000): «The Dynamics of Innovation: from National Systems and “Mode 2” to a Triple Helix of University-Industry-Government Relations», *Research Policy*, vol. 29, n.º 2, pp. 109-123.
- ETZKOWITZ, H.; MELLO, J. M. C. DE; ALMEIDA, M. (2005): «Towards ‘Meta-innovation’ in Brazil: the Evolution of the Incubator and the Emergence of a Triple Helix», *Research Policy*, vol. 34, n.º 4, pp. 411-424.
- EUN, J.-H. (2009): «China’s Horizontal University-Industry Linkage: Where from and Where to», *Seoul Journal of Economics*, vol. 22, n.º 4, pp. 445-466.

- FONTANA, R.; GEUNA, A.; MATT, M. (2006): «Factors Affecting University-Industry R&D Projects: The Importance of Searching, Screening and Signaling», *Research Policy*, vol. 35, n.º 2, pp. 309-323.
- FRITSCH, M.; SCHWIRTEN, C. (1999): «Enterprise-University Cooperation and the Role of Public Research Institutions in Regional Innovation Systems», *Industry and Innovation*, vol. 6, n.º 1, pp. 69-83.
- GIULIANI, E.; ARZA, V. (2009): «What Drives the Formation of ‘Valuable’ University-Industry Linkages? An Under-explored Question in a Hot Policy Debate», *Research Policy*, vol. 38, n.º 6, pp. 906-921.
- GÖRANSSON, B.; MAHARAJH, R.; SCHMOCH, U. (2009): «Introduction: New Challenges for Universities Beyond Education and Research», *Science and Public Policy*, vol. 36, n.º 2, pp. 83-84.
- GREENHALGH, T.; ROBERT, G.; MACFARLANE, F.; BATE, P.; KYRIAKIDOU, O. (2004): «Diffusion of innovations in service organizations: systematic review and recommendations», *The Milbank Quarterly*, vol. 82, n.º 4, pp. 581-629.
- GUERRA R. M.; ÁLVAREZ, R.; WONG, L. (2006): «Gestión de la calidad de los procesos de innovación y transferencia tecnológica. Experiencias del Centro de Biomateriales», *Memorias II Simposium Internacional sobre Transferencias Tecnológicas TECNOTRANSFER*, Casa de la Amistad, La Habana, ISBN 959-270-087-7.
- HANEL, P.; ST-PIERRE, M. (2006): «Industry-University Collaboration by Canadian Manufacturing Firms», *Journal of Technology Transfer*, vol. 31, n.º 4, pp. 485-499.
- HARTWICH, F.; SCHEIDEGGER, U. (2010): «Fostering innovation networks: the missing piece in rural development?», *Rural Development News*, n.º 1, pp. 70-75.
- KRUSS, G.; LORENTZEN, J.; PETERSEN, I.; ADEOTI, J.; ODEKUNLE, K.; ADEYINKA, E.; NABUDERE, D.; LUUTU, M.; TABARO, E.; MAYANJA, D. (2009): «Knowledge for Development: University-Firm Interaction in Sub-Saharan Africa. Final Report», Human Sciences Research Council, Cape Town.
- LAURSEN, K.; SALTER, A. (2004): «Searching High and Low: What Types of Firms Use Universities as a Source of Innovation?», *Research Policy*, vol. 33, n.º 8, pp. 1201-1215.
- MOTOHASHI, K. (2005): «University-Industry Collaborations in Japan: the Role of New Technology-based Firms in Transforming the National Information System», *Research Policy*, vol. 34, n.º 5, pp. 583-594.
- MOWERY, D.; SAMPAT, B. (2005): «Universities in National Innovation Systems», en J. Fagerberg, D. C. Mowery, R. R. Nelson (eds.), *The*

- Oxford Handbook of Innovation*, Oxford University Press, New York, pp. 209-239.
- NARIN, F.; HAMILTON, K.; OLIVASTRO, D. (1997): «The Increasing Linkage between U.S. Technology and Public Science», *Research Policy*, vol. 26, n.º 3, pp. 317-330.
- PERKMANN, M.; WALSH, K. (2009): «The Two Faces of Collaboration: Impacts of University-Industry Relations on Public Research», *Industrial and Corporate Change*, vol. 18, n.º 6, pp. 1033-1065.
- PETERSEN, I.; RUMBELOW, J. (2008): «University-Firm Interaction in South Africa: Extent and Intensity», paper presented at the VI Globelics Conference, Mexico City, September 22-24.
- ROGERS, E. M. (1995): *Diffusion of Innovations*, Free Press, New York. ISBN 0-02-926650-5.
- SCHARTINGER, D.; RAMMER, C.; FISCHER, M.; FROHLICH, J. (2002): «Knowledge Interactions between Universities and Industry in Austria: Sectoral Patterns and Determinants», *Research Policy*, vol. 31, n.º 3, pp. 303-328.
- TIDD, JOSEPH; BESSANT, J. R.; KEITH, PAVITT (1998): *Managing innovation: integrating technological, market and organizational change*, Chichester.
- TORRES, A.; DUTRÉNIT, G.; BECERRA, N.; SAMPEDRO, J. L. (2011): «What are the Factors Driving University-Industry Linkages in Latecomer Firms: Evidence from Mexico», *Science and Public Policy*, vol. 38, n.º 1, pp. 31-42.
- VEDOVELLO, C. (1998): «Firms R&D Activity and Intensity and the University-Enterprise Partnerships», *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 58, n.º 3, pp. 215-226.
- VERA-CRUZ, A. O. (2014): «What are the university-productive sector links that matter in a small island country? The case of Cabo Verde», *African Journal of Science, Technology, Innovation and Development*, vol. 6, n.º 2, pp. 65-73.
- VERA-CRUZ, A. O.; DUTRÉNIT, G.; TORRES, A. (2008): «Technological Capabilities and Learning in Small Countries: the Case of Cabo Verde Islands», *ATDF Journal*, vol. 4, n.º 4, pp. 18-33.



Parte II. Sobre la vinculación universidad-sector productivo en México



Vinculación y desarrollo inclusivo. Reflexiones para analizar las políticas públicas de CTI en el caso mexicano

MARCELA SUÁREZ
JOSÉ MIGUEL NATERA
SOLEDAD ROJAS RAJS

Introducción

Existe un creciente interés en América Latina por discutir las actividades de CTI e inclusión social a través de miradas plurales que reflejen las realidades y problemáticas de los países de la región. Con el objetivo de contribuir al entendimiento respecto al desarrollo inclusivo y sus especificidades en México y en América Latina, el presente artículo parte de la necesidad de repensar el concepto de vinculación desde la perspectiva del desarrollo inclusivo, analizando en qué medida este redimensiona la vinculación y el análisis de las políticas públicas. Aunque no se pretende dar una respuesta exhaustiva al debate, las reflexiones forman un punto de partida para delinear los objetivos del capítulo; a saber: hacer una revisión de los conceptos de la vinculación y del desarrollo inclusivo que brinden elementos para el análisis de la política pública de CTI a la luz del caso mexicano, en particular respecto a su alcance social. En el resto de este documento se discute la literatura de vinculación y de desarrollo inclusivo; se analiza el papel de la política pública de CTI en el desarrollo inclusivo en México y se concluye el artículo con algunas reflexiones sobre la importancia de ampliar el alcance del concepto vinculación.

1. De la vinculación al desarrollo inclusivo

Los cambios científico-tecnológicos, la dinámica emergencia de innovaciones y la complejidad para resolver los problemas sociales han promovido un nuevo papel de las universidades como activos actores en la producción de conocimiento. Desde las perspectivas sistémicas

se han analizado las interacciones entre el Gobierno, la empresa y las universidades para producir y transferir conocimiento. El sistema nacional de innovación, por ejemplo, es un concepto para analizar los vínculos entre los actores cuyas actividades incentivan, modifican o difunden nuevas tecnologías (Lundvall, 1992; Freeman, 1997; Edquist, 1997). Desde el mismo enfoque interaccionista, se usa una metáfora de una figura con tres hélices para analizar la interacción entre el Gobierno, las empresas y las universidades, que forman espirales con circuitos de retroalimentación que están cambiando de modos previos de separación y control a un modelo de triple hélice que interacciona con cierta autonomía de esferas (Etzkowitz y Leydesdorf, 2000). En América Latina, el estudio de las relaciones entre el sector académico, el sector público y el sector productivo ha sido propuesto desde los años sesenta: el triángulo de Sábato promovía la generación de interacciones entre los tres vértices como una condición necesaria para lograr el desarrollo económico (Sábato y Botana, 1968).

Estas perspectivas destacan el papel que tiene las interacciones entre el Gobierno, las empresas y las universidades para hacer frente a los constantes desafíos para promover y llevar a cabo innovaciones. La literatura de vinculación se enmarca en estos enfoques interaccionistas con el objetivo de explorar teórica y empíricamente las interrelaciones entre diferentes actores. El estudio de las relaciones entre la academia y el sector productivo ha desarrollado una abundante literatura internacional, que permite analizar los vínculos entre universidades, institutos tecnológicos y centros públicos de investigación con el objetivo de producir y transferir conocimiento que promueva las actividades del proceso de innovación realizado por las empresas (Perkmann *et al.*, 2013; Bozeman y Gaughan, 2007; Debackere y Reinhilde, 2005).

La literatura de vinculación ha analizado cómo se desarrolla la interacción entre los actores de ambos sectores y ha destacado las diferencias entre las posiciones de estos actores en el proceso (Bozeman y Corley, 2004; Fontana *et al.*, 2003; Cohen *et al.*, 2002). Arza (2010), por ejemplo, al analizar los procesos de vinculación en América Latina, propone un modelo en el que se describen de forma diferenciada motivaciones, beneficios y obstáculos percibidos por parte de los académicos y de los empresarios. También, se han identificado los canales por los que el conocimiento es transferido; a saber: tradicionales (movilidad de capital humano, conferencias, publicaciones); servicios (consultoría, uso de equipo, pruebas, formación de recursos

humanos); comerciales (patentes, tecnología, licencias, incubadoras, *spin-off*, compañías); bidireccionales (proyectos conjuntos, participación en redes, contratos de investigación, parques científicos y tecnológicos) (Bekkers, Bodas Freitas, 2008; Dutrénit, 2010). Dichas referencias también contribuyeron a analizar varios casos empíricos a nivel internacional (Arundel y Geuna, 2004; Corolleur *et al.*, 2004; Corona *et al.*, 2009).

Si bien se reconoce que la innovación es un proceso no lineal e interactivo, desde esta perspectiva existe una jerarquía en cuanto a las fuentes de creación de conocimiento en el proceso de innovación. Se ha tendido a conceptualizar a la academia como el generador de conocimiento (a través de las actividades de ciencia básica o de la investigación aplicada) que puede conducir a desarrollos tecnológicos útiles para que las empresas puedan lanzar nuevos y mejores productos al mercado (Rothwell, 1994; Hage y Hollingsworth, 2000). Esta noción, si bien reconoce la posibilidad de flujos bidireccionales y la posible generación de conocimiento durante el propio proceso de transferencia, no deja de tener un sesgo lineal que condiciona la manera en la que los actores se relacionan.

Ante las dinámicas transformaciones en los procesos de innovación en un contexto de crecientes desigualdades sociales, algunas limitaciones en la literatura de vinculación universidad-empresa también se hacen evidentes. Primero, al ordenar los procesos de producción y transferencia de conocimiento entre universidades, centros de investigación, institutos tecnológicos y empresas desde una visión que tiene sesgos de linealidad. Segundo, simplifica la relación entre la producción de conocimiento, la subsecuente vinculación para transferir el conocimiento y finalmente la comercialización del mismo, como si se tratara de un proceso posible de organizar bajo ciertas condiciones institucionales (por ejemplo, bajo la definición de los incentivos *correctos* en el sistema). Posteriormente, por tender a asignar papeles activos y pasivos a los actores involucrados en la transferencia de conocimiento y al disminuir el poder y agencia de los receptores de conocimiento. Asimismo, por dividir la discusión en las categorías de oferta y demanda de conocimientos e invisibilizar formas más flexibles de coproducción, negociación y circulación de conocimiento. Finalmente, la literatura tiene un fuerte foco en la visión clásica de la empresa como receptor principal de la vinculación y deja de lado nuevas formas de interacción entre diversos actores. Los actores no

tradicionales, como los emprendedores sociales, colectivos sociales, organizaciones no gubernamentales o empresas sociales, están teniendo un papel novedoso y cada vez más importante en los procesos de innovación en América Latina.¹

Ante estas limitaciones, la literatura de desarrollo inclusivo se ha nutrido de contrapropuestas teóricas² para pensar la innovación desde visiones más plurales, así como perspectivas más críticas de los procesos de innovación que descentran el foco exclusivo en empresas para incorporar a los actores no tradicionales. Dichas miradas también abogan por discutir la agencia de todos los actores y destacar el papel activo que los llamados «receptores» del conocimiento tienen en el proceso de producción y transferencia de conocimiento (LALICS, 2014).

La literatura de desarrollo inclusivo discute y problematiza visiones clásicas del desarrollo donde se pensaba que, si bien las inequidades económicas y sociales existen, estas se desvanecerían a medida que los beneficios del crecimiento se derramaran desde quienes controlan el capital económico hacia los trabajadores, quienes están en la base social (Brohman, 1995). Sin embargo, si bien en las últimas décadas se han logrado incomparables alcances científicos y tecnológicos, su acceso y beneficios no ha permeado a todos los sectores de la sociedad. Estudios recientes han señalado que las actividades de CTI también pueden generar desigualdades o acentuarlas (Cozzens y Sutz, 2014; Cozzens y Wetmore, 2011), contribuyendo a producir y reproducir asimetrías.³ En este artículo, hacemos referencia al concepto de asimetrías para referirnos a los mismos procesos de desigualdad, a las diferencias y jerarquías producidas, reproducidas y legitimadas por los actores y a los ejes de poder que emanan de los contextos sociales

¹ Cuba es una excepción interesante debido a que la participación de actores no tradicionales en procesos de innovación no es nueva, como se evidencia en los antecedentes de procesos de vinculación enfocados al desarrollo local (Núñez *et al.*, 2013).

² Bortagaray y Grass (2013) reconocen las siguientes: *Bottom/Base of Pyramid (BOP)*; *grassroots innovations*, *appropriate technology*, *below the radar innovation*, *pro-poor-innovations*, tecnologías sociales, tecnologías para la inclusión social y las orientadas a la innovación social.

³ En la misma línea, Fressoli *et al.* (2014, p. 11) señalan que todas las tecnologías desempeñan un papel central en los procesos de cambio social; demarcan posiciones y conductas de los actores; condicionan estructuras de distribución social, costos de producción, acceso a bienes y servicios; generan problemas sociales y ambientales; facilitan o dificultan su resolución y que las tecnologías no son meros instrumentos, no son neutrales.

que cruzan estos procesos (García y Suárez, 2014). El concepto nos permitirá relacionar el desarrollo inclusivo con la vinculación desde su dimensión política.

1.1. La innovación y el desarrollo inclusivo

Las discusiones en la literatura en torno a las desigualdades y procesos de exclusión ligados a la CTI se han elaborado en torno al concepto de desarrollo inclusivo como manera de interpelar la tesis determinista de que el crecimiento económico, impulsado por la innovación en las empresas, generaría automáticamente procesos de desarrollo. Como un nuevo programa de investigación sobre la innovación, el desarrollo inclusivo dialoga con perspectivas como la de *grassroots innovations* (Smith *et al.*, 2014) e innovaciones sociales (Howaldt *et al.*, 2014; Schubert, 2014). Dicho diálogo se ha centrado en entender las innovaciones en un sentido amplio, que no solo sean llevadas a cabo por empresas y validadas por el mercado. En particular, *grassroots innovations* es un concepto que se enfoca en las necesidades locales (Gupta, 1998; Paunov, 2013; Smith *et al.*, 2014). Por ello, este tipo de innovaciones están comúnmente relacionadas con conocimiento tradicional o con adaptaciones de un tipo de desarrollo tecnológico a precios más accesibles para facilitar su acceso a poblaciones marginadas.⁴

La literatura de *grassroots innovations* contempla como actores a académicos, activistas, miembros de comunidades o ciudadanos que buscan formas alternativas de producción de conocimiento con foco en el desarrollo local. Las también llamadas innovaciones de base (en castellano) pueden tener el objetivo de promover la inclusión como un proceso, participación o como un resultado, al proveer servicios para grupos marginados, o hasta producir un cambio estructural en la formulación de políticas e instituciones orientadas a la promoción de CTI (Fressoli, 2013; Smith *et al.*, 2014). Así, es posible definir las tecnologías para la inclusión social como «formas de diseñar, desarrollar, implementar y gestionar tecnologías orientadas a resolver problemas sociales y ambientales, generando dinámicas sociales y económicas de inclusión social y de desarrollo sustentable» (Thomas *et al.*, 2012). A

⁴ Un ejemplo de innovaciones sociales en México es el de una comunidad en Oaxaca que crea su propia red de telefonía. Para más información véase: Martínez (2013).

diferencia de la innovación empresarial, que se concentra en objetivos económicos orientados al aumento del lucro, la innovación social se preocupa por alcanzar metas sociales, culturales y políticas.

Un diálogo entre la literatura de vinculación y desarrollo inclusivo invita entonces a descentrar la atención en las empresas como principales actores de la innovación para empoderar a la sociedad y a sus distintas fuentes de generación de conocimiento en torno a posibilidades de aprendizaje mutuo. De la misma manera, otros conceptos como la negociación de los conocimientos (Fressoli *et al.*, 2014) o la coproducción de conocimientos (Jasanoff, 2006) pueden ser útiles para destacar el carácter participativo y negociado de los procesos de producción y circulación de conocimiento entre diversos actores. Este empoderamiento de la sociedad no se limita al ámbito económico; abarca también al social, donde se crean redes o comunidades; y al político, para tener un papel más activo en el proceso de diseño y retroalimentación de la política pública.

2. El papel de la política de CTI en el desarrollo inclusivo: el caso mexicano

Hasta ahora hemos destacado algunos elementos de la literatura de desarrollo inclusivo que pueden enriquecer los actuales entendimientos del concepto de vinculación universidad-empresa. En este apartado incorporamos las mismas categorías de análisis relacionadas con el análisis de la política de CTI en México. Se intenta visibilizar las asimetrías desde la política pública para generar un nuevo marco de pensamiento para promover políticas públicas de CTI que tengan impacto social.

Una de las principales limitaciones para abordar tanto las actividades de CTI como el análisis de las políticas públicas es la prevalencia de una mirada disciplinaria, lo que se puede leer como una mirada parcial. Para estudiar fenómenos complejos se suele dividir la realidad en diferentes dimensiones como la económica, la política y la social. Esto es especialmente cierto en lo que respecta al tema de las políticas públicas, donde se suele ver los procesos de desarrollo segmentados en estas parcelas de la realidad, lo que reduce y simplifica el análisis. Para superar esta limitación, se han propiciado abordajes interinstitucionales, interdisciplinarios y socialmente situados para evaluar el desarrollo inclusivo. La «Declaración LALICS» identifica la fragmentación de las políticas de CTI, la débil relación de la política de ciencia, tecnología e innovación (PCTI) y la política social como principales elementos para

la comprensión de las inequidades, así como la ausencia de políticas de CTI orientadas a la inclusión social (LALICS, 2014). Sin embargo, no son los únicos elementos que desde la política explican la generación de asimetrías en las actividades de CTI. Hay políticas públicas que también contribuyen a que permanezcan o hasta se incrementen. En este artículo se atiende, además de la fragmentación de políticas y la ausencia de políticas de CTI que promuevan la inclusión social, las mismas políticas que refuerzan la idea de la linealidad y simplificación del proceso de vinculación en México.

2.1. Entendiendo la generación de asimetrías desde la política pública de CTI

Desde los comienzos del proceso de institucionalización de la política de ciencia y tecnología en México, se experimentó una evidente separación entre la política científica y la tecnológica, un fenómeno que prevalecerá a lo largo del tiempo con consecuencias importantes en términos de coordinación. Dicha separación fue, en parte, el resultado de la adopción del modelo lineal de producción, vinculación y de transferencia de conocimiento que asume una relación casi automática entre los descubrimientos científicos, la investigación aplicada y el desarrollo tecnológico. En 1970, y siguiendo la misma tendencia, se creó el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), organismo que sustituyó al Instituto Nacional de la Investigación Científica (INIC), de 1950. Aunque el CONACYT incorpora en su nombre la palabra tecnología, desde sus inicios tenía una clara orientación a la formación de recursos humanos y la promoción de actividades científicas.⁵ Esto se debió, por un lado, a los modelos internacionales de política prevalecientes en esa época y, por otro, a la concepción del papel de la ciencia y la tecnología en el marco del proceso de industrialización y desarrollo (Unger, 1995). La apropiación del modelo lineal de producción de conocimiento en la política pública implicaba que en un primer momento se tendrían que destinar los recursos públicos a la ciencia, para que, posteriormente, el conocimiento se transfiriera al sector productivo (principalmente a la industria manufacturera, a la agricultura y las industrias extractivas) y, por último, a la sociedad.

⁵ En ese entonces algunas acciones para la promoción de la tecnología estaban contempladas en otro tipo de dependencias de Gobierno, como la Secretaría de Industria y Comercio (actualmente Secretaría de Economía).

En la década de los ochenta se implementaron políticas de ajuste estructural, liberalización comercial y tecnológica. Este es el período de las grandes reformas económicas que también tuvieron impacto en la política científica y tecnológica, al promover una desregulación para la transferencia de tecnología, congruente con la moda de la reducción del papel del Estado, dejando al comercio internacional y a la recepción de flujos de inversión extranjera directa como uno de los principales móviles para la promoción de la innovación tecnológica, sin prestar suficiente atención a los procesos de creación de capacidades dentro del país (Peres, 1995). Por ello, en esta etapa se evidenció la falta de competitividad generalizada, huecos en la integración de las actividades industriales y la disminución de capacidades tecnológicas propias (Unger, 1995).

A finales de la década de los noventa, se retomó una mayor conciencia de que las fuerzas del libre mercado no son suficientes para propiciar los cambios tecnológicos requeridos en pos de generar una transformación productiva que aliente una mayor competitividad. Por lo anterior, se llevaron a cabo cambios en el diseño de programas e instrumentos para fomentar la vinculación y el desarrollo tecnológico impulsados por el Estado.

A partir de 1999 se realizaron importantes transformaciones en el marco legal y se crearon algunas organizaciones para promover la coordinación de la política pública de CTI. En ese mismo año, se promulgó la Ley para el Fomento a la Investigación Científica y Tecnológica. En 2002, se creó la Ley de Ciencia y Tecnología, mediante la cual se empodera a CONACYT en el sistema de gobernanza de la CTI. Además, la misma ley preparó el terreno para introducir la palabra innovación en el diseño y ejecución de la política. Asimismo, fomentó la creación de organizaciones para promover el diálogo entre las diferentes comunidades de CTI, como el Foro Consultivo Científico y Tecnológico (FCCYT), y la coordinación de las políticas y actores con la instalación del Comité Intersecretarial para la Integración del Presupuesto, el Consejo General de Investigación Científica, Desarrollo Tecnológico e Innovación, y la Conferencia Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación.

A partir de 2002, la PCTI entró en una fase de desarrollo institucional y coordinación con otras Secretarías de Estado, entidades federativas, instituciones de educación superior y empresas. Para promover específicamente la vinculación universidad-empresa,

CONACYT cuenta con instrumentos como el Programa de Estímulos a la Innovación, que tiene como objetivo incentivar la inversión de las empresas en actividades y proyectos de investigación, desarrollo tecnológico y la innovación a través del otorgamiento de estímulos complementarios.

A pesar de la evolución del proceso de institucionalización de la política, la creación de diferentes mecanismos para promover la coordinación de las políticas y la promoción de vínculos entre diversos actores, todavía persisten elementos que sustentan las asimetrías. Existen factores que permiten comprender la falta de articulación y coordinación de las políticas y su débil impacto social, así como la producción de asimetrías desde la ejecución de la propia política pública de CTI. Entre ellos se encuentran: la gobernanza limitada; la apropiación de políticas globales y la existencia de tensiones locales; la concentración del presupuesto de CONACYT, principal agencia para el financiamiento de las actividades de CTI en México, en regiones, instrumentos e instituciones; una concepción limitada sobre los actores legítimos de la innovación; y una débil política deliberativa de CTI con impacto social. Todos estos factores están relacionados con el escaso papel que tiene la sociedad en el diseño y retroalimentación de la política pública de CTI.

2.1.1. Gobernanza limitada

El término «gobernanza» se refiere a los patrones y mecanismos en que el orden social es generado y reproducido, incluidos aquellos que la misma sociedad crea para regularse a sí misma (Voss, 2007). Desde esta mirada, la gobernanza se refiere a todas las formas de interacción entre el Estado y actores no estatales en la coexistencia de formas de regulación social: desde la institucionalización de la autorregulación social a través de la cooperación en diversos mecanismos con el Estado, así como de actores privados a través de la actuación soberana de los actores estatales (Mayntz, 2004). En México, el centro de la gobernanza de las actividades de CTI está en CONACYT, que elabora programas y presupuestos, formula políticas y ejecuta programas y proyectos. CONACYT comparte atribuciones en cuanto el establecimiento de áreas prioritarias, presupuestos y sistemas de evaluación con la Presidencia de la República, diversas secretarías de Estado y organismos científicos a través del Consejo General de Investigación Científica Desarrollo Tecnológico e Innovación.

Los límites de la gobernanza en términos de la participación de actores en la toma de decisiones se dan en diferentes niveles. Por un lado, tenemos los problemas de coordinación y articulación de políticas. Por otro, la incidencia de grupos de poder en la gobernanza y, finalmente, la débil participación de actores no tradicionales, como los ciudadanos. Este último aspecto, acentúa las asimetrías, pues no se recuperan todas las voces ni se hacen visibles todas las necesidades donde la CTI pudiera tener incidencia social. Cuando hay grupos dominantes en la gobernanza de la CTI predomina una cierta racionalidad y visión en el diseño de políticas públicas que agrava los procesos de exclusión, característicos en sociedades con grandes brechas de desigualdad.

Sin embargo, recuperar múltiples voces también genera dificultades. La mayor participación de actores gubernamentales en el proceso de la consulta y diseño de la política pública ha ido de la mano con problemas como la fragmentación de la política pública en CTI (Cabrero *et al.*, 2008) y la consecuente falta de interacción y coordinación con todos los actores que están inmersos en el diseño y actividades de CTI. Con ello, se explica la constante presión que tiene CONACYT en concentrar funciones vitales para ejecutar la PCTI, sin tener un rango de secretaría de Estado, por lo que su capital político, de negociación y, sobre todo, de coordinación es menor. Esto ha causado una serie de problemas como aumento de la burocracia; posibilidad de que se dupliquen esfuerzos; constante retraso en la asignación de recursos y, por lo tanto, en la ejecución de los proyectos, así como una falta de prioridad y coherencia en las políticas (Dutrénit *et al.*, 2010).

Para cubrir las necesidades sociales en donde la innovación pueda tener impacto, es necesario que la toma de decisiones sea menos vertical y que también se promueva la participación de los actores no tradicionales en la gobernanza, especialmente de los ciudadanos. A nivel internacional existen metodologías de participación ciudadana que han sido escasamente usadas en México (Rowe, 2005; Griessler *et al.*, 2011; Lázaro *et al.*, 2014; Dutrénit y Suárez, 2015).

El foco para la gobernanza formal de las actividades de CTI en México se concentra en actores gubernamentales y se tiene poco conocimiento sobre el papel que actores no estatales pueden tener en la misma. Este fenómeno se explica, en parte, debido a que existen debilidades en la incidencia de la política pública de CTI en la sociedad y, en parte, porque no existen las condiciones ni mecanismos para que la sociedad civil pueda participar en el proceso de diseño e implemen-

tación de política, que debiera ser deliberativo y del cual depende su carácter de política *pública*.

Además de lo anterior, el problema señalado acerca de la linealidad de los procesos de producción, vinculación y transferencia de conocimiento no es únicamente de las instituciones que realizan estos procesos, sino que dicho modelo se pone en práctica en el propio sistema de gobernanza de la CTI. El diseño de los instrumentos tiene este sesgo de linealidad de la producción, vinculación y comercialización de la CTI. Aunque desde la década de los noventa se ha promovido tanto la participación del sector privado en la toma de decisiones, así como esquemas de gobernanza más interactivos, se ha mantenido una linealidad de las políticas de CTI. Esto contribuye a que su impacto social sea cuestionable, dado que la coordinación y combinación de la PCTI con políticas sociales es débil.

2.1.2. Apropiación de políticas globales y tensiones locales

La globalización ha llevado a un mayor grado de homogeneización de las líneas de investigación, los productos de científicos relevantes, los sistemas de evaluación, así como los referentes de autoridad (Whitley y Gläser, 2007). La misma política pública contribuye a generar procesos de exclusión y desigualdad debido a la apropiación de lógicas globales que se traducen a través del diseño y ejecución de instrumentos de PCTI como modelos exitosos, lo que implica al final la adopción de una agenda transnacional de investigación. De ahí se desprende otra tensión que es esencial para entender las desigualdades: se trata de la apropiación, no solo de modelos de producción y transferencia de conocimiento, sino de instrumentos de política, mecanismos y metodologías para operacionalizarlas. Los sistemas de evaluación de la investigación científica, por ejemplo, dan preponderancia a productos de investigación dirigidos al ámbito global, creando una jerarquía para los tópicos de investigación necesarios en el ámbito local o con impacto social, con aquellos orientados a las comunidades indígenas, grupos marginados y vulnerables o al impacto medio ambiental. La atención a los problemas locales debería ser una prioridad atendida en los países de América Latina, que, como México, tienen gran inequidad (Sáenz, 2015), desigualdad social y grandes segmentos de población sin acceso a determinantes sociales de bienestar, problemas cuya atención tiene gran influencia en las posibilidades de desarrollo económico.

2.1.3. Concentración del presupuesto de CONACYT en instrumentos, regiones e instituciones

En México, hay una concentración del presupuesto de CTI en tres categorías: instrumentos, regiones e instituciones, que coadyuvan a intensificar los procesos de exclusión y desigualdad. La primera categoría hace referencia a la concentración del presupuesto en los instrumentos de becas de posgrado, el sistema nacional de investigadores (SNI) y la convocatoria de ciencia básica, que en conjunto representan el 59.4 % del presupuesto total (Dutrénit *et al.*, 2006; Dutrénit *et al.*, 2010). El SNI, como uno de los instrumentos clave de CONACYT, refleja las luchas de poder y tensiones constantes en cuanto a la asignación y manejo de recursos entre investigadores. Una auditoría realizada por la Auditoría Superior de la Federación (ASF, 2009) resume las controversias relacionadas con el SNI. La auditoría fiscalizó la gestión financiera de los recursos públicos federales aplicados por el CONACYT en la operación del SNI a fin de verificar el cumplimiento de los objetivos y metas. El dictamen tuvo una calificación negativa. El documento enumera una lista de deficiencias, observaciones y recomendaciones. La principal es que el CONACYT no cumplió con el objetivo del programa: «promover y fortalecer, mediante la evaluación, la calidad de la investigación científica y tecnológica, y la innovación que se produce en el país, así como contribuir a la consolidación de investigadores con conocimientos científicos y tecnológicos del más alto nivel, como un elemento fundamental para incrementar la cultura, la productividad, la competitividad y el bienestar social» (ASF, 2009).

La auditoría hizo las siguientes observaciones:

- No se determinaron indicadores para medir y evaluar la contribución del SNI en el incremento de la cultura, la productividad, la competitividad y el bienestar social.
- Al fiscalizar la productividad de los investigadores, se constató que de los siete diferentes tipos de productos que deben desarrollar, 99.1 % se dirigió a la publicación de libros, capítulos de libros y artículos, mientras que apenas 0.9 % a patentes, sin que existan productos relacionados con desarrollos tecnológicos, innovaciones y transferencias tecnológicas, los cuales deben ser promovidos por el propio sistema.

- Las comisiones dictaminadoras del SNI no sustentaron las características empleadas para evaluar los méritos académicos, científicos y tecnológicos de los solicitantes.

En cuanto a la concentración regional, la Ciudad de México sigue siendo la que condensa la mayor infraestructura científica y número de investigadores del SNI. En 2014, de los 21 358 investigadores miembros del SNI, 7 525 se localizaron en la Ciudad de México; 1 203 en el Estado de México, y 1 804 en Jalisco (CONACYT, 2013). El presupuesto anual de 2014 de CONACYT muestra que el fomento regional y a entidades federativas suma un 6.6 % dentro de la estructura de sus programas sustantivos (2014a). Asimismo, hay una concentración en las instituciones que participaron en el Gasto Federal en Ciencia y Tecnología de 2013 del sector educativo –la UNAM, por ejemplo, participó con 54.2 %; el CINVESTAV, con 15 %; la UAM, con 9.9 %, y el IPN, con 6.9 %–. Dichas instituciones son, a la vez, las que cuentan con mayores capacidades educacionales (en términos de mayor número de matrícula), científicas y tecnológicas en el país. La concentración del presupuesto fomenta las asimetrías regionales y genera capacidades diferenciadas de CTI en México. Sin embargo, debe señalarse que a lo largo de los últimos años se han implementado políticas para la descentralización de las actividades científicas, cuyos resultados ya son visibles. Por ejemplo, en 1984 el 80 % de miembros del SNI se encontraban en la Ciudad de México, mientras que en 2014 este grupo decreció a 35 %. La desconcentración de las grandes zonas urbanas se incentiva también dando preferencia al financiamiento de proyectos e infraestructura en Estados con menos capacidad científico-tecnológica. Sin embargo, el efecto de estas medidas aún está por evaluarse.

2.1.4. Los actores legítimos de la innovación

El foco excesivo en la empresa como actor legítimo para innovar ha contribuido a que los «actores no tradicionales» (emprendedores sociales, colectivos sociales u otros tipos de agentes) no puedan acceder a fondos para innovación y hayan quedado excluidos de la estructura de apoyos e incentivos, así como de los beneficios. Sigue persistiendo un foco fuerte en la empresa como el único actor legítimo de la innovación, lo que impide proponer una nueva agenda para cubrir necesidades sociales. Además, las empresas tienen una gran influencia en la negociación de la agenda de la política pública: esto constituye

una clara asimetría de poder respecto a individuos o comunidades, ya que inhibe su participación en la gobernanza de las CTI y obstaculiza el acceso a los beneficios de la innovación.

Desde este foco en la empresa, se entiende que haya políticas para la vinculación sesgadas por el modelo lineal que, si bien consideran la posibilidad de bidireccionalidades, están centradas en la transferencia de conocimiento desde la academia al sector productivo, como el programa de CONACYT para promover las oficinas de transferencia (OTT).⁶ A la vez, las instituciones de educación superior y centros públicos de investigación, excepcionalmente, contemplan en sus oficinas interacciones con la sociedad. Esto no indica que no se lleven a cabo proyectos sociales, pero se hacen de manera más informal y muchas veces se tiene dificultad para tener información de dichos proyectos. Además, dentro de las prácticas del diagnóstico, diseño y evaluación de las políticas son escasas las metodologías para evaluar impacto social que combinen indicadores cuantitativos y cualitativos.

El impacto social implica grandes retos: crear nuevas metodologías y procedimientos para implementación y evaluación, formar recursos humanos especializados y nuevos mecanismos de participación ciudadana que contribuyan a fomentar procesos de desarrollo inclusivo. Todos estos son asuntos pendientes para la política pública, pero también representan ventanas de oportunidad para la investigación sobre las actividades de CTI.

2.1.5. Débil política deliberativa de CTI con impacto social

En los últimos años, tanto en América Latina como en México, se observa un creciente interés sobre el desarrollo inclusivo, las innovaciones sociales y los emprendimientos sociales. En México, a partir de 2010, existe con mayor fuerza una constante conciencia y presencia, por lo menos en el discurso público, acerca de la importancia de las políticas sociales activas para generar procesos de vinculación inclusiva. Por ejemplo, el actual Plan Nacional de Desarrollo (PND), documento rector de las políticas públicas en México en materia de CTI, señala lo siguiente: «Hacer el desarrollo científico, tecnológico y

⁶ Es una modalidad del programa AVANCE de CONACYT, enfocado a promover la formación y adquisición de metodologías que permitan consolidar grupos, oficinas o centros de transferencia de tecnológica que fomenten la integración, licenciamiento y/o comercialización en parques tecnológicos, la generación de nuevos negocios y/o el licenciamiento de tecnologías.

la innovación pilares para el progreso económico y social sostenible» (PND, 2013). Asimismo, el Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación (PECITI) busca específicamente mejorar los resultados en la coordinación de acciones y dependencias, por lo que alinea sus objetivos con el PND y con 13 programas sectoriales de las diferentes Secretarías de Gobierno (CONACYT 2014b).

CONACYT ha tratado de alinear sus políticas al PND y recientemente ha creado nuevos instrumentos que buscan un impacto social y que se han desarrollado bajo el término «orientación o solución a los problemas nacionales». En 2014, por ejemplo, se crearon dos programas en esta línea. Uno es la convocatoria «Proyectos de Desarrollo Científico para Atender Problemas Nacionales» y otro el «Programa de Cátedras para Jóvenes Investigadores». Ambos programas promueven la generación de conocimiento para contribuir a solucionar problemas sociales de envergadura nacional en los temas: medio ambiente, conocimiento del universo, desarrollo sustentable, desarrollo tecnológico, energía, salud y sociedad. Además, hay también otro tipo de programas, como el de Fortalecimiento Académico para Indígenas, Apoyos para Madres Solteras, así como para reducir las asimetrías de género y de conocimiento mediante el recién creado Fondo Sectorial de Investigación y Desarrollo Inmujeres-CONACYT, que es un fideicomiso entre el Instituto Nacional de las Mujeres (Inmujeres) y CONACYT para brindar soluciones a las principales problemáticas relacionadas con la igualdad de género en CTI.

Aunque a nivel discursivo todavía no se incorpora textualmente el concepto de desarrollo inclusivo en las políticas en México (como en el caso de Argentina y Ecuador), la creación de instrumentos que buscan un impacto social refleja el creciente interés de CONACYT. Sin embargo, para lograr que un desarrollo sea inclusivo no basta con la creación de instrumentos o políticas aisladas. Se requieren nuevas prácticas de gobernanza social, donde se reconozca a los actores no tradicionales que también forman parte de las actividades de CTI, así como la creación de mecanismos adecuados para su participación.

3. Discusión y reflexiones finales: promoviendo la «vinculación inclusiva»

El concepto de vinculación está tradicionalmente sesgado por una comprensión lineal de la innovación que separa en diferentes eslabones las actividades de CTI. Dicho modelo no es exclusivo de las

instituciones de producción y transferencia de conocimiento, sino que está integrado en el funcionamiento del mismo sistema de gobernanza de CTI. Las crecientes discusiones en torno al desarrollo inclusivo abren una puerta para repensar desde una perspectiva en la que se considere al sector académico, al sector productivo y también a los actores no tradicionales en la producción y circulación de conocimiento, en sus mutuos procesos de aprendizaje, así como en la determinación del papel que tiene la política pública de CTI.

Este artículo propone el concepto de «vinculación inclusiva» para poner en la mesa de debate la necesidad de una mirada abierta que no divida y asigne roles *a priori* entre productores y receptores de conocimiento, sino que analice las diferentes agencias y procesos de coproducción de conocimiento, negociación y diálogo de los diversos tipos de conocimiento entre los actores involucrados, como las instituciones de educación superior, centros públicos de investigación, empresas, consumidores, expertos civiles, activistas, organizaciones no gubernamentales, colectivos sociales, entre otros. Asimismo, es necesario concebir la producción de conocimiento y su circulación como un constante ir y venir, como un proceso que se está negociando y transformando constantemente en la creación, la circulación y posible aplicación de esos conocimientos.

El concepto también destaca el creciente empoderamiento de la sociedad civil, a través del análisis de las actividades que los actores no tradicionales tienen en las actividades de CTI. El término subraya la necesidad de reflexionar y discutir sobre los mecanismos de participación ciudadana en la producción y circulación de conocimiento, así como en la misma política pública. Por último, pensar en vinculación inclusiva permite abrir nuevas rutas para el análisis de la política pública de CTI en México y su papel en la generación o reproducción de asimetrías. Mientras que la «Declaración LALICS» (2014) reconoce la fragmentación de las políticas y la débil relación de las políticas de CTI a través de la política social para explicar los procesos de producción de desigualdad y exclusión social, el caso de México permite también identificar nuevos elementos para el debate sobre cómo hacer más inclusiva la vinculación.

El primero deriva de una gobernanza limitada a la esfera gubernamental que pone en evidencia la necesidad de crear mecanismos y metodologías de diálogo y participación ciudadana para retroalimentar la política pública de CTI. En este mismo sentido, será necesario, tal

como lo señala la «Declaración LALICS», dejar de ver a los «receptores» de conocimiento como meros actores pasivos en el proceso, pero también crear canales para que organizaciones no gubernamentales, expertos civiles, pensadores críticos y activistas puedan coproducir conocimiento junto con empresas y académicos.

El segundo se refiere a la apropiación de políticas globales de CTI y la generación de tensiones locales. En este rubro será importante destacar que existe una agenda transnacional de CTI que tiene una fuerte influencia en la definición de modelos de producción de conocimiento y líneas de investigación y también de políticas y formas de evaluación que producen asimetrías de conocimiento al desatender líneas de investigación locales necesarias para que la CTI tenga mayor impacto social. Se requiere entonces encontrar un equilibrio entre el diálogo y la discusión con las comunidades globales científicas y organismos internacionales en actividades y políticas de CTI y la incorporación de líneas de investigación locales con alto impacto social. Este proceso ya ha empezado en México con algunos programas orientados a resolver problemas nacionales, como la diabetes, que bien puede combinar las dos partes: 1) su relevancia como enfermedad crónica global y 2) la necesidad de discusiones locales para entender su especificidad.

El tercero tiene que ver con mitigar la concentración del presupuesto de CONACYT en instrumentos, regiones, instituciones y perspectivas, a fin de lograr una agenda de CTI más plural y aprovechar la diversidad regional y cultural del país. Para llevar a cabo una desconcentración de los recursos públicos, la posible participación de los actores no tradicionales en algunos de los fideicomisos de CONACYT será clave, por ejemplo, para promover la innovación social de acuerdo a los recursos y capacidades de cada región.

Asimismo, la coordinación de esfuerzos entre CONACYT y las Secretarías de Estado, así como otro tipo de organismos que tienen incidencia social, es también un factor clave para promover una vinculación inclusiva; por ejemplo, la Secretaría de Desarrollo Social, la Secretaría de Salud, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, la Secretaría de Energía, la Comisión Nacional Forestal, la Comisión Nacional del Agua, Instituto Nacional de las Mujeres, la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, la Secretaría de Educación Pública, por mencionar solo algunos.

De esta manera, repensar el proceso de vinculación desde la perspectiva del desarrollo inclusivo ha evidenciado una nueva dimensión en la política pública desde donde se hacen visibles las asimetrías que se pueden producir y reproducir desde las políticas de CTI. Estas asimetrías inhiben tanto al sistema nacional de innovación en su conjunto, como la posibilidad de que la sociedad se beneficie de manera amplia de la aplicación del conocimiento para solucionar problemas nacionales. Por ello, es necesario no solo implementar políticas públicas para el desarrollo inclusivo, sino a través del ejercicio de la misma política aminorar las asimetrías ya existentes. El concepto de vinculación inclusiva se inclina por la creación de mecanismos para que la sociedad civil participe, junto con las empresas, en la producción y circulación de conocimiento, para lograr que la CTI genere desarrollo sostenible y equitativo.

Bibliografía

- ARUNDEL, A.; GEUNA, A. (2004): «Proximity and the use of public science by innovative European firms», *Economics of Innovation and New Technology*, vol. 13, n.º 6, pp. 559-580.
- ARZA, V. (2010): «Channels, benefits and risks of public-private interactions for knowledge transfer: conceptual framework inspired by Latin America», *Science and Public Policy*, vol. 37, n.º 7, pp. 473-484.
- ASF (2009): *Auditoria del desempeño del Sistema Nacional de Investigadores*, México D. F., <http://www.asf.gob.mx/Trans/Informes/IR2009i/Tomos/Tomo3/2009_0187_a.pdf> [12/5/2015].
- BEKKERS, R.; BODAS FREITAS, I. (2008): «Analysing knowledge transfer channels between universities and industry: to what degree do sector also matter?», *Research Policy*, vol. 37, pp. 1837-1853.
- BORTAGARAY, I.; GRAS, N. (2013): «Políticas de ciencia, tecnología e innovación para el desarrollo inclusivo: Tendencias cambiantes en América del Sur», en *Políticas de ciencia, tecnología e innovación y desarrollo para el desarrollo. La experiencia latinoamericana*, FCCyT, México D. F.
- BOZEMAN, B.; CORLEY, E. (2004): «Scientists' collaboration strategies: implications for scientific and technical human capital», *Research Policy*, vol. 33, n.º 4, pp. 599-616.
- BOZEMAN, B.; GAUGHAN, M. (2007): «Impacts on grants and contracts on academic researchers' interactions with industry», *Research Policy*, vol. 36, pp. 694-707.

- BROHMAN, J. (1995): «Economism and Critical Silences in Development Studies: A Theoretical Critique of Neoliberalism on JSTOR», *Third World*, n.º 16, pp. 297-318.
- CABRERO, E. et al. (2008): *El diseño institucional de la Política de Ciencia y Tecnología en México*, IJI-UNAM, México D. F.
- COHEN, W.; NELSON, R.; WALSH, J. (2002): «Links and Impacts: The Influence of Public Research on Industrial R&D», *Management Science*, vol. 48, n.º 1, pp. 1-23.
- CONACYT (2013): «Informe General del Estado de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación 2013», México D. F.
- CONACYT (2014a): «Informe de autoevaluación de CONACYT, enero-diciembre de 2014», México D. F.
- CONACYT (2014b): «Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación 2014-2018», México D. F.
- COROLLEUR, C. D. F.; CARRERE, M.; MANGEMATIN, V. (2004): «Turning scientific and technological human capital into economic capital: the experience of biotech start-ups in France», *Research Policy*, vol. 33, n.º 4, pp. 631-642.
- CORONA, J. M.; AMARO, M.; SORIA, M. (2009): *University-Industry Collaboration: The Role of the Incentives System. A case study in the Mexican Biotechnology Sector*, Glasgow, UK.
- COZZENS, S.; SUTZ, J. (2014): «Innovation in informal settings: reflections and proposals for a research agenda», *Innovation and Development*, vol. 4, n.º 1, pp. 5-31.
- COZZENS, S.; WETMORE, J. (2011): *Nanotechnology and the Challenges of Equity, Equality and Development*, S. E. Cozzens & J. Wetmore (eds.), Springer Netherlands, Dordrecht.
- DEBACKERE, K.; REINHILDE, V. (2005): «The role of academic technology transfer organizations in improving industry science links», *Research Policy*, vol. 34, pp. 321-342.
- DUTRÉNIT, G.; ARZA, V. (2010): «Channels and benefits of interactions between public research organisations and industry: comparing four Latin American countries», *Science and Public Policy*, vol. 37, n.º 7, pp. 541-553.
- DUTRÉNIT, G.; CAPDEVIELLE, M.; CORONA, J.; PUCHET, M.; SANTIAGO, F.; VERA-CRUZ, A. (2010): *El sistema nacional de innovación mexicano: instituciones, políticas, desempeño y desafíos*, G. Dutrénit et al. (eds.), Universidad Autónoma Metropolitana, México D. F.
- DUTRÉNIT, G.; SANTIAGO, F.; VERA-CRUZ, A. (2006): «Influencia de la política de ciencia, tecnología e innovación, sobre los incentivos y comportamiento

- de los agentes: Lecciones del caso mexicano», *Economía, Teoría y Práctica*, n.º 24, pp. 93-118.
- DUTRÉNIT, G.; SUÁREZ, M. (2015): «Involving stakeholders in the policymaking process. Consensus generation with entrepreneurs in Mexico», <https://www.researchgate.net/publication/286927687_Involving_stakeholders_in_the_policymaking_process_Consensus_generation_with_entrepreneurs_in_Mexico> [22/3/2016].
- EDQUIST, C. (1997): *Systems of Innovation: Technologies, Institutions and Organization*, Pinter, London.
- ETZKOWITZ, H.; LEYDESDORF, L. (2000): «The Dynamics of Innovation: from National Systems and Mode 2 to a Triple Helix of University-Industry-Government Relations», *Research Policy*, vol. 29, pp. 109-123.
- FONTANA, R.; GEUNE, A.; MATT, A. (2003): «Firm Size and Openness: The Driving Forces of University-Industry Collaboration», en Y. Caloghirou, A. Constantelou, N. S. Vonortas (eds.), *Knowledge flows in European industry: Mechanisms and policy implications*, Routledge, London.
- FREEMAN, C. (1997): «The National System of Innovations», en A. Daniele & J. Michie (eds.), *Technological globalization and economic performance*, Cambridge University Press, New York.
- FRESSOLI, M. (2013): «Grassroots innovation's framings and their modes of engagement: implications for models of inclusive innovation», en Conferencia Internacional LALICS, Rio de Janeiro.
- FRESSOLI, M.; AROND, E.; ABROL, D.; SMITH, A.; ELY, A.; DIAS, R. (2014): «When grassroots innovation movements encounter mainstream institutions: implications for models of inclusive innovation», *Innovation and Development*, vol. 4, n.º 2., pp. 277-292.
- GARCÍA, S.; SUÁREZ, M. (2014): «Asymmetries of Knowledge in Latin America», *Critical Reviews on Latin America (CROLAR)*, vol. 3, n.º 2.
- GRIESSLER, E.; BIEGELBAUER, P.; HANSEN, J. (2011): «Citizen's impact on knowledge intensive policy: introduction to a special issue», *Science and Public Policy*, vol. 38, n.º 8, pp. 583-588.
- GUPTA, A. K. (1998): «The Honey Bee Network: Linking Knowledge-rich Grassroots Innovations», *Development*, vol. 40, n.º 4, pp. 36-90.
- HAGE, J.; HOLLINGSWORTH, R. (2000): «A Strategy for the Analysis of Idea Innovations Networks and Institutions», *Organizations Studies*, n.º 21, pp. 971-1004.
- HOWALDT, J., BUTZIN, A.; DOMANSKI, D.; KALETKA, C. (2014): *Theoretical Approaches to Social Innovation. A Critical Literature Review*, <<https://www.google.com/cu/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ca>

- d=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjYmpOyrurTAhUm8IMKHRJjC8IQFgggMAA&url=https%3A%2F%2Fwww.si-drive.eu%2Fwp-content%2Fuploads%2F2014%2F11%2FD1_1-Critical-Literature-Review.pdf&usg=AFQjCNHRRQ8twaDGnDMQvOtrbJepjXAvtA> [3/2/2016].
- JASANOFF, S. (2006): «The Idiom of Coproduction», en S. Jasanoff (ed.), *States of Knowledge. The Co-production of Science and the Social Order*, Routledge, London.
- LALICS (2014): «Declaración LALICS: Aportes desde la ciencia, la tecnología y la innovación a la inclusión Social».
- LÁZARO, M.; TRIMBLE, M.; UMPIÉRREZ, A.; VÁSQUEZ, A.; PEREIRA, G. (2014): *Juicios ciudadanos en Uruguay. Dos experiencias de participación pública deliberativa en ciencia y tecnología*, <https://www.google.com/cu/?gws_rd=cr,ssl&ei=VqkVWbCZFoH1mAGd1IH4Cw#q=Juicios+ciudadanos+en+Uruguay.+Dos+experiencias+de+participaci%C3%B3n+p%C3%BAblica+deliberativa+en+ciencia+y+tecnolog%C3%ADa> [3/2/2016].
- LUNDVALL, B.-Å. (1992): *National Systems of Innovation Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*, Pinter, London.
- MARTÍNEZ, D. (2013): «Una comunidad de Oaxaca crea su red de telefonía móvil entre las monatañas», *CNN México*.
- MAYNTZ, R. (2004): «Governance im modernen Staat», en A. Benz (ed.), *Governance-Regieren in komplexen Regelsystemen*, VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden, pp. 65-76.
- NÚÑEZ, J., ARMAS MARRERO, I.; ALCÁZAR QUIÑONES, A.; FIGUEROA ALFONSO, G. (2013): «Educación superior, innovación y desarrollo local: Experiencias en Cuba», en J. Sutz, G. Dutrénit, *Sistemas de innovación para un desarrollo inclusivo: la experiencia latinoamericana*, Foro Consultivo Científico y Tecnológico, A. C., México, pp. 227-251. ISBN 978-607-9217-28-0.
- PAUNOV, C. (2013): *Innovation and Inclusive Development*, OCDE, Paris.
- PERES, W. (1995): «La experiencia de políticas tecnológicas en América Latina: situación actual y perspectivas», *Tecnología y Sociedad. Revista Latinoamericana*, n.º 3, noviembre.
- PERKMANN, M. et al. (2013): «Academic engagement and commercialisation: A review of the literature on university–industry relations», *Research Policy*, vol. 42, n.º 2, pp. 423-442.
- PND (2013): *Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018*, Mexico D. F.
- ПЫКА, А. (2002): «Innovation Networks in Economics: from the Incentive-based to the Knowledge-based Approaches», *European Journal of Innovation Management*, vol. 5, n.º 3, pp. 152-163.

- ROTHWELL, R. (1994): «Towards the Fifth-generation Innovation Process», *International Marketing Review*, vol. 11, n.º 1, pp. 7-31.
- ROWE, G. (2005): «A Typology of Public Engagement Mechanisms», *Science, Technology & Human Values*, vol. 30, n.º 2, pp. 251-290.
- SÁBATO, J.; BOTANA, N. (1968): «La ciencia y la tecnología en el desarrollo futuro de América Latina», *Revista de la Integración INTAL*, vol. 1, n.º 3.
- SÁENZ, M. DEL R. (2015): «Equidad y determinantes sociales de la salud: reflexiones desde América Latina», *Programa EUROSocial*, Serie Análisis, Área Salud, Madrid.
- SCHUBERT, C. (2014): *Social Innovations. Highly reflexive and multi-referential phenomena of today's innovation society. A report on analytical concepts and a social science initiative*, Berlin.
- SMITH, A.; FRESSOLI, M.; THOMAS, H. (2014): «Grassroots innovation movements: challenges and contributions», *Journal of Cleaner Production*, n.º 63, pp. 114-124.
- THOMAS, H.; FRESSOLI, M.; SANTOS, G. (2012): *Tecnología, desarrollo y democracia. Nueve estudios sobre las dinámicas socio-técnicas de exclusión/inclusión social*, Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, Buenos Aires.
- UNGER, K. (1995): «El desarrollo industrial y tecnológico mexicano: estado actual de la integración industrial y tecnológica», en P. Mulás (ed.), *Aspectos tecnológicos de la modernización industrial en México*, FCE, México D. F., pp. 44-80.
- VOSS, J.-P. (2007): *Designs on governance. Development of policy instruments and dynamics of governance*, University of Twente.
- WHITLEY, R.; GLÄSER, J. (2007): *The Changing Governance of the Sciences: The Advent of Research Evaluation Systems*, Netherlands Springer, Dordrecht.



Los incentivos de las instituciones académicas para la vinculación conocimiento-sociedad: estudio exploratorio

ROSALBA CASAS
JUAN MANUEL CORONA
MARCELA SUÁREZ

Introducción

Este trabajo aborda el tema de las interacciones entre la academia (universidades y centros públicos de investigación) y la sociedad (sector productivo, sector público y sector social), considerando el sistema de incentivos institucionales como un determinante central de las interacciones. Se ha documentado ampliamente un conjunto de factores que han afectado la vinculación entre las universidades y la sociedad, tanto desde la perspectiva de la academia como de las empresas (Casalet y Casas, 1998; Casas y Luna, 1997; Dutrénit, 2010). Sin embargo, hay poca evidencia sobre la relación que pudiese existir entre los criterios de evaluación del trabajo de los investigadores y el estímulo o la limitación a las actividades de vinculación.

Este trabajo estudia hasta qué grado los sistemas de incentivos y de evaluación académica consideran como un aspecto relevante la promoción de la vinculación con la sociedad y cuáles han sido sus alcances y limitaciones. Con este propósito se han seleccionado cuatro grandes centros académicos: la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), el Instituto Politécnico Nacional (IPN) y un centro público de investigación del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología: el Centro de Investigación en Materiales Avanzados (CIMAV).

Existe evidencia de que el conocimiento científico y tecnológico que se produce en el sector académico es fundamental para la solución de los problemas económicos, políticos y sociales. En muchos casos la innovación en los sectores social, público y productivo ha sido posible gracias

a una estrecha colaboración con el sector académico, quien ha operado como un proveedor especializado de conocimientos. En este sentido los vínculos de colaboración entre la academia y la sociedad constituyen un eslabón fundamental para entender los procesos de generación y transferencia de conocimiento a nivel local, regional y nacional.

En México, la vinculación con los sectores económico, público y social ha sido un objetivo central de las políticas universitarias desde su mismo origen. Sin embargo, hasta el momento los resultados cuantitativos y cualitativos no han sido los esperados y los programas promotores de la vinculación siguen presentado debilidades y obstáculos institucionales que limitan el cumplimiento de este objetivo (Casalet y Casas, 1998; Dutrénit, 2010).

Hasta ahora, la investigación de las vinculaciones academia-sociedad se han centrado mayormente en el tipo de vínculos y en los beneficios obtenidos por ambas partes, sin embargo, el impacto de los sistemas de estímulos y los criterios de evaluación académica sobre la vinculación con el sector social han recibido poca atención en la literatura especializada. Poco se conoce sobre la manera en que la evaluación y los estímulos podrían estar determinando la disponibilidad para establecer vínculos, y sobre sus alcances y limitaciones. Esta investigación busca acercarse a dicho fenómeno, mediante los siguientes objetivos:

1. Proporcionar evidencia del peso de la actividad de vinculación en las instituciones académicas frente a sus misiones principales, de docencia, investigación y difusión.
2. Mostrar el desfase entre políticas institucionales y los sistemas de evaluación y de incentivos que gobiernan la conducta de las comunidades científicas en cuatro centros de educación superior de México.
3. Mostrar las contradicciones entre la importancia de la vinculación que declaran las instituciones en sus políticas y planes de desarrollo y las actividades académicas que realmente estimulan.

El trabajo se sustenta en un análisis documental de las políticas explícitas de las universidades sobre la vinculación con la sociedad, a través de sus planes de desarrollo institucional y otros documentos, así como de un análisis de sus sistemas de evaluación y estímulos poniendo énfasis en la vinculación. El estudio considera las cuatro instituciones

mexicanas mencionadas, lo que permite comparar diferentes políticas, acepciones e incentivos.

El trabajo se estructura de la siguiente forma: a) el primer apartado presenta una revisión de la literatura relevante para el tema, considerando los estudios económicos y sociales en lo que se refiere a las nuevas formas de producción de conocimiento, la innovación y el carácter sistémico de estos procesos; b) la segunda parte revisa las políticas explícitas de vinculación con la sociedad en las instituciones seleccionadas y se hace un análisis comparativo; c) se estudian y confrontan los criterios de evaluación aplicados para el ingreso y promoción de los académicos, así como los programas de estímulos, en busca de establecer su correspondencia con el discurso y las políticas explícitas de las institucionales; d) se considera la reglamentación en torno a los ingresos extraordinarios de las instituciones, para esclarecer si estos constituyen un estímulo relevante para la vinculación; e) por último, en las conclusiones, se discuten las limitaciones de los actuales criterios de evaluación en las instituciones en lo que a la vinculación con la sociedad se refiere.

1. Producción de conocimiento y funciones sociales de las universidades

La vinculación universidad-sociedad ha sido un asunto de preocupación permanente para académicos, Gobiernos y sociedad. Desde siempre y, sobre todo, a partir de las propuestas de Francis Bacon (Freeman y Soete, 1997), el tema ha sido controversial. Algunos sostienen que la universidad debe limitarse a tres funciones sustantivas: formación de recursos humanos a través sus actividades de docencia; generación de nuevos conocimientos a través de su función de investigación, y preservación y difusión de la cultura. Otras actividades como la transferencia de conocimientos al sector público o privado, la investigación aplicada a la solución de problemas productivos, o la creación de negocios por parte de los académicos, son consideradas fuera del espíritu original que dio origen a las universidades. Para otros, en cambio, el conocimiento generado por las universidades y sus capacidades para desarrollar nuevas tecnologías deben ser utilizados de manera más extensa en beneficio de los diversos sectores que integran la sociedad.

Desde la década de los ochenta, tanto en países industrializados como en los semi-industrializados, el tema se ha convertido en uno de los ejes centrales de la discusión sobre las políticas de desarrollo nacional y regional, y la relación estrecha entre ambos sectores ha

sido considerada como una condición de éxito de tales políticas. El debate sobre la vinculación universidad-sociedad tomó un nuevo auge a partir de los años noventa debido al avance en dos campos interrelacionados: el de las nuevas formas en la producción del conocimiento, y el de la innovación. Apareció una oleada de nuevos estudios centrados en el análisis de los cambios que se han sucedido en las formas de producción, difusión y uso del conocimiento, y en la manera en que esto ha modificado la misión de las universidades y la percepción de lo que la sociedad y los Gobiernos esperan de ellas (Funtowicz y Ravetz, 1993; Gibbons *et al.*, 1994; Ziman, 1996; Casas y Luna, 1997). Los cambios afectaron no solo el qué conocimiento se produce, sino también las formas en que se produce, el contexto en el que se genera, las formas en que se organiza, las metodologías que utiliza, los mecanismos y procesos que controlan su calidad, los criterios y formas de su evaluación, y el sistema de recompensas y estímulos que actúan sobre la comunidad científica. Ziman (2000) sostiene que los cambios en la forma en que se produce el conocimiento científico (ciencia pos-académica) obedecen tanto a factores externos como internos a esta actividad y que un factor crucial en la transición hacia la ciencia pos-académica ha sido la gran presión en la utilidad.

Por su parte, Gibbons *et al* (1994) distinguieron entre el Modo 1 y Modo 2 como formas de producción de conocimiento. En el Modo 1, el éxito y la excelencia es definida por los pares disciplinarios; en el Modo 2, el éxito incluye criterios adicionales, como eficiencia y utilidad, entendidos en términos de su contribución a la solución global de problemas transdisciplinarios. El control de la calidad está guiado por preocupaciones prácticas y societales referidas a preocupaciones de política, así cualquier conocimiento que se produzca en el medio de aplicación o uso debe ser tomado en cuenta. En la práctica, estos cambios han llevado a varias universidades hacia una tercera misión, entendida, en sentido estrecho, como su función de transferencia de tecnología a los sectores productivos y, en una perspectiva amplia, a un involucramiento cada vez mayor en el desarrollo económico y social (Göransson y Brundenius, eds., 2011, p. 351).

Por otra parte, la teoría de la innovación llegó a la conclusión de que el cambio tecnológico y las actividades de innovación son resultado de fenómenos sistémicos de gran complejidad, que involucran la participación de múltiples actores económicos, sociales y políticos, siendo sus interrelaciones esenciales en la generación de nuevo conocimiento

científico y tecnológico con utilidad económica (Lundvall, 1992; Freeman, 1997; Edquist, 1997). Además, la alta incertidumbre que caracteriza las actividades de innovación, los problemas de apropiabilidad inherentes a las actividades de I+D y la emergencia de tecnologías cada vez más intensivas en conocimiento han empujado a las empresas en la búsqueda de conocimientos que están más allá de sus fronteras (D'Este y Patel, 2007; Fontana *et al.*, 2003; Baptista, 1999).

Los estudios de la economía de la innovación y sobre las nuevas formas de producción de conocimiento pusieron de manifiesto la importancia de los procesos interactivos entre distintos actores y sectores en varios aspectos:

- La transferencia de conocimiento (patentes, licenciamiento, creación de *startups*, movilidad de recursos humanos) (Bozeman y Corley, 2004; Arundel y Geuna, 2004).
- Diferentes tipos y modalidades de colaboración universidad-sector productivo, tales como investigación conjunta en I+D, capacitación, consultoría, intercambio de investigadores, programas académicos, servicios tecnológicos, entre otros (Mowery y Sampat, 2005; Cohen *et al.*, 2002; LERU, 2006).
- Diseño e implementación de políticas y programas de ciencia, tecnología e innovación orientadas a la promoción de vínculos universidad-industria (Baptista *et al.*, 2010; Carden, 2009; Court y Young, 2003; Corona y Dutrénit, 2015; Whitley *et al.*, 2010).

Estos estudios han sido fundamentales para lograr un entendimiento más profundo de las implicaciones económicas y sociales de la vinculación, sin embargo, pusieron poca atención al papel del sistema de incentivos intrínseco y extrínseco, pecuniario y no pecuniario, así como a los mecanismos y procesos de evaluación de la actividad de investigación, como promotores o inhibidores de las actividades de colaboración con los diferentes sectores sociales (Corona *et al.*, 2009). Algunos trabajos en esta dirección han encontrado que los criterios de evaluación académica han moldeado la forma de hacer ciencia y el tipo de actividades que privilegia el investigador (Canales, 2001; Grediaga, 2006; Díaz, 2005; Ibarra y Porter, 2006), por lo que podría plantearse como hipótesis que uno de los factores que explican la incipiente vinculación academia-sociedad es que

esta actividad no está incorporada plenamente en los sistemas de incentivos ni en los criterios de evaluación académica y, por tanto, no la promueven.

Como se ha documentado para diversos países, en un contexto donde aparecen nuevas formas de producción de conocimiento y en el que la producción colectiva, la interdisciplina y la incertidumbre cobran un papel cada vez más relevante, las metodologías tradicionales para evaluar el desempeño científico resultan cada vez más inadecuadas (Göransson y Brundenius, 2011, p. 348), pues en general reconocen un solo perfil y no todas las modalidades existentes. Dicha evidencia muestra que los sistemas de evaluación están en oposición a las nuevas funciones que los Gobiernos y las mismas universidades se han planteado asumir en sus políticas generales.

El caso de México puede ser emblemático, ya que las universidades han respondido de manera diferenciada a las políticas y programas de tipo eficientista, impulsados desde principios de los años noventa para promover una mayor colaboración, en especial con el sector productivo. Algunas respondieron adecuándose a la presión de las nuevas reglas a fin de obtener mayores recursos financieros para la investigación; otras, por el contrario, se han resistido y las han rechazado abiertamente. En general, se puede afirmar que el sistema de incentivos académicos creado en los noventa modificó la conducta de los investigadores y propició un incremento en la producción de conocimiento científico básico y la promoción de publicaciones científicas en revistas indexadas. Sin embargo, su impacto sobre las interacciones universidad-sociedad no ha sido explorado con suficiente amplitud.

Como se ha señalado, los sistemas de incentivos individuales, organizacionales e institucionales podrían estar actuando como promotores o inhibidores en el establecimiento de lazos de colaboración entre la universidad y la sociedad, y la manera en que se lleva a cabo su evaluación han sido poco explorados. La ausencia de estudios en esta dirección pareciera indicar que se asume como dada la existencia de la colaboración entre estos dos actores, como si esta debiera ocurrir de manera «natural» o «automática» (Corona *et al.*, 2009). Este trabajo argumenta que la colaboración universidad-sociedad no es automática, y que la frecuencia, la intensidad y la especificidad de los lazos de colaboración están en gran medida determinados por el sistema de incentivos subyacente.

2. Las políticas explícitas de vinculación con la sociedad en las instituciones y sus funciones sustantivas¹

El análisis de las políticas explícitas de vinculación en las instituciones académicas se enmarca en las funciones sustantivas que definen la orientación de cada una de ellas. Estas funciones se refieren en general a las actividades de docencia, investigación, difusión y extensión de la cultura, aunque, como se verá para cada caso, ha habido diferentes énfasis en cada una. La tensión entre las políticas académicas de vinculación y sus funciones sustantivas está inserta en la discusión sobre la función social de las instituciones de educación superior tratada en el apartado anterior.

La generación de conocimiento es un valor social, tanto por su contribución al conocimiento universal, como por su potencial para la solución de problemas sociales o productivos. Sin embargo, el debate no está resuelto y no ha sido abordado de manera explícita en las instituciones académicas, lo que ha limitado los esfuerzos y los instrumentos de vinculación. Se trata de un tema complejo que ha tendido a politizarse e ideologizarse, y que a pesar de que se ha hecho explícito en las políticas académicas de las instituciones, no ha sido establecido como una función sustantiva, por lo tanto, no ha permeado al conjunto de la comunidad académica. No obstante, como se verá, las políticas explícitas se han ido modificando y en algunas instituciones la vinculación está siendo concebida ya como una de sus funciones sustantivas.

2.1. UAM

2.1.1. Antecedentes de la vinculación con la sociedad

Desde su origen en 1974, la UAM definió su objeto y su misión con una clara orientación social; en su Ley orgánica se definen tres objetivos: a) impartir educación superior en los niveles de licenciatura, maestría y doctorado, y cursos de actualización y especialización en sus modalidades escolar y extraescolar, procurando que la formación profesional corresponda a las necesidades de la sociedad; b) organizar y desarrollar actividades de investigación humanística, científica y tecnológica orientadas a la producción de conocimiento en atención a los problemas

¹ El análisis de las políticas explícitas y de los alcances de la vinculación en cada una de las instituciones consideradas tiene como base la información específica disponible en cada una de ellas.

nacionales y en relación con el desarrollo histórico del país, y c) se propone como una institución que rescata, preserva y difunde la cultura.

Desde la perspectiva de la vinculación con los sectores sociales, el modelo UAM se apoyó en diversos principios que se derivan de su estructura funcional. Primero, en la desconcentración funcional administrativa en unidades universitarias relativamente autónomas.² Este principio está directamente relacionado con la idea de vincular las actividades académicas con los problemas de las diferentes zonas en las que se establecieron cada una de estas unidades (Luna, 1997). El principio del enfoque interdisciplinario en la docencia y en la investigación, que ha favorecido modelos de vinculación en sectores de alta tecnología que requieren el concurso de diversas disciplinas. A diferencia de la UNAM en la que existen las figuras de profesor y de investigador como perfiles relativamente independientes, en la UAM solo existe el perfil de profesor-investigador, ello ha permitido una mayor integración entre las actividades de investigación y de docencia.

Desde su fundación, la idea de vincular las actividades de la UAM con la comunidad local consideró las relaciones con el sector privado; sin embargo, estas relaciones pronto fueron rechazadas debido a que parte de la comunidad académica presupuso que eran una amenaza a la autonomía universitaria, a la libertad de cátedra y al desarrollo del conocimiento. Las vinculaciones con el sector empresarial solo se reactivaron a principios de los noventa, cuando empezó a operarse un cambio en la disposición de algunos académicos para usar sus conocimientos en la solución de los problemas de las empresas gracias a un conjunto de iniciativas tanto de funcionarios de la institución como del propio sector privado (Luna, 1997). Es en esta década cuando se establecen los primeros convenios y contratos importantes de proyectos patrocinados por el sector privado, iniciándose un proceso de aprendizaje en torno a una cultura de investigación en la que los objetivos, compromisos y tiempos para obtener resultados eran definidos de manera conjunta entre patrocinadores y académicos.

2.1.2. Políticas actuales sobre vinculación

Las políticas actuales sobre vinculación en la UAM están definidas en el «Plan de Desarrollo Institucional 2011-2024» y en el documen-

² En el origen, Azcapotzalco, Iztapalapa y Xochimilco, y en la última década, las unidades Cuajimalpa y Lerma.

to sobre «Políticas Generales de Vinculación (Adición)», publicado en abril de 2015. Estos documentos resaltan el compromiso social de la UAM y, en concordancia con ello, destacan como objetivo estratégico a la investigación como una actividad capaz de contribuir al desarrollo social, científico, tecnológico, económico, cultural y político de la nación, con un enfoque de sustentabilidad y diversidad biológica y cultural.

El PDI 2011-2024 señala que la UAM tiene como misión servir a la sociedad por diversos medios, con capacidad para abordar problemas complejos y contribuir al desarrollo humano y al bienestar social a través de sus funciones sustantivas. El documento reconoce que, si bien la institución realiza una intensa labor de descubrimiento, transferencia de conocimiento y de innovación tecnológica, existen algunas debilidades asociadas al impulso del desarrollo tecnológico, la contribución a la solución de problemas sociales y la transferencia de conocimiento en campos emergentes, así como la falta de planes institucionales efectivos para atraer recursos financieros además de los federales.

El PDI propone una serie de estrategias para revitalizar la vinculación institucional:

- Revalorar la innovación y los programas y proyectos de investigación.
- Priorizar la investigación en función de los problemas del país.
- Fortalecer las capacidades institucionales para la obtención de patentes y el registro de marcas.
- Impulsar acciones para realizar, generar y aplicar conocimiento.
- Fortalecer los programas de vinculación con los sectores académico, social, cultural y productivo.
- Fomentar la diversificación de fuentes de financiamiento adicionales al subsidio federal.

Institucionalmente, el PDI propone consolidar un sistema de vinculación y extensión que promueva la productividad de los sectores social, público y privado.

La formulación del PDI-2011-2024 propició una serie de mejoras y adiciones a las políticas de la UAM en materia de vinculación, expuestas en el documento «Políticas Generales de Vinculación (Adición)» (2015), en el que la vinculación se concibe como una

estrategia transversal de la institución y la define de manera muy amplia:

la vinculación se despliega en diversas modalidades, como servicio social, intercambio, movilidad académica, estancias académicas, prácticas profesionales, capacitación de personal, emprendimiento, acceso a la infraestructura especializada, prestación de servicios, proyectos patrocinados, proyectos conjuntos de investigación y desarrollo, licenciamiento de patentes, transferencia de tecnología, alianzas estratégicas, redes de innovación, consorcios de investigación y desarrollo, incubadoras, parques tecnológicos, cátedras industriales, organismos mixtos de desarrollo tecnológico e innovación, entre otras (p. 1).

El documento también señala que, en la medida en que las actividades de vinculación involucran el uso de conocimientos teóricos y prácticos provenientes de diversas disciplinas, la utilización de procesos, técnicas y herramientas que proporcionan congruencia organizacional y métodos que permiten articular de forma efectiva las capacidades institucionales con los diferentes sectores de la sociedad, la gestión de la vinculación debe ser desarrollada por profesionales en actividades de vinculación.

Las políticas de vinculación que se establecen en el documento pueden resumirse de la siguiente manera:

- Convertirla en un eje transversal a la docencia, la investigación y preservación de la cultura.
- Hacer de ella una actividad que favorezca un ambiente propicio para que la comunidad universitaria tenga un mejor desarrollo académico y profesional.
- Propiciar que la comunidad universitaria participe en planes, programas, proyectos y actividades de vinculación con el sector social, público y privado.
- Consolidar las modalidades de vinculación que promuevan la originalidad e innovación, y que contribuyan a la solución de problemas sociales y productivos, mediante la generación, uso y explotación de conocimientos, tecnologías y figuras de propiedad intelectual.
- Facilitar la diversificación de fuentes de ingreso de la universidad.

- Asumir como principio que las distintas modalidades de vinculación eviten incurrir en conflicto de intereses para resguardar el objeto, prestigio y patrimonio de la institución, así como la integridad de la comunidad universitaria.

La UAM cuenta con la Dirección de Enlace con los Sectores Productivos (DESP), la cual tiene a su cargo la implementación de las políticas de vinculación, siendo responsable de apoyar a las instituciones y organismos del sector público y privado en la vinculación con profesores investigadores de la institución. La DESP proporciona soporte técnico a las coordinaciones de vinculación en cada una de las cinco unidades, a fin de realizar proyectos tecnológicos, integración de paquetes tecnológicos, protección de propiedad intelectual y valoración comercial de aquellos desarrollos con potencial para ser licenciados para su transferencia.

2.2. UNAM

2.2.1. Antecedentes de la vinculación con la sociedad

Las funciones sustantivas de la UNAM, tal como están establecidas en su «Ley orgánica» (1945) y en su «Estatuto general» (1962), son: «impartir educación superior para formar profesionistas, investigadores, profesores universitarios y técnicos útiles a la sociedad; organizar y realizar investigaciones, principalmente acerca de las condiciones y problemas nacionales, y extender con la mayor amplitud posible los beneficios de la cultura».

Aunque entre sus fines no está explícitamente mencionada la vinculación con la sociedad, la UNAM, desde los años cuarenta, ha transitado por diferentes etapas en esas relaciones (Casas y De Gortari, 1997), en algunas de las cuales se ha enfatizado la importancia de la interacción con las empresas (1973-1985; 1989-1997), y en otras (1985-1989 y 2007-2015), el énfasis ha sido la relación más general con la sociedad. Los años ochenta y noventa fueron los más importantes en la UNAM en cuanto a desarrollos institucionales y contratos para promover la vinculación con las empresas: en 1984 se crea el Centro para la Innovación Tecnológica (CIT); desde fines de 1999 hasta el año 2000, el discurso relativo a la vinculación con las empresas cambia hacia un discurso más general y el apoyo institucional a dichas actividades disminuye y se diluye.³ El CIT

³ Este movimiento fue en oposición a la medida anunciada por el entonces rector de incrementar el pago de matrícula, que fue visto como una vía para «privati-

fue cerrado, convertido en una Coordinación General de Vinculación, en una posición aparentemente de mayor poder dentro de la estructura universitaria, pero que pierde gradualmente dinámica y desaparece. Sería en 2008 cuando se introduce nuevamente, en la estructura institucional y dependiente de la Rectoría, una instancia encargada de la vinculación, denominada Coordinación de Innovación y Desarrollo (CID), con el propósito de promover la interacción del trabajo de los universitarios con la sociedad y apoyar y fomentar la transferencia de tecnología, conocimientos, servicios y productos desarrollados en la UNAM a organismos y empresas de los sectores público, social y privado. A partir de entonces la actividad de vinculación se entiende de una manera más amplia.

2.2.2. Políticas actuales sobre vinculación

El marco general en el que se definen las políticas institucionales explícitas en la UNAM es el Plan de Desarrollo Institucional (PDI). Para efectos de este trabajo consideramos el PDI 2011-2015 (UNAM, 2012) y el PDI 2015-2019 (UNAM, 2016), a partir de los cuales se analiza el lugar que se le asigna a la vinculación con la sociedad en las políticas universitarias. Ambos documentos argumentan sobre el importante papel que tiene el conocimiento en la actualidad y su función crucial en las actividades económicas, sociales, políticas y culturales del mundo globalizado. Por lo tanto, las actividades de investigación son sustantivas en esos planteamientos.

El PDI 2011-2015 se propuso incrementar la vinculación de la investigación con los grandes retos nacionales y la participación en el diseño e implementación de políticas públicas, orientarse hacia campos de investigación y el desarrollo tecnológico relacionado con problemas prioritarios del país (migración, energía, políticas ambientales, diabetes, vivienda popular, adicciones, vulnerabilidad, educación y desarrollo regional, entre otros). Contiene un programa específico para «fortalecer la vinculación de los universitarios con los sectores productivos, empresarial, público y social». Sin embargo, a pesar de que se realizaron numerosas actividades, no contó con un reglamento para regular la vinculación con los sectores productivos, ni con la comisión para determinar los aspectos relevantes a atender en materia de vinculación con el sector productivo, por tanto, hasta fines de 2015,

zar» a la UNAM y que generó fuertes tensiones al interior de esta institución.

la UNAM no contaba con una política robusta sobre vinculación que normara las actividades académicas de la institución.

El inicio de un nuevo rectorado (noviembre 2015) dio lugar a un nuevo PDI (2015-2019) en el que se define de manera más explícita la función de vinculación. El nuevo PDI establece que las funciones sustantivas y las tareas esenciales de la UNAM son: «docencia, investigación, extensión, difusión, vinculación y gestión». Es la primera vez que la vinculación es concebida, de manera explícita, como función o tarea sustantiva en esta institución, más allá de lo que marca la «Ley orgánica», el «Estatuto general» y el «Estatuto del personal académico (EPA)». La función de vinculación es incluida en varios de los ejes de acción generales y mediante diversos proyectos, enfatizándose la vinculación con la sociedad y la contribución al análisis de los grandes problemas nacionales. En este sentido, el nuevo PDI es innovador y podría, por lo tanto, conducir a cambios importantes en la normatividad universitaria.

En PDI 2015-2019, se plantea que la investigación debe tener una orientación interdisciplinaria, capaz de resolver problemas complejos que puedan ser transferibles a las necesidades del entorno social. Para ello se requiere de una visión integradora, reflexiva, crítica y de utilidad social. Estas nuevas ideas se corresponden con el nuevo rol que las universidades están desempeñando (Funtowicz y Ravetz, 1993; Whitley *et al.*, 2010; Göransson y Brundenius, 2011) en las transformaciones estratégicas de los países, en las que es importante enfatizar la vinculación de la universidad con la sociedad y la promoción de polos académicos y de investigación.

En cuanto al diseño institucional de la vinculación en la UNAM, la CID integra sus trabajos con las diferentes dependencias de docencia e investigación. En la actualidad, la estrategia más fuerte de vinculación es el estímulo al emprendimiento, que se ha extendido a diversos ámbitos universitarios mediante la creación de incubadoras (Base tecnológica; Tecnología intermedia; y Tradicionales, entre las que se encuentran las Profesionales, las Creativas, las Sociales). La experiencia reciente muestra que el 46 % de las empresas que llegaron a la etapa final fueron formadas por alumnos; el 51 %, por egresados, y el 3 %, por académicos. En cuanto a la intensidad tecnológica de los proyectos: 8 % son de alta tecnología; 49 %, de tecnología intermedia, y 43 %, de empresas tradicionales.⁴

⁴ Las tradicionales incluyen: diseño, comercialización y exportación de joyería de plata mexicana; paseos temáticos que reviven la revolución mexicana en una

2.3. IPN

2.3.1 Antecedentes de la vinculación

El Instituto Politécnico Nacional (IPN) se creó en 1936. Sus funciones sustantivas son la docencia, la investigación científica y el desarrollo tecnológico, la extensión y divulgación del conocimiento, así como la cooperación académica con el sector productivo. La misión actual del Instituto es formar capital humano capaz de ejercer el liderazgo en los ámbitos de competencia para contribuir al desarrollo social y económico de México. El IPN cuenta con 99 unidades académicas y de apoyo, además de una red de 20 centros de investigación y de estudios avanzados (CINVESTAV) ubicados en 31 localidades de 21 Estados diferentes de la República Mexicana y la Ciudad de México.

Desde su creación, el IPN ha tenido una fuerte inclinación a la formación técnica y una mayor tendencia, en comparación con otras instituciones de educación superior (IES) del país, a la promoción de la vinculación con el sector productivo. En 1986 es posible encontrar el primer antecedente con la creación de la Dirección de Vinculación Académica y Tecnológica. A partir de 2000 se llevaron a cabo cambios organizativos e institucionales en el IPN que extenderían la promoción y el impacto de las actividades de vinculación. Ese año, en el marco de la creación de la «Ley para el Fomento de la Investigación Científica y Tecnológica» (1999), se reguló el ingreso de recursos autogenerados en un fideicomiso, catalizando el impulso a las actividades de CyT y, en particular, aquellas con el sector productivo. Asimismo, se formalizó la creación del Fondo de Investigación Científica y Tecnológica del IPN y se publicaron sus reglas operativas (Arzate y Tronco, 2000). Este marco le dio una base institucional a la vinculación y reguló la entrada de recursos financieros externos. En 2001, el Programa de Desarrollo Institucional destacó la necesidad de contar con un modelo de vinculación fortalecido por programas y unidades académicas basado en red. Por ello, en ese mismo año, se crea el Programa Institucional de Incubación de Empresas de Base Tecnológica que da un fundamento jurídico a las actividades de incubación, a través de la creación del Centro de Incubación de Empresas de Base Tecnológica (CIEBT).

locomotora; producción y comercialización de material didáctico elaborado por personas con discapacidad. Además, la UNAM participa en el Parque Científico de Mérida, Yucatán, con la Unidad Académica de Ciencia y Tecnología, inaugurado a fines de 2015.

En 2004, se llevaron a cabo importantes acciones en la transformación del concepto de vinculación en el IPN. Primero, se publicó el «Modelo de Integración Social del IPN. Programa Estratégico de Vinculación, Internacionalización y Cooperación» (IPN, 2004a), como resultado de una reforma académica del Instituto que no solo se materializó en una estrategia renovada y transformada de vinculación en la institución, sino que reconceptualizó la relación del Instituto con su entorno social. En el mismo año, se creó la Unidad Politécnica para el Desarrollo Empresarial y Competitividad Empresarial (UPDCE). En 2005, dicha Unidad asumió las funciones del Centro Multidisciplinario de Competitividad Empresarial. Por último, en 2007, la Coordinación de Vinculación se fusionó con la UPDCE y asumió la función de la responsabilidad total de la vinculación institucional con el entorno productivo y social. En 2010, la UPDCE trasladó las funciones de emprendedores y pre-incubación al CIEBT.

2.3.2. Políticas actuales sobre vinculación

A partir de 2004, el IPN creó una estrategia definida de vinculación en un sentido amplio. La estrategia comprendió cambios importantes en tres niveles: la planeación estratégica, la creación de estructuras y procesos, y las normas institucionales (Villa, 2010). En el primer nivel (planeación estratégica) se creó el «Modelo de Integración Social», que es el documento en donde se encuentra materializada la estrategia de vinculación y sus principales transformaciones. El documento alude a una concepción amplia de la vinculación, al promover interacciones no solo con el sector productivo, sino con el social también. Dicho modelo crea un diseño institucional para la vinculación e integración social a través de programas académicos y de investigación que impulsan la transferencia de los resultados a la sociedad, la incubación y el desarrollo de empresas; así como el liderazgo social y empresarial de los alumnos. Para llevar a cabo las transformaciones institucionales que impulsan la vinculación universidad-sociedad se realizaron ejercicios de planeación reflejados en los «Programas de Desarrollo Institucional» (IPN, 2001; 2007), «Programa Institucional de Mediano Plazo» (IPN 2010), así como cambios en la misión y visión del IPN.

En el segundo nivel (estructuras y procesos), se desarrolló un modelo de red de interrelaciones entre diferentes unidades académicas y unidades de enlace, para fortalecer las funciones de docencia, investigación y extensión. Para potenciar la vinculación se crearon e

integraron tres unidades de apoyo al fomento y desarrollo empresarial. La primera es la Unidad Politécnica para el Desarrollo y Competitividad Empresarial (UPDCE), encargada, entre otras funciones, de integrar, aplicar y dar seguimiento al «Programa Estratégico de Vinculación». La segunda es la Unidad de Desarrollo Tecnológico (TECHNOPOLI), que presta servicios de soluciones de tecnologías de la información y arte digital, inteligencia de negocios y vigilancia y prospectiva tecnológica, a través de ofrecer espacio físico, infraestructura, asesoría tecnológica, financiera y de mercado a las empresas. La tercera unidad es el CIEBT, que promueve el establecimiento y desarrollo de negocios tecnológicos. Asimismo, fue creada la Unidad Institucional de Integración Social (UIIS) y las Unidades Politécnicas de Integración Social (UPIS). Ambas unidades sirven de interface entre el IPN y su entorno, así como entre las diferentes dependencias del Instituto. La UIIS funciona en el nivel central y las UPIS se establecen en cada una de las unidades académicas y dependencias del IPN.

En el tercer nivel, relativo a normas institucionales, se inscriben las reglas de operación y lineamientos del Fondo de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico del IPN que, además de regular la administración de recursos autogenerados, estipula los estímulos a los investigadores participantes en los proyectos de investigación de vinculación. El IPN cuenta con 8 Unidades de Apoyo a la Investigación, al Desarrollo y Fomento Tecnológico y Empresarial, a saber: la Unidad Politécnica para el Desarrollo y la Competitividad Empresarial, el Centro de Incubación de Empresas de Base Tecnológica (CIEBT) en la Ciudad de México, Unidad Incubadora de Empresas de Base Tecnológica (UIEBT) en el Estado de Morelos, Hidalgo y Durango, un Centro de Nanociencias y Micro y Nanotecnologías, Centro de Desarrollo Aeroespacial y una Unidad de Desarrollo Tecnológico (TECHNOPOLI), así como dos unidades educativas vinculadas a la ciencia, tecnología, investigación y desarrollo empresarial, que son el Clúster Politécnico en Veracruz y el Clúster Politécnico en Chihuahua (IPN, 2014).

La información sobre vinculación del IPN muestra que durante 2014 se formalizaron un total de 277 convenios de vinculación, de los cuales el 42 % se firmaron con el Gobierno Federal; 31 %, con el sector privado; 19 %, con Gobiernos estatales y municipales; 6 %, con el sector social, y 2 %, con el sector educativo nacional. Por dichos convenios, el IPN pudo tener ingresos por 1 200 millones de pesos (IPN, 2014).

2.4. CIMAV

2.4.1. Antecedentes de la vinculación

El Centro de Investigación en Materiales Avanzados (CIMAV) pertenece al conjunto de 27 centros públicos de investigación de CONACYT.⁵ El CIMAV fue creado en 1994 en Chihuahua. En 2008 se creó una subsede en Monterrey (Nuevo León). Desde 2014 se encuentra en construcción otra subsede en Durango. La unidad de vinculación ha tenido su propio proceso de evolución. Como resultado de la acumulación de capacidades institucionales, ha pasado de ser una unidad de contabilidad a involucrarse en los proyectos de investigación con la industria, así como a formar parte de las negociaciones y la formulación de los precios de los proyectos (CIMAV, 2006).

La misión del CIMAV es realizar investigación científica, desarrollo tecnológico, innovación y formación de recursos humanos con criterios de excelencia, en las áreas de materiales, energía y medio ambiente, para contribuir a impulsar el desarrollo sustentable regional y nacional. El CIMAV está sujeto a varias y diferentes disposiciones legales que le atribuyen derechos y responsabilidades; solo por mencionar algunos: la «Ley Orgánica de la Administración Pública Federal», la «Ley Federal de las Entidades Paraestatales», así como las disposiciones legales y administrativas de parte de CONACYT, como el «Programa Especial de la Mejora de la Gestión de la Administración Pública Federal 2008-2012» (CONACYT, 2009). Bajo este marco, los centros públicos de investigación contraen compromisos referidos al sistema de participación ciudadana, gobierno digital y regulatoria interna. Esto es una clara diferencia respecto a las regulaciones a las que se sujetan otro tipo de instituciones que producen conocimiento en México, como las universidades.

Al ser organizaciones más pequeñas que las IES, los centros públicos de investigación tienen mayor facilidad para gestionar cambios institucionales en sus estructuras para promover la vinculación. Por ejemplo, las reformas a la «Ley de Ciencia y Tecnología» en 2009 permitieron a los investigadores de los centros públicos participar en las ganancias derivadas de la explotación comercial de los resultados de su investigación. Por ello, los investigadores

⁵ Los centros se agrupan en tres grandes áreas: 10 en ciencias exactas y naturales, 8 en ciencias sociales y humanidades, 8 en desarrollo e innovación tecnológica y 1 en financiamiento de estudios de posgrado. El CIMAV pertenece al área de ciencias exactas y naturales.

pueden ahora obtener hasta el 70 % de las regalías generadas por el licenciamiento de patentes. Además, las mismas regulaciones permitieron crear entidades para apoyar a los centros públicos de investigación en la creación de centros u oficinas de transferencia de tecnología. Asimismo, se establecieron los requisitos para la participación de los investigadores de los centros públicos en asociaciones estratégicas, unidades de vinculación y transferencia de conocimiento, empresas privadas de base tecnológica y redes regionales de innovación. Dichas reformas a la «Ley de Ciencia y Tecnología» habilitaron la creación de una Unidad de Vinculación y Transferencia de Conocimiento en el CIMAV en 2014.

2.4.2. Políticas actuales sobre vinculación

El Programa Estratégico de Mediano Plazo (2014-2018) del CIMAV contempla dos objetivos estratégicos relacionados con la vinculación: 1) generar y transferir conocimiento tecnológico pertinente y de calidad, para beneficio de los sectores productivo, académico y social (para ello se contempla la creación del Complejo CIMAV de Alta Tecnología que contará con una Unidad de Escalamiento e Integración de Materiales, la Unidad de Apoyo a la Industria Aeroespacial y un Centro de Negocios); 2) promover la apropiación social de la ciencia y la tecnología, dando a conocer las capacidades del CIMAV a través de actividades del centro con medios de comunicación de TV, Internet, prensa, radio y publicidad (CIMAV, 2014).

En cuanto a infraestructura para la vinculación, el CIMAV-Chihuahua cuenta con el Laboratorio Nacional de Nanotecnología desde 2006. Mientras, la Unidad CIMAV-Monterrey cuenta con seis laboratorios para análisis químicos, metalografía, rayos X de polvo, análisis térmico de polvo, microscopía electrónica de barrido y química computacional. El CIMAV también es socio estratégico en la operación de la Incubadora de Nanotecnología localizada en el Parque de Investigación e Innovación Tecnológica (PIIT) en Monterrey. Su personal científico y técnico apoya a las empresas y proyectos de investigación en curso.

En 2014 en el CIMAV se llevaron a cabo 53 proyectos financiados con fondos por convocatoria, de los cuales 40 tuvieron ingresos por 101 millones de pesos. Del total de los proyectos, 31 son de investigación, 22 corresponden a apoyos institucionales para infraestructura, equipamiento, formación de recursos humanos, entre otros. En el mismo año hubo 46 proyectos de vinculación, de los cuales se tuvo

un ingreso por 58 millones de pesos. CIMAV tuvo un promedio de 2 proyectos por investigador por año.

2.5. Análisis comparativo

Es posible observar que en las cuatro instituciones analizadas la vinculación se entiende como un concepto muy amplio, que abarca diversas actividades con orientaciones y alcances distintos. Esta amplitud de acepciones hace compleja su consideración en los sistemas de evaluación y al mismo tiempo fomenta la dilución de estas actividades en innumerables tareas.

En la UAM, por ejemplo, la vinculación incluye desde programas interinstitucionales de servicio social, intercambio y movilidad académica, hasta proyectos de investigación y desarrollo en colaboración con empresas privadas. En el caso de la UNAM, y hasta el PDI 2011-2015, la vinculación consideraba actividades de colaboración con instituciones académicas nacionales e internacionales, aunque en la práctica las ejercían diversas instancias universitarias encargadas de la cooperación. En el PDI 2016-2019 esas actividades ya no son entendidas como vinculación sino como cooperación e intercambio académico. Las actividades de difusión y divulgación son responsabilidad de la Dirección de Divulgación de la Ciencia, distinta de la Coordinación de Innovación y Desarrollo, que es la principal instancia institucional que promueve la vinculación. La colaboración de los académicos con los sectores productivos y empresarial es impulsada por la CID, así como por cada entidad académica, principalmente los institutos y centros de investigación. Las colaboraciones del trabajo de los académicos con el sector público las promueven las entidades de investigación, la CID y la CIC y la Coordinación de Humanidades, así como las facultades y escuelas de manera directa. La vinculación social es más visible en las entidades de ciencias sociales y se refiere a asesorías, nuevas formas de organización social y la atención a problemas de participación social a través de actores sociales u organizaciones no gubernamentales.

En cambio, la conceptualización de la vinculación en el IPN ha tratado de ir más allá de la vinculación academia-empresa para promover una integración social con su entorno a través de la creación de unidades de vinculación (IPN, 2004a; 2004b). Por su parte, en el CIMAV se observa un doble uso de la palabra vinculación en los documentos institucionales, como el Programa Estratégico de Mediano Plazo 2010-2014. La mayoría de los proyectos de vinculación del CIMAV se dividen en proyectos de

«vinculación académica» y proyectos de «vinculación industrial». Estos últimos tienen como objetivo desarrollar innovación tecnológica, mientras que los primeros promueven acuerdos de colaboración e intercambio con IES de México y el extranjero. La vinculación académica incluye la cooperación para realizar trabajos de investigación, la formación conjunta de recursos humanos y la colaboración para compartir estructura experimental. La vinculación con la sociedad no es explícita en la estructura de las diferentes direcciones del Centro o en los programas estratégicos institucionales. Sin embargo, ello no significa que no se lleven a cabo proyectos de vinculación social, sino que se tiene una conceptualización lineal de la vinculación, que considera que el impacto en la sociedad se dará a través de la vinculación industrial y académica. Un canal usado regularmente por el CIMAV para llevar a cabo vinculación social es a través de estrategias de difusión, promoción y divulgación del conocimiento, tales como conferencias, talleres o pláticas, publicaciones en medios digitales, visitas de estudiantes y profesores de IES de la región al CIMAV, así como difusión de las actividades del CIMAV en la página web, Facebook y Twitter.

Las modalidades de vinculación que son comunes en las instituciones analizadas se resumen en el cuadro 1. Como se puede apreciar, las actividades de vinculación en todas las instituciones tienen una acepción muy amplia; junto a la colaboración con el sector empresarial, público y social, aparece también la colaboración académica, la divulgación del conocimiento y la formación profesional. Existen también diferencias en el énfasis que estas instituciones otorgan a cada modalidad y en el éxito de su práctica a lo largo de los años.

Cuadro 1. Acepciones de la vinculación en las políticas explícitas vigentes en las instituciones analizadas

INSTITUCIÓN	COLABORACIÓN CON OTRAS INSTITUCIONES ACADÉMICAS, NACIONALES E INTERNACIONALES	DIFUSIÓN Y DIVULGACIÓN DEL CONOCIMIENTO A LA SOCIEDAD	COLABORACIÓN PARA LA FORMACIÓN DEL DESARROLLO PROFESIONAL
UAM	√√	√	√√
UNAM	√√	√√	√√√
IPN	√√	√√	√√√
CIMAV	√√	√	√

LEYENDA:

√√√ Acepción fuerte √√ Acepción media √ Acepción baja

Fuente: Elaboración propia a partir de documentos institucionales de la UAM, UNAM, IPN y CIMAV.

Todas las modalidades de vinculación que se muestran en el cuadro 1 se realizan en la UAM, sin embargo, es necesario señalar que el nivel acepción se ha definido a partir los documentos oficiales recientes y del número de convenios que se han establecido. En este sentido, aunque la UAM señala que los vínculos con el sector social y productivo son más importantes, y eso se refleja en un crecimiento importante del número de convenios con estos sectores, todavía los convenios firmados con el sector público son predominantes tanto en número como en la cantidad de recursos que aportan a la institución, especialmente aquellos que derivan de relaciones con la SEP y CONACYT. En los últimos años la UAM ha tratado de impulsar las incubadoras, sin embargo, se ha enfocado más a la promoción del emprendimiento académico.

En el caso de la UNAM, también se cuenta con todas las modalidades incluidas en el cuadro 2, aunque cabe enfatizar que en los últimos ocho años ha dominado la modalidad de incubadoras de empresas, que se ha extendido como instrumento, sustentado en la idea de impulsar la empresarialidad entre profesores y alumnos en los diferentes campos del conocimiento.

Por su parte, se observa que tanto el IPN y el CIMAV muestran similares acepciones de la vinculación en las políticas vigentes. Ambas instituciones conjuntan esfuerzos en las modalidades del trabajo de académico con el sector productivo y empresarial, así como con el sector público. La estrategia que han seguido es la inversión en infraestructura de laboratorios, creación de nuevas unidades y hasta clústeres en Veracruz y Chihuahua en el caso del IPN. Por su parte, el CIMAV tiene una clara estrategia y concentración de recursos para el desarrollo de la vinculación industrial basada en la localización geográfica y el desarrollo de infraestructura especializada.

COLABORACIÓN DEL TRABAJO DE LOS ACADÉMICOS CON LOS SECTORES PRODUCTIVOS Y EMPRESARIAL	COLABORACIÓN DEL TRABAJO DE LOS ACADÉMICOS CON EL SECTOR PÚBLICO	COLABORACIÓN DEL TRABAJO DE LOS ACADÉMICOS CON EL SECTOR SOCIAL
√√	√√√	√√
√√	√√	√
√√√	√√√	√
√√√	√√√	√

Cuadro 2. Modalidades de los Instrumentos de Vinculación

INSTITUCIÓN	OFICINA DE VINCULACIÓN CENTRALIZADA Y/O DESCENTRALIZADA	SERVICIOS TECNOLÓGICOS (CON INSTALACIONES DE LAS INSTITUCIONES)
UAM	SI	SI √√
UNAM	SI	SI √√
IPN	SI	SI √√√
CIMAV	SI	SI √√√

LEYENDA:

√√√ Modalidad alta √√ Modalidad media √ Modalidad baja

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de documentos institucionales de la UAM, UNAM, IPN y CIMAV.

La creación de nuevas subsedes, como la de Monterrey y recientemente la de Durango, se ha conformado como una estrategia para aumentar la vinculación y atender la demanda de proyectos de innovación en dichas localidades. Además de la localización geográfica, las instalaciones de CIMAV Chihuahua y Monterrey se encuentran en el Complejo Industrial Chihuahua y PIIT lo que muestra también la idea de generar encadenamientos y alianzas con empresas e incubadoras. La estrategia de vinculación del CIMAV permite visibilizar una nueva dirección para aumentar las infraestructuras necesarias tanto en la Unidad de Vinculación y Transferencia de Conocimiento como en la creación de un Centro de Alta Tecnología (CIMAV, 2015).

3. La vinculación en los criterios de evaluación y los programas de estímulos/incentivos al trabajo de los académicos

En las instituciones públicas que realizan investigación se ha generado un proceso de diferenciación a partir de la coexistencia de diversas formas de producción de conocimiento (Gibbons *et al.*, 1994; Ziman, 2000), de organización de la investigación; diferentes prácticas científicas, de vincularse con la sociedad, y múltiples formas de promover las interacciones a nivel regional/local (Casas y Gortari, 1997). Esta situación ha entrado en tensión con los sistemas de evaluación internos y externos, ya que dicha diversidad no está adecuadamente reflejada en ellos.

Este apartado documenta las actividades y los criterios de evaluación académica en las instituciones seleccionadas. Se analizan los mecanismos de ingreso y promoción, los sistemas de incentivos que regulan la conducta de la comunidad en la actividad académica, y el grado de alineación que estos tienen con los criterios de evaluación y las políticas institucionales de vinculación.

INCUBADORAS DE EMPRESAS			PARQUES CIENTÍFICOS Y/O TECNOLÓGICOS
ALTA TECNOLOGÍA	INTERMEDIA	TRADICIONAL	
NO	NO	NO	NO
SI √	SI √√	SI √√	SI √
SI √√√	SI √√√	SI √√√	SI √√√
SI √√√	SI √√√	SI √√√	SI √√√

3.1. UAM

Aunque la UAM señala en su «Ley orgánica» y en diferentes planes institucionales de desarrollo que su objeto y misión están orientados a la solución de problemas sociales de la nación, parece haber una inconsistencia entre estos lineamientos generales, su sistema de estímulos y las actividades de vinculación.

El sistema de estímulos al personal académico de la UAM está integrado por dos subsistemas que se complementan y retroalimentan: el programa de promoción y permanencia, incluido en el Reglamento de Ingreso, Promoción y Permanencia del Personal Académico (RIPPPA), y el Sistema de Becas Interno.

El sistema de estímulos para ingreso, promoción y permanencia considera y evalúa todas las actividades realizadas por los académicos sobre una base anual, y distingue seis diferentes tipos de actividad académica:

- Experiencia académica (docencia, elaboración de planes y programas, materiales didácticos y dirección de tesis).
- Investigación (programas y proyectos de investigación, libros científicos, artículos científicos, registro y aceptación de patentes, expedición de títulos de patente, ponencias y conferencias).
- Difusión y preservación de la cultura (cursos de educación continua, diplomados, conferencias impartidas, artículos de divulgación y periodísticos).
- Cooperación o dirección académica.
- Participación universitaria.
- Creación artística.

Existe también un apartado para evaluar la experiencia profesional o técnica, donde se incluye la actividad en otras instituciones (públicas y privadas), y trabajos de cierta relevancia con otras instituciones u organizaciones (consultorías, asesorías, etc.). La mayor parte de los académicos que establecen vínculos con el sector social, público o privado, lucrativo y no lucrativo, reportan sus actividades en este apartado.

El sistema de becas, por su parte, está integrado por seis tipos:

- Beca al desempeño de la carrera docente.
- Estímulo a los grados académicos, el cual se otorga solo si se obtiene la beca a la carrera docente.
- Premio a la docencia, que se otorga anualmente a un profesor por cada una de las divisiones académicas, en cada unidad de la UAM.
- Beca a la permanencia, que evalúa la investigación y difusión de la cultura.
- Estímulo a la investigación, con niveles A, B o C, dependiendo del puntaje anual obtenido a través de publicaciones científicas.
- Beca a la trayectoria académica sobresaliente, la cual evalúa docencia, investigación y difusión de manera acumulada. Pueden alcanzarse hasta seis niveles. El primer nivel (0.93 salarios mínimos) se otorga cuando se han acumulado 22 mil puntos por encima de los puntos necesarios para la obtención de la categoría de profesor-investigador titular C (categoría más alta); el sexto nivel (5.1 salarios mínimos) se otorga cuando se han acumulado 121 mil puntos.

Con excepción del punto del RIPPPA en el que se evalúa el registro y la expedición de patentes, y el apartado que premia la experiencia profesional, el cual puede, aunque no necesariamente incluye, vinculación con instituciones públicas y privadas, el sistema de estímulos (RIPPPA y Becas) está sesgado, pues premia significativamente más las actividades de docencia y las publicaciones científicas en revistas nacionales e internacionales que la generación de conocimiento aplicado y el establecimiento de vínculos con los sectores social, público y privado. Esto es evidente cuando se analizan los puntos obtenidos por los académicos en cada una de las actividades. Existe por tanto una inconsistencia fundamental entre las políticas explícitas de la UAM, que proclaman

la atención a los problemas sociales y productivos de la nación, y un sistema de estímulos y evaluación que orientan las actividades de la comunidad académica en otra dirección. Esta inconsistencia se fortalece porque en la UAM los mecanismos y criterios de evaluación para la obtención de estímulos a la docencia son menos exigentes y más flexibles que aquellos asociados a la producción científico-básica, lo que ha promovido una mayor dedicación de los profesores-investigadores a las actividades de investigación donde la evaluación depende menos de la evaluación interna y es más estricta. En otras palabras, se puede afirmar que en la UAM el sistema de incentivos y los mecanismos de evaluación no favorecen la vinculación con la sociedad en ninguno de sus sectores y están en contradicción con su misión y con sus políticas generales de vinculación.

3.2. La UNAM

La UNAM cuenta con varios instrumentos y programas para evaluar al personal académico, pero aquí solo analizaremos los dos más importantes que se aplican para evaluar las actividades del personal académico de tiempo completo: el Estatuto del Personal Académico (EPA) para ingreso y promoción y el Programa de Primas al Desempeño del Personal Académico de Tiempo Completo (PRIDE), que es el programa institucional de estímulos al personal académico de tiempo completo.

El EPA establece los criterios generales para la contratación y promoción de profesores e investigadores de tiempo completo y los requisitos para ocupar las categorías y niveles en cada una de esas figuras académicas. Los requisitos datan de los años setenta y los criterios son de carácter general y orientadores, lo que ha dado lugar a que, en los diferentes subsistemas de la UNAM, particularmente en el de la investigación científica y en el de las humanidades, sus consejos técnicos definan criterios de evaluación más específicos y acotados a la naturaleza de las funciones que desempeñan los académicos. Es una opinión bastante extendida entre los universitarios que los criterios de evaluación establecidos en el EPA han sido rebasados desde hace mucho tiempo por la realidad y la diversidad de formas de trabajo a la que nos referíamos más arriba.⁶

⁶ Durante el Congreso Universitario de 1989 y después de la huelga de 1999-2000, se emprendieron trabajos colegiados para la reforma del EPA. Se integró un claustro que trabajó durante más de cinco años en la generación de una nueva

Los criterios de evaluación para ingreso, promoción y *definitividad* consideran como principales aspectos: la formación académica y la escolaridad, los años de experiencia en docencia o investigación, la producción científica, las actividades de docencia e investigación, la dirección de tesis, la formación de personal especializado, la dirección de grupos de docencia e investigación y la formación de profesores o investigadores que trabajen de manera independiente. Para cada una de las categorías y niveles (Asociado o Titular, niveles A, B y C), estos criterios van adquiriendo especificidades. En la evaluación para efectos del EPA ha prevalecido un enfoque cualitativo, aunque algunas entidades han establecido tabuladores con puntos en diferentes momentos de la historia de la UNAM.

Como complemento a la gran generalidad del EPA, en el subsistema de la investigación científica (SIC), que agrupa a los institutos y centros de investigación, su consejo técnico ha realizado varios ejercicios para definir, en el marco del EPA, criterios más acotados a sus características. El primero, en 1988, se basó en una concepción estrecha del trabajo de investigación y en criterios muy rígidos sobre las formas de investigar y la productividad. En 2001 y 2003 (UNAM, 2003), se definió un conjunto de criterios que tuvieron en cuenta las particularidades de las disciplinas y la evolución de las actividades académicas durante los años noventa, por lo que plantearon un abanico más amplio de actividades y formas de trabajo. El documento estableció los objetivos del SIC:

hacer investigación científica (básica, aplicada o tecnológica) que incrementemente con sus resultados el acervo de conocimientos de la sociedad y su capacidad de resolver los problemas que la afectan; transmitir el conocimiento científico y tecnológico existente, mediante la docencia; formar recursos humanos con la capacidad de crear nuevo conocimiento; y, difundir de la manera más amplia posible el conocimiento científico y tecnológico existente hacia el resto de la sociedad (UNAM, 2003, p. 12).

Se enfatiza que los parámetros principales de evaluación seguirán siendo las publicaciones de calidad y la formación de recursos humanos especializados y se establece que «no se concibe que un investigador

propuesta que hasta la fecha no ha sido considerada ni discutida en las comisiones del Consejo Universitario.

sustituya de manera sustancial las actividades de investigación científica por otras» (UNAM, 2003, p. 13). Aunque «otras» actividades podrían estar haciendo alusión a la vinculación, en otro grupo de actividades que fueron consideradas para su evaluación se incluían las actividades de vinculación; sin embargo, no podrían ser las principales ni sustituir la investigación. Por vinculación se entendía la «promoción y gestión de patrocinio a proyectos de investigación y de desarrollo tecnológico; convenios de transferencia de tecnológica; acciones de vinculación académica; proyectos de investigación y desarrollo para la industria y el sector público» (UNAM, 2003, pp. 20-21). Esta acepción de vinculación está más relacionada con servicios, consultorías y el uso de conocimientos existentes y menos con la generación de conocimiento nuevo.

Por lo que se refiere al programa de evaluación PRIDE, instituido a principios de los años noventa como parte de las políticas de educación superior y de la instauración del Estado evaluador, a partir del cual se otorgan estímulos mensuales por períodos de entre 3 o 5 años sujetos a renovación, define un perfil de académico, independientemente que se tenga nombramiento de profesor o investigador de tiempo completo, en el que se conjugan cinco grandes rubros:

- Formación y trayectoria académica o profesional global.
- Labores docentes y de formación de recursos humanos.
- Productividad académica (producción científica, social, humanística, artística y tecnológica, así como productividad para la docencia).
- Labores de difusión y extensión.
- Participación institucional y servicios a la comunidad.

La principal lógica de este programa ha sido generar una interacción más estrecha entre docencia e investigación, dada la estructura organizativa de la UNAM en la que prevalece una separación en facultades, institutos y centros que no ha facilitado dicha retroalimentación. La evaluación se basa en los «Lineamientos y requisitos generales para la evaluación del profesores e investigadores» (UNAM, 2014a), que establece criterios mínimos para cada rubro y nivel –fue elaborado por primera vez en 1996 y permaneció sin cambios durante casi veinte años–. El tipo de evaluación es cualitativa en la que se comparan las trayectorias de académicos que tienen los mismos nombramientos,

categoría y nivel, así como su trayectoria en evaluaciones anteriores. Participan varios cuerpos colegiados *ad hoc* en esta actividad. Los incentivos otorgados están tasados en porcentajes con respecto al salario de los académicos.

Las actividades de vinculación en el PRIDE no estaban explícitas, solo recientemente se hicieron explícitas en los nuevos lineamientos publicados en el 2014. Quedaron contenidas en los rubros de productividad académica (prototipos, patentes, informes técnicos, manuales, normas, instrumentación experimental, programas de cómputo especializado, desarrollo de nuevas metodologías, promoción y gestión de proyectos de investigación o de desarrollo tecnológico; vinculación académica o de investigación, innovación y desarrollo con los sectores público, privado o social); y, en el de participación institucional y servicios a la comunidad: consultorías a instituciones externas, proyectos determinados, artísticos, de diseño, culturales o deportivos, servicios a la industria o al sector público. Es decir, en dos de los cinco rubros considerados en la evaluación.

Por lo anterior, comparando EPA y PRIDE, destaca que en el primer caso prácticamente no hay mención explícita a actividades de vinculación, en tanto que en el PRIDE se han introducido en algunos rubros, sin constituirse en una actividad sustantiva en la evaluación. Es decir, los criterios de evaluación del PRIDE no orientan explícitamente la actividad de los académicos en esa dirección.

3.3. El IPN

El Programa de Desarrollo Institucional del IPN 2010-2012 comprende, dentro de los objetivos estratégicos, el asegurar la calidad de la investigación y su orientación hacia la búsqueda de soluciones originales e innovadoras a los problemas del desarrollo, a través de impulsar a los proyectos vinculados a los sectores productivo y de servicios. Uno de los proyectos institucionales es el fortalecimiento de los programas de estímulos y reconocimiento del personal docente y de apoyo, así como de asistencia a la educación. Dentro de este marco, se contemplan acciones orientadas a revisar, actualizar y ampliar los estímulos que el Instituto brinda al personal, incluyendo los de tipo económico. Derivado de lo anterior, en 2013, se diseñó el Programa de Estímulos al Desempeño de los Investigadores (EDI) que sustituyó los programas de Estímulos al Desempeño Docente de 1994 y 2001.

Además de los EDI, existen otros dos esquemas de estímulos a los investigadores en el IPN: el Sistema de Becas por Exclusividad (SIBE) y los estímulos concretos para proyectos de vinculación. A continuación se explican en detalle los tres esquemas:

3.3.1. Estímulos al Desempeño de los Investigadores

Los Estímulos al Desempeño de los Investigadores (EDI) comprenden una estructura de beneficio económico adicional al salario del personal investigador. Se hace un pago mensual por un período de dos años y a su término se hace una evaluación. El estímulo se da de acuerdo a 9 niveles que están basados en una determinada cantidad de salarios mínimos. Por ejemplo, al nivel 1 se le asigna un salario mínimo y al nivel 9, 14 salarios mínimos. La asignación de los niveles de estímulo se realiza de acuerdo con una tabla de puntuación que el investigador acumula en la evaluación en los últimos cuatro años del calendario de acuerdo su productividad. Por ejemplo, al nivel 1 le corresponden 300 puntos; al nivel 9, por su parte, 2 601 puntos. Existen algunas condiciones para niveles superiores al 5, las cuales pueden ser: tener el grado de doctor o haber presentado el examen de forma de una patente, o bien, haber generado una transferencia tecnológica bajo contrato a nombre del Instituto en los últimos tres años. Para el nivel 7 es requisito ser candidato a investigador nacional o haber presentado una solicitud de registro de patente. Para el nivel 8 se debe ser investigador nacional I o haber aprobado el examen de forma en un proceso de patente. Por último, para el nivel 9 es requisito mínimo ser investigador nacional II o la explotación comercial de una patente.

3.3.2. Sistema de Becas por Exclusividad

El Sistema de Becas por Exclusividad (SIBE) es un programa que se creó en 1990 y comprende un estímulo económico por parte de la Comisión de Operación y Fomento de Actividades Académicas del IPN, que se da a los investigadores de tiempo completo y exclusivo de la Institución (con base en un tabulador por puntaje). Tiene el objetivo de promover la investigación y la excelencia académica en las escuelas, centros y unidades académicas del IPN. Los estímulos del SIBE, al igual que los estímulos al desempeño de los investigadores, también tienen una duración de dos años. La beca es mensual y su nivel lo determinará la puntuación que obtenga el docente de acuerdo a sus actividades académicas realizadas. Las actividades a evaluar son: investigación y/o

desarrollo tecnológico, docencia y extensión académica que se hayan realizado seis años anteriores a la solicitud.

El SIBE comprende cinco niveles; el nivel 1 tiene 1 600 puntos y le corresponde un monto de 2 837 pesos si el investigador se encuentra en la Zona Metropolitana y 4 255 pesos si es de un centro foráneo. En nivel IV, que es más alto, le corresponden 7 092 pesos en la Zona Metropolitana y 8 511 pesos si está en un centro fuera de dicha área. Los estímulos al desempeño investigador y los del SIBE no son excluyentes, los investigadores pueden recibir ambos programas de estímulo siempre y cuando cumplan con los requisitos estipulados.

3.3.3 Estímulos a la vinculación

Los estímulos a la vinculación están comprendidos en los lineamientos que regulan la programación, captación, ejercicio, registro y reporte de los recursos autogenerados que ingresan al presupuesto federal o al Fondo de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico del IPN. El monto del estímulo al personal participante en los proyectos de vinculación se estipula con base en un tabulador y es mensual.

3.4. CIMAV

En los 27 centros públicos de investigación de CONACYT existe una homologación en el Reglamento de Estímulos al Personal Investigador establecida en el artículo 55 de la Ley de Ciencia y Tecnología de 2002. Sin embargo, cada centro puede establecer particularidades de acuerdo a sus prioridades. La regla básica de la puntuación interna es que cada investigador recibe un salario base y un bono salarial que depende de la acumulación de puntos generados de acuerdo a su productividad científica. El sistema de estímulos ha ido cambiando, presionado por las restricciones presupuestales del Gobierno Federal, que se mantienen estables en el tiempo, mientras que el personal investigador del Centro aumenta. Indirectamente esta situación ha provocado que se promueva una mayor productividad en los investigadores. Por ejemplo, antes se premiaba al investigador por brindar servicios tecnológicos a la industria, actualmente solamente se premian proyectos de científico-tecnológicos con la industria.

Entre las actividades que se evalúan actualmente en el CIMAV se consideran: proyectos, artículos, libros, capítulos de libros, patentes, formación de recursos humanos y vinculación. La puntuación se asigna en una escala del 1 al 100 que se distribuye de la siguiente manera:

investigación y formación de recursos humanos brindan 70 puntos y vinculación sin límite. Lo que quiere decir que para que un investigador pueda tener el 100 % de los estímulos tiene que realizar actividades en los tres rubros: formación de recursos humanos, investigación y vinculación (CIMAV, 2010).

En el rubro de investigación se establece que se darán 6 puntos por artículo en libro internacional, 3 por un capítulo de libro nacional, 10 por un libro publicado internacional, 6 por un libro publicado nacional, 6 puntos por un artículo en revista indexada internacional, 3 puntos por título de patente, así como un punto por cada 50 000 pesos por un proyecto de investigación externo, 1 punto por participación en proyectos de investigación con instituciones externas. En el rubro de formación de recursos humanos se dan 6 puntos por curso impartido en CIMAV, 6 puntos por dirección de tesis terminada en 4 años, 4 puntos por dirección de tesis de maestría terminada en menos de 3 años. Por último, en vinculación, se da 1 punto por cada 10 000 pesos de ingresos facturados por proyectos.

Como se puede observar en la estructura de tabulación del puntaje, el Centro ha implementado una estructura de estímulos que refuerza la aplicada a nivel nacional por CONACYT a través del SNI, donde se premia, principalmente, la publicación de artículos en revistas internacionales y la formación de recursos humanos, con la diferencia de que en el CIMAV, se estimula también la vinculación con la industria.

3.5. Comparación

Al realizar una comparación entre las instituciones analizadas, respecto a la racionalidad que impera en sus instrumentos de evaluación, emergen ciertas diferencias entre la que prevalece en la UAM y UNAM, de un lado, y la del IPN y CIMAV, por el otro (cuadro 4). En estas dos últimas instituciones existen estímulos directos a la vinculación (como ejemplo, en el caso del IPN pueden llegar hasta los 125 salarios mínimos si el monto del proyecto de vinculación es de 100 a 200 millones de pesos). Esto es una clara diferencia en los marcos de estímulos en comparación con la UAM y la UNAM. Sin embargo, los investigadores, tanto del IPN como del CIMAV, se enfrentan a una constante tensión debido a que tienen que dividir su tiempo entre docencia, investigación y vinculación. El caso del CIMAV muestra que para que un investigador tenga el 100 % de los estímulos tiene forzosamente que llevar a cabo actividades en los tres

rubros. Ello significa que los investigadores no pueden dedicarse solo a la vinculación debido a que su participación en proyectos grandes de desarrollo tecnológico está constantemente limitada por su necesidad de publicar también en revistas indexadas y la carga de la docencia. Es decir, si un investigador tiene una patente, pero no tiene artículos en revistas indexadas, la patente no será evaluada positivamente.

Cuadro 4. Racionalidad en la evaluación de actividades y productos científicos de cada institución

ACTIVIDADES SUJETAS A EVALUACIÓN	UAM	UNAM	IPN	CIMAV
• Escolaridad y actualización	√√√	√√√	√√	√√
• Docencia	√√√	√√√	√√√	√√√
• Investigación:				
◆ Básica	√√√	√√√	√	√
◆ Aplicada	√√	√√	√√√	√√√
◆ Desarrollo tecnológico	√	√√	√√√	√√√
• Vinculación	√	√	√√√	√√√
• Otras actividades:				
◆ Divulgación	√√√	√	√	√
◆ Participación institucional	√	√	√	√

LEYENDA:

√ Poco importante

√√ Importante

√√√ Muy importante

Fuente: Elaboración propia basada en los documentos analizados.

Esta observación se extiende a la UAM y la UNAM, ya que, aunque la vinculación no está establecida como una función central en las evaluaciones, los académicos deben igualmente distribuir su tiempo para atender todos los rubros que se han considerado como centrales para acceder a los niveles más altos de estímulos. Es decir, estas orientaciones de los programas de estímulo que promueven un perfil entre los académicos van en dirección opuesta a los procesos de diferenciación que se han generado al interior de las instituciones y a las distintas formas de producir conocimiento que se han documentado en la literatura.

En el cuadro 4 también se puede observar que, aunque hay diferencias en las racionalidades en cuanto a estimular la vinculación entre la UAM y la UNAM, por un lado, y el CIMAV y el IPN, por el otro, las cuatro instituciones coinciden en otorgar un papel muy importante a la docencia en la evaluación. Asimismo, las instituciones mostraron

coincidencia en conceder relevancia a las actividades de investigación aplicada.

A pesar de que la mayoría de las cuatro instituciones se refieren en un sentido amplio a la vinculación, lo que significa que deberían promoverse también actividades con la sociedad, el cuadro 4 muestra que en la racionalidad de las evaluaciones la vinculación con la sociedad está ausente. Por lo anterior, si las instituciones académicas quieren realmente incentivar la vinculación de las IES y centros públicos de investigación con la sociedad, será preciso introducir esta actividad en las evaluaciones y favorecerla en ciertos sectores de las instituciones más proclives a interactuar con distintos sectores de la sociedad. Asimismo, los esfuerzos ya realizados por parte de las IES relacionados con la adquisición de infraestructura para incentivar la vinculación con empresas como incubadoras y clústeres tendrán que ser aparejados con un mayor reconocimiento en los sistemas de evaluación.

4. Otros incentivos para la vinculación: los reglamentos de ingresos extraordinarios

Los reglamentos generales de ingresos extraordinarios de las instituciones han constituido con el tiempo un aspecto que incentiva la vinculación entre conocimiento y sociedad. Se entiende por ingresos extraordinarios los no incluidos en los presupuestos programáticos anuales otorgados por la Federación y aprobados por las instituciones, es decir, aquellos que son generados por convenios y contratos con instituciones externas. Esta normativa dio lugar al establecimiento de convenios o contratos con las partes o sectores con los que se quiere desarrollar una actividad de vinculación y la definición de porcentajes debeneficios para la institución en compensación por el tiempo empleado por sus académicos y el uso de su infraestructura. Este apartado explora las regulaciones en la generación de ingresos extraordinarios en las instituciones seleccionadas; se pone énfasis en los instrumentos que norman la obtención de ingresos complementarios por parte de los académicos que realizan actividades para otros sectores y que pueden convertirse en estímulos para participar en convenios o contratos de vinculación.

La normativa vigente en la UAM señala que en aquellas actividades que generan ingresos extraordinarios el beneficio para la institución será del 20 % cuando las actividades se realizan dentro de las instalaciones de la universidad y del 13 al 15 % cuando se llevan a cabo

en otros espacios. En la UAM estos ingresos son concentrados en la rectoría general y solo eventualmente pueden ser redireccionados a las unidades académicas que los generaron; la gestión concentrada de los recursos no ha tenido una buena aceptación entre la comunidad participante en la generación de recursos extraordinarios.

La legislación de la UAM restringe la participación de sus académicos en la generación de recursos extraordinarios, pues los profesores-investigadores de tiempo completo no pueden dedicar más de 9 horas a la semana a actividades extra-universitarias en otras instituciones u organizaciones del sector público y privado que les genere ingresos. Así mismo no pueden involucrarse en cursos de capacitación o diplomados si existe incompatibilidad con sus horarios de docencia.

En el caso de la UNAM la normativa ha sido clara en cuanto al porcentaje que retiene la administración central, que ha ido disminuyendo, y al que se destina a la entidad que generó los recursos, que se ha ido incrementando; actualmente es de 5 % para la administración central y 15 % para la entidad que los generó y que deben ser destinados a mejora de infraestructura. Hasta mediados de la década del 2000, los montos adicionales de percepciones para los académicos que participen en estas actividades no estaban normados de manera general para toda la Universidad, cada entidad lo definía. En 2012 se renovó el reglamento sobre los ingresos extraordinarios, que estableció un máximo de percepciones adicionales para los académicos, hasta un 20 % del monto del proyecto. Esta normativa generó muchas reacciones en contra, ya que significó un control estricto a las percepciones que venían recibiendo los académicos mediante convenios y contratos. Para resolver esto, en 2014 se aprobaron normas complementarias a dicho reglamento mediante la siguiente modificación:

La limitante del 20 % del monto máximo de la percepción adicional que podrá recibir todo el personal académico que haya participado en un proyecto no será aplicable cuando los ingresos extraordinarios se generen por la prestación de alguno de los siguientes servicios: los de carácter profesional que incluyen los servicios médicos, odontológicos, veterinarios o asesorías y consultorías; los servicios técnicos que impliquen mantenimiento y construcción de equipo y uso de laboratorios, entre otros; la elaboración de insumos para la industria y el comercio; la normalización, análisis y verificación de muestras de productos, servicios y desechos provenientes de procesos industriales; los servicios académicos

que incluyen cursos, educación continua, conferencias, seminarios, congresos o acciones comprendidas dentro de la difusión y extensión de la cultura; licenciamiento y explotación de títulos de propiedad intelectual y transferencia de conocimientos tecnológicos; así como aquellos cuando la Universidad transmite el uso o autoriza la explotación de marcas, patentes, modelos, diseños industriales o nombres comerciales, así como las obras literarias o artísticas (UNAM, 2014b).

Esto en la práctica significó eliminar los porcentajes tope.

En el IPN los recursos autogenerados se refieren a los ingresos por concepto de prestación de servicios de vinculación, servicios externos y servicios educativos. La gestión de los recursos autogenerados en el IPN tuvo su fundamento en los artículos 15, 18, 19 y 20 de la Ley de Fomento Institucional de Investigación Científica y Tecnológica de 1999. Actualmente lo tiene en los artículos 27 y 50 de Ley de Ciencia y Tecnología. El artículo 27 señala:

que las instituciones de educación superior públicas reconocidas como tales por la Secretaría de Educación Pública, que no gocen de autonomía en términos de la fracción VII del artículo 30 de la Constitución, que realicen investigación científica o presten servicios de desarrollo tecnológico o innovación podrán constituir fondos de investigación científica y desarrollo tecnológico en los términos de los dispuesto por el artículo 50 de esta Ley.

Por consecuencia, en el año 2000 se crea el Fondo Institucional de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico que permite captar recursos autogenerados al IPN, así como regularlos y administrarlos a través de un fideicomiso. En 2006, se crearon las Reglas de Operación del Fondo y, finalmente, en 2008 se publican lineamientos que regulan la programación, captación, ejercicio, registro y reporte de los recursos autogenerados que ingresan al presupuesto federal o al Fondo de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico del IPN. Los lineamientos estipulan los estímulos que el personal académico percibirá por concepto de servicios de vinculación. Los estímulos se basan en la asignación de un determinado número de salarios mínimos de acuerdo al monto total del proyecto y al papel del investigador en el proyecto (director, coordinador técnico, responsable de sede, coordinador administrativo, especialistas y analistas académicos,

técnicos, personal de apoyo o alumnos participantes en el proyecto). Entre mayor responsabilidad tenga el investigador en el proyecto de investigación, le corresponde mayor monto de estímulos. Por ejemplo, a un director de proyecto de vinculación le puede corresponder desde 19 salarios mínimos por un proyecto de hasta 1.5 millones de pesos, o bien, hasta 125 salarios mínimos por un proyecto de 100 a 200 millones de pesos. El 15 % del total del proyecto debe quedarse en el Fondo.

En el caso del CIMAV la misma Ley de Ciencia y Tecnología de 2002 en el artículo 51 establece que los centros públicos de investigación promoverán conjuntamente con el sector público y privado la conformación de asociaciones y alianzas estratégicas, consorcios, unidades de vinculación y transferencia de conocimiento, nuevas empresas privadas de base tecnológica y redes regionales de innovación. Actualmente está en consolidación la Unidad de Vinculación y Transferencia de Conocimiento como resultado de las modificaciones al artículo 51 de 2009. Además, ese mismo artículo señala que con el objetivo de promover la comercialización de los derechos de propiedad intelectual e industrial de las instituciones, centros y entidades, los órganos del gobierno o equivalente aprobarán los lineamientos que permitan otorgar a los investigadores, académicos y personal especializado que los haya generado hasta 70 % de las regalías.

La normativa existente en estas instituciones seguramente se ajustará en los próximos meses debido a las recientes reformas a la Ley de Ciencia y Tecnología y de Responsabilidades de Servidores Públicos (diciembre, 2015) que establece que las IES, centros públicos de investigación y las entidades de la administración pública que realicen actividades de investigación científica, desarrollo tecnológico e innovación podrán realizar actividades de vinculación con los sectores público, privado y social, y recibir beneficios. Se establece también que dichas actividades serán, además de las previstas en el citado artículo: la participación de investigación científica y desarrollo tecnológico con terceros; transferencia de conocimiento; licenciamientos; participación como socios accionistas de empresas privadas de base tecnológica o como colaboradores o beneficiarios en actividades con fines de lucro derivadas de cualquier figura de propiedad intelectual perteneciente a la propia institución, centro o entidad, según corresponda. La Ley de responsabilidades administrativas de los servidores públicos, también reformada en diciembre de 2015, establece que los servidores públicos podrán realizar actividades de vinculación con los sectores

público, privado y social, y recibir beneficios. Estas modificaciones seguramente redundarán en un estímulo mayor a la vinculación de los académicos con otros sectores de la sociedad.

Conclusiones

Este artículo muestra el papel central de las universidades y los centros públicos de investigación en la producción de conocimiento, y llama la atención sobre el papel que tienen las nuevas formas de producción de conocimiento y los procesos de innovación en el cambio de las políticas institucionales de las universidades y centros públicos de investigación. Argumenta que las políticas institucionales y nacionales para fomentar los procesos de vinculación universidad-sociedad son insuficientes y que la intensidad y especificidad de estas vinculaciones están fuertemente determinadas por el sistema de incentivos y de evaluación subyacente que actúa como inhibidor o promotor en el establecimiento de las relaciones de colaboración con la sociedad. Los casos de la UAM, UNAM, IPN y el CIMAV muestran evidencia significativa sobre esta conclusión.

No hay duda de que los incentivos son un elemento clave que limita la vinculación, sin embargo, constituyen solo un elemento que explica los alcances de la vinculación. Otros aspectos, como fragilidad de la demanda externa de conocimientos, no pueden ser dejados de lado. Es probable que la existencia de una mayor demanda de conocimientos por parte del sector productivo, público y social alentaría la vinculación con el sector académico aun si los sistemas de incentivos son inadecuados. Cabe señalar que, aunque los sistemas de incentivos sean inadecuados, si existiera del lado del sector productivo, del sector público y el social una demanda adecuada la vinculación sería mayor.

El análisis muestra que la vinculación ha ganado importancia en las políticas y programas de desarrollo institucional en los últimos años y que implícitamente ha generado diferentes formas de producir conocimientos redefiniendo las funciones de las instituciones.

En los cuatro casos estudiados la palabra vinculación se incluyó en las narrativas de los programas de desarrollo institucional y fueron acompañadas por una estrategia de cambios en la estructura organizacional, así como por montos de inversiones para el desarrollo de infraestructura. El trabajo también muestra que la vinculación ha sido referida en un sentido amplio en las cuatro instituciones, lo que significa que no solo se hace alusión a las empresas públicas y

privadas, sino también a la vinculación institucional con otras IES y con la sociedad.

Cada institución ha seguido diferentes estrategias: la UAM desde su fundación se propuso interactuar con el entorno en el que fueron establecidas las diferentes sedes y más recientemente se ha planteado convertir a la vinculación en un eje transversal a la docencia, la investigación y la preservación de la cultura; la UNAM siguió un patrón de desarrollo institucional fluctuante relacionado a las fuerzas políticas internas y debates respecto al papel de la universidad y su posición frente a la comercialización del conocimiento. Desde 2008, el peso de la vinculación tomó más fuerza en la estructura organizacional junto con una estrategia que se centró en el desarrollo institucional, introducción de mecanismos novedosos para promover la vinculación, así como en el desarrollo de infraestructura con la creación de incubadoras, parques tecnológicos y fomento al emprendimiento e empresas universitarias de innovación. En el IPN, en cambio, se observa que a partir de 2000 se da una mayor certeza a la regulación de las actividades de vinculación con la creación del Fondo de Investigación Científica y Tecnológica y el desarrollo de infraestructura centrada en la creación de las unidades de integración social para promover la vinculación en un sentido amplio, así como el desarrollo de infraestructura para promover la vinculación, como los laboratorios, incubadoras y parques tecnológicos. El CIMAV, por su parte, ha seguido una estrategia de localización geográfica y de alianzas con empresas y otro tipo de universidades internacionales para promover casos de éxito en vinculación.

Como se ha discutido a lo largo del artículo, las cuatro instituciones muestran una estructura de estímulos que comprende una gama diferenciada de mecanismos para evaluar las actividades que se pueden agrupar en cuatro rubros: docencia, investigación, difusión y vinculación. En el IPN y el CIMAV, hay tradicionalmente una mayor práctica de evaluar positivamente la vinculación que en la UAM y la UNAM; sin embargo, las actividades de docencia y de investigación siguen teniendo un gran peso. En ninguna de las cuatro instituciones existen, por ejemplo, esquemas bajo los cuales un investigador pudiera ser evaluado mayormente con actividades de vinculación porque eso implicaría dedicar menos tiempo a los rubros de docencia e investigación, además de que no alcanzaría el 100 % de los estímulos. A la larga, si los investigadores se inclinaban más hacia la vinculación comprometerían su carrera

profesional. En la UNAM, esto está explícitamente no permitido por lo que se refiere al subsistema de la investigación científica.

Aunque en los últimos veinte años se ha avanzado en la introducción de mecanismos para interactuar con diversos sectores de la sociedad a través del conocimiento, la vinculación no ha ganado la autoridad ni el reconocimiento suficiente en los sistemas de evaluación, que continúan privilegiando docencia e investigación y sin reconocer adecuadamente formas de producir conocimientos en interacción con otros sectores. Se ha podido observar un desfase entre políticas institucionales y los sistemas de evaluación y de incentivos debido a que las cuatro instituciones muestran cambios más dinámicos en el desarrollo institucional y en sus estructuras organizacionales para el apoyo a la vinculación que los cambios en los lineamientos y las evaluaciones de académicos. Se observa un entusiasmo creciente por la vinculación a nivel discursivo en las políticas de las instituciones y por ampliar sus funciones, que se ha materializado en el desarrollo de infraestructura necesaria para llevar a cabo procesos de vinculación, pero estos cambios no han impactado con la misma fuerza y dinámica a los esquemas de estímulos, por lo que hay una rigidez institucional para transformarlos. Ante ello, en lugar de transformar los estímulos existentes, se padece una superposición de criterios, lo que explica el no reconocimiento de diferentes formas de trabajo académico.

Este artículo también pone en la mesa de debate el papel que tendrán los recientes cambios a las legislaciones, como la Ley de Ciencia y Tecnología y la Ley de Responsabilidades Administrativas de los Servidores Públicos sobre la vinculación, en términos de que brindan un nuevo marco jurídico y legal para que las instituciones académicas establezcan su normatividad y las condicionan a la obligatoriedad de definir políticas y normas institucionales para las actividades de vinculación y las asuman como una de sus funciones. Sin embargo, estas transformaciones parecerían indicar que la vía de estímulos para fortalecer la vinculación vendrá más por el lado de que los investigadores lo puedan hacer libremente, que reciban remuneraciones complementarias y que puedan fungir como socios de empresas, pero no parece que esto vaya a reconocerse en los procesos de evaluación académica. La política implícita indica que no se limitará que los académicos realicen estas actividades, pero las remuneraciones que reciban de los sectores con los que se vinculan representarán los verdaderos estímulos a la vinculación.

Aunque las modificaciones en los dos marcos legales mencionados parecen constituirse como mayores incentivos específicos para la vinculación, cuando estos entran en interacción con el resto de los estímulos a la producción a nivel nacional, como el SNI y los incentivos locales de las IES, aquellos pueden perder fuerza. En el futuro se prevé que la interacción de los diversos esquemas de estímulos existentes se seguirá materializando en una constante tensión entre los investigadores por saber dividir su tiempo y actividades entre las funciones principales de las instituciones (docencia, investigación, difusión y vinculación).

El artículo brinda elementos para la agenda futura de investigación centrada en las dinámicas de la interacción universidad-sociedad, en analizar no solo las políticas y su relación con los sistemas de evaluación de los investigadores, sino las tensiones que la interacción entre diferentes regulaciones y marcos evaluativos genera entre los académicos.

Bibliografía

- ARUNDEL, A.; GEUNA, A. (2004): «Proximity and the use of public science by innovative European firms», *Economics of Innovation and New Technology*, vol. 13, n.º 6, pp. 559-580, <<http://dx.doi.org/10.1080/1043859092000234311>> [8/2/2016].
- ARZATE, R. G.; TRONCO, M. A. (2000): «La Coordinación General de Vinculación del Instituto Politécnico Nacional. Una herramienta para la gestión de la innovación, México D. F., <http://www.innred.net/iber/Eventos/2000/C00_05.htm> [12/1/2016].
- BAPTISTA, B. (2012): «Consultoría: mapeo y descripción de las prácticas, mecanismos y procesos que facilitan el traslado de los resultados de la investigación al diseño e implementación de las políticas de ciencia, tecnología e innovación en Uruguay», LALICS. Documento de trabajo.
- BAPTISTA, B. *et al.* (2010): «Consulta a tomadores de decisión de políticas públicas de ciencia, tecnología e innovación sobre sus fuentes de información», BID. Informe regional.
- BAPTISTA, R. (1999): «The Diffusion of Process Innovations: A Selective Review», *International Journal of the Economics of Business*, vol. 6, n.º 1, pp. 107-129, <<http://dx.doi.org/10.1080/13571519984359>> [14/4/2016].
- BOZEMAN, B.; CORLEY, E. (2004): «Scientists'collaboration strategies: implications for scientific and technical human capital», *Research Policy*, vol. 33, n.º 4, pp. 599-616, <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048733304000162>> [14/4/2016].

- CANALES, A. (2001): *La experiencia institucional con los programas de incentivo: la UNAM en el período 1990-1996*, CINVESTAV.
- CARDEN, F. (2009): *Knowledge to Policy: Making the Most of Development Research*. IDRC-Icaria, Barcelona.
- CASAS, R.; GORTARI, R. DE (1997): «La vinculación en la UNAM: hacia una nueva cultura académica basada en la empresariedad», en R. Casas y M. Luna (coords.), *Gobierno, academia y empresas en México. Hacia una nueva configuración de relaciones* (pp. 163-227). Plaza y Valdés, México D. F., pp. 163-227.
- CASAS, R.; LUNA, M. (1997): *Gobierno, academia y empresas en México: Hacia una nueva configuración de relaciones*, Plaza y Valdés, México D. F., <<http://www.worldcat.org/oclc/38152274>> [3/2/2016].
- CASALET, M.; CASAS, R. (1998): *Un diagnóstico sobre la vinculación universidad-empresa CONACYT-ANUIES*, ANUIES, México D. F.
- CIMAV (2006): *Anuario 2005*.
- CIMAV (2010): «Esquema de puntuación de estímulos para el 2010», Chihuahua.
- CIMAV (2014): «Plan Estratégico de Mediano Plazo 2014-2018», Chihuahua.
- CIMAV (2015): «Programa anual de trabajo», Chihuahua.
- COHEN, W.; NELSON, R.; WALSH, J. (2002): «Links and Impacts: The Influence of Public Research on Industrial R&D», *Management Science*, vol. 48, n.º 1, pp. 1-23, <http://www.jstor.org/stable/822681?seq=1#page_scan_tab_contents> [14/4/2016].
- CONACYT (2009): «Manual de organización del Centro de Investigación en Materiales Avanzados», México D. F., <http://cimav.edu.mx/data/files/documentos/Manual_Organizacion_CIMAV.pdf> [14/3/2016].
- CORONA, J. M.; DUTRÉNIT, G. (2015): «Transferencia de conocimiento de la investigación hacia la formulación de políticas en ciencia, tecnología e innovación: evidencia de países latinoamericanos». Inédito.
- CORONA, J. M.; AMARO, M.; SORIA, M. (2009): *University-Industry Collaboration: The Role of the Incentives System. A case study in the Mexican biotechnology Sector*, Glasgow, UK.
- COURT, J.; YOUNG, J. (2003): *Bringing Research and Policy: Insights from 50 case studies*, London Overseas Development Institute.
- CREWE, E.; YOUNG, J. (2002): «Bringing research and Policy: Context, Evidence and Links», Working Paper 173, Overseas Development Institute, London.
- D'ESTE, P.; PATEL, P. (2007): «University-industry linkages in the UK: What are the factors underlying the variety of interactions with industry?»,

- Research Policy*, vol. 36, n.º 9, pp. 1295-1313, <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048733307001199>> [14/4/2016].
- DÍAZ, F. (2005): «Estado del conocimiento de la innovación curricular en México en la década de los años noventa», en A. Herrera, M. Moreno (eds.), *Innovación y Currículum. Desafíos para una convergencia necesaria*, Universidad Autónoma del Estado de México, Ciudad de México.
- DUTRÉNIT, G. (2010): «Interactions between Public Research Organizations and Industry in Latin America: A Study on Channels and Benefits from the Perspective of Firms and Researchers», *Science and Public Policy*, vol. 37, n.º 7, pp. 471-72. DOI:10.3152/030234210X511981.
- EDQUIST, C. (1997): *Systems of Innovation: Technologies, Institutions and Organization*, C. Edquist (ed.), Pinter, London.
- FONTANA, R.; GEUNE, A.; MATT, A. (2003): «Firm Size and Openness: The Driving Forces of University-Industry Collaboration», en Y. Caloghirou, A. Constantelou, N. S. Vonortas (eds.), *Knowledge flows in European industry: Mechanisms and policy implications*, Routledge, London.
- FREEMAN, C. (1997): «The National System of Innovations», en A. Daniele & J. Michie (eds.), *Technological globalization and economic performance*, Cambridge University Press, New York.
- FREEMAN, C.; SOETE, L. (1997): «The Economics of Industrial Innovation», en C. Freeman & L. Soete (eds.), *The Economics of Industrial Innovation*, MIT Press.
- FUNTOWICZ, S. O.; RAVETZ, J. R. (1993): «Science for the Post-Normal Age», *Futures*, September, pp. 739-755.
- GIBBONS, M.; LIMOGES, C.; NOWOTNY, H.; SCHWARTZMAN, S.; SCOTT, P.; TROW (1994): *The New Production of Knowledge: The dynamics of science and research in contemporary societies*, Sage Publications, London, <<http://www.worldcat.org/oclc/475741123>> [14/4/2016].
- GÖRANSSON, B.; BRUNDENIUS, C. (eds.) (2011): *Universities in Transition. The changing role and challenges for academic institutions*, IDRC / Springer, Ottawa / Londres.
- GREDIAGA, R. (2006): «Las políticas hacia los académicos en las últimas décadas. Cambios en la regulación de las trayectorias y el sistema de reconocimiento y recompensas de la profesión académica en México», *Revista de Investigación Educativa*, enero-junio, n.º 2.
- IBARRA, E.; PORTER, L. (2006): «Dilemas de la evaluación del trabajo académico: ¿estamos preparados para transitar del castigo a la valoración?», en *Evaluación y cambio institucional*, Paidós, Ciudad de México.

- IPN (2001): «Programa de Desarrollo Institucional 2001-2006», México D. F.
- IPN (2004a): «Modelo de Integración Social del IPN. Programa Estratégico de Vinculación, Internacionalización y Cooperación», México D. F.
- IPN (2004b): «Una estrategia de enlace con el entorno: Las Unidades de Integración Social del IPN. Materiales para la Reforma», México D. F.
- IPN (2007): «Programa de Desarrollo Institucional 2007-2012», México D. F.
- IPN (2010): «Programa Institucional de Mediano Plazo 2010-2012», México D. F.
- IPN (2014): «Informe Anual de Actividades», Ciudad de México.
- LERU (2006): *Universities and Innovation: the challenge for Europe*, Leuven.
- LUNA, M. (1997): «Panorama de la vinculación en la Universidad Autónoma Metropolitana», en R. Casas y M. Luna, *Gobierno, academia y empresas. Hacia una nueva reconfiguración de relaciones*, IIS-UNAM / Plaza y Valdés, México D. F., pp. 231-248.
- LUNDVALL, B.-Å. (1992): *National Systems of Innovation Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*, Pinter, London.
- MOWERY, D.; SAMPAT, B. (2005): «Universities in national innovation systems», en J. Fagerberg, D. Mowery & R. Nelson (eds.), *The Oxford Handbook of Innovation*, Oxford University Press, pp. 209-239.
- UAM (2011): «Plan de Desarrollo Institucional 2011-2024».
- UAM (2015a): «Informe Anual de Actividades».
- UAM (2015b): «Legislación Universitaria».
- UAM (2015c): «Ley Orgánica».
- UAM (2015d): «Políticas Generales de Vinculación (Adición)».
- UNAM (2003): «Criterios generales para la evaluación del personal académico del Subsistema de la Investigación Científica», Coordinación de la Investigación Científica.
- UNAM (2012): «Plan de Desarrollo de la Universidad, 2011-2015», mayo.
- UNAM (2014a): «Lineamientos y requisitos generales de evaluación de profesores e investigadores. PRIDE», *Gaceta UNAM*, octubre.
- UNAM (2014b): «Reglamento sobre los ingresos extraordinarios de la Universidad Nacional Autónoma de México», Secretaría Administrativa.
- UNAM (2016): «Plan de Desarrollo Institucional, 2015-2019», mayo.
- VILLA, E. (2010): «Vinculación Academia-Empresa: induciendo a la innovación», en C. e I. FCCyT (ed.), *Primer Taller de Indicadores de Ciencia, Tecnología e Innovación*, México D. F.
- WHITLEY, R.; GLÄSER, J.; ENGWALL, L. (2010): *Reconfiguring Knowledge Production: Changing Authority Relationships in the Sciences and their*

Consequences for Intellectual Innovation, Oxford University Press,
<<http://www.worldcat.org/oclc/731390634>> [23/4/2016].

ZIMAN, J. (1996): «“Postacademic Science”: Constructing Knowledge with Networks and Norms», *Science & Technology Studies*, vol. 9, n.º 1, pp. 67-80.

ZIMAN, J. (2000): *Real Science: What it is, and what it means*, Cambridge University Press.



Canales de interacción universidad-empresa y beneficios esperados: un análisis de micro datos de las empresas mexicanas*

CLAUDIA DE FUENTES
GABRIELA DUTRÉNIT
ARTURO TORRES

1. Introducción y discusión con la literatura

Las universidades y los centros públicos de investigación –en lo sucesivo, organizaciones públicas de investigación (OPI)–, como principales productores y difusores de conocimiento, pueden desempeñar un papel fundamental en las actividades innovadoras de las empresas (Narin, Hamilton y Olivastro, 1997; Cohen, Nelson y Walsh, 2002). En su búsqueda por generar productos y procesos innovadores, las empresas interactúan con otras organizaciones, a fin de desarrollar e intercambiar varias formas de información y otros recursos relacionados. En el contexto de la economía basada en el conocimiento, con procesos y productos cada vez más complejos, y en el que surgen nuevas industrias apoyadas en ciencia, el conocimiento generado en las universidades parece tener un papel aún más importante que en el pasado (Brundenius *et al.*, 2008).

Las OPI dan soporte a la economía basada en el conocimiento por medio de dos tareas principales: formación de recursos humanos e investigación. Mediante la educación, las OPI proporcionan los recursos humanos especializados para la economía y la sociedad; a su vez, las actividades de investigación que realizan generan

* Se agradece la colaboración del Dr. Noé Becerra y el Mtro. Rodrigo Magaldi en el procesamiento de la información estadística. Agradecemos el apoyo del CONACYT a través del financiamiento otorgado al proyecto titulado «Vinculación universidad-empresa: un análisis de la productividad de investigación y del desempeño innovativo de las empresas», por el Fondo de Ciencia Básica (CB2011-168280-S).

conocimiento que puede ser instrumental para extender las actividades económicas existentes o para crear nuevas y satisfacer las necesidades sociales. A lo largo del tiempo, el rol potencial de las OPI ha evolucionado hacia un enfoque más orientado a la solución de problemas y la contribución al mejoramiento social. En el caso de los países en desarrollo, las OPI pueden promover desarrollo económico y contribuir a la satisfacción de las necesidades sociales (Arocena y Sutz, 2005). En esta dirección, muchas universidades han generado recientemente acciones para la puesta en marcha de la llamada «tercera misión», promoviendo la vinculación con los usuarios del conocimiento y buscando facilitar la transferencia de tecnología (Brundenius *et al.*, 2011).

La interacción entre las OPI y la industria (OPI-I) es una de las relaciones más importantes entre agentes de un sistema nacional de innovación. Sin embargo, un buen número de estudios que han examinado el impacto de las OPI en países en desarrollo proporcionan evidencia de una interacción limitada entre estas organizaciones con otros actores del sistema nacional de innovación, en especial, con empresas industriales. Esto contribuye a explicar las debilidades de dichos sistemas en esas naciones (Cimoli, 2000; Lall y Pietrobelli, 2002; Cassiolato *et al.*, 2003; Muchie *et al.*, 2003; Lorentzen, 2009; Dutrénit *et al.*, 2010a; Dutrénit y Arza, 2010, 2015; Torres *et al.*, 2011; Albuquerque *et al.*, 2015). Las interacciones OPI-I más sólidas pueden desempeñar un papel crítico para consolidar los sistemas nacionales de innovación en países en desarrollo, ya que pueden generar círculos virtuosos en la producción y difusión del conocimiento.

Existen múltiples canales a través de los cuales el conocimiento generado en las OPI puede ser transferido, tales como: formación de recursos humanos, ciencia abierta (por ejemplo, publicaciones), movilidad de personal, contactos informales, relaciones de consultoría, proyectos de I+D conjuntos y por contrato, patentes y *spin-offs* (Cohen *et al.*, 2002; Bierly *et al.*, 2009; Dutrénit y Arza, 2010).

Los estudios sobre este tema en los países desarrollados han puesto mucha atención en los canales asociados a proyectos de I+D conjuntos y por contrato (Cohen *et al.*, 2002; Perkmann *et al.*, 2013). La evidencia de países en desarrollo ha mostrado que otros canales resultan también muy relevantes, como la formación de recursos humanos, ciencia abierta (por ejemplo, publicaciones), los contactos informales y las relaciones de consultoría (Arza *et al.*, 2015).

La comercialización del conocimiento generado en las OPI, que se asocia a canales como el patentamiento y licenciamiento de inventos, así como los emprendimientos académicos, han atraído una gran atención tanto de los académicos como de la comunidad dedicada al diseño e implementación de políticas (Perkmann *et al.*, 2013; Guerrero y Urbano, 2012). De hecho, muchas universidades han impulsado la creación de estructuras especializadas para promover la comercialización del conocimiento, como son las oficinas de transferencia de conocimiento, las incubadoras y los parques científicos y tecnológicos.

Desde la perspectiva de la industria, algunos autores argumentan que la difusión de la información a través de publicaciones, los derechos de propiedad intelectual, los recursos humanos, los proyectos conjuntos de I+D y el establecimiento de redes son los canales más importantes (Narin *et al.*, 1997; Swann, 2002; Cohen *et al.*, 2002). Asimismo, un cuerpo considerable de literatura ha resaltado la relevancia de canales no comerciales. En muchas empresas, estos canales de transferencia de conocimiento al dominio industrial son considerados más valiosos que el licenciamiento de patentes (Cohen *et al.*, 2002). Otros estudios van más allá y muestran que los flujos de conocimiento son específicos al sector y a la tecnología, ya que los sectores difieren en cuanto a sus bases de conocimiento y patrones de innovación (Pavitt, 1984; Castellacci, 2008), y tienen diferentes formas de interactuar con la academia y con otras fuentes de conocimiento.

La literatura ha explorado también los determinantes de la vinculación OPI-industria. Desde la perspectiva de las empresas han encontrado que los factores más importantes son estructurales, de comportamiento y relacionados con las políticas de innovación. Los factores estructurales incluyen la edad (Eom y Lee, 2009; Giuliani y Arza, 2009) y tamaño de las empresas (Cohen *et al.*, 2002; Santoro y Chakrabati, 2002; Motohashi, 2005; Hanel y St-Pierre, 2006), la intensidad tecnológica del sector (Segarra-Blasco y Arauzo-Carod, 2008; Tether y Tajar, 2008) y la pertenencia a un grupo industrial (Tether y Tajar, 2008; Eom y Lee, 2009). Los factores de comportamiento incluyen el tipo de actividades de I+D desempeñadas por las empresas (Segarra-Blasco y Arauzo-Carod, 2008), la intensidad de la I+D (Laursen y Salter, 2004; Eom y Lee, 2009) y la estrategia de apertura de la empresa (Laursen y Salter, 2004). Algunos autores dirigen mayor atención a factores conectados con las políticas de innovación, tales como el apoyo a las incubadoras (Nowak y Grantham, 2000; Etkowitz

et al., 2005), el fomento de conglomerados industriales innovadores (Wonglimpiyarat, 2006; Sohn y Kenney, 2007), o el inicio de proyectos conjuntos de investigación (Walwyn, 2007). Además, varios autores señalan que las empresas que invierten más en I+D son más proclives a tener mayores capacidades de absorción para aprender e interactuar con universidades (Cohen *et al.*, 2002; Fontana *et al.*, 2006).

Otros estudios han proporcionado evidencia de la proximidad geográfica como determinante de la vinculación OPI-I (Morgan, 2004; D'Este *et al.*, 2013; García *et al.*, 2015; Maietta, 2015; De Fuentes y Dutrénit, 2016). Las firmas localizadas cerca de las universidades pueden colaborar con mayor frecuencia con estas; la proximidad permite la transmisión de conocimiento tácito, el cual es personal y dependiente del contexto (Morgan, 2004). A la inversa, el conocimiento tácito puede ser transmitido a grandes distancias (Boschma, 2005). Maietta (2015) encontró que la colaboración en I+D afecta positivamente los procesos de innovación de las empresas; adicionalmente señala que las empresas dentro de un radio cercano a la universidad tienen una probabilidad más alta de generar innovaciones de producto que las empresas lejanas.

Estudios sobre los determinantes de la vinculación desde la perspectiva de las OPI han hallado que factores institucionales e individuales explican la probabilidad de establecer interacciones OPI-industria. Los factores institucionales incluyen la afiliación institucional (Boardman y Ponomariov, 2009), la misión fundacional de la universidad, la experiencia en transferencia de tecnología desde las universidades (D'Este y Patel, 2007), la obtención de recursos de investigación y el acceso a diferentes fuentes de financiamiento (Schartinger *et al.*, 2001; Lee, 1996; Colyvas *et al.*, 2002), y la calidad de la investigación (Mansfield y Lee, 1996; Schartinger *et al.*, 2002). El conjunto de factores individuales incluye la experiencia previa, el estatus académico y los campos de investigación (Bercovitz y Feldman, 2003; D'Este y Patel, 2007; Boardman y Ponomariov, 2009; Bekkers y Bodas Freitas, 2008), y las aptitudes no-tradicionales sobre el papel de la universidad (Boardman y Ponomariov, 2009).

Respecto a los beneficios obtenidos a través de la interacción OPI-I, las percepciones de las empresas y las OPI difieren. Para las empresas, algunos autores argumentan que estas obtienen una perspectiva distinta para la solución de problemas y en algunos casos desarrollan innovaciones de productos y procesos que no hubieran

sido posibles sin la interacción. También se benefician de equipos de investigación altamente calificados, nuevos recursos humanos y acceso a diferentes enfoques para la solución de problemas (Rosenberg y Nelson, 1994). Bierly *et al.* (2009) analizaron la transferencia de conocimiento externo procedente de distintas fuentes, entre ellas las OPI, y su aplicación para aumentar la habilidad de las empresas para innovar. Encontraron que las capacidades y postura estratégicas y el apalancamiento financiero de las empresas afectan la exploración de fuentes externas, pero únicamente el apalancamiento financiero afecta la explotación de distintas fuentes de conocimiento. Los beneficios pueden ser puramente financieros o no, como es el acceso a materiales, a datos para proyectos de investigación académica, y a ideas (Perkman y Walsh, 2009).

Para los investigadores, los beneficios percibidos incluyen la obtención de fondos adicionales para laboratorios y el intercambio de conocimiento (Meyer-Krahmer y Schmoch, 1998), el aseguramiento de fondos para los asistentes de investigación y el equipo de laboratorio, la obtención de información para sus propias investigaciones académicas, la posibilidad de probar las aplicaciones de una teoría y complementar los fondos para su propia investigación académica (Lee, 2000), el adquirir una nueva perspectiva para abordar los problemas de la industria y la posibilidad de incidir sobre el conocimiento que está siendo producido en la academia. El trabajo en proyectos comunes con la industria puede proporcionar a los académicos nuevas ideas que pueden ser valiosas comercialmente, alimentando la posibilidad de desarrollar invenciones patentables, licenciables u otras que sean la base para *spin-offs* (Perkman *et al.*, 2013).

Otros trabajos han identificado algunas desventajas de la interacción OPI-I. Mencionan que un mayor involucramiento con la industria puede corromper la investigación académica y la enseñanza, desviando la atención de la investigación fundamental. Adicionalmente, se puede limitar la apertura de la comunicación entre investigadores académicos y poner restricciones a la difusión del conocimiento, que es un componente esencial de la investigación académica (Mansfield, 1990; Rosenberg y Nelson, 1994; Cohen *et al.*, 2002; Monjon y Waelbroeck, 2003; Welsh *et al.*, 2008).

El análisis de la efectividad de los diferentes canales de interacción sobre los beneficios obtenidos por ambos actores es un tema que ha sido menos explorado (Adams *et al.*, 2003; Wright *et al.*, 2008; Arvanitis

et al., 2008; Bierly *et al.*, 2009; De Fuentes y Dutrénit, 2012; García *et al.*, 2015).

El presente artículo se enfoca en los canales y beneficios de la interacción OPI-I, desde la perspectiva de las empresas. Con base en los estudios de Arza (2010), Dutrénit *et al.* (2010b), De Fuentes y Dutrénit (2012) y Dutrénit y Arza (2015), se sugiere que los beneficios asociados a los vínculos OPI-I difieren de acuerdo a los canales de interacción utilizados. El uso de distintas formas o canales de interacción puede estar asociado a un conjunto de motivaciones que cada agente tiene para participar en interacciones OPI-I. Asentado en datos a nivel micro de empresas mexicanas, el presente artículo explora qué canales de interacción, entre OPI y empresas de los sectores manufacturero y de servicios son más eficientes para detonar diferentes beneficios para las empresas involucradas.

Hemos clasificado a los canales de interacción en cinco tipos, de acuerdo a los resultados de un análisis de factores (véase anexo). Cada canal incluye un conjunto de formas de interacción:

- Canal abierto: relacionado con algunas formas tradicionales por las cuales las empresas se benefician de las actividades de las OPI (por ejemplo, publicaciones y reportes, asistencia a congresos/conferencias e intercambio informal de información); el conocimiento fluye principalmente desde las OPI hacia las empresas, y su contenido está definido por una de las funciones convencionales de las instituciones académicas (por ejemplo, enseñanza e investigación).
- Canal de movilidad: se refiere al conocimiento que fluye mediante los recursos humanos especializados preparados en las universidades (por ejemplo, estudiantes que realizan prácticas profesionales en las empresas, recién egresados contratados por estas); el conocimiento fluye principalmente de las OPI hacia las empresas.
- Canal académico: relacionado con actividades de generación de conocimiento a través de la interacción entre académicos y empresas (por ejemplo, participación de investigadores en la empresa, proyectos de I&D conjuntos o en cooperación); el conocimiento fluye en ambas direcciones.
- Canal servicios: incluye actividades generalmente formalizadas mediante el uso de contratos (por ejemplo, capacitación,

contratos de investigación y consultoría), que son formas en las que el conocimiento fluye principalmente desde las OPI hacia las empresas, así como contratos de I+D, donde el conocimiento fluye en ambas direcciones.

- Canal comercial: motivado por un intento de comercializar los resultados científicos que las OPI han obtenido (por ejemplo, licencias tecnológicas, incubadoras, parques, etc.); el conocimiento fluye principalmente de las OPI hacia las empresas, y el objetivo es trasladar conocimiento de las OPI a las aplicaciones prácticas productivas en unidades de actividad empresarial que se desprenden (*spin-off*) o son propiedad de las OPI.

Respecto a los beneficios de las empresas, en este trabajo usamos una clasificación de dos tipos:

- Beneficios asociados con recursos humanos, que se refieren a aquellos orientados a proporcionarles acceso a las competencias y experticias desarrolladas por los investigadores, estudiantes de las OPI y sus grupos, los cuales están orientados principalmente a solucionar problemas de corto plazo.
- Beneficios asociados a la innovación de producto/proceso, que incluyen aquellos orientados a contribuir a la generación e impulso de capacidades de innovación en las empresas; se asocian al desarrollo de productos o servicios, acceso a tecnologías innovadoras y estímulos para la innovación, cuyos resultados se observan en el largo plazo.

Este estudio está basado en datos originales recolectados mediante una encuesta sobre vinculación de las empresas, llevada a cabo en México durante 2014. Esta encuesta fue aplicada a los directores de I+D y desarrollo de productos de empresas. La base utilizada para este artículo consta de 1 041 empresas innovadoras, de los sectores de manufacturas (523) y de servicios (518). Construimos un modelo de estimación Heckman de dos etapas (Heckman, 1978). La primera etapa del modelo identifica los determinantes de los vínculos OPI-I y elimina el sesgo de selección, mientras que la segunda identifica el impacto de los canales más importantes de interacción y otras variables importantes sobre los dos beneficios de la interacción.

En el presente estudio se describe el contexto en el que analizamos las interacciones OPI-I en México y su evolución a lo largo del tiempo. Después se describe la metodología y la recolección de datos, y se presenta el modelo Heckman utilizado para nuestro análisis. La siguiente sección contiene los resultados del modelo en torno a los canales y beneficios de la vinculación desde la perspectiva de las empresas, para arribar a reflexiones finales.

2. Evolución de los vínculos OPI-Industria en México

El sistema nacional de innovación mexicano no es un sistema consolidado; se encuentra en proceso de construcción. Si bien existen los actores clave, las interacciones entre los mismos son débiles, irregulares y en algunos casos ausentes. La generación, diseminación y absorción del conocimiento tecnológico dentro y entre instituciones es baja y está principalmente restringida a universidades y centros públicos de investigación, con vínculos débiles con el sector productivo (Dutrénit *et al.*, 2010a). El sistema nacional de innovación mexicano no solo muestra aún un desempeño pobre en términos de productividad científica y tecnológica, sino también frágiles vínculos OPI-I. A esto se agregan problemas en el marco institucional y la gobernanza del sistema (Dutrénit y Puchet, 2016).

La educación superior en México tiene sus raíces en 1910 con la creación de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). El sistema de educación se consolidó durante el período del modelo de sustitución de importaciones en la década de los cuarenta. Entre 1930 y 1980, otras universidades públicas y privadas de gran importancia fueron establecidas, tales como el Instituto Politécnico Nacional (IPN), el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM), la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) y varias universidades estatales. La fundación del IPN en 1936, orientado fuertemente a la ingeniería y a la investigación tecnológica, marcó un punto de inflexión en las políticas del Estado mexicano que, desde entonces, estuvieron orientadas no solo hacia la educación superior, sino también hacia la ciencia y la tecnología.

Entre 1935-1945 y 1970-1982 se ubican dos olas en la construcción de las OPI. Durante estos períodos se crearon casi todos los centros públicos de investigación que realizan actividades de ciencia y tecnología. Ambas olas coincidieron con la formulación de políticas económicas centradas en la intervención del Estado en la economía

y la promoción del desarrollo industrial. Se fundaron diferentes centros públicos de investigación. Algunos de ellos nacieron vinculados a empresas estatales, como el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP) y el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE); otros sectorizados, como los primeros Institutos Nacionales de Salud, y el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Adicionalmente, asociados con la creación en 1970, del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), emergieron los centros públicos de investigación que actualmente conforman el Sistema de Centros CONACYT.

Hoy, el sistema mexicano de educación superior contiene universidades, institutos tecnológicos, institutos de educación estatal y escuelas normales. En el año 2013 había 2 915 instituciones de educación superior en México, las cuales forman recursos humanos en niveles técnico superior, licenciatura (universitaria y tecnológica y en educación normal); varias de ellas tienen programas de posgrado. En el año mencionado, 31.4 % de estas instituciones eran públicas y 68.6 % privadas (ANUIES, 2015).

Con respecto a la investigación científica y a la producción del conocimiento, el sector con mayor producción en nuestro país es el educativo, seguido del sector Gobierno (que incluye a los centros de investigación) y después por el sector salud (FCCT, 2011b). En el sector educativo han sido particularmente importantes cuatro universidades públicas: UNAM, IPN, UAM y el Centro de Investigación y Estudios Avanzados (CINVESTAV), que desde hace varias décadas concentran casi el 50 % de la producción científica en México.

En el sector Gobierno, el grupo de centros públicos de investigación del sistema CONACYT está compuesto por 27 centros de investigación agrupados en tres áreas científicas y tecnológicas: diez están orientados hacia ciencias exactas y naturales; ocho hacia ciencias sociales y humanidades; y nueve dedicados hacia la innovación, desarrollo tecnológico y servicios. A este sector corresponden también los institutos de investigación que nacieron vinculados a secretarías y empresas gubernamentales, mencionados anteriormente.

La evolución de las universidades y los centros públicos de investigación hasta los años ochenta fue moldeada por un enfoque lineal de las políticas de ciencia y tecnología. La idea predominante era que la investigación científica trae a la par desarrollo tecnológico que, al mismo tiempo, crea las condiciones para que las tecnologías se conviertan en fuentes de nuevos productos y procesos. Por este motivo,

el financiamiento se debería asignar a la ciencia; se le prestaba poca atención a los vínculos OPI-I. Además, el gasto privado en I+D ha sido bajo en México a lo largo de tiempo y las OPI concentran el mayor esfuerzo en ciencia.

El sector productivo ha actuado en gran parte como un actor aislado dentro del sistema. Con la excepción de su interacción con el Gobierno, que resulta principalmente de las políticas macroeconómicas y de algunos incentivos industriales derivados de las regulaciones gubernamentales, existe una clara ausencia de vínculos regulares entre la industria mexicana y otros actores económicos y sociales, tales como las OPI. Más aún, dado que el conocimiento científico es generado fundamentalmente en centros públicos de investigación y en universidades públicas, la debilidad de los vínculos con estos actores es uno de los factores principales que frenan el desarrollo de las capacidades de innovación nacionales.

Al reconocer que el conocimiento generado en las OPI desempeña un papel importante para impulsar innovaciones a nivel empresarial, durante la última década el Gobierno mexicano ha implementado políticas para estimular los vínculos OPI-I. Dos de los primeros programas en incluir el fomento a actividades de vinculación son:

- Incentivos fiscales a la I+D, cuya convocatoria de 2007 estableció que los proyectos debían incluir actividades de vinculación con OPI, e incluso que el 20 % del gasto debía ser manejado por estas instituciones.
- Fondo Sectorial de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo Económico, que ha operado como un fondo competitivo incluyendo proyectos en interacción con OPI.

Posteriormente, el Programa de Estímulos a la Innovación (PEI) se ha convertido en un programa relevante en este tema. Algunas de las instituciones que a través de diferentes programas apoyan a la vinculación a nivel nacional son el CONACYT y el INADEM (FCCT, 2011a, 2015).

En 2014 ya operaba el PEI del CONACYT, que sustituyó en cierta forma al Programa de Incentivos Fiscales a la I+D desde 2009. Es un fondo que opera bajo tres modalidades (INNOVAPYME, PROINNOVA, INNOVATEC), y uno de los requisitos es la vinculación OPI-I. INNOVAPYME (Innovación Tecnológica para las MIPYMES) busca

incentivar la inversión de las empresas en actividades y proyectos relacionados con investigación, desarrollo tecnológico e innovación (IDTI). Esta modalidad otorga apoyos económicos complementarios a las PYMES que realicen proyectos de desarrollo tecnológico o innovación, de forma individual o en vinculación con instituciones de educación superior (IES) o centros de investigación. PROINNOVA (Desarrollo e Innovación en Tecnologías Precursoras) apoya la formación y consolidación de redes IDTI en las que participen empresas de cualquier tamaño en colaboración con IES o centros de investigación, para generar un efecto multiplicador en diversas industrias y fortalecer sus capacidades tecnológicas. Por su parte INNOVATEC (Innovación Tecnológica para la Competitividad) se focaliza en empresas grandes que deseen realizar inversión en infraestructura física y en la creación de nuevos puestos de trabajo para maestros y doctores. También en esta modalidad se incentiva a que diseñen sus proyectos en colaboración con otras empresas, IES o centros de investigación. Magaldi (2015) analiza el impacto de los programas en la decisión de vincularse de empresas mexicanas.

El INADEM también apoya la interacción OPI-I por medio del programa de creación, seguimiento y fortalecimiento de empresas a través de incubadoras básicas, espacios de vinculación e incubadoras de alto impacto.

A medida que la sociedad y el sistema económico avanzan hacia una producción y explotación más intensiva de distintos tipos de conocimiento, los vínculos OPI-I emergen como uno de los factores centrales que subyacen a la dinámica del proceso innovador. Aunque existen algunas investigaciones sobre el tema en México, la mayoría de ellas estuvieron basadas en estudios de caso para sectores específicos (Casas, 2001) o centradas en las capacidades académicas de las OPI (Casas y Luna, 1997; González-Brambila y Veloso, 2007). Recientemente se han realizado algunos estudios, sobre todo de corte cuantitativo, que analizan las interacciones OPI-I en México (Dutrénit *et al.*, 2010b; Torres *et al.*, 2011; De Fuentes y Dutrénit, 2012), considerando el punto de vista de las empresas de la industria manufacturera.

Cabe destacar que en las actividades de vinculación participan centros públicos de investigación y universidades, incluyendo públicas y privadas. Predominan las universidades públicas en los proyectos financiados por el sector público, sin embargo, hay una presencia

creciente de universidades privadas. Los estudios en general no han distinguido entre estas dos formas de propiedad de las universidades.

Este estudio tiene como objeto contribuir a la comprensión de la vinculación OPI-I desde la perspectiva de las empresas, extendiendo el análisis al considerar la industria manufacturera y el sector de los servicios. También se incorpora al análisis los vínculos con tres tipos de OPI: universidades, centros de investigación e institutos tecnológicos.

3. Diseño de la investigación y estadística descriptiva

3.1. Recolección de datos y características de la muestra

Este estudio está basado en datos originales recolectados por la encuesta de vinculación a empresas llevada a cabo en México durante 2014. La encuesta se levantó en línea por invitación y con seguimiento individual a toda la población de empresas inscritas en el Registro Nacional de Instituciones y Empresas Científicas y Tecnológicas (RENIECYT). En este sentido, representó un censo de este tipo de empresas. Se enviaron 5 374 invitaciones. La encuesta fue contestada por los gerentes I+D o de desarrollo de productos. Esta encuesta tiene cinco partes: 1) información general y características de la empresa; 2) actividades de I+D e innovación; 3) fuentes principales de conocimiento e información, y formas/canales de interacción OPI-I; 4) objetivos para la interacción, productos y beneficios de la interacción, y razones de algunos fracasos; y 5) barreras de interacción. La tasa de respuesta fue de 28.3 %.

La base de datos original estuvo integrada por 1 521 empresas. Incluye los sectores de agricultura, ganadería y silvicultura (88); minería (69); manufactura (660); electricidad, gas y suministro de agua (7); construcción (22); y servicios (675). Para este artículo, solo empleamos a las empresas innovadoras (1 041) de los sectores de manufactura (523) y servicios (518).¹

El 39 % de la muestra de empresas innovadoras tiene un departamento formal de I+D, y el 77.9 % tiene vínculos con OPI. Dentro de estas, 57.5 % interactúan con universidades (el 62.6 % prefieren las

¹ Las empresas innovadoras son aquellas que desarrollaron actividades ligadas a la innovación tecnológica, dentro de las cuales se incluyen: adquisición de maquinaria y equipo, adquisición de tecnologías externas, capacitación, lanzamiento al mercado de innovaciones tecnológicas, diseño industrial o actividades de arranque de producción tecnológicamente nuevos o mejorados, o adquisición de *software* u otra tecnología externa.

universidades públicas y el 37.4 % las universidades privadas), 23.1 % con centros de investigación (públicos-sistema CONACYT, públicos sectorizados, federales-CINVESTAV, privados e institutos de salud), y 19.4 % con institutos tecnológicos y universidades tecnológicas/politécnicas, que son públicas.² Dado que la mayoría de las universidades y centros de investigación reportados en la encuesta son públicos, se mantiene el nombre integrador de OPI.

El 50.5 % de las empresas innovadoras de manufactura y servicios se han beneficiado de fondos públicos para fomentar actividades de I+D y otras actividades de innovación, tales como el programa de incentivos fiscales a la I+D y los fondos competitivos para fomentar la innovación, específicamente el Programa de Estímulos a la Innovación. El 48.6 % de las empresas se beneficiaron del Programa de Estímulos a la Innovación, y solo el 6.0 % de estímulos fiscales.

El perfil de esta muestra no es diferente de los resultados obtenidos para las empresas innovadoras en la Encuesta Nacional de Innovación de 2006 (ESIDET), donde la mitad de las empresas innovadoras realizaban actividades de I+D, y el 65 % usaban a las OPI como fuente de información.

La muestra original incluye todos los sectores manufactureros, sin embargo, la composición entre las empresas vinculadas y no vinculadas difiere entre sectores. En general, el porcentaje de empresas vinculadas que cuentan con departamentos formales de I+D es superior al de las empresas no vinculadas (40.4 % y 32.6 %, respectivamente).³

Las empresas que han accedido a fondos públicos para la I+D tienen una mayor tendencia a interactuar que aquellas que no accedieron, como lo demuestra el hecho de que el 87.1 % de las empresas que fue beneficiada con estímulos fiscales tiene vínculos con la industria, y el 88.1 % de las empresas beneficiadas con el Programa de Estímulos a la Innovación mantiene vínculos con OPI.

Las empresas con más del 20 % de inversión extranjera representan el 10.8 % del total de la muestra. Estas tienen aproximadamente

² El cuestionario permitía reportar a tres instituciones con quienes mantienen vínculos, en este trabajo se tomó la primera respuesta de las empresas.

³ Es interesante notar que muchas empresas que tienen laboratorios formales de I+D no mantienen vínculos con las OPI. Las barreras a la vinculación de este tipo de empresas, o las diferentes motivaciones para establecer vínculos, requieren más investigación.

la misma tendencia a interactuar con OPI que las empresas con menor participación extranjera (74.1% y 78.7 %, respectivamente). En términos del tamaño de las empresas de la base de empresas innovadoras: 11.2 % son grandes, 16.4 % medianas, 27.3 % pequeñas y 45.0 % son micro empresas.⁴ En general observamos que las empresas grandes tienden a interactuar un poco más (81.2 %) que las empresas medianas (76.6 %), pequeñas (87.8 %) y micro (78.9 %).⁵

En términos de los resultados de la innovación, la muestra incluye empresas que introducen innovaciones tecnológicas y no tecnológicas, con diferentes grados de novedad. El 98 % ha introducido innovaciones tecnológicas y el 36 % innovaciones no tecnológicas (organizacionales, comercialización). La tabla 1 describe los vínculos por grado de novedad de las innovaciones y tipo de OPI con que interactúan.⁶ De las empresas que mencionan el grado de novedad de estas innovaciones, el 30.1 % ha introducido solo mejoras en productos y/o procesos; el 14.8 %, innovaciones incrementales a nivel empresa; el 34.4 %, innovaciones incrementales a nivel país, y el 20.7 %, innovaciones a nivel mundial. Existen algunas diferencias entre las empresas que están vinculadas y aquellas que no lo están, en términos del grado de novedad de sus innovaciones. Las empresas que se vinculan con OPI tienden a introducir más mejoras a productos/procesos e innovaciones incrementales que son novedosas a nivel país, que las empresas que no se vinculan. Las innovaciones nuevas a nivel del mundo son más importantes en las empresas que se vinculan con universidades; en el otro extremo, las mejoras de productos/procesos se asocian a vínculos con institutos/universidades tecnológicas/politécnicas.

⁴ La clasificación del tamaño de empresa se basó en un índice ponderado oficial (idx) que incluye empleo y ventas ($0.1 \times \text{núm. de empleados} + 0.9 \times \text{ventas}$ en millones de pesos). Clasificación de empresas de manufactura: grande (> 250), mediana (95, 250), pequeña (4.6, 95) y micro (≤ 4.6). Clasificación de empresas de servicios: grande (> 235), mediana (95, 250), pequeña (4.6, 95) y micro (≤ 4.6).

⁵ La discusión internacional sobre la relación entre tamaño y vinculación no es contundente. Mientras que algunas investigaciones indican que las grandes empresas tienden a interactuar más que las pequeñas (Cohen *et al.*, 2002; Tether y Tajar, 2008), otros estudios no encuentran esa relación, e incluso identifican a un grupo de microempresas con alta tendencia a vincularse (Dutrénit *et al.*, 2010b), lo cual rompe el comportamiento por tamaño.

⁶ El 100 % en este análisis representa a las empresas innovadoras que contestaron a la pregunta sobre el grado de novedad.

Tabla 1. Interacciones con OPI y grado de novedad de las innovaciones.

NOVEDAD DE LAS INNOVACIONES	VINCULADAS CON OPI		VINCULADAS CON UNIVERSIDAD		VINCULADAS CON CENTRO		VINCULADAS CON INSTITUTO/ UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA	
	N.º	%	N.º	%	N.º	%	N.º	%
Mejora	173	30.09%	96	28.15%	37	30.83%	40	35.09%
Nuevo para la empresa	85	14.78%	49	14.37%	17	14.17%	19	16.67%
Nuevo para el país	198	34.43%	119	34.90%	42	35.00%	37	32.46%
Nuevo para el mundo	119	20.70%	77	22.58%	24	20.00%	18	15.79%
Total (n.º y %)	575	55.24%	341	32.76%	120	11.53%	114	10.95%

NOTAS:

Esta tabla está construida únicamente con las empresas que mencionan la novedad de sus innovaciones y que se vinculan con determinado tipo de OPI.

El número en las columnas representa las empresas que se vinculan con determinado tipo de OPI, y que reportan novedad de las innovaciones.

El por ciento en las columnas representa las empresas que se vinculan respecto al total de las vinculadas por tipo de institución.

El por ciento total representa el porcentaje de empresas que se vinculan por tipo de institución con respecto del total de empresas de la muestra.

3.2. Construcción de variables clave

Las variables clave de nuestro análisis son los canales de interacción y los beneficios obtenidos de la interacción. Para construir el indicador de canales de interacción nos basamos en una pregunta del cuestionario donde las empresas evaluaron la importancia de cada forma de interacción. Normalizamos cada forma de interacción usando una escala de 0.33 a 1, y posteriormente usamos la metodología de análisis de factores para clasificar las diferentes formas de interacción en canales. De este análisis emergieron cinco factores (canales). Una vez agrupadas las formas de interacción, calculamos los promedios simples para cada canal. La tabla 2 muestra la clasificación y el anexo muestra los resultados del análisis de factores.

Tabla 2. Canales de interacción OPI-I.

CANALES	FORMAS
Canal abierto (CAbierto)	<ul style="list-style-type: none"> • Publicaciones y reportes • Conferencias • Intercambio informal de información
Canal movilidad (CMovilidad)	<ul style="list-style-type: none"> • Contratación de egresados • Prácticas profesionales
Canal académico (CAcadémico)	<ul style="list-style-type: none"> • Participación de investigadores en la empresa • Proyectos de I&D conjuntos o en cooperación

Tabla 2. Canales de interacción OPI-I. (Continuación)

CANALES	FORMAS
Canal servicio (CServicio)	<ul style="list-style-type: none"> • Capacitación • Contratos de investigación • Consultoría
Canal comercial (CComercial)	<ul style="list-style-type: none"> • Licencias • Incubadora • Parque • <i>Spin-off</i>

NOTAS:

Usamos una escala de Likert de 1-3, que fue normalizada de 0.33 a 1.

Construimos cada canal de interacción a través del promedio simple de las formas de interacción que lo integraron.

Construimos dos tipos de beneficios para empresas. Se definieron *ad hoc* como: 1) aquellos relacionados con los recursos humanos (BRH), y 2) aquellos relacionados con el desarrollo de nuevos productos/procesos (BNP). Para construir el indicador de los beneficios de las empresas nos basamos en una pregunta donde las empresas evaluaron la importancia de alcanzar objetivos específicos durante su colaboración con una OPI. Únicamente consideramos los casos en los que las empresas evaluaron como positivos los resultados de la interacción con OPI. La tabla 3 muestra la clasificación de beneficios propuesta en este estudio.

Tabla 3. Tipos de beneficios para las empresas.

BENEFICIOS	FORMAS
Beneficios asociados con recursos humanos (BRH)	<ul style="list-style-type: none"> • Acceso a competencias y <i>expertise</i> de los centros de investigación • Acceso a una red científica • Acceso a investigadores • Acceso a estudiantes
Beneficios asociados con desarrollo de productos/procesos (BNP)	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de un producto o servicio • Acceso a tecnologías innovadoras • Acceso a estímulos a la innovación

Notas:

Usamos una escala de Likert de 1-3, que fue normalizada de 0.33 a 1.

Calculamos el promedio simple de las formas de beneficios que integran cada tipo de beneficio.

Otras variables independientes incorporadas en el análisis están asociadas con la probabilidad de vincularse, el tipo de institución con quien se vinculan y los determinantes de los beneficios de la interacción. Se incluyeron también características de las empresas, y sus capacidades y estrategia de

innovación. Entre las características de la empresa se identificó el tamaño, presencia de capital extranjero y el nivel tecnológico del sector al que pertenece. Para definir el nivel tecnológico se usó el sistema de clasificación de industrias de América del Norte (SCIAN); se clasificaron a las empresas de acuerdo a manufactura de alta tecnología, manufactura de baja tecnología, servicios intensivos en conocimiento, o servicios tradicionales. Para estimar las capacidades y estrategia de innovación se incluyó la existencia de un departamento de I+D y el número de empleados en I+D, el uso de fondos públicos para la I+D, la generación de innovaciones tecnológicas y la duración de las actividades de vinculación.

La tabla 4 describe los principales conceptos usados para medir la probabilidad de vinculación y los determinantes de los beneficios de las empresas, así como las variables *proxy* utilizadas.

Tabla 4. Variables para analizar la vinculación OPI-I.

	VARIABLE	TIPO	MEDIA	DESV. EST.	MIN.	MAX.
Vincula	OPI	Dicótoma: vincula con universidad=1; No=0	0.782	0.413	0.000	1.000
	Universidad	Dicótoma: vincula con universidad=1; No=0	0.450	0.498	0.000	1.000
	Centro	Dicótoma: vincula con centros=1; No=0	0.181	0.385	0.000	1.000
	Instituto tecnológico	Dicótoma: vincula con instituto tecnológico =1; No=0	0.152	0.359	0.000	1.000
Beneficios	Recursos humanos	Índice de 0.33-1 para medir la importancia de cada beneficio individual	0.181	0.157	0.000	0.498
	Innovación productos/ procesos	Índice de 0.33-1 para medir la importancia de cada beneficio individual	0.266	0.220	0.000	0.663
Características de la empresa	Nivel tecnológico: manufactura de alta tecnología	Dicótoma: Si=1; No=0	0.259	0.438	0.000	1.000

Tabla 4. Variables para analizar la vinculación OPI-I. (Continuación)

	VARIABLE	TIPO	MEDIA	DESV. EST.	MIN.	MAX.
	Nivel tecnológico: servicios intensivos en conocimiento	Dicótoma: Si=1; No=0	0.395	0.489	0.000	1.000
	Inversión extranjera	Dicótoma: Inversión extranjera > 20 %=1; No=0	0.095	0.293	0.000	1.000
Estrategia de innovación	Empleados en I+D	Numérica: en empleados en I+D	1.607	1.033	0.000	7.601
	Departamento formal de I+D	Dicótoma: Si=1; No=0	0.387	0.487	0.000	1.000
	Acceso a fondos públicos de innovación	Dicótoma: Si=1; No=0	0.505	0.500	0.000	1.000
	Duración de vinculación	Dicótoma: < 2 años=1	0.379	0.485	0.000	1.000
	Innovación tecnológica	Dicótoma: Si=1; No=0	0.980	0.139	0.000	1.000
Canales	Canal abierto	Índice de 0.33-1 para medir la importancia de cada forma de interacción	0.501	0.337	0.000	1.000
	Canal movilidad	Índice de 0.33-1 para medir la importancia de cada forma de interacción	0.764	0.425	0.000	1.000
	Canal académico	Índice de 0.33-1 para medir la importancia de cada forma de interacción	0.650	0.404	0.000	1.000
	Canal servicio	Índice de 0.33-1 para medir la importancia de cada forma de interacción	0.588	0.381	0.000	1.000
	Canal comercial	Índice de 0.33-1 para medir la importancia de cada forma de interacción	0.380	0.297	0.000	1.000

3.3. El modelo y los procedimientos de estimación

En este artículo se construyó un proceso de estimación Heckman de dos etapas (Heckman, 1978). Este modelo es un instrumento poderoso que ayuda a aislar los factores que afectan el proceso de selección y reduce el sesgo de selección para identificar los determinantes de la variable dependiente final. En nuestro caso, la primera etapa del modelo es una ecuación de selección que estima la probabilidad de vinculación para investigadores y empresas. En esta etapa, se realiza una regresión Probit, la variable dependiente (dVi) es una variable dicótoma que es igual a 1 cuando la empresa está vinculada. Los vectores de las variables independientes en estas ecuaciones son aquellas características de las empresas (FVi) que afectan sus probabilidades de vinculación. La primera etapa también estima el *inverse mills* ratio para cada empresa, que es usado como un instrumento en la segunda regresión para corregir el sesgo de selección (véase ecuaciones 1.1 y 2.1 abajo).

La segunda etapa estima los determinantes principales de los beneficios de la colaboración. En esta etapa se computa una regresión lineal. La variable dependiente (beneficios) es una variable *pseudo-continua* que expresa la importancia de los beneficios de la vinculación. Conceptualizamos una ecuación para cada tipo de beneficio percibido por las empresas. Los vectores de las variables independientes son aquellas características de las empresas que determinan los beneficios de la interacción. Las variables independientes críticas para la segunda etapa del modelo son los canales de interacción (Chi). El marco conceptual descrito en la sección 1 sugiere que diferentes canales de interacción tienen el potencial de generar diferentes tipos de beneficios para las empresas (recursos humanos- $BRHi$; desarrollo de nuevos productos/procesos- $BNPi$) (véanse ecuaciones 1.2 y 2.2 abajo). Sin embargo, hay otras características de las empresas (FBi) que también pueden determinar los beneficios de la vinculación.

$$d_V = FVi b + u_i \tag{1.1}$$

$$BRHi = Chi a + FBi d + e_i \tag{1.2}$$

$$d_V = FVi b + u_i \tag{2.1}$$

$$BNPi = Chi a + FBi d + e_i \tag{2.2}$$

donde

FVi : Inversión extranjera, nivel tecnológico, departamento formal de I+D, empleados en I+D, y fondos públicos para la I+D.

FB: Nivel tecnológico, empleados en I+D, duración de vinculación, generación de innovación tecnológica, y canales de vinculación (CAbierto, CMovilidad, CAcadémico, CServicio, CComercial).

Para construir el modelo, primero seleccionamos las variables que pueden afectar la probabilidad de vinculación. En segundo lugar, identificamos el mejor modelo posible para la ecuación de selección mediante la estimación de diferentes especificaciones de modelos Probit sobre la probabilidad de vinculación. Finalmente, seleccionamos las variables que mejor describen los beneficios de la interacción OPI-I y los probamos en el modelo Heckman general.

3.4. Estadística descriptiva: comportamiento de canales y beneficios

De acuerdo con la estadística descriptiva, la tabla 5 muestra el promedio de importancia asignada y el porcentaje de respuesta de alta y muy alta importancia para cada una de las formas y canales de interacción por empresa. En términos generales, sin distinguir por tipo de institución académica, las empresas valoran más el canal académico (84 %), seguido del canal movilidad (76 %) y del canal servicio (75 %). Asimismo, la tabla 5 presenta la importancia relativa de las diferentes formas de interacción. Estos resultados sugieren que, desde la perspectiva de las empresas, las formas de interacción más importantes con las OPI se desarrollan a través de proyectos de I&D conjuntos y la participación de investigadores en la empresa (del canal académico), y de las prácticas profesionales (del canal movilidad). Respecto a la interacción con diferentes tipos de OPI, en relación con las universidades y los centros de investigación prefieren usar el canal académico. En la interacción con instituto/universidad tecnológica destaca el canal movilidad. Se observan diferencias en la importancia respecto a las formas más importantes de colaboración. En la interacción con los centros de investigación prefieren las dos formas incluidas en el canal académico: los proyectos de I+D conjuntos y la participación de investigadores en las empresas. En la interacción con universidades destaca un grupo más amplio de formas de interacción: los proyectos de I+D conjuntos y la participación de investigadores en las empresas (canal académico), las prácticas profesionales (canal movilidad), y la capacitación (canal servicio). En la interacción con instituto/universidad tecnológica prefieren: los proyectos de I+D conjuntos y la participación de investigadores

en las empresas (canal académico), las prácticas profesionales y la contratación de egresados (canal movilidad), y la capacitación (canal servicio). Las prácticas profesionales resultan ser la forma preferida por las empresas para la vinculación con este tipo de OPI.

Tabla 5. Importancia de los canales y formas de interacción OPI-I.

CANALES Y FORMAS DE INTERACCIÓN	VINCULACIÓN OPI		VINCULACIÓN UNIVERSIDAD		VINCULACIÓN CENTRO		VINCULACIÓN INSTITUTO TECNOLÓGICO	
	PROMEDIO	%	PROMEDIO	%	PROMEDIO	%	PROMEDIO	%
Abierto	0.63	58	0.63	57	0.63	55	0.64	65
Publicaciones	0.59	61	0.60	61	0.59	60	0.57	61
Conferencias	0.63	67	0.63	68	0.61	60	0.66	73
Intercambio informal de información	0.67	74	0.66	74	0.68	75	0.69	73
Movilidad	0.74	76	0.74	76	0.69	68	0.81	84
Contratación de egresados	0.70	76	0.70	76	0.63	66	0.77	84
Prácticas profesionales	0.78	85	0.77	85	0.74	79	0.84	91
Académico	0.82	84	0.81	84	0.85	89	0.81	81
Participación de investigadores en la empresa	0.81	86	0.81	85	0.82	87	0.82	85
Proyectos de I&D conjuntos o en cooperación	0.83	86	0.82	85	0.88	89	0.80	84
Servicio	0.74	75	0.74	74	0.76	77	0.73	77
Capacitación	0.77	82	0.77	82	0.78	80	0.78	82
Servicios de investigación	0.74	78	0.73	76	0.79	83	0.72	79
Consultoría	0.71	76	0.72	75	0.70	77	0.70	77
Comercial	0.48	29	0.48	30	0.46	29	0.49	28
Licencias	0.51	47	0.51	47	0.51	49	0.51	46
Incubadora	0.51	45	0.52	46	0.48	40	0.53	47
Parque	0.58	57	0.57	55	0.57	56	0.61	63
Spin-off	0.32	16	0.33	18	0.29	12	0.31	16

NOTAS:

El promedio se calculó con base a la importancia asignada por las empresas a cada canal. Se consideraron solo las respuestas «muy importante».

El por ciento representa al porcentaje de empresas para quienes es importante ese tipo de canal en relación al total de la muestra (1 041).

Los porcentajes se calcularon respecto al total de empresas vinculadas con cada tipo de OPI.

Respecto al impacto de los canales de interacción OPI-I sobre los beneficios, la tabla 6 muestra la importancia de los canales para obtener los dos tipos de beneficios. En general, considerando al conjunto de OPI, los diferentes canales tienen un mayor impacto en la generación de beneficios asociados a nuevos productos. Sin embargo, hay diferencias por tipo de OPI. Para el caso de la vinculación con universidades, el canal académico, seguido de los canales movilidad y servicios son los más importantes en la generación de beneficios asociados a nuevos productos. Para el caso de las empresas que se vinculan con centros de investigación, el canal académico, seguido del canal servicios tienen mayor impacto en los beneficios relacionados al desarrollo de nuevos productos, y en el caso de las empresas que se vinculan con institutos tecnológicos, el canal movilidad tiene mayor impacto en el mismo tipo de beneficios. En la vinculación con universidades y con institutos tecnológicos, se esperan mayores beneficios asociados con el acceso a recursos humanos que en la relación con los centros.

Tabla 6. Canales y beneficios de las empresas, % de importancia.

CANALES/ BENEFICIOS	VINCULACIÓN OPI		VINCULACIÓN UNIVERSIDAD		VINCULACIÓN CENTRO		VINCULACIÓN INSTITUTO TECNOLÓGICO	
	RH	NP	RH	NP	RH	NP	RH	NP
Abierto	20 %	36 %	21 %	34 %	15 %	37 %	23 %	41 %
Movilidad	24 %	49 %	26 %	47 %	18 %	47 %	25 %	55 %
Académico	26 %	56 %	27 %	54 %	20 %	64 %	27 %	51 %
Servicio	23 %	49 %	25 %	47 %	20 %	53 %	23 %	51 %
Comercial	10 %	18 %	12 %	17 %	5 %	23 %	10 %	17 %

LEYENDA:

RH: Recursos Humanos NP: Nuevos productos

NOTAS:

Los porcentajes representan la importancia de los canales de vinculación (>0.6) para cada tipo de beneficio (>0.3). Es decir, para los canales se consideraron solo las respuestas «muy importante»; para los beneficios se consideraron las respuestas «importante y muy importante».

Los porcentajes se calcularon respecto al total de empresas vinculadas con cada tipo de OPI.

4. Resultados

4.1. Canales y beneficios

Las tablas 7 y 8 presentan los resultados del modelo de Heckman, calculado con errores estándares robustos, sobre los beneficios relacionados a los recursos humanos (1.1) y (1.2) y los beneficios asociados a la innovación de producto/proceso (2.1) y (2.2). Las ecuaciones (1.1: *BRH*) y (2.1: *BNP*), reportadas en la tabla 7, son estimaciones para

la ecuación de selección, que estima la probabilidad de que las empresas se vinculen a OPI. Como se señaló anteriormente, estas estimaciones son utilizadas como una herramienta para corregir el sesgo de selección en la estimación de beneficios. Los resultados de las ecuaciones de selección (respecto a los beneficios de recursos humanos y de introducción de nuevos productos/procesos) son bastante similares, lo que incrementa la robustez de nuestro modelo.

A partir de los resultados de las ecuaciones (1.1) y (2.1), presentados en la tabla 7, podemos argumentar que los determinantes principales de la vinculación de acuerdo a la perspectiva de las empresas están asociados con el nivel tecnológico, la inversión extranjera, el número de empleados en I+D y el acceso a fondos públicos de investigación. En general, estas variables son significativas para explicar la propensión a vincularse para obtener beneficios asociados a los recursos humanos (BRH) y a nuevos productos y procesos (BNP).

Un análisis más detallado por tipo de OPI, destaca otros determinantes de la vinculación. En general, los resultados son significativos para el caso de empresas que pertenecen al sector de servicios intensivos en conocimiento (kibs). Las empresas que pertenecen a este sector se vinculan más con universidades, mientras que las empresas del sector de servicios tradicionales priorizan sus contactos con centros de investigación. Por el contrario, los resultados respecto al nivel tecnológico no fueron significativos para las empresas que se vinculan con centros de investigación o institutos tecnológicos. La inversión extranjera también resulta un determinante para la vinculación con OPI. Empresas que no tienen inversión extranjera tienden a vincularse más con universidades y centros de investigación. El número de empleados en I+D es un factor determinante para la vinculación con diferentes tipos de OPI, pero en distintas maneras. Las empresas con mayor número de empleados en I+D se vinculan en mayor medida con centros de investigación, mientras que un mayor número de empleados en I+D resultó ser significativo y negativo para la vinculación con institutos tecnológicos. Tal parece que los centros de investigación generan conocimiento más avanzado, por lo que las empresas necesitan capacidades de absorción más elevadas para vincularse con ellos; mientras que los institutos tecnológicos pueden ser un sustituto de las actividades de I+D.

Tabla 7. Determinantes de la vinculación (ecuaciones 1.1: BRH y 2.1: BNP).

VARIABLES	VINCULA OPI			VINCULA UNIVERSIDAD			VINCULA CENTRO			VINCULA INSTITUTO		
	BRH	BNP	BRH	BNP	BRH	BNP	BRH	BNP	BRH	BNP	BRH	BNP
Manufactura de alta tecnología	-0.078	-0.087	0.122	0.123	-0.091	-0.101	-0.091	-0.101	-0.184	-0.184	-0.184	-0.184
Servicios intensivos en conocimiento	0.124	0.109	0.279***	0.276***	-0.180*	-0.183*	-0.180*	-0.183*	-0.124	-0.124	-0.124	-0.124
Departamento formal de I+D	0.035	0.044	0.043	0.045	0.005	0.041	0.005	0.041	-0.086	-0.086	-0.086	-0.081
Empleados en I+D	-0.099	-0.093	-0.081	-0.079	-0.088	-0.086	-0.088	-0.086	-0.159	-0.159	-0.159	-0.113
Inversión extranjera	0.136***	0.133***	0.0157	0.0102	0.170***	0.169***	0.170***	0.169***	-0.102**	-0.102**	-0.102**	-0.102**
	-0.048	-0.049	-0.040	-0.041	-0.043	-0.044	-0.043	-0.044	-0.047	-0.047	-0.047	-0.047
	-0.282*	-0.290**	-0.241*	-0.227*	-0.252*	-0.313**	-0.252*	-0.313**	0.282	0.282	0.282	0.289*
	-0.149	-0.147	-0.134	-0.133	-0.143	-0.139	-0.143	-0.139	-0.201	-0.201	-0.201	-0.166
Acceso a fondos públicos de innovación	0.640***	0.646***	0.294***	0.315***	0.226**	0.227**	0.226**	0.227**	0.051	0.051	0.051	0.039
Constante	-0.110	-0.102	-0.079	-0.076	-0.096	-0.095	-0.096	-0.095	-0.178	-0.178	-0.178	-0.130
	0.273**	0.280**	-0.444***	-0.448***	-1.207***	-1.212***	-1.207***	-1.212***	-0.817***	-0.817***	-0.817***	-0.814***
	-0.120	-0.118	-0.102	-0.101	-0.119	-0.121	-0.119	-0.121	-0.118	-0.118	-0.118	-0.116
Observaciones	1,023	1,023	1,028	1,028	1,033	1,033	1,033	1,033	1,030	1,030	1,030	1,030

NOTA: *** p < 0.01, ** p < 0.05, * p < 0.1

Los resultados también muestran que el acceso a fondos públicos para la innovación es un determinante importante para la vinculación con universidades y centros de investigación; por el contrario, estos resultados no fueron significativos para la vinculación con institutos tecnológicos. La tabla 8 sintetiza los determinantes de la vinculación para los diferentes tipos de OPI.

Tabla 8. Determinantes de la vinculación por tipo de OPI.

DETERMINANTES DE LA VINCULACIÓN	TIPO DE OPI			
	OPI	UNIVERSIDAD	CENTRO	INSTITUTO TECNOLÓGICO
Nivel tecnológico (kibs)		***	-*	
Empleados en I+D	***		***	-*
Inversión extranjera	-*	-*	-*	-*
Acceso a fondos públicos de innovación	***	***	***	

Las ecuaciones 1.2 y 2.2 muestran los beneficios de la interacción con OPI y los factores específicos que los determinan. Los resultados presentados en las tablas 9 y 10 sugieren que el nivel tecnológico del sector, la duración de la interacción, la presencia de empleados en I+D, la introducción de innovaciones tecnológicas y el uso del CAbierto, CMovilidad, CAcadémico y CComercial figuran entre los determinantes más importantes para la obtención de beneficios de recursos humanos y de introducción de nuevos productos/procesos.

En cuanto a la vinculación con OPI, en general, los resultados sugieren que empresas del sector de servicios intensivos en conocimiento obtienen mayores BRH, mientras que las del sector de servicios tradicionales obtienen mayores BNP. Para la obtención de BRH es necesaria una duración de vinculación mayor de dos años, mientras que para la obtención de BNP una vinculación menor de dos años es suficiente. Respecto a la vinculación con universidades y centros de investigación, un mayor número de empleados en I+D genera más BRH, pero el resultado es inverso para el caso de BNP. Empresas del sector de servicios tradicionales vinculadas con universidades obtienen mayores BNP. En cuanto a la duración de la vinculación con universidades, encontramos que es necesario tener más de dos años para obtener BRH, mientras que siendo menor de dos años es significativa para alcanzar BNP. Esto refleja que cuanto mayor es la duración de la vinculación, mayores son los BRH y, por el contrario, procesos de vinculación extendidos no contribuyen a generar BNP.

Tabla 9. Impacto de los canales en los beneficios (ecuaciones 1.2: BRH y 2.2: BNP).

VARIABLES	VINCULA OPI		
	BRH	BNP	BRH
Empleados en I+D	0.008	-0.016**	0.003
	-0.006	-0.008	-0.006
Innovación tecnológica	0.016	-0.024	0.005
	-0.038	-0.056	-0.078
Manufactura de alta tecnología	-0.004	0.014	-0.014
	-0.014	-0.019	-0.019
Servicios intensivos en conocimiento	0.028**	-0.036**	0.023
	-0.012	-0.017	-0.018
Duración de vinculación	-0.025**	0.033**	-0.024*
	-0.010	-0.014	-0.014
CAbierto	0.052**	-0.035	0.030
	-0.024	-0.033	-0.032
CMovilidad	-0.008	0.046	-0.025
	-0.032	-0.043	-0.044
CAcadémico	0.012	0.072**	0.011
	-0.025	-0.037	-0.033
CServicio	0.032	-0.033	0.044
	-0.025	-0.034	-0.033
CComercial	-0.022	-0.001	0.005
	-0.026	-0.035	-0.035
Constante	0.124**	0.368***	0.122
	-0.057	-0.078	-0.108
athrho	0.593	-0.692**	0.603*
	-0.401	-0.297	-0.321
Insigma	-1.909***	-1.587***	-1.857***
	-0.071	-0.057	-0.102
Observaciones	1,023	1,023	1,028

NOTA:

*** p < 0.01, ** p < 0.05, * p < 0.1

VINCULA UNIVERSIDAD		VINCULA CENTRO		VINCULA INSTITUTO	
	BNP	BRH	BNP	BRH	BNP
	-0.015*	0.041***	-0.044**	-0.002	-0.012
	-0.009	-0.014	-0.021	-0.027	-0.026
	0.011	-0.028	0.034	0.045	-0.078**
	-0.102	-0.059	-0.079	-0.038	-0.040
	0.029	0.019	-0.034	-0.005	0.020
	-0.027	-0.032	-0.040	-0.059	-0.049
	-0.039*	0.025	-0.031	0.019	-0.010
	-0.023	-0.032	-0.041	-0.041	-0.039
	0.035*	-0.010	0.012	-0.037	0.035
	-0.018	-0.020	-0.032	-0.024	-0.032
	-0.015	0.119**	-0.092	0.036	-0.008
	-0.044	-0.048	-0.072	-0.066	-0.084
	0.137***	0.047	-0.094	0.023	-0.057
	-0.050	-0.082	-0.102	-0.063	-0.093
	0.081*	-0.049	0.127*	0.032	0.037
	-0.047	-0.055	-0.073	-0.056	-0.076
	-0.030	0.030	-0.089	-0.004	0.025
	-0.045	-0.044	-0.061	-0.064	-0.088
	-0.064	-0.110***	0.128**	0.010	0.004
	-0.046	-0.042	-0.061	-0.062	-0.084
	0.304**	-0.154	0.799***	0.121	0.367
	-0.126	-0.169	-0.215	-0.431	-0.228
	-0.697***	1.248**	-1.139**	0.021	0.185
	-0.243	-0.511	-0.461	-2.342	-0.817
	-1.546***	-1.599***	-1.318***	-2.025***	-1.672***
	-0.084	-0.235	-0.215	-0.056	-0.125
	1,028	1,033	1,033	1,030	1,030

Respecto a los canales de interacción por tipo de OPI, los resultados muestran que los canales más usados para la obtención de BNP con universidades son el CMovilidad y el CAcadémico. Para el caso de la vinculación con centros de investigación, el CAbierto resulta altamente significativo para la obtención de BRH; por otro lado, el CComercial contribuye negativamente para la obtención de BRH. En cuanto al CAcadémico y CComercial, estos contribuyen positivamente para la obtención de BNP a través de la vinculación con centros de investigación. Ninguno de los canales analizados resultó significativo para la obtención de beneficios a través de la vinculación con institutos tecnológicos.

La tabla 10 sintetiza el impacto de los canales de interacción en la obtención de beneficios de la vinculación con diferentes tipos de OPI.

Tabla 10. Impacto de los canales usados con diferentes OPI para obtener beneficios.

IMPACTO DE LOS CANALES EN LOS BENEFICIOS	TIPO DE OPI							
	OPI		UNIVERSIDAD		CENTRO DE INVESTIGACIÓN		INSTITUTO TECNOLÓGICO	
	BRH	BNP	BRH	BNP	BRH	BNP	BRH	BNP
Abierto	**				**			
Movilidad				***				
Académico		**		*		*		
Servicios								
Comercial					***	**		

5. Reflexiones finales

Este trabajo analiza las interacciones OPI-I desde la perspectiva de las empresas innovadoras mexicanas. Se ha centrado en los canales y beneficios de la interacción, a partir del argumento de que los beneficios esperados por las empresas difieren de acuerdo a los canales de interacción utilizados.

Los resultados muestran que las empresas usan diferentes canales de interacción con las OPI, lo cual confirma estudios previos del caso mexicano (Dutrénit *et al.*, 2010b; De Fuentes y Dutrénit, 2012) y de otros países latinoamericanos (Arza *et al.*, 2015). Los resultados sugieren que, para obtener beneficios, prefieren el CAbierto que incluye publicaciones, conferencias e intercambio informal de información; el CMovilidad, que incluye la contratación de recién egresados y prácticas profesionales; el CAcadémico que incluye la participación de investigadores en la empresa y proyectos de I+D conjuntos o en cooperación;

y el CComercial, que incluye el licenciamiento, incubadora, parques científicos, y *spin-offs*. Estos canales contribuyen en distintas formas para la obtención de BRH y BNP con las OPI del país.

Este trabajo aporta información sobre la efectividad de los diferentes canales de interacción para generar distintos tipos de beneficios, lo cual tiene implicaciones de política. Por un lado, ¿qué canales de interacción deberían ser incentivados para promover una mayor interacción OPI-I? Los resultados sugieren que se debería incentivar el CAbierto para fomentar la obtención de BRH por las empresas. Para la obtención de BNP se debería de incentivar el CMovilidad, el CAcadémico y el CComercial, ya que son los preferidos por las empresas para obtener este tipo de beneficios. En otras palabras, habría que estimular vínculos a través de publicaciones, conferencias, intercambio informal de información si se desea fortalecer los BRH. Por otro lado, si el interés es fortalecer los BNP, es necesario estimular los vínculos a través de la contratación de egresados, prácticas profesionales, participación de investigadores en empresas, proyectos de I+D conjuntos, licencias, incubadoras, parques y *spin-offs*.

Un subproducto de este análisis fue la identificación de los determinantes de la interacción por tipo de OPI. El sector tecnológico, el número de empleados en I+D y el acceso a fondos públicos para la innovación es importante para los tres tipos de OPI analizados. Es decir, las empresas con mayor número de empleados en I+D son más propensas a establecer vínculos con universidades y las empresas que acceden a fondos públicos tienden a vincularse más que las empresas que no son beneficiadas por estos fondos. Este resultado sugiere que los fondos públicos están teniendo éxito para estimular a las empresas a vincularse, o, se podría interpretar en otros términos, si las empresas quieren acceder a fondos públicos tienen que vincularse. Pertenecer a sectores de mayor contenido tecnológico, como es el sector de servicios intensivos en conocimiento, contribuye a explicar una mayor propensión de las empresas a vincularse con universidades. Los resultados no resultaron significativos en cuanto a los canales de vinculación con institutos tecnológicos, lo cual sugiere que las empresas se vinculan con institutos tecnológicos a través de otro tipo de formas de interacción, o bien indica la necesidad de introducir iniciativas de política que promueva la utilización de estos canales de vinculación con institutos tecnológicos.

Este trabajo reafirma trabajos anteriores que destacan la importancia que tienen los instrumentos de la política de innovación para

estimular un cambio en el comportamiento de las empresas respecto a la vinculación (Dutrénit *et al.*, 2010b; Torres *et al.*, 2011; De Fuentes y Dutrénit, 2012, 2016; Becerra y Dutrénit, 2016; Magaldi, 2015). Hay un grupo de empresas que son cautivas del financiamiento público, en el sentido de que aplican regularmente a diferentes convocatorias, y en varios casos son beneficiarias de esos programas. Más allá de los aspectos negativos que pueda tener para la eficiencia de las políticas la concentración de los apoyos en un grupo de empresas, hay un aspecto positivo. Estas empresas están atentas a los incentivos promovidos por la política de innovación y buscan cambiar su comportamiento en esa dirección para obtener dichos recursos. En cierto sentido, esas empresas son agentes de cambio, y sería conveniente considerar ese rol que pueden desempeñar a la hora de diseñar los instrumentos. También resulta interesante que programas no diseñados explícitamente para fomentar las interacciones OPI-I, como fue el programa de Incentivos Fiscales para la I+D o lo es actualmente el Programa de Estímulos a la Innovación, han impulsado las interacciones OPI-I, permitiendo a los actores iniciar interacciones y aprender sobre los beneficios potenciales que podrían obtener de la relación. En otras palabras, el aprendizaje a través de la interacción ha sido un subproducto de este instrumento.

Anexo. Análisis de factores para construir los canales.

	F1	F2	F3	F4	F5
Publicaciones y reportes	0.3254	0.3003		0.5223	
Conferencias				0.8253	
Intercambio informal de información	0.306	0.3275	0.3296	0.3991	0.3995
Contratación de recién egresados	0.3342		0.6371		
Participación de investigadores en la empresa	0.5433		0.4904		0.3363
Prácticas profesionales	0.3663		0.7323		
Capacitación y/o asesoría	0.4178	0.3042	0.3646	0.3786	0.4752
Contratos de investigación	0.5165	0.3026			0.5315
Consultoría con investigadores individuales	0.4293	0.3472			0.5531
Proyectos de I&D conjuntos o en cooperación	0.8701				
Licenciamiento	0.3062	0.6715			
Incubadoras		0.7227		0.3061	

Anexo. Análisis de factores para construir los canales. (Continuación)

	F1	F2	F3	F4	F5
Participación en parques científicos y/o tecnológicos	0.312	0.5925		0.3439	
La empresa es un desprendimiento (<i>spin-off</i>) de una universidad		0.4931			

LR test Prob > chi2 = 0.0000

Bibliografía

- ADAMS, J.; CHIANG, E.; JENSEN, J. (2003): «The influence of Federal Laboratory R&D on industrial research», *Review of Economics and Statistics*, n.º 85, pp. 1003-1020.
- ALBUQUERQUE, E.; SUZIGAN, W.; KRUSS, G.; LEE, K. (2015): *Developing National Systems of Innovation. University-Industry Interactions in the Global South*, Edward Elgar, UK, USA.
- AROCENA, R.; SUTZ, J. (2005): «Latin American Universities: From an original revolution to an uncertain transition», *Higher Education*, n.º 50, pp. 573-592.
- ARVANITIS, S.; SYDOW, N.; WOERTER, M. (2008): «Is there any impact of University-Industry knowledge transfer on innovation and productivity? An empirical analysis based on Swiss firm data», *Review of Industrial Organization*, n.º 32, pp. 77-94.
- ARZA, V. (2010): «Interactions between public research organizations and firms: channels, benefits and risks in Latin America. A conceptual framework», *Science and Public Policy*, vol. 37, n.º 7, pp. 473-484.
- ARZA, V.; VÁZQUEZ, C. (2010): «Interactions between public research organizations and industry in Argentina: analysis of channels and benefits for researchers and firms», *Science and Public Policy*, vol. 37, n.º 7, 499-511.
- ARZA, V.; DE FUENTES, C.; DUTRÉNIT, G.; VÁZQUEZ, C. (2015): «Channels and Benefits of Interactions between Public Research Organizations and Industry: Comparing Country Cases in Africa, Asia, and Latin America», en E. Albuquerque, W. Suzigan, G. Kruss, K. Lee (eds.), *Developing National Systems of Innovation. University-Industry Interactions in the Global South*, Edward Elgar, Cheltenham, pp. 93-119.
- ASOCIACIÓN NACIONAL DE UNIVERSIDADES E INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR (2015): *Anuario Estadístico 2013. Población Escolar y Personal Docente en la Educación Media y Superior*, <<http://www.anuies.mx/iinformacion-y-servicios/informacion-estadistica-de-educacion-superior/anuario-estadistico-de-educacion-superior>> [16/3/2016].

- BECERRA, N.; DUTRÉNIT, G. (2016): «Exploring the Impact of University-Industry Linkages on Firms' Innovation: Empirical Evidence from Mexico», en L. Al-Hakim, X. Wu, A. Koronios, Y. Shou (eds.), *Handbook of Research on Driving Competitive Advantage through Sustainable, Lean, and Disruptive Innovation*, IGI Global, Hershey, pp. 590-613.
- BEKKERS, R.; BODAS FREITAS, I. (2008): «Analyzing knowledge transfer channels between universities and industry: To what degree do sectors also matter?», *Research Policy*, vol. 37, pp. 1837-1853.
- BERCOVITZ, J.; FELDMAN, M. (2003): «Technology transfer and the academic department: who participates and why?», Conference paper DRUID Summer Conference, Copenhagen, Denmark.
- BIERLY, P.; DAMANPOUR, F.; SANTORO, M. (2009): «The application of external knowledge: Organizational conditions for exploration and exploitation», *Journal of Management Studies*, vol. 46, n.º 3, pp. 841-509.
- BOARDMAN, P. C.; PONOMARIOV, B. L. (2009): «University researchers working with private companies», *Technovation*, n.º 29, pp. 142-153.
- BOSCHMA, R. A. (2005): «Proximity and Innovation: A Critical Assessment», *Regional Studies*, n.º 39, pp. 61-74.
- BRUNDENIUS, C.; GÖRANSSON, B.; AGREN, J. (2011): «The changing role and challenges», en B. Göransson y C. Brundenius (eds.), *Universities in Transition. The Changing Role and Challenges for Academic Institutions*, Springer, New York, pp. 307-325.
- BRUNDENIUS, C.; LUNDVALL, B.-Å., SUTZ, J. (2008): «Developmental University Systems: Empirical, Analytical and Normative Perspectives», VI Globelics Conference, Mexico City, September.
- CASALET, M. R.; CASAS, R. (1998): *Un diagnóstico sobre la vinculación universidad-empresa*, CONACYT/ANUIES, México D. F.
- CASAS, R. (2001): *La formación de redes de conocimiento: una perspectiva regional desde México*, Anthropos Editorial.
- CASAS, R.; LUNA, M. (1997): *Gobierno, academia y empresas en México: Hacia una nueva configuración de relaciones*, Plaza y Valdés, México D. F.
- CASSIOLATO, J.; LASTRES, H.; MACIEL, M. (2003): *Systems of Innovation and Development. Evidence from Brazil*, Edward Elgar, Cheltenham.
- CASTELLACCI, F. (2008): «Technological paradigms, regimes and trajectories: Manufacturing and service industries in a new taxonomy of sectoral patterns of innovation», *Research Policy*, vol. 37, pp. 978-994.
- CIMOLI, M. (2000): *Developing Innovation Systems, Mexico in the Global Context*, Pinter Publisher, London.

- COHEN, W.; NELSON, R.; WALSH, J. (2002): «Links and Impacts: The influence of public research on industrial R&D», *Management Science*, vol. 48, pp. 1-23.
- COLYVAS, J.; CROW, M.; GELIJNS, A.; MAZZOLENI, R.; NELSON, R.; ROSENBERG, N.; SAMPAT, B. N. (2002): «How do university inventions get into practice?», *Management Science*, vol. 48, n.º 1, pp. 61-72.
- DALMARCO, G.; ZAWISLAK, P. A.; HULSINK, W.; BRAMBILLA, F. (2015): «How knowledge flows in university-industry relations», *European Business Review*, vol. 27, n.º 2, pp. 148-160.
- DE FUENTES, C.; DUTRÉNIT, G. (2012): «Best channels of academia-industry interaction for long-term benefit», *Research Policy*, vol. 41, pp. 1666-1682.
- DE FUENTES, C.; DUTRÉNIT, G. (2016): «Geographic proximity and university-industry interaction: the case of Mexico», *The Journal of Technology Transfer*, vol. 41, n.º 2, pp. 329-348.
- D'ESTE, P.; PATEL, P. (2007): «University-industry linkages in the UK: What are the factors underlying the variety of interactions with industry?», *Research Policy*, vol. 36, pp. 1295-1313.
- D'ESTE, P.; GUY, F.; IAMMARINO, S. (2013): «Shaping the formation of university-industry research collaboration: what type of proximity does really matter?», *Journal of Economic Geography*, n.º 13, pp. 537-558.
- DUTRÉNIT, G.; ARZA, V. (2010): «Interactions between Public Research Organizations and Industry in Latin America. A Study from the Perspective of Firms and Researchers», *Science and Public Policy*, vol. 37, n.º 7, pp. 541-553.
- DUTRÉNIT, G.; ARZA, V. (2015): «Features of Interactions between Public Research Organizations and Industry in Latin America: The Perspective of Researchers and Firms», en E. Albuquerque, W. Suzigan, G. Kruss, K. Lee (eds.), *Developing National Systems of Innovation. University-Industry Interactions in the Global South*, Edward Elgar, Cheltenham, pp. 164-193.
- DUTRÉNIT, G.; CAPDEVIELLE, M.; CORONA, J.; PUCHET ANYUL, M.; SANTIAGO, F.; VERA-CRUZ, A. (2010a): *El sistema nacional de innovación mexicano: estructuras, políticas, desempeño y desafíos*, UAM/Textual S. A., México D. F.
- DUTRÉNIT, G.; DE FUENTES, C.; TORRES, A. (2010b): «Channels of interaction between public research organizations and industry and benefits for both agents: evidence from Mexico», *Science and Public Policy*, vol. 37, n.º 7, pp. 513-526.
- DUTRÉNIT, G.; PUCHET, M. (2016): «Tensions of Science, Technology and Innovation policy in Mexico: analytical models, institutional evolution,

- national capabilities and governance», en Kuhlmann y Ordóñez-Matamoros (eds.), *Research Handbook on Innovation Governance for Emerging Economies*, Edward Elgar (en imprenta).
- EOM, B. Y.; LEE, K. (2009): «Modes of knowledge transfer from PROs and firm performance: The case of Korea», *Seoul Journal of Economics*, vol. 22, n.º 4, pp. 499-528.
- ETZKOWITZ, H. J.; MELLO M. C. DE; ALMEIDA, M. (2005): «Towards 'meta-innovation' in Brazil: the evolution of the incubator and the emergence of a triple helix», *Research Policy*, vol. 34, n.º 4, pp. 411-424.
- FERNANDES, A.; CHAVES, C.; SUZIGAN, W.; ALBUQUERQUE, E.; STAMFORD DA SILVA, A.; CAMPELLO DE SOUZA, B. (2010): «Academy-industry links in Brazil: evidence about channels and benefits for firms and researchers», *Science and Public Policy*, vol. 37, n.º 7, pp. 485-498.
- FONTANA, R.; GEUNA, A.; MATT, M. (2006): «Factors affecting university-industry R&D projects: the importance of searching, screening and signaling», *Research Policy*, vol. 35, pp. 309-323.
- FORO CONSULTIVO CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO (2011a): *Catálogo de programas para el fomento empresarial y la vinculación 2011*, México D. F.
- FORO CONSULTIVO CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO (2011b): «Ranking de Producción Científica Mexicana», *Ranking 2011*, México D. F.
- FORO CONSULTIVO CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO (2015): *Catálogo de programas para el fomento a la innovación y la vinculación en las empresas 2015*, México D. F.
- FRANCO, M.; HAASE, H. (2015): «University-Industry cooperation: Researchers' motivations and interaction channels», *Journal of Engineering and Technology Management Archive*, vol. 36, n.º C, pp. 41-51.
- GARCÍA, R.; ARAUJO, V.; MASCARINI, S.; GOMES SANTOS, E.; COSTA, A. (2015): «Looking at both sides: how specific characteristics of academic research groups and firms affect the geographical distance of university-industry linkages. Regional Studies», *Regional Science*, vol. 2, n.º 1, pp. 518-534.
- GIULIANI, E.; ARZA, V. (2009): «What drives the formation of 'valuable' university-industry linkages? An under-explored question in a hot policy debate», *Research Policy*, vol. 38, n.º 6, pp. 906-921.
- GONZÁLEZ-BRAMBILA, C.; VELOSO, F. M. (2007): «The determinants of research output and impact: A study of Mexican researchers», *Research Policy*, vol. 36, n.º 7, pp. 1035-1051.
- GUERRERO, M.; URBANO, D. (2012): «The development of an entrepreneurial university», *The Journal of Technology Transfer*, vol. 37, n.º 1, pp. 43-74.

- HANEL, P.; ST-PIERRE, M. (2006): «Industry-university collaboration by Canadian manufacturing firms», *Journal of Technology Transfer*, vol. 31, n.º 4, pp. 485-499.
- HECKMAN, J. (1978): «Dummy Endogenous Variables in a Simultaneous Equation System», *Econometrical*, n.º 47, pp. 153-161.
- LALL, S.; PIETROBELLI, C. (2002): *Failing to Compete. Technology development and technology systems in Africa*, Edward Elgar.
- LAURSEN, K.; SALTER, A. (2004): «Searching high and low: what types of firms use universities as a source of innovation?», *Research Policy*, vol. 33, pp. 1201-1215.
- LEE, Y. (1996): «Technology transfer' and the research university: a search for the boundaries of university-industry collaboration», *Research Policy*, vol. 25, n.º 6, pp. 843-863.
- LEE, Y. (2000): «The sustainability of university–industry research collaboration: an empirical assessment», *Journal of Technology Transfer*, n.º 25, pp. 111-133.
- LETEN, B.; LANDONI, P.; VAN LOOY, B. (2014): «Science or graduates: How do firms benefit from the proximity of universities?», *Research Policy*, vol. 43, pp. 1398-1412.
- LORENTZEN, J. (2009): «Learning by firms: the black box of South Africa's Innovation System», *Science and Public Policy*, vol. 36, pp. 33-45.
- MAGALDI, R. (2015): «Efectos del sistema de incentivos sobre la vinculación academia-industria», tesis de Maestría en Economía y Gestión de la Innovación, UAM-X.
- MAIETTA, O. (2015): «Determinants of university-firm R&D collaboration and its impact on innovation: A perspective from a low-tech industry», *Research Policy*, vol. 44, n.º 7, pp. 1341-1359.
- MANSFIELD, E. (1990): «Patents and Innovation: An empirical study», *Management Science*, vol. 32, pp. 173-181.
- MANSFIELD, E.; LEE, J. Y. (1996): «The modern university: contributor to industrial innovation and recipient of industrial R&D support», *Research Policy*, vol. 25, n.º 7, pp. 1047-1058.
- MEYER-KRAHMER, F.; SCHMOCH, U. (1998): «Science-based technologies university-industry interactions in four fields», *Research Policy*, vol. 27, pp. 835-852.
- MONJON, S.; WAELBROECK, P. (2003): «Assessing spillovers from universities to firms: evidence from French firm-level data», *International Journal of Industrial Organization*, vol. 21, n.º 9, pp. 1255-1270.

- MORGAN, K. (2004): «The exaggerated death of geography: learning. Proximity and territorial innovation systems», *Journal of Economic Geography*, n.º 4, pp. 3-21.
- MOTOHASHI, K. (2005): «University-Industry collaboration in Japan: the role of new technology-based firms in transforming the National System», *Research Policy*, vol. 34, pp. 585-594.
- MUCHIE, M.; GAMMELTOFT, P.; LUNDVALL, B.-Å. (2003): *Putting Africa First. The making of African innovation systems*, Aalborg University Press.
- NARIN, F.; HAMILTON, K.; OLIVASTRO, D. (1997): «The increasing linkage between U. S. technology and public science», *Research Policy*, vol. 26, pp. 317-330.
- NOWAK, M. J.; GRANTHAM, C. E. (2000): «The virtual incubator: managing human capital in the software industry», *Research Policy*, vol. 29, n.º 2, pp. 125-134.
- OROZCO, J.; RUIZ, K. (2010): «Quality of interactions between universities and public research organization with firms: lessons from Costa Rican case», *Science and Public Policy*, vol. 37, n.º 7, pp. 527-540.
- PAVITT, K. (1984): «Sectoral Patterns of Technical Change: Towards a Taxonomy and a Theory», *Research Policy*, vol. 13, pp. 343-373.
- PERKMANN, M.; TARTARI, V.; MCKELVEYB, M. *et al.* (2013): «Academic engagement and commercialization: A review of the literature on university-industry relations», *Research Policy*, vol. 42, pp. 423-442.
- PERKMANN, M.; WALSH, K. (2009): «The two faces of collaboration: impacts of university-industry relations on public research», *Industrial and Corporate Change*, vol. 18, n.º 6, pp. 1033-1065.
- ROSENBERG, N.; NELSON, R. (1994): «American universities and technical advance in industry», *Research Policy*, vol. 23, pp. 323-348.
- SANTORO, M.; CHAKRABARTI, A. (2002): «Firm size and technology centrality in industry-university interactions», *Research Policy*, vol. 31, n.º 7, pp. 1163-1180.
- SCHARTINGER, D.; RAMMER, C.; FISCHER, M.; FROHLICH, J. (2002): «Knowledge interactions between universities and industry in Austria: sectoral patterns and determinants», *Research Policy*, vol. 31, n.º 3, pp. 303-328.
- SCHARTINGER, D.; SCHIBANY, A.; GASSLER, H. (2001): «Interactive relations between universities and firms: Empirical evidence for Austria», *The Journal of Technology Transfer, Springer*, vol. 26, n.º 3, pp. 255-268.

- SEGARRA-BLASCO, A.; ARAUZO-CAROD, J. M. (2008): «Sources of innovation and industry-university interaction: evidence from Spanish firms», *Research Policy*, vol. 37, n.º 8, pp. 1283-1295.
- SERNA, M.; CABRERA, J.; PÉREZ, R.; SALINAS, M. (2013): *Diagnóstico del posgrado en México, ocho estudios de caso*, Consejo Mexicano de Estudios de Posgrado, A. C., México D. F.
- SOHN, W.; KENNEY, M. (2007): «Universities, clusters and innovation systems: the case of Seoul, Korea», *World Development*, vol. 35, n.º 6, pp. 991-1004.
- SWANN, G. (2002): «Innovative Businesses and the Science and Technology Base: An Analysis Using CIS3», Data Report for the Department of Trade and Industry, DTI, London, UK.
- TETHER, B.; TAJAR, A. (2008): «Beyond industry-university links: sourcing knowledge for innovation from consultants, private research organizations and the public science-base», *Research Policy*, vol. 37, pp. 1079-1095.
- TORRES, A.; DUTRÉNIT, G.; SAMPEDRO, J. L.; BECERRA, N. (2011): «What are the factors driving university–industry linkages in latecomer firms: evidence from Mexico», *Science and Public Policy*, vol. 38, n.º 1, pp. 31-42.
- WALWYN, D. (2007): «Finland and the mobile phone industry: A case study of the return on investment from government-funded research and development», *Technovation*, n.º 27, pp. 335-341.
- WELSH, R.; GLENNA, L.; LACY, W.; BISCOTTI, D. (2008): «Close enough but not too far: Assessing the effects of university-industry research relationships and the rise of academic capitalism», *Research Policy*, vol. 37, pp. 1854-1864.
- WONGLIMPIYARAT, J. (2006): «The dynamic economic engine at Silicon Valley and US government programmes in financing innovations», *Technovation*, vol. 26, n.º 9, pp. 1081-1089.
- WRIGHT, M.; CLARYSSE, B.; LOCKETT, A.; KNOCKAERT, M. (2008): «Mid-range universities linkages with industry: Knowledge types and the role of intermediaries», *Research Policy*, vol. 37, pp. 1205-1223.



Capacidades y transferencia de tecnología en las universidades. El caso del área de la biomedicina en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)

ARTURO TORRES
JAVIER JASSO VILLAZUL

Introducción

En México, el desarrollo de capacidades científicas y tecnológicas en el área de la salud se ha llevado a cabo en forma lenta, a pesar de que ha tenido una gran tradición sobre todo en el siglo xx,¹ con el inicio de las especialidades médicas y de que ha sido una de las más productivas, al igual que ha ocurrido en otros países de América Latina (Mas, 2012; Secretaría de Salud, 2007).

La inversión que México hace en la investigación en salud es solo el 2.3 % del total del gasto en ciencia y tecnología, que representa el 0.01 % del PIB y el 0.45 % del gasto total en salud, lo que contrasta ampliamente con el gasto en los países industrializados, que en general se encuentra por encima de 1.5 % del gasto público en salud (Secretaría de Salud, 2007). El bajo gasto que se destina en México a la investigación y su lento desarrollo, entre otros factores, ha impedido acortar una importante brecha existente entre las necesidades de la población en el ámbito de la salud y la realidad de la investigación y el desarrollo tecnológico realizados. Esto no es privativo de México, sino que ocurre en muchos países de la región de América Latina y otros países en desarrollo (Mas, 2012).

A diferencia de los países más desarrollados, en donde las capacidades científicas, tecnológicas e innovativas se encuentran distribuidas en una gama más amplia de actores (empresas, centros de investigación y

¹ Destacan, por ejemplo, desde las culturas precolombinas, áreas de la medicina como la atención de enfermedades por medio de diversas plantas o el uso de instrumentos y artefactos. Entre otros, véase Corona (2008), Tamayo (1997).

desarrollo, organizaciones públicas, consorcios mixtos, entre otras), los países en desarrollo concentran estas capacidades en un menor número de actores (OEA-OECT, 2005), por lo que su papel en la formación de recursos humanos, la investigación y la generación y transferencia de conocimiento con valor económico los posiciona como palancas imprescindibles de desarrollo (Mouton y Wash, 2008).

Las universidades y centros públicos de investigación desempeñan un papel crucial no solo como productoras de recursos humanos y generadoras de conocimiento, actividades que realizan a través de sus funciones de docencia (primera misión) e investigación (segunda misión). También están llamadas a contribuir significativamente en la expansión económica y el desarrollo social (Arocena y Sutz, 2005; Dutrénit *et al.*, 2010; Torres *et al.*, 2011; Bezerra, 2012; Maietta, 2015), particularmente en contextos de menor desarrollo relativo, lo que conlleva a la tercera misión. Lo anterior, mediante la vinculación de las universidades y centros públicos de investigación con las empresas y otros actores del sector privado y social, que permitan la difusión, transferencia y uso del conocimiento.

Si bien la literatura, sobre todo de corte cuantitativo, ha hecho importantes hallazgos en torno a estos temas, se sabe poco aún sobre los procesos mediante los que se transfiere conocimiento científico y tecnológico de las universidades y centros públicos de investigación a los sectores productivo y social (González-Pernia *et al.*, 2013; Chang *et al.*, 2016; Ramos-Vielba y Fernández-Esquinas, 2012; Calcagnini y Favaretto, 2015).

El papel potencial de las universidades y, en general, de las organizaciones públicas de investigación (OPI) ha evolucionado desde la formación de recursos humanos y generación de conocimiento mediante la investigación (primeras dos misiones de la universidad), hacia un enfoque más orientado a la solución de problemas y contribución al desarrollo (tercera misión). La transferencia de conocimiento y tecnología es el eje central de la tercera misión de la universidad. La transferencia de tecnología es un proceso a partir del cual se difunden los conocimientos y habilidades materializados en productos, procesos o técnicas factibles de ser utilizadas, y pueden convertirse en innovaciones que atiendan alguna necesidad.

El potencial de las OPI para contribuir al desarrollo económico y social reside en su aptitud y esfuerzo para generar capacidades científicas y tecnológicas, así como para difundir el uso de las mismas. Las capacidades

son un elemento fundamental para que el proceso de transferencia ocurra. Sugerimos que las capacidades para generar innovaciones tienen su base en las capacidades científicas y de invención. Además, como lo ha enfatizado el reporte del Global Forum for Health Research (1999), el fortalecimiento de las capacidades de investigación en salud es necesario para contribuir a la corrección de la brecha 10/90, la cual se refiere al hecho de que solo el 5-10 % de los fondos para la investigación en salud en el mundo se dirige a la investigación de los problemas de salud que afectan al 90 % de la población mundial (Torres *et al.*, 2015).

Se parte de la premisa de que la evolución de la universidad en relación con la generación de conocimiento y su utilización social (tercera misión) tiene su base en la enseñanza (primera misión) y en la investigación (segunda misión). La investigación científica produce nuevo conocimiento, una fracción del cual se expresa en nuevos productos y procesos, o en la mejora de los ya existentes, es decir se expresa en innovaciones que pueden llevar a la generación de retornos significativos (Kreiman y Maunsell, 2011). Argumentamos que las capacidades científicas y, por lo tanto, el sistema de investigación de una universidad (segunda misión) inciden en la debilidad o fortaleza de la difusión o aplicación del conocimiento plasmada en la tercera misión. La transformación de la universidad, de una organización formadora de recursos humanos y creadora de conocimiento, a una organización comprometida con el desarrollo económico y social implica el fortalecimiento de las primeras dos misiones, y la vinculación es el medio para atender una necesidad productiva o social. La tercera misión supone el fortalecimiento de la universidad como organización que genera y gestiona conocimiento, el cual alimenta o impulsa los procesos de innovación con impacto económico y social, en los que intervienen diversos agentes.

Basados en el Instituto de Investigaciones Biomédicas perteneciente a la Universidad Nacional Autónoma de México (IIB-UNAM), este trabajo identifica las capacidades generadas por esta OPI, y se explica en qué medida estas han constituido una base para impulsar desarrollos tecnológicos que se orienten y usen para resolver problemas de salud. La construcción de capacidades científicas y de innovación requeridas para responder a las necesidades de los usuarios no se produce de forma aislada, sino a través de vinculaciones de una amplia variedad de agentes e instituciones. El IIB en el contexto mexicano destaca porque ha generado un alto nivel de capacidades científicas e

inventivas a lo largo de los poco más de setenta años de trayectoria. A partir del estudio de esas capacidades, el trabajo pretende contribuir al entendimiento del proceso de uso y transferencia de conocimiento impulsado a partir de la vinculación entre las OPI, las empresas y otros demandantes de conocimiento en el sector salud.

Es en este marco que se indaga sobre los patrones de las actividades inventivas y de producción científica realizadas por el IIB-UNAM y también se ilustra el proceso de transferencia de conocimiento, con resultados comercializables de esta OPI, con empresas del sector farmacéutico. Se utilizan indicadores bibliométricos y de patentes para dar cuenta de la construcción de capacidades científicas e inventivas en las OPI. La utilización de estos indicadores se basa en la premisa de que las patentes concedidas son un indicador indirecto que da cuenta del proceso de innovación realizado por las OPI, y las publicaciones científicas son una actividad esencial relacionada con los resultados de la actividad científica y tecnológica. Por otra parte, para dar cuenta del proceso de transferencia se usa un diseño cualitativo, basado en entrevistas con personal de los agentes vinculados: la OPI y la empresa farmacéutica. También se utilizan fuentes complementarias (informes anuales, reportes internos, información en páginas web). La selección del IIB se deriva de estudios previos (Torres y Jasso, 2013 y Jasso, 2010), en los que destaca como una OPI con características que la hacen un caso relevante para ilustrar el proceso de generación y transferencia de conocimiento. Se trata de una OPI con una larga trayectoria (fue fundada en 1941) y con un importante desempeño en la generación de capacidades científicas y en el número de patentes creadas, dentro del contexto mexicano. Está ubicada en un sector relevante por su impacto económico y social, como es el de la salud, y ha tenido algunas experiencias en la transferencia de conocimiento con potencial comercializable hacia las empresas mexicanas de la industria farmacéutica.

Una vez que se ha introducido el tema y descrito la metodología de ese trabajo, hacemos un acercamiento al tema de la transferencia de tecnología desde la óptica de las universidades. Después, se presentan los resultados empíricos de la investigación, relativos a la potencialidad del IIB-UNAM en cuanto a las capacidades científicas e inventivas, que conforman su base para alimentar los procesos de innovación de las empresas y otros agentes, y la descripción y análisis de los casos de transferencia de conocimiento mediante

el licenciamiento de patentes. La última sección contiene algunas conclusiones y reflexiones finales.

1. Transferencia tecnológica y capacidades. Una perspectiva desde las universidades

Existe una extensa literatura sobre la vinculación universidad-industria, destacando temas como los factores que impulsan dicha interacción, los canales a través de los cuales se transfiere el conocimiento y los beneficios esperados, tanto desde la perspectiva de las universidades e investigadores (Bozeman y Corley, 2004; D'Este y Patel, 2007; Boardman y Ponomariov, 2009; Ramos-Vielba y Fernández-Esquinas, 2012), como desde la perspectiva de las empresas (Laursen y Salter, 2004; Fontana *et al.*, 2006; D'Este *et al.*, 2013; García *et al.*, 2015; Maietta, 2015). De acuerdo con la evidencia empírica, el proceso de transferencia del conocimiento entre universidades e industria ocurre a través de múltiples canales, tales como formación de recursos humanos, publicaciones, movilidad de personal, contactos informales, consultoría, proyectos de I+D (conjuntos y por contrato), patentes y *spin-offs* (Cohen *et al.*, 2002; Bierly *et al.*, 2009; Dutrénit *et al.*, 2010). Desde la perspectiva de la industria, los estudios sugieren que los canales más importantes de difusión son publicaciones, derechos de propiedad intelectual, recursos humanos, proyectos conjuntos de I+D, y el establecimiento de redes (Narin *et al.*, 1997; Swann, 2002; Cohen *et al.*, 2002). Los estudios que analizan los determinantes de la vinculación OPI-industria desde la perspectiva de las empresas han encontrado que los factores más importantes son estructurales (por ejemplo, tamaño y edad de la empresa, intensidad tecnológica del sector), de comportamiento (intensidad y tipo de I+D) y relacionados a las políticas (De Fuentes y Dutrénit, 2012; Torres *et al.*, 2011).

La transferencia de conocimiento y de tecnología constituye el eje de la tercera misión de la universidad. El enfoque evolutivo de la economía asocia la innovación con esquemas que la caracterizan como el resultado de un proceso que se da en un entorno económico, político y social en el que participa y se vinculan una diversidad de actores que constituyen el sistema nacional de innovación. La interacción de la universidad y los centros públicos de investigación (CPI) con la industria y, en general, con el sector productivo, es uno de los elementos cruciales del proceso de innovación. El conocimiento científico generado por los centros de investigación cada vez está más determinado por la interacción entre

agentes que usan y reinterpretan dicho conocimiento. Estas redes se crean y reconfiguran en ambientes altamente localizados, es decir, en espacios específicos en los que interactúan diversas instituciones públicas, privadas, empresas y el Gobierno. Lo anterior es resultado de la creciente importancia y desarrollo que han adquirido las tareas de investigación en la universidad contemporánea y también es el efecto de la progresiva importancia del conocimiento como factor determinante de la competitividad internacional y del desarrollo de las economías.

En una acepción amplia, la transferencia de conocimiento se refiere a un proceso mediante el cual la ciencia y la tecnología se difunden en las actividades humanas. En el ámbito de las actividades económicas, se habla de transferencia de tecnología, como el proceso de incorporación a una unidad productiva del conocimiento desarrollado fuera de ella. El proceso de transferencia de conocimiento de las universidades hacia los usuarios públicos y privados puede asimilarse a una cadena de valor, en la que se transita desde la investigación que se lleva a cabo en las OPI, hasta su transformación en productos o servicios nuevos o mejorados que las empresas llevarán al mercado (Testar, 2012).

Existen dos mecanismos en el proceso de transferencia de tecnología. El primero es aquel en el que la ciencia es una fuerza motriz de la transferencia desde el lado de las universidades (*science push*). En el segundo (*market pull*) es la demanda la que empuja el proceso (Testar, 2012). En el primer caso, el conocimiento se transmite vía la venta o licenciamiento de la propiedad sobre de los resultados de investigación generados en las universidades. En el segundo, las modalidades principales de transferencia son la investigación por contrato y por vía de proyectos conjuntos. Los canales de interrelación entre universidades y empresas pueden ser de tipo *bottom up* o *top down* (de abajo hacia arriba o de arriba hacia abajo) (véase figura 1). El primer tipo es más espontáneo y corresponde al caso en que actores que necesitan del conocimiento para solucionar problemas técnicos o desarrollar innovaciones se encuentran, por iniciativa propia, con actores que pueden proveer de conocimiento. El segundo o *top down* se caracteriza porque la vinculación se concreta a través de mecanismos institucionales formales y legales (programas y proyectos) que proponen iniciativas para el fortalecimiento de las relaciones entre la universidad y la empresa (CEPAL, 2011). Es decir, la transferencia de tecnología de las universidades a las firmas empresariales sucede cuando la finalidad del conocimiento científico transferido

es su aplicación práctica, particularmente en la industria. La transferencia de tecnología es un proceso mediante el cual se difunden los conocimientos y habilidades y se materializan en productos, procesos o técnicas factibles de ser utilizados, y en innovaciones que atienden alguna necesidad económica y/o social (figura 1).

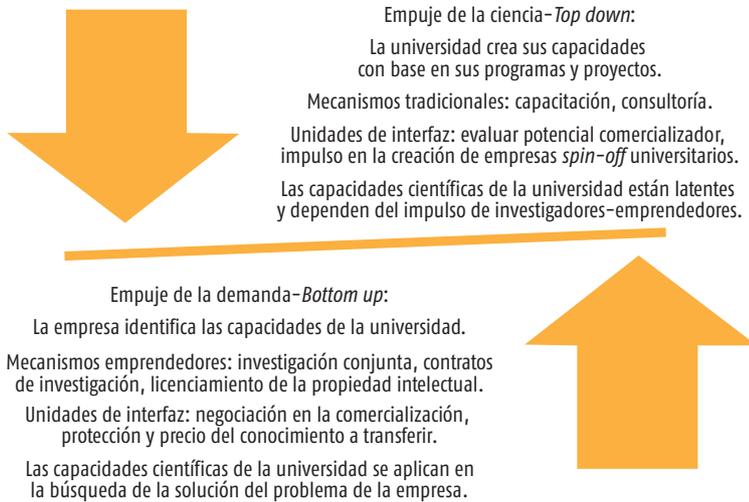


Figura 1. Universidad-empresa. Transferencia de conocimiento y capacidades.

La construcción de capacidades científicas y tecnológicas implica la construcción y fortalecimiento de capacidades de investigación orientadas hacia la solución de problemas, al mismo tiempo que este proceso necesita impulsar la construcción de las capacidades generales básicas en diferentes campos (Clark *et al.*, 2002; Ayele y Wield, 2005).

En la presente investigación, las capacidades científicas abarcan aquellos aprendizajes asociados con la generación de nuevos conocimientos creados a partir del método científico para identificar y hacer frente a los problemas de salud. Dichas capacidades tienen una base determinante en la investigación científica.

La transferencia de conocimiento de las OPI hacia las empresas y otros organismos usuarios supone el fortalecimiento de las universidades y CPI como organizaciones que generan y gestionan ese recurso. Es la fortaleza en la generación de capacidades de las OPI lo que constituye la base real para la interacción; estas capacidades alimentan o impulsan los procesos de innovación aunadas a esquemas eficientes para la transferencia de conocimientos y la formación

de capital intelectual (Edvinsson, 2006; Simmie y Strambach, 2006), cuya influencia es también crítica para promover la innovación y el desarrollo de conocimientos especializados (Miles, 2005; Leiponen, 2005).

Para que el conocimiento académico sea transferido, la universidad requiere haber creado capacidades para concretar los mecanismos señalados por Calcagnini y Favaretto (2015), como son el licenciamiento de la propiedad intelectual (patentes, secretos industriales, *know-how*), investigación conjunta, consultoría, contratos de investigación o el conjunto de acciones enumeradas por Castro Díaz-Balart (2013) y Testar (2012), y que son la venta o licenciamiento de cualquier forma de propiedad industrial (patentes, modelos de utilidad, marcas, entre otros); la transmisión de conocimientos técnicos especializados bajo la forma de planos, manuales, fórmulas; la transmisión de conocimiento para la adquisición, instalación y uso de maquinaria y equipo; y los materiales para la formación de personal, y préstamos de servicios especializados.

Las unidades de interfaz, en sus diferentes modalidades, pueden desempeñar tareas importantes para el impulso de la transferencia de conocimiento y tecnológica. Un facilitador importante en el proceso de comercialización del conocimiento científico son las oficinas de vinculación y transferencia de tecnología, que dan asistencia a las universidades en la comercialización de la investigación científica, evaluando la viabilidad comercial de nuevas tecnologías, gestión y protección de la propiedad intelectual, promoviendo la asociación para la investigación con el sector de negocios, y apoyando la creación de *spin-offs* universitarios (González-Pernia *et al.*, 2013). En áreas de impacto social, como es el caso de la salud, la premisa para la generación de capacidades locales es que, aunque existan soluciones en el mundo (medicinas, tratamientos, métodos de diagnóstico, tecnologías clínicas), las naciones requieren construir capacidades e instituciones a fin de desarrollar tecnologías y procesos de innovación propios que respondan a sus necesidades locales de salud (Harris, 2004).

2. Capacidades científicas y tecnológicas en salud en México y en el Instituto de Investigaciones Biomédicas-UNAM

2.1. Las capacidades en el sector salud en México

A nivel general, la mayor parte de las investigaciones nacionales (en todos los campos y áreas) se realiza en las instituciones de educación

superior (62 %) seguidas por instituciones diversas del sector público (36 %) e instituciones privadas (0.7 %). Esta distribución obedece tanto a la diferente disponibilidad de infraestructura para la investigación, como al volumen relativo de trabajadores dedicados en forma exclusiva a la actividad científica en cada sector (Secretaría de Salud, 2007).

Los ámbitos de la investigación en salud abarcan dos aspectos principales (cognitivos y prácticos) que, en conjunto, le atribuyen a la investigación en salud una función social: 1) multiplicar el conocimiento científico y 2) definir mecanismos para su aplicación en la sociedad. El primer aspecto refleja su utilidad o retorno hacia la sociedad. Esto puede ocurrir a través de su difusión por diferentes medios (publicaciones, cursos, seminarios, talleres, conferencias, etc.), que a su vez permiten la generación de nuevos conocimientos o la formación de recursos humanos. El otro aspecto corresponde a la aplicación práctica de sus resultados en la prevención, mejora y solución de problemas de salud de la población. La investigación en salud agrupa diferentes tipos: básica, clínica, epidemiológica y en los servicios de salud, cada una de ellas se desarrolla mediante la generación de sus propios proyectos, con sus propias directrices y metodologías (Torres *et al.*, 2015).

En el área de la salud en México, entre empresas y CPI al año 2012 habían obtenido 182 patentes, 46 % de CPI adscritos a universidades, 19 % a CPI de la salud y 35 % de empresas. Predominan las invenciones en fármacos (82 %) y el restante 18 % son diagnósticos y tratamientos y dispositivos médicos. Entre los fármacos predominan las vacunas. Esta especialidad tiene una base de conocimientos y científica vinculada con el tipo de patentes que se han obtenido. Así, los dispositivos y artefactos están asociados con conocimientos mecánicos, eléctricos y electrónicos, los fármacos con el área químico-biológica y el de la atención, es decir, con la prestación de servicios, con los diagnósticos y el tratamiento (Jasso, 2015).

2.2. Capacidades científicas e inventivas en el IIB-UNAM

El IIB desarrolla investigaciones y apoya la formación de recursos humanos para contribuir al avance del conocimiento de la biomedicina y para ayudar a resolver la problemática biomédica del país. Su participación central en proyectos universitarios estratégicos, como el del genoma humano y enfermedades vulnerables, lo colocan en un lugar privilegiado en la investigación dentro de la UNAM. En esta sección se describe el desempeño de esta OPI en cuanto a las

capacidades científicas e inventivas generadas. Con base en indicadores de publicaciones y patentes, identificamos el nivel de capacidades científicas (segunda misión) para identificar las capacidades de innovación y en especial los casos de transferencia al sector productivo (tercera misión). Dicha transferencia es ilustrada con base en dos casos de patentes transferidos al sector productivo.

El IIB ha impulsado el desarrollo de la ciencia en México y tiene como misión el estudio de los fenómenos biológicos a nivel molecular, celular, orgánico y poblacional, así como la proyección de sus conocimientos y tecnologías al entendimiento y solución de las enfermedades humanas. El Instituto es uno de los más antiguos de la UNAM, con 75 años. Surge en 1941, en la Antigua Escuela de Medicina con el nombre de Laboratorio de Estudios Médicos y Biológicos. En 1954 se trasladó a la Ciudad Universitaria en la UNAM, adquiriendo la categoría y el nombre de Instituto de Estudios Médicos y Biológicos. En 1969 adquirió su nombre actual como Instituto de Investigaciones Biomédicas.

El IIB-UNAM tiene dos sedes en Ciudad Universitaria y varias unidades periféricas localizadas en los Institutos Nacionales de Salud y Universidades de los Estados. Los investigadores del Instituto se encuentran adscritos a cuatro departamentos de investigación orientados a la salud humana: Biología Molecular y Biotecnología (33 % de los investigadores), Medicina Genómica y Toxicología Ambiental con el 32 % y con el 35 % restante los departamentos de Biología Celular e Inmunología.

El IIB de la UNAM tiene como misión el estudio de los fenómenos biológicos en los niveles molecular, celular, orgánico y poblacional, y la proyección de sus conocimientos y tecnologías al entendimiento y solución de las enfermedades humanas. Las líneas de investigación se estructuran en programas multidisciplinarios que tienen la orientación de solucionar problemas de salud. En el año 2014, el instituto contaba con 172 investigadores y técnicos académicos (UNAM, 2015), cuyo trabajo también se refleja en el área de investigación básica y en la producción de artículos originales publicados en las revistas científicas reconocidas a nivel internacional. En el IIB se han creado departamentos como el de Biología Molecular, del cual se desprenden posteriormente el Centro de Ciencias Genómicas y el Instituto de Biotecnología. Lo mismo ocurrió con el Departamento de Fisiología, a partir del cual surgió el Instituto de Neurobiología ubicado en Querétaro. También ha impulsado directa o indirectamente la

creación de otros centros e instituciones de investigación en México, como la Unidad de Investigación Cerebral del Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía, la unidad de investigación en Biología de la Reproducción del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) y la División de Neurociencias del Instituto Mexicano de Psiquiatría (Instituto de Investigaciones Biomédicas, varios años).

Las capacidades científicas e inventivas generadas se analizan a partir de indicadores de producción científica, de formación de investigadores y de patentes otorgadas² a los investigadores adscritos al Instituto en el período 2000 a 2015. En México, la UNAM es la institución con más patentes solicitadas en el año 2014 (WIPO, 2015). La investigación en salud en esta universidad se realiza principalmente en seis centros e institutos de investigación; dentro de estos, el IIB es el tercero en importancia, de acuerdo a los indicadores de capacidades científicas e inventivas (tabla 1).

Tabla 1. UNAM. Institutos de investigación y capacidades en el área de la salud, 2000-2014.

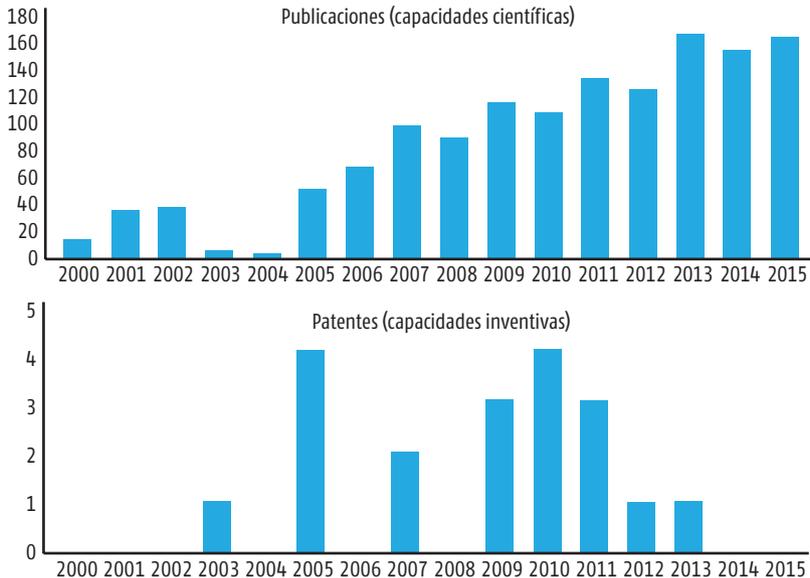
NOMBRE INSTITUTO EN EL ÁREA DE LA SALUD	CAPACIDAD CIENTÍFICA (ARTÍCULOS/ INVESTIGADORES)	LUGAR (CAPACIDADES CIENTÍFICAS)	CAPACIDAD INVENTIVA (PATENTES OTORGADAS/ INVESTIGADORES)		LUGAR (CAPACIDADES INVENTIVAS)
			NACIONAL	INTERNACIONAL	
I Biomédicas	21.90	3	0.13	0.08	3
I Biología	29.65	1	0.00	0.00	5
I Biotecnología	19.10	5	0.28	0.29	1
I Fisiología Celular	24.44	2	0.24	0.05	2
I Neurobiología	17.33	6	0.02	0.02	4
C Ciencias Genómicas	20.81	4	0.00	0.00	5

Fuente: Elaboración propia a partir de UNAM (2015).

² Es conocido el debate sobre la validez y conveniencia o no de utilizar las patentes como medida de la innovación. Si consideramos que la última fase del proceso de innovación ocurre con la introducción al mercado de un nuevo proceso o producto, la generación de patentes puede ser expresión de dicho proceso. Las patentes garantizan un nivel mínimo de originalidad y muestran un alto nivel de probabilidad de convertirse en productos innovadores (Buesa, Heijs y Baumert, 2010; Griliches, 1990).

Entre 2000-2015, la producción científica del IIB-UNAM fue de 1 332 artículos indizados en SCOPUS. A partir del año 2005 aumenta en forma creciente su capacidad científica. Las publicaciones pasaron de 5 en el año 2004 a 159 en 2015 (gráficos 1 y 2). Desde 2009, se publican anualmente más de 100 artículos, con lo que el promedio anual fue de 83.25.

EL IIB-UNAM ha generado capacidades inventivas importantes. Se estima que es el instituto con mayor número de patentes otorgadas, de aquellos dedicados a temas de salud dentro de la UNAM (Torres y Jasso, 2013). Durante el período analizado, se identificaron 19 patentes obtenidas por el IIB; en promedio se habrían obtenido 1.19 patentes por año.



Gráficos 1 y 2. Instituto de Investigaciones Biomédicas-UNAM. Capacidad científica e inventiva 2000-2015 (número de publicaciones y patentes otorgadas).

Fuente: Elaboración propia con datos de SCOPUS (2016) y UNAM (2015).

De los investigadores del IIB-UNAM con más publicaciones indizadas (SCOPUS, 2016), al menos una tercera parte las realizan con otros investigadores pertenecientes a diferentes CPI, entre los que destacan los Institutos Nacionales de Salud, el IMSS y el Centro de Investigación y Estudios Avanzados (CINVESTAV), y universidades mexicanas como la Veracruzana y la de Tlaxcala. En poco más del 10 % de los

casos los investigadores publican en coautoría con investigadores de instituciones extranjeras: de EE. UU. y en menor medida con otros coautores de Europa y Sudamérica. (SCOPUS, 2016).

Respecto a la titularidad de las patentes, el IIB ha presentado de manera conjunta solicitudes de patente con el CINVESTAV, la Universidad Autónoma de Puebla, el Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía y la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (IIB-UNAM, varios años).

Este desempeño evidencia que las capacidades del IIB-UNAM se han construido por esfuerzos propios y también en colaboración con otros CPI y universidades, e incluso con el sector productivo, lo que coincide con la política pública mexicana de impulsar la capacidad científica y tecnológica, promovida por el CONACYT y la propia UNAM a partir de los programas institucionales como son el sistema nacional de investigadores (SNI) y el de estímulos internos en la UNAM. Dichas capacidades también se traducen en la transferencia de tecnología al sector productivo, como se detalla enseguida.

3. Transferencia tecnológica y capacidades en el IIB-UNAM: vinculación y casos de transferencia al sector productivo

La transferencia de conocimiento y de tecnología, como ya se ha señalado, constituye el eje central de la llamada tercera misión de la universidad; transferir conocimientos no necesariamente implica transferir tecnología, ya que la tecnología es conocimiento materializado en productos, mientras que el conocimiento puede transferirse por otros canales como son la docencia y capacitación, la consultoría y proyectos conjuntos.

3.1. Dinámica de la transferencia: canales y mecanismos

La interacción del IIB con las empresas es relevante, sobre todo si consideramos la poca vinculación que en general ocurre en México, pero es escasa si consideramos las redes que las empresas farmacéuticas líderes realizan con otros centros de investigación a nivel internacional (Cimoli, ed., 2000; Casas, 2001; Casalet, 2000; Dutrenit *et al.*, 2001; Corona y Jasso, 2008; Torres *et al.*, 2009; Guzmán, 2014; Santiago, 2010). En el IIB-UNAM la transferencia de conocimiento es diversa, ya que va desde la preparación de recursos humanos (profesionales, científicos y tecnólogos) que egresan de las universidades y centros de investigación, y constituyen un factor

clave para el aprendizaje, la absorción y creación del conocimiento, hasta el uso de ese conocimiento generado para atender problemas de salud. Destacan las actividades de consultoría y diagnósticos, así como las de investigación y desarrollo, e investigación básica (Jasso, 2010). Lo anterior da evidencia de la vocación y esfuerzo de este CPI para transferir sus desarrollos científicos.

Son varios los canales de vinculación de esta OPI con las empresas, cubriendo actividades que van desde los servicios técnicos y de pruebas, hasta el desarrollo de productos y transferencia de tecnología. La vinculación en un inicio fue vía servicios tradicionales, como el uso de la infraestructura del instituto y pruebas de laboratorio, y en la medida en la que la relación maduraba, se ampliaron los mecanismos a proyectos de investigación conjuntos.

El IIB ha apoyado a las empresas en el desarrollo de soluciones para el cuidado y mejora de la salud, promoviendo la aplicación de las capacidades científicas e inventivas universitarias que responden a problemáticas de salud específicas de la población mexicana. La transferencia de patentes o la provisión de servicios se han promovido en los últimos años.³ Entre las firmas que han establecido vinculación con el IIB, destacan empresas y laboratorios farmacéuticos, como Bristol-Myers, Johnson&Johnson, Laboratorios Landsteiner, Alandra Médical SAPI y Neolpharm –las tres últimas son empresas nacionales.

3.2. Las capacidades como medios de transferencia tecnológica

En esta propuesta se argumenta que para que se realice el proceso de transferencia de tecnología se requiere que los agentes (OPI y empresas) cuenten con capacidades complementarias. Por un lado, las OPI deben tener capacidades de generar conocimiento transferible, y de gestión y comercialización del mismo. Por el lado de las empresas, se requieren capacidades de identificación y asimilación del conocimiento requerido para impulsar sus procesos de aprendizaje e innovación tecnológica. Esquemáticamente, lo anterior se resume en dos fuerzas que hacen posible la transferencia para la innovación: 1) empuje de la ciencia, que implica crear el conocimiento transferible y el proceso para hacerlo llegar al agente que lo llevará al mercado y 2) la demanda

³ Los contratos se iniciaron a través de relaciones informales. Este comportamiento ha sido tratado en otros estudios (Casas, 2003; Corona y Jasso, 2008; Torres *et al.*, 2009).

de la empresa, es decir la absorción (por parte de las empresas), para asimilar el conocimiento y las habilidades para llevarlo a la práctica.

Una minoría de las OPI tiene la capacidad de participar en actividades de patentamiento. Por otra parte, es también escaso el número de empresas que tienen capacidades suficientes para absorber las innovaciones derivadas de actividades de I+D de las OPI. A la luz de estas consideraciones, se puede explicar que la transferencia de conocimiento, vía los licenciamientos y contratos de transferencia de tecnología, sean poco significativos. En el caso de la UNAM se estima que entre el 20 y 40 % de sus desarrollos son transferidos (Corona y Jasso, 2008).

En el IIB, para los procesos de transferencia de tecnología ha sido importante el papel de la interfaz con la que cuenta, que es una unidad de vinculación (Coordinación de Vinculación), ya que apoya y asesora al personal del Instituto en los convenios o colaboraciones específicas y en aspectos legales y de gestión de propiedad intelectual con el sector productivo y social. La Coordinación de Vinculación ha tenido un papel importante para impulsar que el conocimiento generado por el IIB se transfiera al sector productivo.

Identificamos dos patentes que han sido transferidas a la industria farmacéutica nacional y que son dos proyectos realizados con la empresa Psicofarma, relacionados con el lanzamiento de medicamentos al mercado mexicano. Estas transferencias se realizaron como parte del convenio que estableció el IIB con la empresa, para que esta tuviese prioridad en la explotación del desarrollo tecnológico. El acercamiento entre la empresa y el IIB ha utilizado mecanismos informales, pero también ha sido instrumental la función de las unidades de interfaz creadas por el IIB.

3.2.1. El caso de transferencia para el tratamiento del cáncer

Uno de los casos de transferencia es el uso de la hidralazina y procainamida en el tratamiento de cáncer como reactivadores de la expresión en genes supresores de tumores. Al IIB-UNAM se le ha otorgado la patente. El segundo se refiere al uso de agentes modificantes del transcriptoma más quimioterapia o radioterapia contra el cáncer y se encuentra en solicitud de patente en Belice, Brasil, Canadá, China, Colombia, Corea, Costa Rica, Ecuador, Estados Unidos, México, Nicaragua, Nueva Zelanda y Rusia. Cuenta con un convenio de licenciamiento de tecnología (número de solicitud PCT/MX2005/000106) a Psicofarma.

Según señala Ostrovsky (Fundación, UNAM, 2013),

se trata de encontrar marcadores que permitan diagnosticar este padecimiento sobre todo en casos específicos, porque este padecimiento cada vez aparece a edades más tempranas, y en esas circunstancias, puede ser más agresivo y resistente a los tratamientos. Hasta ahora, uno de los marcadores consiste en ver si los tumores son sensibles a estrógenos o no. Si es el caso, además de extirparlos, se evita que la producción de estrógenos sea con fármacos o mediante una ovariectomía para evitar la producción de esta hormona. Asimismo, existen otros marcadores, aunque, en ciertas pacientes en las que el cáncer aparece en edades tempranas, los que se utilizan son negativos por lo que nosotros nos hemos enfocado a estos tumores negativos y junto con investigadores del Instituto Nacional de Cancerología buscamos otros biomarcadores que nos permitan detectarlos de manera temprana e investigación de tratamientos eficaces para atender a las pacientes que están en esta condición.

Transkrip es un medicamento (combinación de hidralazina y valproato de magnesio), que puede utilizarse en la terapia contra el cáncer cervicouterino. Este medicamento fue desarrollado por un equipo de investigadores del IIB, liderado por el doctor Alfonso Dueñas González, en la Unidad Periférica del Instituto Nacional de Cancerología, y con la participación de la empresa farmacéutica mexicana Grupo Neolpharma. La obtención del producto, desde la concepción de la idea, hasta su comercialización, duró alrededor de 8 años, lo cual es un tiempo relativamente corto. Se trata de un caso de reposicionamiento de fármacos, que es una estrategia basada en la utilización de medicamentos ya existentes, en nuevas terapias, que como se explica más adelante ha impulsado recientemente procesos importantes de innovación en la industria farmacéutica.

3.2.2. El caso de transferencia para el tratamiento de la epilepsia

La epilepsia es una enfermedad que padecen muchas personas; se manifiesta con crisis cerebrales que sufren y no pueden controlar su cuerpo. Aunque existen en el mercado varios fármacos para controlar la epilepsia, no se conocía un medicamento eficaz en el tratamiento efectivo de dicho padecimiento sin tener reacciones secundarias. Después de un largo proceso de investigación en el IIB, y como resultado

de la alianza con Psicofarma, se espera llevar al mercado un fármaco con esas características.

Los trabajos de investigación experimental sobre los efectos de la vipocetina en terminales nerviosas cerebrales se empezaron en el IIB aproximadamente hace 16 años. Estos fueron llevados a cabo por la Dra. Stigtes, investigadora del departamento de biología celular y fisiología, conjuntamente con el Dr. Nekrassov, del Instituto Nacional de Rehabilitación.

El desarrollo tecnológico consiste en un fármaco anticonvulsivo para controlar la epilepsia en pacientes que no responden al tratamiento convencional. Se trata también en este caso de un reposicionamiento terapéutico. El medicamento no causa efectos secundarios adversos y está en proceso de patente nacional e internacional (2012), en alianza con el Laboratorio Psicofarma, S. A. de C. V., que lo comercializará con el nombre de *Stabilliza*. El contacto entre el IIB y la empresa se originó a partir de la solicitud de Psicofarma para que el Departamento de Biología Celular y Fisiología realizara pruebas de moléculas. También fue importante el impulso a la vinculación que imprimió en el IIB el Dr. Laclette.

El proyecto consiste en el uso de la vinpocetina para prevenir las complicaciones relacionadas con la audición que acompañan a la epilepsia y su tratamiento. Este tratamiento se ha obtenido en varios países como patente y se encuentra en proceso en otros. Cuenta con un convenio de licenciamiento de tecnología. La investigadora trabajó con personal del Departamento de Neurología del Hospital Infantil de México, en donde se realizaron las pruebas clínicas del fármaco en pacientes humanos.

3.3. Las lecciones de los casos estudiados

3.3.1. La demanda como impulsora de la aplicación de las capacidades científicas de las universidades

La empresa Psicofarma es parte de Neolpharma, un grupo farmacéutico de propiedad 100 % mexicana, cuyo origen puede encontrarse hace más de tres décadas. Dentro de este grupo se integran los procesos de investigación, desarrollo, farmacovigilancia, fabricación y comercialización de medicamentos de alta especialidad y de uso general. Con un portafolio de aproximadamente 200 productos, el Grupo Farmacéutico Neolpharma (GFN) es uno de los 5 mayores proveedores del sector público de salud, y se encuentra entre los 10 mayores laboratorios

mexicanos del sector privado. Las empresas que componen el grupo y desarrollan actividades específicas son: CEDPROF (investigación y desarrollo de nuevos productos y formulaciones), CIDAT (investigación y detección de alteraciones clínicas), Psicofarma y Laboratorios Alparma (producción y comercialización de medicamentos especializados y de uso general), Pego y Prodifarm (distribución al consumidor final).

Psicofarma surge en 1974 como un laboratorio mexicano dedicado a la producción de medicamentos para la atención de pacientes con padecimientos psiquiátricos y neurológicos. A la producción de antiansiolíticos, antidepresivos, psicoestimulantes y antipsicóticos, recientemente añadió nuevas líneas de productos relacionados con la atención de enfermedades crónicas, con una división biogenética dedicada a las medicinas de alta especialidad.⁴ Alparma, se dedica a producir medicinas para la diabetes, obesidad, hipertensión, reumatismo, entre otras. También es representante local de varios laboratorios de Europa. Neolpharma surge como *holding*, resultado de la fusión de Psicofarma con la planta de Neolpharma (1995), la absorción de la planta de principios activos de Schering-Plough (2011) y la compra de otra más a Pfizer en Puerto Rico (2013), lo que se suma a su crecimiento orgánico, destacando su planta de Vallejo (2009), dedicada a la fabricación de productos oncológicos y biotecnológicos.

Como parte importante de su estrategia, GFN ha estrechado su relación con instituciones de educación y centros de investigación para formar grupos multidisciplinarios, con el propósito de impulsar los procesos de innovación. Ha establecido alianzas de investigación con el Instituto Nacional de Cancerología, el Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía, el Instituto Mexicano de Psiquiatría, el Instituto de Investigaciones Biomédicas, el Hospital Infantil, el Instituto Nacional de Rehabilitación, la Universidad Autónoma Metropolitana, la Universidad Nacional Autónoma de México, la FES de Cuautitlán y el CINVESTAV.

GFN mantiene vínculos también con el Hospital General, el Hospital Juárez, el IMSS, y el ISSSTE para el desarrollo de protocolos clínicos. A

⁴ Las medicinas de alta especialidad son medicamentos relevantes cuando uno tiene una enfermedad crónica o una condición médica difícil (por ejemplo, esclerosis múltiple, artritis reumatoide, etc.); requieren de un manejo especial (mantenerlos a cierta temperatura, administrarse de forma particular) y necesitan monitoreo.

través de CIDAT, se realizan actividades de farmacovigilancia,⁵ investigación y detección temprana de alteraciones clínicas, estableciendo contacto cercano con los pacientes; se trata de identificar cualquier reacción adversa de los fármacos, para lo cual se realizan análisis clínicos, estudios de gabinete y monitoreo de estudios clínicos. GFN invierte el 10 % de las ventas totales del grupo en actividades de investigación y desarrollo. Las alianzas con la academia han derivado en la solicitud de 4 patentes, con cobertura en México, Canadá, Estados Unidos, Unión Europea, Asia y Latinoamérica.

La compañía está haciendo un fuerte cabildeo para incursionar rápidamente en Estados Unidos, con medicamentos innovadores y genéricos. El valor del mercado estadounidense de genéricos se calcula en 100 mil millones de dólares anuales, mientras que en América Latina es de 70 mil millones. A nivel de la industria farmacéutica en México, Neolpharma participa con alrededor de 1.7 % del mercado.

3.3.2. El reposicionamiento terapéutico: una estrategia de impulso a la transferencia

El avance científico desde la universidad se dio por medio del *reposicionamiento terapéutico*, es decir, del estudio de drogas conocidas. El reposicionamiento de fármacos es una estrategia que consiste en utilizar medicamentos existentes en nuevas terapias. Según algunos estudios, la investigación tradicional de nuevos medicamentos puede llevar entre diez y quince años, y más de mil millones de dólares por molécula. Muchos de estos procesos se quedan en el camino, pues las moléculas pueden no demostrar eficacia o incluso presentar problemas de toxicidad y seguridad en las pruebas con cultivos celulares, modelos animales o ensayos clínicos en humanos. Las dificultades que existen en la I+D+i farmacéutica han llevado a la comunidad científica a plantear nuevas vías para abordar los problemas clásicos, y una de ellas es el reposicionamiento. Esta es la estrategia seguida por el IIB y Neolpharma en los dos casos analizados.

⁵ La farmacovigilancia es un concepto amplio que «abarca la observación de todos los efectos que produce un medicamento tanto benéficos como nocivos, proporciona un instrumento para el conocimiento sobre el uso seguro y racional de los mismos, una vez que estos son utilizados en la población que los consume en condiciones reales» (<<http://www.cofepris.gob.mx/AZ/Paginas/Farmacovigilancia/Farmacovigilancia.aspx>>).

En 2010, el medicamento para el tratamiento del cáncer fue aprobado por la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS) para su comercialización en cáncer cérvico uterino avanzado. En 2011 fue autorizado para tratar el síndrome mielodisplásico y se espera que dentro de poco sea aprobado para linfoma cutáneo.

La Unidad de Investigación Biomédica en Cáncer (UIBC) desempeñó un papel crucial en el desarrollo de este proceso. La UIBC se creó en el año 2000, resultado de un esfuerzo conjunto del IIB y el Instituto Nacional de Cancerología (INCan). La UIBC se localiza en el edificio de investigación del INCan y su objetivo es fortalecer la investigación existente en este, así como iniciar nuevas líneas de trabajo para propiciar la generación de conocimiento de alto nivel en oncología. La ubicación de la UIBC dentro del INCan, el centro de referencia y órgano rector del cáncer en México, promueve que sus investigadores entren en mayor contacto con la problemática de salud pública que significan las enfermedades neoplásicas, brindando oportunidades de estudio tanto para los investigadores básicos como para los clínicos, y la posibilidad de realizar labores de investigación multidisciplinarias enfocadas al área oncológica.

La finalidad principal de la UIBC es el estudio integral de las neoplasias malignas, que ayude al avance del conocimiento de los aspectos básicos y clínicos de estas enfermedades. Las áreas de investigación en la UIBC incluyen el estudio de la etiología, biología, epidemiología, tratamiento y diagnóstico de los cánceres más comunes en México, como el del cuello uterino, mama, ovario, pulmón, próstata, linfomas y leucemias. Actualmente, la UIBC cuenta con 11 laboratorios y un vivario para mantener animales de experimentación. Cada laboratorio está encabezado por al menos un investigador titular, todos ellos miembros del SNI. Posteriormente se entablaron relaciones con el Instituto de Física de la UNAM y se creó un laboratorio de física médica. Además, el INCan, contrató a un investigador, cuya línea de investigación es la terapia génica del cáncer; el acondicionamiento de su laboratorio ha sido financiado por Psicofarma, S. A. de C. V.

El desarrollo de Transkrip es un caso que ilustra los avances y el impacto que pueden derivarse de la vinculación entre los CPI y las empresas en el sector de la salud, así como de los mecanismos de interfaz. La patente es propiedad de la UNAM, quien la ha licenciado, con una duración de contrato al vencimiento de la patente, es decir se

extenderá por veinte años. La UNAM recibe el pago de regalías, que es un porcentaje sobre las ventas.⁶ Esto es regulado por el Reglamento de Ingresos de la universidad; el convenio fue tramitado y negociado con la empresa por el área jurídica de la UNAM.

El caso del IIB muestra que se requiere de modelos de desarrollo clínico propios que involucren la participación activa de los centros académicos, y de los institutos de salud, incluyendo los de alta especialidad. De otra manera la investigación básica no tendrá la repercusión necesaria en el desarrollo farmacéutico nacional, ni tendrá impactos que beneficien a la sociedad.

4. Conclusiones y reflexiones finales

El caso analizado proporciona elementos para ilustrar que la generación de capacidades científicas e inventivas con aplicaciones tecnológicas es esencial para que las OPI puedan realizar y potencializar la llamada tercera misión de las universidades. Es decir, el potencial de la universidad para contribuir al desarrollo económico y social reside en su aptitud y esfuerzo para generar capacidades, así como para difundir el uso de las mismas.

La capacidad científica e inventiva acumulada le ha permitido al IIB generar un prestigio científico y tecnológico a nivel nacional en las áreas de la biomedicina. Esto ha constituido la base para tener un impacto en la generación y difusión del conocimiento, mediante las vinculaciones establecidas con las empresas, universidades u otros centros de investigación. En el caso de este centro, cuya área de impacto es el sector salud, su articulación con los hospitales ha sido también crucial. Destaca en este aspecto la creación y funcionamiento de unidades periféricas, ubicadas en diferentes institutos nacionales de salud, con hospitales generales y centros médicos.

La interacción del IIB con las empresas es relevante, sobre todo si consideramos la poca vinculación que en general ocurre en México, pero es escasa si consideramos las redes que las empresas farmacéuticas líderes realizan con otros centros de investigación a nivel internacional.

El proceso de transferencia de conocimiento de las universidades hacia los usuarios públicos y privados puede asimilarse a una cadena de valor, en la que se transita desde la investigación que se lleva a cabo

⁶ La información sobre los porcentajes y otros detalles es confidencial.

en las OPI, hasta su transformación en productos o servicios nuevos o mejorados que las empresas llevarán al mercado.

Se identificaron dos casos de transferencia de conocimiento con aplicaciones prácticas del IIB hacia la industria farmacéutica nacional. Se trata de la empresa Psicofarma, que parte de un grupo farmacéutico (Neolpharma) de propiedad 100 % mexicana. En ambos, el proceso inicia sobre la base de las capacidades científicas e inventivas del IIB, siguiendo un esquema *science push*, es decir, la generación de la ciencia constituye el factor inicial que empuja el proceso. Sin embargo, esto puede desencadenar un proceso *market pull*, una vez establecida la vinculación de largo plazo entre empresas y universidades, promoviendo la investigación vía proyectos conjuntos.

La transferencia supone el fortalecimiento de la universidad no solo como organización que genera conocimiento, sino como gestora del mismo. Parte importante para que la transferencia de tecnología ocurra radica también en la existencia de un mayor número de empresas que en su estrategia privilegien la innovación. En el caso analizado, encontramos que el Grupo Farmacéutico Neolpharma ha estrechado su relación con instituciones de educación y centros de investigación para formar grupos multidisciplinarios, con el propósito de impulsar los procesos de innovación.

El reto de la vinculación universidad-empresa parece residir en el cómo reforzar la cadena de valor de la transferencia en un esquema de doble flujo. Esto es, por un lado, aumentando el volumen de resultados de investigación que tengan potencial para incorporarse en proceso de transferencia (papel de las universidades), y por el otro, generar las condiciones de un incrementado *demand pull*, es decir, de un conjunto cada vez más significativo de empresas y otros organismos privados y públicos que sean capaces de identificar el potencial innovador del conocimiento generado en las universidades y de demandarlo.

La intención de estimular la vinculación entre academia y empresas es aún incipiente. Una propuesta de política pública debería considerar la focalización en sectores específicos que se consideren promisorios de acuerdo a las tendencias y necesidades locales.

Aunque las universidades pueden desempeñar una función muy importante en los sistemas de innovación de las economías en proceso de industrialización, la importancia de esa función depende de factores como la estructura de la industria doméstica, la exigencia competitiva

del entorno, la existencia de una base adecuada de capacidades científicas y tecnológicas en las universidades y empresas que den soporte al proceso de innovación. Depende también de las condiciones de mercado y de intervención en él, que estimulen la necesidad de innovar, y de la existencia de instituciones que faciliten e incentiven el uso de los avances de la investigación de OPI en las empresas nacionales y por los organismos de Gobierno a cargo de la atención de necesidades de corte social.

La transferencia de conocimiento y tecnología desde las universidades a las empresas, constituye solo una de las posibles fuentes de innovación de estas últimas. En la cadena del proceso innovador, resulta importante la generación del conocimiento y la existencia de unidades de interfaz, pero también lo es el entorno en el que se desarrollan universidades y empresas. La existencia o no de una masa crítica de investigadores, de condiciones institucionales que impulsen la vinculación, o de un contexto que impulse a las empresas a innovar son necesarios.

Agradecimientos

Este trabajo forma parte del Proyecto 168280 CONACYT «Vinculación academia-sector productivo: un análisis de la productividad de investigación y del desempeño innovativo de las empresas», del proyecto IN309416 «Innovación y capacidades en el sector salud en México», del Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica, UNAM. Agradecemos a Betsabé Castellanos Gómez por la asistencia en investigación para la elaboración de este trabajo.

Bibliografía

- AROCENA, R.; SUTZ, J. (2005): «Latin American universities: from an original revolution to an uncertain transition», *Higher Education*, vol. 50, n.º 4, pp. 573-592.
- AYELE, S.; WIELD, D. (2005): «Science and Technology Capacity Building and Partnership in African Agriculture: perspectives on Mali and Egypt», *Journal of International Development*, vol. 17, n.º 5, pp. 631-646.
- BEZERRA, R. (2012): «A relação universidade-sociedade na periferia do capitalismo», *Revista Brasileira De Ciências Sociais*, vol. 27, n.º 78, pp. 25-40.
- BIERLY, P.; DAMANPOUR, F.; SANTORO, M. (2009): «The Application of External Knowledge: Organizational Conditions for Exploration and Exploitation», *Journal of Management Studies*, vol. 46, n.º 3, pp. 481-509.

- BOARDMAN, P. C.; PONOMARIOV, B. L. (2009): «University researchers working with private companies», *Technovation*, vol. 29, n.º 2, pp. 142-153.
- BOZEMAN, B.; CORLEY, E. (2004): «Scientists' collaboration strategies: implications for scientific and technical human capital», *Research Policy*, vol. 33, n.º 4, pp. 599-616.
- BUESA, M.; HEIJS, J.; BAUMERT, T. (2010): «The determinants of regional innovation in Europe: A combined factorial and regression knowledge production function approach», *Research Policy*, vol. 39, n.º 6, pp. 722-735.
- CALCAGNINI, G.; FAVARETTO, I. (2015): «Models of university technology transfer: analyses and policies», *Journal of Technology Transfer*, vol. 41, n.º 4, pp. 655-660.
- CASALET, M. (2000): «The Institutional Matriz and its Main Functional Activities Supporting Innovation», en M. Cimoli (ed.), *Developing Innovation Systems Mexico in a Global Context*, Routledge Taylor & Francis Group, London and New York.
- CASAS, R. (2001): *La formación de redes de conocimiento: una perspectiva regional desde México*, Anthropos-ISS/UNAM, México.
- CASAS, R. (2003): «Intercambio de flujos de conocimiento en las redes», en M. Luna (coord.), *Itinerarios del conocimiento. Formas, dinámicas y contenido. Un enfoque de redes*, IIS-UNAM / Anthropos, México D. F., pp. 306-355.
- CASTRO DÍAZ-BALART, F. (2013). *Ciencia, innovación y futuro*, Grijalbo, Madrid.
- CHANG, X.; CHEN, Q.; FONG, P. (2016): «Scientific disclosure and commercialization mode selection for university technology transfer», *Science and Public Policy*, vol. 43, pp. 85-101.
- CEPAL (2011): *Espacios Iberoamericanos: vínculos entre universidades y empresas para el desarrollo tecnológico*, Santiago de Chile.
- CIMOLI, M. (ed.) (2000): *Developing Innovation Systems. Mexico in a Global Context*, Routledge Taylor & Francis Group, London and New York.
- CLARK, W.; CORELL, R.; GLASER, G.; HASSAN, M.; SARUKAN, J. et al. (2002): «Science and Technology for Sustainable Development: Consensus Report of the México City Synthesis», *Workshop, Initiative on Science and Technology for Sustainability*, 20-23 May, Cambridge, <<http://sustainabilityscience.org/ists/synthesis02.htm>> [2/4/2015].
- COHEN, W.; NELSON, R.; WALSH, J. (2002): «Links and impacts: the influence of public research on industrial R&D», *Management Science*, vol. 48, n.º 1, pp. 1-23.

- CORONA, L.; JASSO, J. (2008): «Technology Transfer from the UNAM's Research Centers to Industry: Impacts of its Organization and Knowledge Profile», en 6.th *International Globelics Conference*, México, D. F.
- DE FUENTES, C.; DUTRÉNIT, G. (2012): «Best channels of academia-industry interaction for long-term benefit», *Research Policy*, vol. 41, n.º 9, pp. 1666-1682.
- D'ESTE, P.; PATEL, P. (2007): «University-industry linkages in the UK: what are the factors underlying the variety of interactions with industry?», *Research Policy*, vol. 36, n.º 9, pp. 1295-1313.
- D'ESTE, P.; GUY, F.; IAMMARINO, S. (2013): «Shaping the formation of university-industry research collaboration: what type of proximity does really matter?», *Journal of Economic Geography*, n.º 13, pp. 537-558.
- DUTRÉNIT, G.; DE FUENTES, C. DE; TORRES, A. (2010): «Channels of interaction between public research organizations and industry and benefits for both agents: evidence from Mexico», *Science and Public Policy*, vol. 37, n.º 7, pp. 513-526.
- DUTRÉNIT, G.; GARRIDO, C.; VALENTI, G. (2001): *Sistema Nacional de Innovación Tecnológica. Temas para el debate en México*, UAM.
- EDVINSSON, L. (2006): «Aspects on the city as a knowledge tool», *Journal of Knowledge Management*, vol. 10, n.º 5, pp. 6-13.
- FONTANA, R.; GEUNA, A.; MATT, M. (2006): «Factors affecting university-industry R&D projects: the importance of searching, screening and signalling», *Research Policy*, vol. 35, n.º 2, pp. 309-323.
- FUNDACIÓN UNAM (2013): <http://www.fundacionunam.org.mx/de_la_unam/unam-recibe-premios-canifarma-2012/> [4/3/2015].
- GARCÍA, R.; ARAUJO, V.; MASCARINI, S.; GOMES SANTOS, E.; COSTA, A. (2015): «Looking at both sides: how specific characteristics of academic research groups and firms affect the geographical distance of university-industry linkages. Regional Studies», *Regional Science*, vol. 2, n.º 1, pp. 518-534.
- GLOBAL FORUM FOR HEALTH RESEARCH (1999): «10/90 Report on Health Research», World Health Organization, Geneva, Switzerland.
- GONZÁLEZ-PERNIA, J. L.; KUECHLE, G.; PEÑA-LEGAZKUE, I. (2013): «An assessment of the determinants of university technology transfer», *Economic Development Quarterly*, vol. 27, n.º 1, pp. 6-17.
- GRILICHES, Z. (1990): «Patent Statistics as Economic Indicators: A Survey», *Journal of Economic Literature*, vol. 28, n.º 4, pp. 1661-1707.
- GUZMÁN A. (2014): *Propiedad intelectual y capacidades de innovación en la industria farmacéutica de Argentina, Brasil y México*, Gedisa, UAM.

- HARRIS, E. (2004): «Building scientific capacity in developing countries», *EMBO Reports*, vol. 5, n.º 1, pp. 7-11.
- INSTITUTO DE INVESTIGACIONES BIOMÉDICAS (varios años): «Informe de actividades. Instituto de Investigaciones Biomédicas, UNAM, México D. F.», <<http://www.biomedicas.unam.mx/html>> [24/5/2015].
- JASSO, J. (2010): «Innovación tecnológica y redes de conocimiento en el área biomédica en México». Documento de Trabajo, Facultad de Contaduría y Administración, UNAM, Marzo.
- JASSO, J. (2015): «Innovación y salud: agentes, redes y desarrollo», en A. Ranfla, M. Rivera y R. Caballero (coords.), *Desarrollo económico y cambio tecnológico. Teoría, marco global e implicaciones para México*, Juan Pablos, UNAM, UABC, México D. F., pp. 175-204.
- KREIMAN, G.; MAUNSELL, J. (2011): «Nine criteria for a measure of scientific output», *Frontiers in Computational Neuroscience*, vol. 5, art. 48, <<http://www.frontiers.org>> [23/5/2015].
- LAURSEN, K.; SALTER, A. (2004): «Searching high and low: what types of firms use universities as a source of innovation?», *Research Policy*, vol. 33, n.º 8, pp. 1201-1215.
- LEIPONEN, A. (2005): «Organization of knowledge and innovation: the case of Finish business services», *Industry and Innovation*, vol. 12, n.º 2, pp. 185-204.
- MAIETTA, O. (2015): «Determinants of university-firm R&D collaboration and its impact on innovation: A perspective from a low-tech industry», *Research Policy*, vol. 44, n.º 7, pp. 1341-1359.
- MAS, J. (2012): *Aspectos sociales de la vinculación en salud, entre academia y sociedad*. UNAM-RED PUISAL, México D. F.
- MILES, I. (2005): «Knowledge intensive business services: prospects and policies», *Journal of Futures Studies, Strategic Thinking and Policy*, vol. 7, n.º 6, pp. 39-53.
- MOUTON, J.; WASH, R. (2008): *Study on National Research Systems. A Meta-Review. Draft Global Synthesis Report*, UNESCO, Paris.
- NARIN, F.; HAMILTON, K.; OLIVASTRO, D. (1997): «The increasing linkage between U.S. technology and public science», *Research Policy*, vol. 26, n.º 3, pp. 317-330.
- ORGANIZACIÓN DE LOS ESTADOS AMERICANOS, OFICINA DE EDUCACIÓN, CIENCIA Y TECNOLOGÍA [OEA-OECT] (2005): *Ciencia, tecnología, ingeniería e innovación para el desarrollo. Una visión para las Américas en el siglo XXI*, Washington D. C.

- RAMOS-VIELBA, I.; FERNÁNDEZ-ESQUINAS, M. (2012): «Beneath the tip of the iceberg: exploring the multiple forms of university-industry linkages», *Higher Education*, vol. 64, n.º 2, pp. 237-265.
- SANTIAGO F. (2010): *Human Resource Management Practices and learning for Innovation in Developing Countries: Pharmaceuticals in Mexico*, Universitaire Press Maastricht, Netherlands.
- SCOPUS (2016) : <<http://bibliotecas.unam.mx/index.php/conoce-recursos-electronicos/390-scopus>> [13/3/2016].
- SECRETARÍA DE SALUD (2007): *Programa Nacional de Salud 2007-2012: Por un México sano: construyendo alianzas para una mejor salud*, México D. F.
- SIMMIE, J.; STRAMBACH, S. (2006): «The contribution of KIBS to innovation in cities: an evolutionary and institutional perspective», *Journal of knowledge management*, vol. 10, n.º 5, pp. 26-40.
- SWANN, G. (2002): «Innovative Businesses and the Science and Technology Base: An Analysis Using CIS3», Data Report for the Department of Trade and Industry, DTI, London, UK.
- TAMAYO, R. (1997): *De la magia primitiva a la medicina moderna*, Fondo de Cultura Económica, México D. F.
- TESTAR, X. (2012): *La transferencia de tecnología y conocimiento universidad-empresa en España: estado actual, retos y oportunidades*, Colección Documentos CYD, Fundación CYD, n.º 17, Barcelona.
- TORRES, A.; DUTRÉNIT, G.; SAMPEDRO, J. L.; BECERRA, N. (2009): «Drivers of the Academy-Industry linkages in Latecomer Firms: Evidence from Mexico», en *Seventh International Triple Helix Conference*, junio 17-19, Universidad de Strathclyde, Reino Unido.
- TORRES, A.; DUTRÉNIT, G.; SAMPEDRO, J. L.; BECERRA, N. (2011): «What are the factors driving university-industry linkages in latecomer firms: evidence from Mexico», *Science and Public Policy*, vol. 38, n.º 1, pp. 31-42.
- TORRES A.; JASSO, J. (2013): «Knowledge and quality innovation in the health sector: the role of public research organizations», en A. Latif y J. Chen (eds.), *Quality Innovation: knowledge, theory, and practices*, IGI Global Disseminator of Knowledge, Australia, pp. 159-188.
- TORRES, A.; JASSO, J.; CALDERÓN, G. (2015): «Investigación científica y actividad inventiva en el sector salud en México: El caso del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS)», en J. M. Corona, (coord.), *Desarrollo sustentable. Enfoques, políticas, gestión*, desafíos, UAM-X, México D. F., pp. 373-396.

UNAM (2015): *La ciencia en la UNAM*, México D. F.

WIPO (WORLD INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE) 2015: *The Global Innovation Index 2015*, <http://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_gii_2015.pdf> [12/12/2015].



Parte III. Sobre la vinculación universidad-sector productivo en Costa Rica



Papel de los organismos públicos de investigación en el sistema de innovación de Costa Rica*

JEFFREY OROZCO
KEYNOR RUIZ

Introducción

En este trabajo se aborda el tema de la interacción entre los organismos públicos de investigación, incluyendo a las universidades, con las empresas en Costa Rica. En el estudio se utiliza información de dos fuentes principales: datos de la Encuesta Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, particularmente de las dos últimas encuestas publicadas en los años 2015 y 2014, la primera para el sector de manufactura, energía y telecomunicaciones, y la segunda para el sector servicios. También se utiliza información de una encuesta realizada durante el año 2015 a las OPI del país, que incluye a las universidades y a otros centros. El documento analiza la participación de las OPI en las actividades de ciencia, tecnología e innovación en el país. Se estudian el tipo de objetivos que motivan a ambas partes a interactuar, así como los canales de interacción, los resultados de las interacciones y los obstáculos para los vínculos. Se parte de la siguiente pregunta de investigación: ¿qué tipo de recursos están invirtiendo las OPI para promover interacciones con las empresas y cuáles son las motivaciones y los canales para ese tipo de vínculos? Aunque los esfuerzos que están haciendo algunos centros de investigación son importantes y pueden servir de base para la consolidación de los vínculos y para facilitar la

* Un agradecimiento especial a José Roberto González y a César Padilla por el trabajo de campo para recolectar la información de la encuesta a centros de investigación. Un agradecimiento también a Luis Barboza por su colaboración en la revisión de la literatura sobre el tema.

creación y la transferencia de conocimientos, son muchos los esfuerzos que deben hacerse para que se faciliten los procesos de innovación.

Las universidades y otras organizaciones públicas de investigación desempeñan un papel fundamental en los sistemas de innovación. Lo ideal es que este tipo de organismos haga una contribución significativa a los sectores productivos, mediante la interacción con las empresas. Existen, como se verá en el marco teórico, una serie de objetivos para las interacciones, que son distintos para cada grupo de actores. También existen distintos canales de interacción y diferentes barreras que limitan la cantidad y la calidad de las interacciones. Se parte de una clasificación de objetivos y canales propuesta por Arza (2010). Se exploran también otros datos sobre la participación de las OPI.

Muchos de los datos analizados dan indicios sobre la debilidad del sistema de innovación costarricense y sobre las dificultades que tienen las universidades y centros públicos de investigación para vincularse satisfactoriamente con el sector empresarial. Sigue dándose una alta concentración de los esfuerzos en ciencia y tecnología en el sector de OPI. Además, es claro que el porcentaje de empresas que tienen vínculos efectivos con universidades y centros públicos de investigación es todavía muy bajo. Una serie de barreras institucionales y una débil confianza entre los actores, impiden mayor fluidez de los vínculos. Aunque las empresas por lo general están satisfechas con el cumplimiento de los objetivos que se proponen para las interacciones con las OPI, lo cierto es que se utilizan canales tradicionales, y no se ha profundizado en el tipo de canales bidireccionales que genera mejores impactos en los procesos de innovación. Por tanto, también hay una amplia agenda para mejorar la calidad de las interacciones.

A pesar de que persisten una serie de barreras que limitan la cantidad y la calidad de las interacciones, hay indicios de que se están realizando esfuerzos importantes que pueden servir de base para la consolidación de los vínculos y para facilitar la creación y la transferencia de conocimientos, de forma que se faciliten los procesos de innovación. Las OPI se quejan de complicados procesos de burocracia interna como una barrera fundamental. Por eso se verán obligados a buscar mecanismos para facilitar las reglas del juego. Pero gran parte de la institucionalidad que genera la burocracia está en el ámbito del país como un todo. Por eso se requiere un esfuerzo mayor para mejorar el funcionamiento del aparato estatal y facilitar con eso el fortalecimiento de los sistemas de innovación.

En lo que sigue, el documento contiene una sección de marco teórico en la que se analiza lo que la literatura ha propuesto sobre la relación universidad-empresa en los procesos de innovación. Posteriormente, se explica el marco metodológico utilizado en el estudio. Se analizan los resultados, presentando un grupo de cuadros y gráficos con mucha información y el análisis haciendo referencia al marco teórico. Finalmente, se plantean una serie de conclusiones que se derivan del estudio.

1. Marco teórico: la relación universidad-empresa en los procesos de innovación

Los procesos de innovación tienen lugar en contextos específicos, a partir de dinámicas procedentes de redes de trabajo o como resultado de la interacción entre instituciones y organizaciones de apoyo (Chaminade y Edquist, 2010). Estos procesos son de carácter interactivo y se caracterizan por una constante adaptación. Como resultado, contribuyen a la producción e introducción de nuevo conocimiento y operan como motores que impulsan el cambio tecnológico y las políticas de desarrollo de los países (Lundvall y Johnson, 1994). Por eso es muy relevante el estudio de las interacciones dentro de los sistemas de innovación y, en particular, las que se dan entre las empresas con los centros de investigación. En un contexto más amplio, las interacciones público-privadas pueden resultar una estrategia válida para la transferencia de conocimientos o constituirse en herramientas clave para desarrollar la capacidad para aprender de las personas, organizaciones, redes y regiones (Arza, 2010).

No es de extrañar entonces que una de las características que siempre resaltan los estudiosos de los procesos de innovación es el carácter interactivo de estos. Se parte de que los agentes económicos rara vez podrían innovar en aislamiento, pues se requiere de distintos tipos de conocimiento y de condiciones para estimular el surgimiento de nuevos productos, nuevos procesos o, más generalmente, nuevas formas de hacer las cosas. Por ejemplo, Edquist (1997, p. 1) argumenta que

el proceso por el cual la innovación tecnológica emerge es en extremo complejo, y tiene que ver con la emergencia y difusión de elementos de conocimiento, así como el traslado de estos en los nuevos productos y procesos de producción... Los procesos de innovación ocurren a través

del tiempo y están influenciados por varios factores. Debido a esta complejidad, las empresas casi nunca hacen innovaciones aisladamente. Ellas interactúan con otras organizaciones para ganar, desarrollar e intercambiar varios tipos de conocimiento, información y otros recursos.

Solo en casos excepcionales, los individuos pueden innovar todo por sí mismos, sin el uso de conocimiento ya existente (Edquist y Johnson, 1997). De hecho, el proceso de exploración, desarrollo, selección y difusión de nuevas tecnologías, nuevas «formas de hacer las cosas», estructuras organizacionales e instituciones, además de las interacciones de mercado pueden probablemente estar más allá del control o inclusive de la imaginación de un actor individual (Dosi y Orsenigo, 1988).

1.1. Sistemas de innovación

El carácter interactivo de la innovación da espacio a la noción de sistemas de innovación. Su enfoque se interesa en el estudio de un conjunto de actores relevantes para la política de ciencia, tecnología e innovación (CTI), así como en el análisis más complejo del marco institucional y las condiciones que determinan las interacciones entre estos autores, superando, de esta manera, las restricciones conceptuales de la teoría convencional neoclásica. El estudio de los sistemas de innovación va más allá de sistemas de insumo-producto, que solo se concentran en el flujo de bienes y servicios a través de los sectores de la economía en un determinado punto en el tiempo. Se incluyen además de industrias y empresas a otros actores y organizaciones, primordialmente en ciencia y tecnología, así como también al papel de las políticas tecnológicas y otro tipo de políticas que inciden en los procesos de innovación. El análisis puede tener un ámbito nacional, estudiando en el nivel agregado las actividades de I&D y el papel desempeñado por las universidades, institutos de investigación, agencias estatales y políticas estatales, y las interrelaciones de ellas (Freeman, 1988; Lundvall, 1988 y 1992; Nelson, 1988 y 1993; subsecuentemente muchos otros).

Un rasgo fundamental de los enfoques de sistemas de innovación es que se construyen bajo *perspectivas institucionales*. El punto de partida es que los mercados no existen u operan si no es en el marco de una serie de reglas, normas y hábitos que regulan las interrelaciones entre los actores. Una forma de estudiar los sistemas de innovación de un

país es mediante el estudio de los diferentes tipos de instituciones que lo caracterizan. En general, hay relaciones complicadas en dos sentidos entre las instituciones y las organizaciones, y estas relaciones afectan los procesos de innovación, y con eso cambian la forma de los sistemas de innovación y su desempeño (Edquist y Johnson, 1997).

De la literatura sobre sistemas de innovación se rescata un listado de factores que favorecen o, por el contrario, entorpecen los procesos de innovación. Resaltan factores como la organización institucional, conocimiento y aprendizaje, infraestructura, patrones de demanda, estructuras de producción, políticas de Gobierno, mecanismos de retroalimentación, la ciencia, las universidades y otras organizaciones, el tamaño y grado de afluencia a los mercados, la base de recursos naturales, el desempeño de la industria en la cual está situada la empresa, los sistemas de educación y entrenamiento, capacidades y estímulo generados dentro de las empresas, facilidades financieras, tendencias macroeconómicas, «cuellos de botella» tecnológicos, el sistema de I&D, las posibilidades de apropiación de los beneficios en los procesos de innovación y las asimetrías entre las empresas y otras organizaciones (Orozco, 2004). Orozco (2004) llega a la conclusión de que los principales factores que determinan las innovaciones en el nivel de empresas o de sectores son: las instituciones, los procesos de aprendizaje y conocimiento y la calidad de interacciones, los cuales a su vez se ven afectados unos a otros. Cabe recalcar que la calidad de las interacciones es uno de los determinantes centrales del desempeño de los sistemas de innovación, afectando de esta manera los procesos innovadores y de desempeño en el nivel de empresa y de sector.

1.2. Universidades y centros públicos de investigación¹

La vinculación de la universidad con la sociedad ha sido tema de interés en el campo de las políticas de desarrollo tecnológico y de innovación en muchos países de desarrollo. Se considera que las universidades o centros de investigación son una pieza clave en el entorno de la globalización y de la sociedad del conocimiento, lo que exige a los países contar con instalaciones de formación profesional e investigación científica. Esta vinculación involucra tres actores fundamentales:

¹ En adelante, para hablar de las universidades y centros públicos de investigación en forma conjunta, usaremos como descriptor «organizaciones públicas de investigación», OPI.

universidad, empresa y Estado (Sábato y Botana, 1968). La vinculación no es un proceso aislado, se sitúa en distintos contextos y coyunturas que conllevan diversas acciones que la relaciona con el desarrollo científico y la innovación tecnológica en las cuales la investigación es piedra angular. El conocimiento creado en las universidades y su utilización en los procesos industriales ha generado polémica y más de una discusión sobre la función de las universidades y su relación con las empresas. La vinculación puede ser un aspecto estratégico para la formación de los recursos humanos, transferencia tecnológica e innovación en nuevos productos y procesos productivos (Fundación CYD, 2003). El papel de las universidades y centros públicos de investigación dentro de los sistemas de innovación es de gran relevancia, al centrarse en la generación y transferencia de conocimiento y de capacidades de aprendizaje, uno de los factores fundamentales que afectan la capacidad de innovación (Ruiz, 2007).

Al estudiar las interacciones universidad-empresa a través de los centros de investigación, hay que tener presente que ese tipo de vínculos son evolutivos y que cambian de acuerdo al país que lo desarrolla (Albornoz, 1990). La relación dinámica entre estos dos componentes ha sido clave en los sistemas nacionales de innovación (SNI): por un lado, la capacidad de investigación de las universidades e institutos de investigación y, por otra parte, la capacidad de absorción de las empresas. Estos factores definen de manera diferente los modos de la interacción y sus cambios con el tiempo. Una lección clave es que estos procesos debían ser flexibles y diferenciados a través de los campos del conocimiento.

Orozco y Ruiz (2010) señalan que, para el caso de Costa Rica, las interacciones entre las OPI y las empresas pueden generar beneficios intelectuales y económicos para los investigadores, evidenciando además que el fortalecimiento de redes de colaboración entre universidades y empresas contribuye a las actividades de producción a corto plazo de las empresas y la promoción de actividades dirigidas a procesos de innovación. En su análisis de América Latina, Arza (2010) plantea que la formulación de políticas de apoyo a las interacciones entre OPI y la industria debe ser selectiva. La selectividad de las políticas, en este caso, implica un diseño que tome en cuenta las características relacionadas con la habilidad de los actores, así como las características de los canales de interacción con el fin de lograr el mejor equilibrio posible entre los beneficios y riesgos de estas interac-

ciones. De acuerdo con Arza (2010), el canal de interacción utilizado por las empresas y los investigadores es definido por la combinación específica de objetivos que motiva la interacción. Por otra parte, como los beneficios de las interacciones dependen por lo general de la motivación inicial, ciertos canales de interacciones tienen más probabilidades de dar lugar a ciertos tipos de beneficios para cada uno de los actores involucrados. Asimismo, los riesgos asociados con las interacciones varían dependiendo del canal de interacción.

Giuliani y Arza (2009) concluyen, a partir de un estudio sobre los vínculos universidad-empresa con análisis de casos de Chile e Italia, que la selectividad debe fomentarse entre los responsables de las políticas que se esfuerzan por promover interacciones entre OPI y la industria, al cuestionar la idea de que dichas interacciones son beneficiosas *per se*. Para las autoras, no todas esas conexiones son igualmente útiles. El valor de los vínculos universidad-empresa, desde su perspectiva, se encuentra determinado por su potencial para difundir conocimiento.

En América Latina, las interacciones OPI-I presentan diversas particularidades. Su valoración es fundamental para entender el vínculo con los sistemas nacionales de innovación (SNI) de los países de la región. Arza (2010) identifica una serie de elementos que caracterizan la naturaleza de estas interacciones en el área: diferentes necesidades socioeconómicas; persistencia de la desigualdad social, distribución desigual del ingreso, condiciones de salud y educación deficientes; falta de sinergias entre organizaciones públicas de investigación y las empresas; en los países en desarrollo la enseñanza, investigación y divulgación no tiene una base científica fuerte; existe fragmentación de funciones; las interacciones con sectores productivos no han estado en los planes de CTI.

De forma resumida, los obstáculos asociados a la promoción de interacciones OPI-I implican la falta de demanda de conocimiento tecnológico sofisticado, preferencia por la importación de tecnologías (especialmente en las empresas extranjeras, que exigen la tecnología de sus oficinas centrales) y una baja demanda de conocimiento que limita el potencial creativo de los investigadores. Esta situación, en parte, puede ser explicada por los determinantes históricos que condicionaron el surgimiento de los sistemas nacionales de innovación en América Latina (Dutrénit y Arza, 2015): falta de coherencia en las directrices de política derivada del entrecruzamiento de instituciones nuevas y ya existentes; persistente inestabilidad macroeconómica y

recurrentes episodios de crisis que afectaron el desempeño de las empresas de la región; falta de consensos duraderos a partir de los cuales estimular un modelo de desarrollo inclusivo. Estos factores dan forma a la estructura productiva de los países y moldean el marco institucional que limita y define la interacción entre los actores, debilitando el potencial de las interacciones universidad-empresa.

Pese a que la capacidad innovadora de las empresas y las habilidades de conocimiento de las OPI son limitados, y las interacciones que han surgido desde la década de 1990 tampoco han contribuido a la creación y difusión del conocimiento como se esperaba, los profesionales pueden hacer contribuciones importantes para aumentar el rendimiento económico de las empresas y atender las necesidades sociales (Arocena y Sutz, 2005; Rapini *et al.*, 2009; Maculan y Carvalho, 2009).

A pesar del alto nivel de incertidumbre acerca de sus resultados, los investigadores pueden beneficiarse de los canales de interacción, por ejemplo, a través de la obtención de fondos adicionales para los laboratorios y el intercambio de conocimientos (Meyer-Krahmer y Schmoch, 1998), fondos para asistentes de investigación y equipos de laboratorio, o bien, al obtener ideas para nuevas agendas de investigación, prueba de aplicaciones de una teoría, o fondos para completar investigaciones académicas en curso (Fritsch y Schwirten, 1999; Lee, 2000).

Para el caso de las empresas, las interacciones con las OPI les brindan una perspectiva diferente de análisis para la solución de problemas y, en algunos casos, les permiten realizar innovaciones de producto o proceso que sin la interacción no habrían sido posible (Dutrénit y Arza, 2015). Las empresas también se benefician de altamente cualificados equipos de investigación, nuevos recursos humanos y el acceso a los diferentes enfoques para la solución de problemas (Rosenberg y Nelson, 1994).

Fateh Rad *et al.* (2014) consideran que los canales relacionados con las articulaciones y contratos de I+D, los derechos de propiedad y los recursos humanos son los canales más apropiados para las interacciones OPI-I, ya que tienen un mayor impacto en beneficios a largo plazo para las empresas.

Existen diferentes tipos de canales para la interacción universidad-empresa. Orozco y Ruiz (2010), siguiendo el marco de análisis propuesto por Arza (2010), citan los canales tradicional, bidireccional, servicios y comercial. En su análisis del caso costarricense concluyen que, de forma contraria a lo esperado, el canal bidireccional es no

significativo en la explicación de los beneficios intelectuales de los investigadores, pero ayuda a explicar los beneficios económicos para los investigadores y también ambos tipos de beneficios para las empresas. Por lo tanto, no explica la calidad de las interacciones desde el punto de vista del investigador, pero explica la importancia que tiene para las empresas.

La idea central que propone Arza (2010) supone que los beneficios que emergen de los vínculos OPI-I difieren según el canal utilizado. Por ende, distinguir de forma adecuada el tipo de canal contribuye al análisis de los canales de interacción en relación con los beneficios percibidos. Ello hace posible no solo la identificación de los canales de interacciones OPI-I más eficaces para la activación de las diferentes prestaciones que reciben los investigadores y las empresas implicadas en las interacciones, sino que permite explorar las vías estratégicas por las cuales orientan el diseño de planes para promover las interacciones OPI-empresa en el marco de los SNI.

Por otra parte, es necesario reconocer que existen diferentes formas de clasificar los tipos de canales de interacción, dependiendo del grado de formalidad en los acuerdos de organización (Bonaccorsi y Piccaluga, 1994; Vedovello, 1998; Schartinger *et al.*, 2002; Eun, 2009) o el grado de articulación y comunicación personal entre los agentes (Fritsch y Schwirten, 1999; Perkmann y Walsh, 2007). Algunos autores también afirman que la intensidad del uso de diferentes formas de interacción implica el sector, el campo y la tecnología específica (Meyer-Krahmer y Schmoch, 1998; Cohen *et al.*, 2002; Schartinger *et al.*, 2002; Bekkers y Bodas Freitas, 2008). De acuerdo con Dutrénit y Arza (2015), el proceso de transferencia de conocimiento en PRO-I se produce a través de múltiples canales; entre ellos: la formación de recursos humanos, la ciencia abierta, contactos informales, relaciones de consultoría, investigación conjunta y contratos, proyectos, patentes, *pin-offs*.

Autores como Narin *et al.* (1997), Cohen *et al.* (2002) y Swann (2002) consideran que la ciencia abierta, los derechos de propiedad, los recursos humanos, colaboración en proyectos de I+D y la creación de redes son los canales más importantes de flujos de conocimiento hacia las empresas. Sin embargo, varios estudios muestran que los flujos de conocimiento son del sector y tecnología específica (Cohen *et al.*, 2002; Schartinger *et al.*, 2002; Laursen y Salter, 2004; Mowery y Sampat, 2005; Hanel y St-Pierre, 2006; Fontana *et al.*, 2006; Bekkers y

Bodas Freitas, 2008), dando paso a diferentes bases de conocimiento y patrones de innovación (Pavitt, 1984), así como a diferentes formas de interactuar con las instituciones académicas y otras fuentes de conocimiento.

Dutrénit y Arza (2015) señalan que, desde el punto de vista académico, las diferencias también pueden ser encontradas. Meyer-Krahmer y Schmoch (1998) sostienen que la colaboración I+D es el flujo de conocimiento más importante en algunos campos. Bekkers y Bodas Freitas (2008) estimaron que la importancia relativa de los canales es similar entre las empresas y los investigadores académicos; sin embargo, Dutrénit y Arza (2015) plantean que los investigadores y académicos asignan más importancia a los diferentes canales que las empresas. En general, el uso de diferentes canales puede estar asociado con un conjunto de motivaciones que cada actor puede tener para participar en interacciones.

Las interacciones OPI-I tienen potencial de crear y difundir conocimiento. Sin embargo, para Arza (2010) las motivaciones para interactuar de los actores no son siempre las mismas. La autora clasifica las motivaciones de los actores, según sean estas intelectuales o económicas, para el caso de los investigadores, y pasiva o proactiva, si se considera a las empresas. Con respecto a los beneficios de las interacciones OPI-I percibidos por los actores, Dutrénit y Arza (2015) los clasifican de acuerdo a la naturaleza de las actividades que impactan; entre ellas, la producción y la innovación, para el caso de los beneficios que perciben las empresas, y los beneficios económicos e intelectuales que perciben los investigadores.

En síntesis, para los investigadores el aprendizaje en el contexto de la aplicación es la principal motivación intelectual para las interacciones OPI-I, y el acceso a nuevas fuentes de financiación la principal motivación económica. Autores como Etzkowitz y Leydesdorff (2000) y Lind *et al.* (2013) sugieren que, al participar en redes de innovación, las universidades pueden recibir beneficios financieros, así como generar valiosos resultados de investigación que contribuyen al crecimiento económico.

Sandberg *et al.* (2014) proporcionan una base empírica que describe las estrategias para equilibrar la diversidad en los procesos de innovación que se derivan de las redes de innovación en que participa universidad y empresa. Los autores caracterizan estas redes de innovación como zonas de comercio, es decir, zonas de intercambio entre

asociaciones interdisciplinarias que, pese a las barreras de comunicación existentes, logran mantener un cierto diálogo. El intercambio entre universidad y empresa da paso a dos tipos distintos de zonas de negociación: la performativa y la transformadora. En la zona de comercio performativo, la colaboración está diseñada principalmente con la explotación de la mente y el intercambio se lleva a cabo a través de objetos del contorno. En el caso del comercio de la zona de transformación, el intercambio se basa en gran parte en el conocimiento no codificado, y la experiencia de interacción resulta esencial.

2. Marco Metodológico

El estudio está conformado por dos grandes componentes, cuyo abordaje metodológico ha sido complementario y ha permitido alcanzar los objetivos propuestos. En ese sentido, este apartado aborda el diseño concreto de la investigación y las técnicas de recolección de información que han sido utilizadas, en estos diferentes componentes.

2.1. Encuesta a centros públicos de investigación en universidades y otras entidades públicas

El primer componente metodológico se basa en el objetivo de recolectar información primaria de los centros públicos de investigación (CPI), tanto en universidades como en otros entes públicos del país. Se partió de un esquema de censo a todos los centros, pero no se logró obtener la respuesta de la totalidad. Para construir el marco poblacional se hizo primero un mapeo completo de centros de investigación y se buscó la información de contacto de cada uno. La unidad de análisis fueron los centros de investigación y se encuestó a sus directores.

2.2. Encuesta nacional de innovación a empresas

Se incluyen acá datos de la Encuesta Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación al sector servicios (realizada en el año 2013, con datos de los periodos 2011 y 2012) y al sector manufactura, energía y telecomunicaciones (realizada en el año 2014, con datos de los años 2012 y 2013) .

En ambas encuestas se incluyó una sección especial con varias preguntas sobre la vinculación de las empresas con diferentes actores del sistema de innovación y, en particular, con los centros públicos de investigación.

2.3. Cálculo de la muestra

En ambas encuestas, para el cálculo de la muestra se utilizó un diseño de muestreo aleatorio simple. Ese procedimiento lo desarrolla el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), ente que ha generado un directorio de establecimientos, a partir del cual hace la selección de la muestra en cada uno de los sectores.

Los sectores económicos considerados en el marco de esta encuesta nacional, con información de los años 2012 y 2013, fueron el de Industria Manufacturera (incluido TIC),² el de Energía y el de Telecomunicaciones. El total de la población para dichos sectores corresponde a 2 285 empresas. La muestra calculada por el INEC para poder lograr un 95 % de nivel de confianza fue de 500 empresas. En este caso, como ya se habían hecho encuestas previas a esos sectores y se quería contar con un panel que permitiera estudios inter-temporales, la muestra se dividió en 50 % aleatoria y 50 % como panel de las empresas que ya habían estado en la encuesta anterior, y dentro de esas encuestas la selección fue aleatoria simple. Al final se lograron 443 encuestas efectivas.

Para el caso de la encuesta a aplicar para el sector de servicios, se incluyeron los siguientes subsectores: servicios de alojamiento; actividades TIC y servicios de informática; servicios financieros; seguros, reaseguros y fondos de pensiones; otras actividades financieras; servicios de investigación y desarrollo científico; actividades de operadores turísticos; actividades de atención de la salud humana; actividades de diversión y esparcimiento. En estos subsectores del sector servicios, el total de la población de empresas con cinco o más trabajadores era de 1 568 empresas. La muestra aportada por el INEC para lograr un nivel de confianza del 95 % fue de 500 empresas y el número de entrevistas válidas fue de 360 empresas.

3. Interacciones OPI empresa en Costa Rica

Hay muchas similitudes en los vínculos de las OPI con las empresas en Costa Rica respecto a la situación que se presenta en otros países latinoamericanos. Esas interacciones no parecen estar funcionando de acuerdo a los parámetros que se desprenden de países con mayores grados de desarrollo. La evidencia señala que en su gran mayoría estas interacciones dirigidas a promover procesos de innovación han sido

² Se excluyen las empresas del sub-sector TIC de servicios.

muy pobres y muy concentradas en un número reducido de empresas. No obstante, hay una tendencia a que una parte del parque empresarial se beneficie de los vínculos con las universidades y otros organismos públicos de investigación. Pero aún, para la mayor parte de las empresas, las interacciones siguen siendo muy indirectas y casuales. Recientemente se vienen haciendo esfuerzos más explícitos por fortalecer las vinculaciones, pero como se desprende de los datos que se analizan a continuación, todavía queda una amplia agenda de trabajo en el marco del fortalecimiento de esas interacciones, hay que salvar obstáculos de muy diverso orden y conseguir la concertación de voluntades, recursos y empeños sobre la base de la convicción en la valía de los resultados a alcanzar.

Desde hace muchos años, se ha venido señalando la necesidad de mayores esfuerzos para fortalecer las vinculaciones, en especial en lo que se refiere al esfuerzo para generar investigación y desarrollo (I+D). En un documento del año 2006, el Ministerio de Planificación de Costa Rica señalaba que parece obvio la necesidad en el país de generar una mayor capacidad de movilizar fondos nacionales para la investigación y el desarrollo.

De forma similar, el diagnóstico realizado por la «Estrategia Siglo XXI» y como se desprende de los datos de la encuesta nacional de ciencia y tecnología e innovación (2008), la inversión en actividades de ciencia y tecnología y, en particular, en investigación y desarrollo (I+D) es sumamente baja para las aspiraciones de desarrollo del país. Además, es insuficiente el esfuerzo que se está haciendo en la formación de científicos y técnicos.

Se aprecia también una débil integración entre la ciencia y los procesos productivos. Las interacciones OPI-I no se han centrado en temas de I+D, por tanto, esa necesidad sigue bastante desatendida en el país.

3.1. Ciencia y tecnología en Costa Rica

Se pueden rescatar varios rasgos fundamentales de los indicadores de gasto en actividades de ciencia y tecnología en Costa Rica. La inversión total en I+D es bastante baja, sobre todo si se considera que es cercana a 0,56 % respecto al PIB. Los esfuerzos mayores se concentran en actividades de enseñanza y formación, pero con menor medida en investigación y desarrollo y en servicios científicos y tecnológicos (gráfico 1).

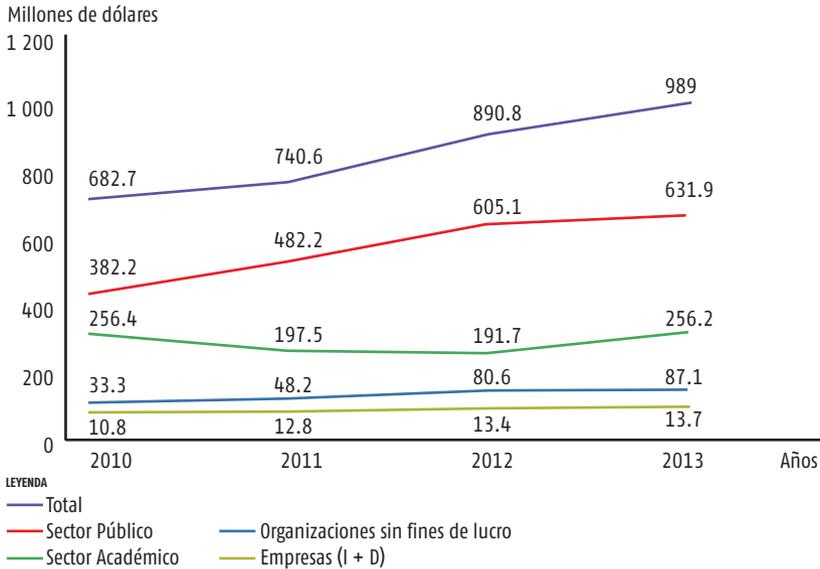


Gráfico 1. Inversión en actividades científicas y tecnológicas según sector de ejecución, 2010-2013 –Millones de dólares–.

Fuente: MICIT (2015).

La inversión en I+D es relativamente baja (gráfico 2). Al comparar los últimos años para los que hay información disponible, queda claro que hay un aumento en la inversión en I+D en todos los sectores, pero que gran parte de la inversión se sigue concentrando en el sector público y en el sector académico. El sector empresarial hace también inversión, pero significa solamente el 31 % del total de I+D en el país. Un vacío detectado es que no hay estudios analizando el impacto de la I+D que hace el sector académico y el sector público. Se plantea, por tanto, como una necesidad en la agenda de investigación, en cuanto a temas como, por ejemplo, el impacto de esa inversión en la transferencia real de conocimiento a los sectores productivos; impactos en la productividad y el crecimiento, entre otros.

A pesar de lo realizado hasta ahora por el sector académico y el sector empresarial, la inversión en I+D como porcentaje del PIB es menor al promedio latinoamericano y muy inferior al líder regional, Brasil, y a países más desarrollados como Estados Unidos o Canadá.



Gráfico 2. Porcentaje de inversión en actividades científicas y tecnológicas e investigación y desarrollo respecto al PIB, 2010-2013.

Fuente: MICIT (2015).

Un aspecto relevante es que la concentración de I+D se ha dado en diferentes áreas, especialmente en ingeniería y tecnología y en ciencias exactas y naturales, así como en ciencias agrícolas. Sin embargo, la inversión en ciencias sociales sigue siendo alta y en aumento en los últimos años. La I+D en ciencias médicas es baja, pero muestra un constante aumento en los últimos años.

La mayor cantidad de investigadores se concentra en ciencias sociales y es el área con mayor crecimiento medido por ese indicador (gráfico 4). Este hecho se ha señalado como una debilidad en el país, en tanto no cuenta con suficiente cantidad de investigadores en otras áreas más directamente relacionadas con la actividad de los sectores productivos. Al respecto, no existen estudios en el país que analicen el impacto que genera la actividad de los distintos investigadores en variables económicas. Se plantea también como un vacío en el cual debe generarse una amplia agenda de investigación.

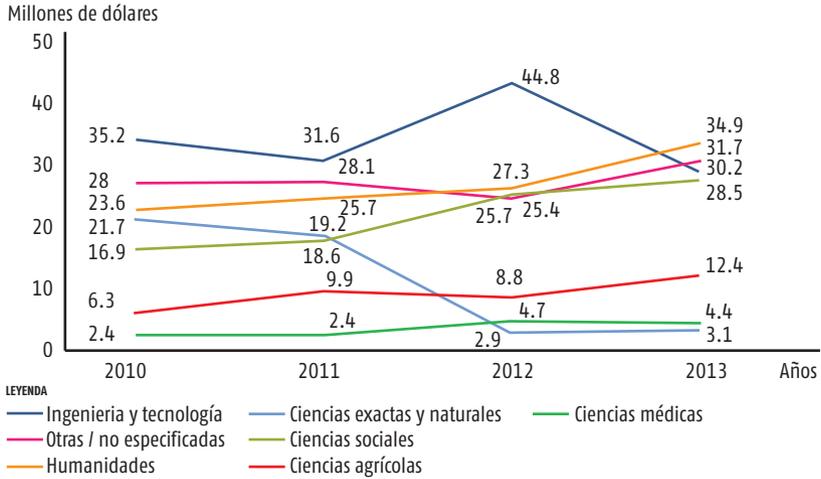
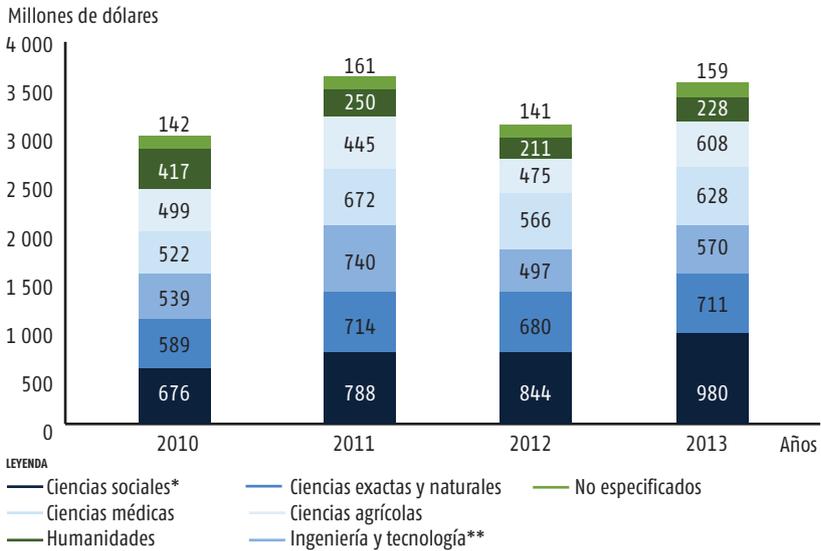


Gráfico 3. Inversión en investigación y desarrollo según el área científica y tecnológica, 2010-2013 –Millones de dólares–.

Fuente: MICIT (2015).



* Ciencias sociales incluye ciencias de la educación (98) y otras ciencias (578)

** Ingeniería y tecnología incluye Ingenierías en TIC (229) e ingeniería y tecnología (310)

Gráfico 4. Distribución de los investigadores según área científica y tecnológica de formación, 2010-2013.

Fuente: MICIT (2015).

3.2. Interacciones OPI-empresa en el proceso de innovación

De lo expuesto, se desprende que el sector académico desempeña un papel fundamental en Costa Rica, por su contribución a las actividades científicas y tecnológicas en general, y por sus inversiones en investigación y desarrollo, en particular. Sin embargo, como se verá en esta sección, los vínculos con el sector empresarial siguen siendo débiles y se enfrentan a una serie de barreras.

3.2.1. Nivel de educación y capacidades de los investigadores en el sector académico

En los últimos años, las OPI han venido haciendo un esfuerzo considerable por aumentar el nivel académico de sus investigadores. Comparando con un estudio similar del año 2009, se notan cambios considerables. En ese entonces los niveles que prevalecían eran los de maestría (más del 55 % de los investigadores) y había un 26 % con el nivel de doctorado. Con los datos actuales, es claro que se ha hecho un esfuerzo considerable porque los investigadores tengan un nivel más alto (gráfico 5), y eso lleva a que más del 54 % tenga un nivel de doctorado. Ha disminuido mucho el porcentaje de investigadores que se quedan con un nivel de licenciatura. Se deduce que el nivel académico de los investigadores en los centros de investigación de las universidades públicas e institutos públicos es relativamente bueno, lo que da una base de capacidades locales que puede ser muy útil para desarrollar proyectos de investigación y desarrollo y proyectos de vinculación con los sectores productivos.

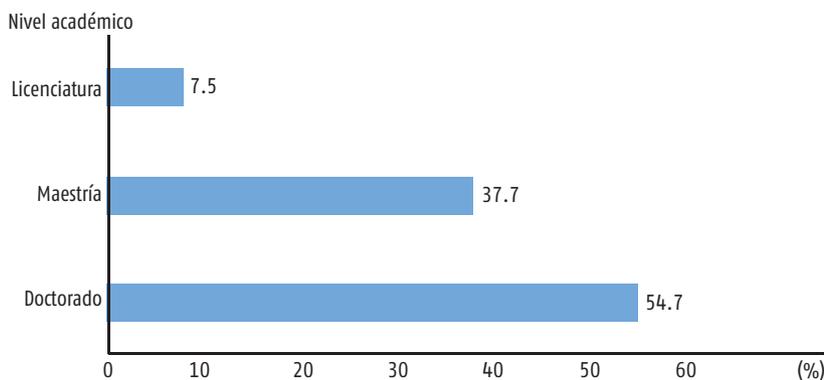
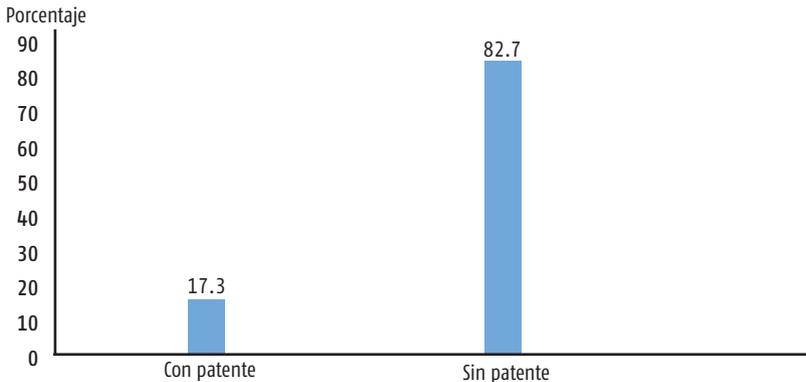


Gráfico 5. Costa Rica: Nivel académico de los investigadores.

Fuente: Elaboración propia con base a la encuesta a OPI, 2015.

3.2.2. Poca cultura en uso de patentes

Un indicador para medir el cambio tecnológico es la solicitud y otorgamientos de patentes de los centros de investigación ante los organismos nacionales de registro de la propiedad intelectual. En el caso costarricense, son muy pocos los centros de investigación que han logrado patentar, pero el porcentaje viene en aumento. En la encuesta del año 2009, solo un 3 % de los centros entrevistados habían obtenido alguna patente registrada ante la oficina de patentes de Costa Rica, pero ese porcentaje aumentó a 17,3 % en el presente (gráfico 6). Aún con ese aumento, se puede concluir que las OPI no le están apostando a una estrategia de patentar. La mayoría de estos centros no hace ningún tipo de solicitud de patente tanto a nivel nacional como internacional.



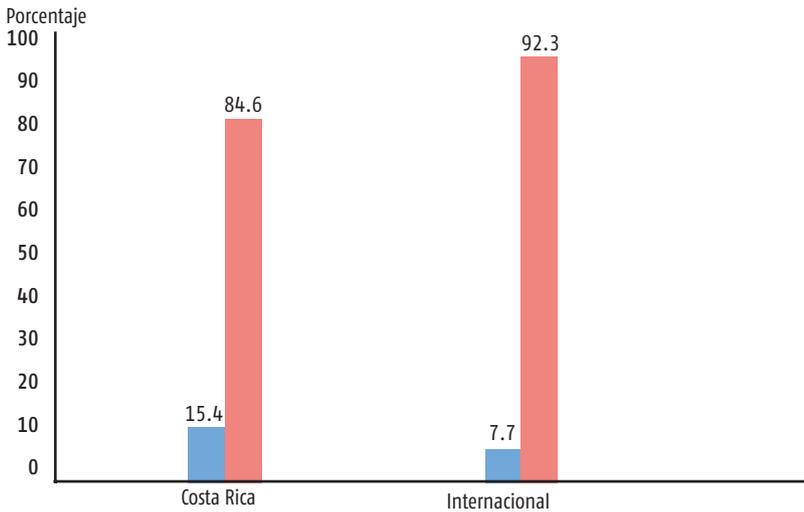
NOTA

Porcentajes respecto a 52 centros que tuvieron interacción con empresas.

Gráfico 6. Costa Rica: Centro público de investigación con patentes y *software*.

Fuente: Elaboración propia con base a la encuesta a OPI, 2015.

Por otra parte, un indicador de las capacidades locales para promover innovación y cambio tecnológico es el desarrollo y uso de *software* propio. En el caso de Costa Rica el estudio demostró que, aunque la mayoría las OPI no registran ni nacional ni internacionalmente su *software* propio (gráfico 7), muchos si cuentan con ese tipo de tecnología. Existen entonces capacidades locales para un mayor desarrollo en este aspecto.



NOTA

Porcentajes respecto a 52 centros que tuvieron interacción con empresas.

Gráfico 7. Costa Rica: Centro público de investigación con software registrado

Fuente: Elaboración propia con base a la encuesta a OPI, 2015.

3.2.3. Tipos de interacción OPI- Empresa, según los investigadores

Es de esperar que los vínculos de las OPI con las empresas se den de distintas formas. En el caso de Costa Rica, como se desprende del gráfico 8, el tipo de vinculaciones más importantes son los proyectos de transferencia tecnológica, consultorías para resolver problemas tecnológicos concretos de las empresas, proyectos de I+D en colaboración con las empresas y entrenamiento de personal de las empresas por parte de los centros de investigación.

Esto se asocia a lo planteado en la literatura de que, en cuanto a las motivaciones intelectuales (que se relacionan también con los beneficios intelectuales), está la mejora de la calidad de la investigación y la enseñanza a través del *expertise* y aprendizaje obtenido en el contexto de la aplicación del conocimiento e interacción con tecnologías de producción de las empresas como fuentes de inspiración para futuras y actuales investigaciones (Arza, 2010).

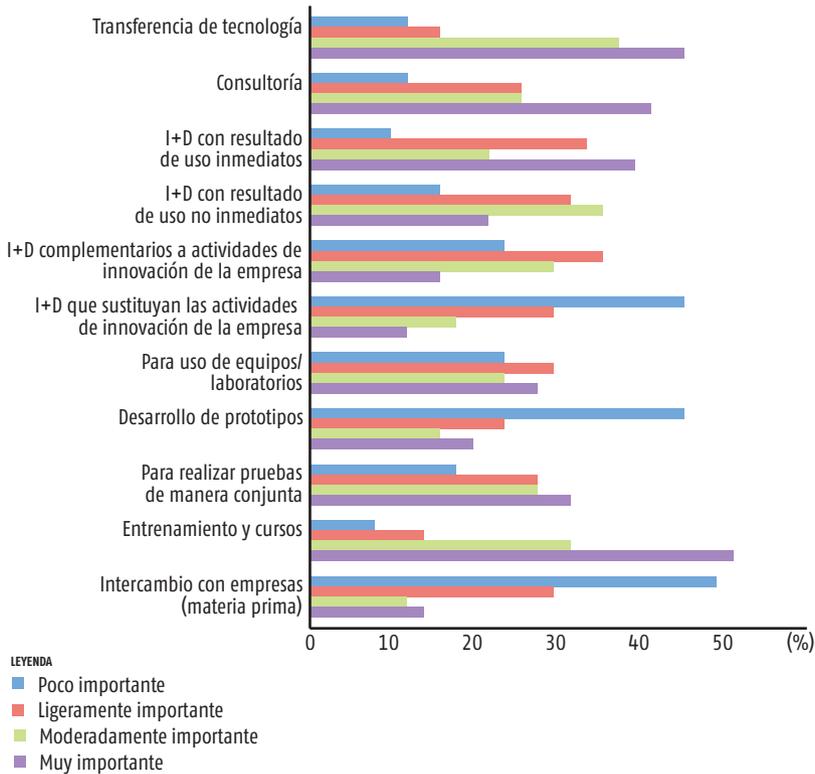


Gráfico 8. Costa Rica: Tipos de interacciones que tienen las OPI para vincularse con empresas.

Fuente: Elaboración propia con base a la encuesta a OPI, 2015.

Las OPI se ven motivados a las interacciones con las empresas por una serie de incentivos que perciben. El tipo de incentivos mencionado a un mayor nivel de relevancia por un porcentaje mayor de OPI es el desarrollo de redes de conocimiento interinstitucionales y/o transdisciplinarias. Le siguen la comprensión del contexto de aplicación de la investigación y el aumento de capacidades de los investigadores. Siguiendo la clasificación propuesta por Arza (2010), se trata de incentivos intelectuales. Pero también es importante para un grupo de cerca de 40 % de los centros el incentivo económico, de obtención de recursos financieros. Pesa muy poco el objetivo de adquisición de derechos de propiedad intelectual (gráfico 9).

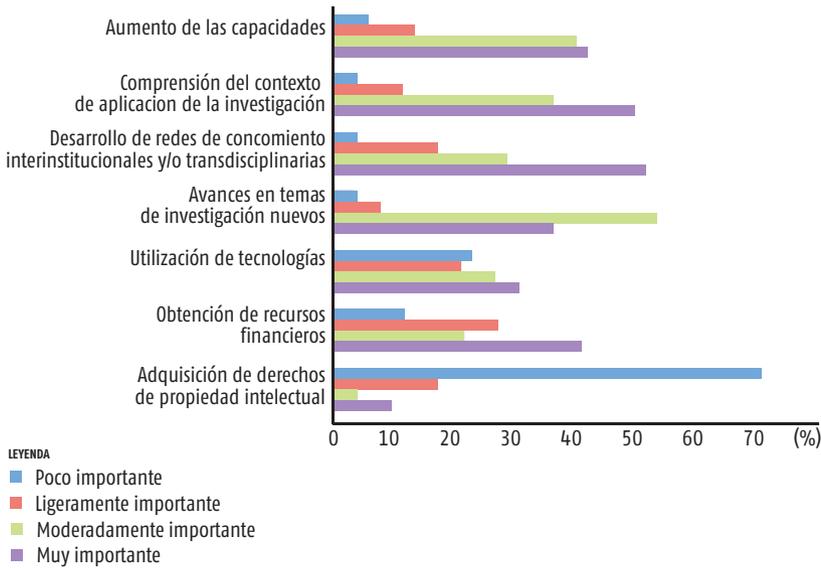


Gráfico 9. Costa Rica: Incentivos que tienen las OPI para vincularse con empresas.

Fuente: Elaboración propia con base a la encuesta a OPI, 2015.

Visto más directamente desde los objetivos para impulsar las interacciones (gráfico 10), también sobresalen los objetivos intelectuales de la clasificación de Arza (2010), siendo los más importantes la reputación de los investigadores, las ideas para nuevos proyectos y el intercambio de conocimientos e información. Pesan para pocas OPI de manera importante los objetivos económicos que puedan derivarse de las interacciones con las empresas.

Se puede decir entonces que los objetivos principales de las OPI para la interacción con las empresas en Costa Rica parten de la lógica de obtener beneficios intelectuales. Esto coincide con lo que plantean algunos autores, que afirman que los investigadores pueden obtener inspiración de las aplicaciones y del intercambio de conocimiento con la industria (Meyer-Krahmer y Schmoch, 1998) y, por lo tanto, adquirir nuevos puntos de vista para la agenda de investigación (Fritsch y Schwirten, 1999; Lee, 2000). En ese sentido, en Costa Rica los investigadores interactúan para crear producción intelectual y el cultivo de las capacidades técnicas de conocimiento (Ruiz, Corrales y Orozco, 2016).

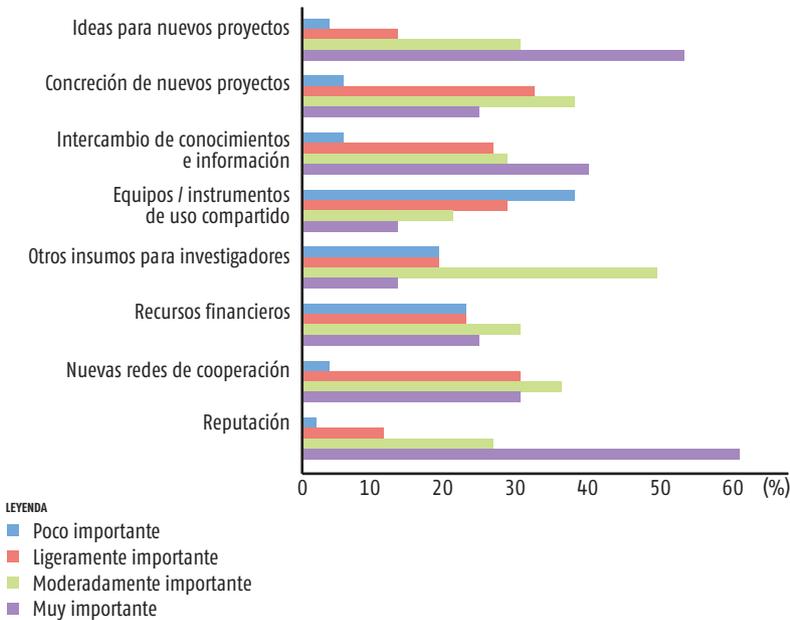


Gráfico 10. Costa Rica: Beneficios de la interacción de las OPI con empresas.

Fuente: Elaboración propia con base a la encuesta a OPI, 2015.

Como se afirma en la literatura previa, los canales de interacción utilizados por las empresas y las OPI se definen por la combinación específica de objetivos que motiva la interacción de cada participante (Arza, 2010), para lo cual se requiere que las empresas exploten sus capacidades de absorción y las fuentes externas de conocimiento (Cohen y Levinthal, 1990), así como la eventual difusión de ese conocimiento recibido de las OPI y que se pueda dirigir hacia otros actores del SNI (Giuliani y Arza, 2009).

Del gráfico 11 se desprende que los canales de mayor relevancia para un porcentaje mayor de OPI son los congresos, conferencias y seminarios, seguidos del intercambio informal de conocimiento. De poca relevancia para la mayoría de OPI son los canales a través de patentes, los parques tecnológicos y científicos, el intercambio de profesionales, el desarrollo de *spin offs*, o el licenciamiento de tecnologías. Siguiendo la clasificación de Arza (2010), que agrupa los diferentes canales de interacción en cuatro categorías: servicios, tradicional, bidireccional y

comercial, se puede afirmar que en Costa Rica los que prevalecen son los canales de servicios y de tipo tradicional, pero hay poca interacción de tipo bidireccional.

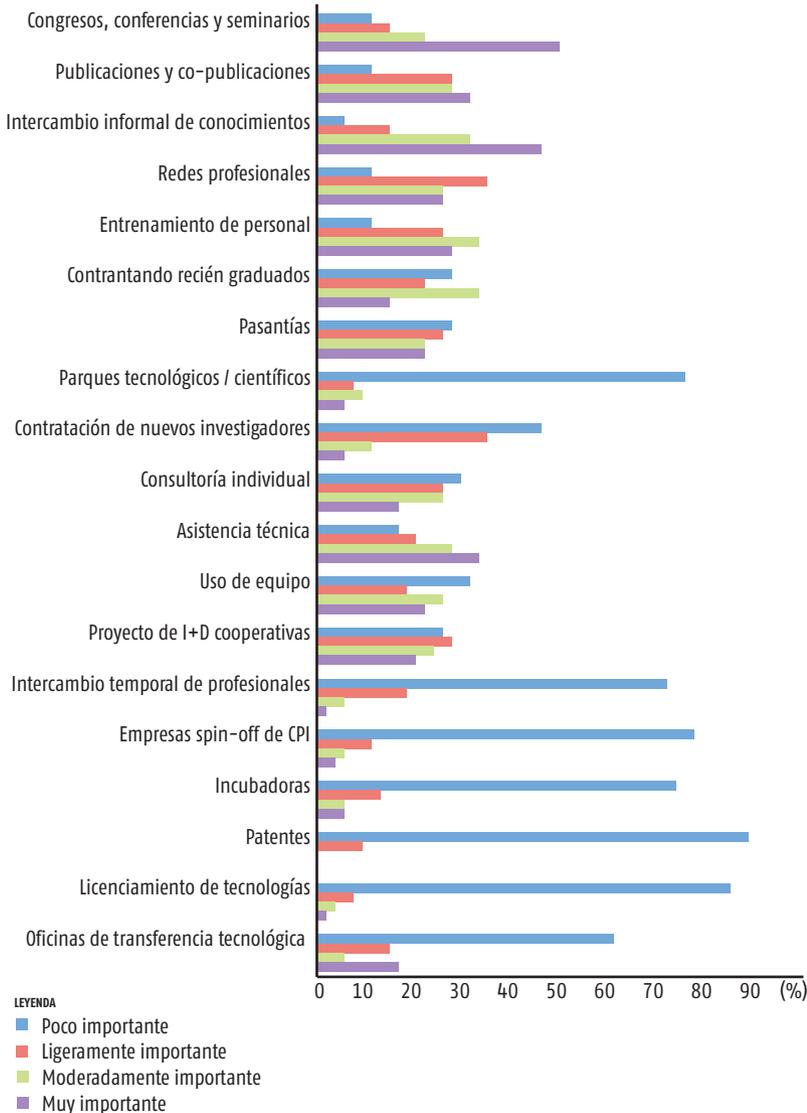


Gráfico 11. Costa Rica: Canales de información para establecer los vínculos de las OPI con las empresas.

Fuente: Elaboración propia con base a la encuesta a OPI, 2015.

Aunque, como lo consideran Fateh Rad *et al.* (2014), los canales relacionados con las articulaciones y contratos de I+D, los derechos de propiedad y los recursos humanos son los canales más apropiados para las interacciones OPI-I, ya que tienen un mayor impacto en beneficios a largo plazo para las empresas, esa no es la realidad en el caso de Costa Rica, que se fundamenta en interacciones más bien unidireccionales.

3.2.4. Principales resultados de la interacción

Para porcentajes de casi 60 % de las OPI en Costa Rica, uno de los resultados más importantes de la interacción con las empresas ha sido la formación de fuerza de trabajo y estudiantes. También ha sido de alta importancia otros resultados, como la realización y disertación de tesis y publicaciones, nuevos proyectos de investigación y publicaciones (gráfico 12).

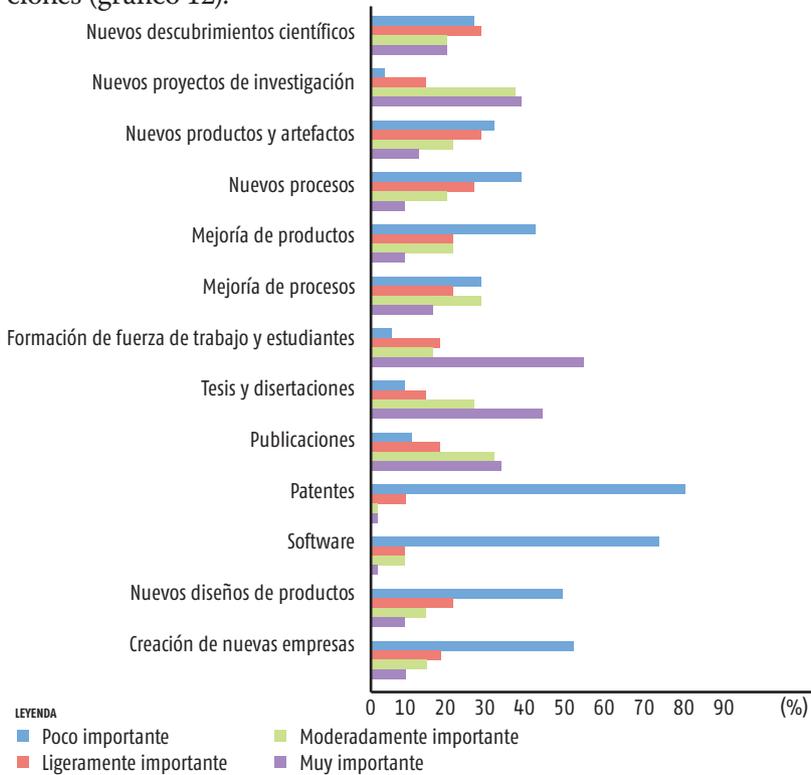


Gráfico 12. Costa Rica: Principales resultados obtenidos por medio del vínculo de OPI con empresas.

Fuente: Elaboración propia con base a la encuesta a OPI, 2015.

Por otro lado, se muestra como poco importante la adquisición de una nueva patente o un tipo de desarrollo de *software*. Se puede afirmar que la mayoría de las OPI no están enfocados a la creación de nuevas empresas ni en el desarrollo de *software* para los sectores empresariales, o al desarrollo de patentes. Considerando los resultados relacionados con la disertación de tesis y con publicaciones, puede afirmarse que de alguna forma el resultado de las interacciones ha generado algo de conocimiento nuevo. Sin embargo, similar a lo que se afirma para otros países latinoamericanos, podría afirmarse que las interacciones que han surgido no han contribuido demasiado a la creación y difusión del conocimiento como se esperaba, aunque sí se espera que los profesionales que aportan las universidades puedan hacer contribuciones importantes para aumentar el rendimiento económico de las empresas y atender las necesidades sociales (Arocena y Sutz, 2005; Rapini *et al.* 2009; Maculan y Carvalho, 2009).

3.2.5. Obstáculos para la vinculación

Al estudiar los obstáculos tanto internos como externos para que las OPI acentúen las interacciones con las empresas, sobresale el hecho de que la burocracia interna es la barrera de mayor importancia (gráfico 13). Es un fenómeno que afecta en general al aparato estatal del país y parece obedecer a un círculo vicioso de la regulación a partir de la desconfianza. Gran cantidad de horas de los funcionarios de las OPI se destina a cumplir con infinidad de trámites, en su mayoría orientados por la lógica de control *ex ante*. Se requiere mucho tiempo y paciencia por parte de los investigadores para poder formalizar proyectos de interacción con las empresas. El papel de la política pública podría ser crucial como agente facilitador y promotor para una mejor vinculación, pero la mayor responsabilidad recae en los propios centros de investigación y las universidades, que tendrán que promover mecanismos cada vez más ágiles de vinculación con las empresas.

Otro obstáculo que a juicio de las OPI es de gran relevancia es el hecho de que las empresas no conocen sobre las actividades que esos organismos realizan. Sin embargo, es un obstáculo que se puede resolver con una buena estrategia de comunicación. Pero eso podría hacer aumentar la demanda de vinculaciones por parte de las empresas, y mientras no se resuelvan los problemas de burocracia en las OPI, no se podrá aumentar la cobertura de las interacciones. También sobresale el costo de las investigaciones como un obstáculo de relevancia para

un porcentaje significativo de las empresas. Parece necesario por un lado revisar los costos internos de las OPI, pero también identificar nuevas estrategias para costear los proyectos, incluyendo instrumentos de políticas de innovación y recursos aportados directamente por las empresas.

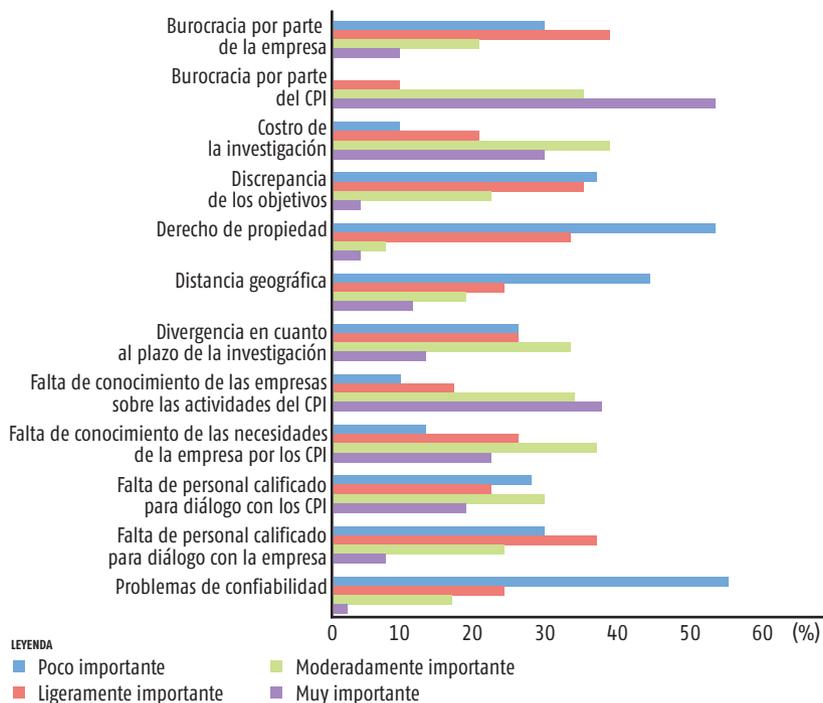


Gráfico 13. Costa Rica: Principales dificultades para establecer un vínculo entre las OPI y las empresas.

Fuente: Elaboración propia con base a la encuesta a OPI, 2015.

3.2.6. Las interacciones desde la perspectiva de las empresas

Los datos que se presentan en esta sección provienen de la Encuesta Nacional de Ciencia, Tecnología e innovación que desarrollada en Costa Rica en el sector servicios (año 2013) y en el sector manufactura (año 2014). En ambas encuestas se incorporó un módulo sobre las interacciones de las OPI con las empresas. Un resultado general es que en el sector servicios el 30.3 % dice tener interacciones con las universidades y un 9.7 % con otros institutos de investigación. En

el sector manufactura, energía y telecomunicaciones, un 27.4 % de las empresas tiene interacciones con las universidades y un 7 % con otros institutos de investigación. Este porcentaje, relativamente bajo, demarca un reto importante tanto para las universidades como para el sector empresarial, donde la creación de confianza y reconocimiento de los beneficios mutuos son ejes fundamentales para una mayor vinculación.

El cuadro 1 presenta el tipo de vinculaciones que tienen las empresas que efectivamente hacen los distintos tipos de innovación. Los porcentajes de empresas innovadoras que tienen vínculos con las universidades o con otros organismos públicos de investigación son un poco mayores que el porcentaje de vinculaciones si se incluye también a las empresa no innovadoras. Pero los porcentajes no son marcadamente mayores. Además, son mayores los porcentajes de interacción con otros agentes como los proveedores y los clientes. Se denota entonces que un alto porcentaje de las empresas, incluso de las que son innovadoras, no fomentan interacciones con las OPI para desarrollar sus innovaciones.

Como se desprende del marco teórico, los objetivos que persiguen las empresas al colaborar con las OPI difieren un poco de los objetivos que se plantean los investigadores dentro de ellas. Hay algunas diferencias en los porcentajes de empresas dentro de los sectores servicios y manufactura para los distintos objetivos, como se desprende del cuadro 2. Porcentajes significativamente mayores de empresas del sector servicios que del sector manufactura dicen que el objetivo de obtener un contacto más temprano con estudiantes para un futuro reclutamiento es muy importante. Algo similar sucede con el objetivo de obtener transferencia tecnológica desde las universidades.

Los objetivos de obtener una perspectiva diferente de análisis para la solución de problemas que, en algunos casos, le permitan realizar innovaciones de producto o proceso que sin la interacción no sería posible, tal como lo señalan Dutrénit y Arza (2015), y que podrían asociarse, en el cuadro 2, a los objetivos de contratar investigación útil para las actividades innovadoras de la empresa, al de obtener asesoría o consultoría tecnológica y al de mejorar la capacidad limitada de la empresa para absorber información tecnológica son objetivos importantes para menores porcentajes de empresas en el caso de Costa Rica. Sin embargo, entre 30 y 40 % de las empresas mencionan como importantes ese tipo de objetivos.

Cuadro 1. Tipos de vinculación de las empresas de servicios y manufactura, por tipo de innovación realizada, 2012 y 2013.

Vinculación	Tipo de innovación							
	Producto		Proceso		Organización		Comercialización	
	Servicios (2012)	Manufactura (2013)	Servicios (2012)	Manufactura (2013)	Servicios (2012)	Manufactura (2013)	Servicios (2012)	Manufactura (2013)
Universidades	37.4	31.6	39.1	30.3	40.0	31.6	33.5	31.3
Centros de investigación	11.5	8.9	12.2	6.3	14.0	7.8	11.2	9.5
Centros de formación	30.3	25.8	31.2	23.9	35.4	21.2	32.4	26.3
Clientes	42.4	43.7	41.7	44.9	42.4	47.4	42.2	46.4
Proveedores	54.7	58.6	51.0	56.7	56.9	64.2	50.3	61.5
Competidores	21.8	10.6	21.7	12.6	21.7	13.9	21.9	13.4
Consultores	32.0	23.2	32.2	25.4	39.6	29.5	33.0	25.1
Laboratorios	9.5	19.9	11.2	17.9	14.6	20.7	11.3	18.5
Casa matriz	11.1	11.9	12.6	11.3	12.5	13.0	11.2	10.1
Empresas del mismo grupo	18.5	12.6	19.1	11.3	23.6	15.5	17.6	15.6
Otras empresas	14.4	8.6	12.6	8.8	16.0	11.4	12.8	11.7
Organismos públicos de investigación	6.6	4.6	5.5	6.0	5.6	5.2	3.2	4.5
Organizaciones empresariales	15.6	13.6	15.6	14.8	18.8	14.5	17.0	16.8
ONG	10.0	1.3	10.7	2.5	12.7	2.1	8.6	2.2

Nota:

Valores de servicios con respecto al 68.3 % de las empresas que realizan innovación de producto, 55.7 % de proceso, 40.9 % de organización y 53.5 % de comercialización, para 2012.

Valores de manufactura con respecto al 68.0 % de las empresas que realizan innovación de producto, 64.2 % de proceso, 43.2 % de organización y 40.5 % de comercialización, para 2013.

Cuadro 2. Opinión de las empresas sobre la colaboración con universidades y/o centros públicos de investigación, respecto a distintos objetivos, según nivel de importancia (en porcentajes)

OBJETIVOS DE LA COLABORACIÓN	POCO IMPORTANTE		MUY IMPORTANTE	
	SERVICIOS (2012)	MANUFACTURA (2013)	SERVICIOS (2012)	MANUFACTURA (2013)
Para tener un contacto más temprano con estudiantes universitarios excelentes para futuro reclutamiento	33.10%	51.30	67.00%	48.70 %
Para ayudar en el control de calidad	53.40%	55.60 %	46.60%	44.40 %
Para contratar investigación útil para las actividades innovadoras de la empresa (investigación complementaria por parte de universidades e institutos públicos)	66.00%	72.20 %	34.00%	27.90 %
Para usar recursos disponibles en las universidades o laboratorios públicos	71.70%	64.40 %	28.30%	35.70 %
Transferencia tecnológica desde la universidad	34.60%	66.00 %	65.40%	33.90 %
Para obtener asesoría o consultoría tecnológica de los investigadores o profesores con el fin de solucionar problemas	54.20%	55.70 %	45.80%	44.40 %
Para aumentar la capacidad limitada de la empresa para encontrar o absorber información tecnológica	66.10%	65.20 %	34.00%	34.80 %
Para obtener información sobre ingenieros o científicos en campos de I+D	73.60%	67.80 %	26.40%	32.20 %
Para obtener información sobre tendencias en campos de I+D	63.60%	64.40 %	36.40%	35.60 %
Para contratar investigación que la empresa no puede desarrollar (substituir investigación de las universidades e institutos públicos)	60.70%	66.90 %	39.20%	33.00 %
Para aplicar test necesarios para los productos/procesos de la empresa	71.70%	57.40 %	28.30%	42.70 %

Notas: Los porcentajes de servicios y manufactura son respecto al total de 108 y 122 empresas, respectivamente, que efectivamente han tenido algún tipo de vínculo con universidades o institutos públicos de investigación.

Fuente: «Encuesta Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación a Empresas, MICIT-CINPE/UNA, Costa Rica, 2014-2015.

Vale la pena resaltar que, en términos de satisfacción con los vínculos, se tiene un resultado positivo. Más del 76 % de las empresas de ambos sectores afirman que en general la colaboración ha sido exitosa para alcanzar los objetivos que se habían planteado. Solamente un 5.5 % de las empresas del sector servicios y un 11.3 % de las del sector de manufactura afirman que la colaboración no ha sido exitosa. El resto de las empresas afirma que aún no se completa la colaboración pero que confían en que se lograrán los objetivos (cuadro 3). Con esto parece entonces que la debilidad de las interacciones OPI-empresa no es un tema de calidad de interacciones, sino de cobertura de las mismas. Las OPI tendrán que ser muy innovadores para aumentar la cobertura de sus interacciones y para avanzar hacia canales bidireccionales que generen mayores impactos en los procesos de innovación de los sectores productivos.

Cuadro 3. Grado de éxito de la colaboración de las empresas con universidades y centros públicos de investigación, en términos del logro de los objetivos esperados (en porcentajes)

	SERVICIOS (2012)	MANUFACTURA (2013)
a) Sí, en general la colaboración ha sido exitosa para alcanzar los objetivos	76.1 %	76.5 %
b) No, en general la colaboración no ha sido exitosa para alcanzar los objetivos	5.5 %	11.3 %
c) La colaboración está todavía en proceso, pero confío en que los objetivos se alcanzarán a su debido tiempo	15.6 %	11.3 %
d) La colaboración no se ha completado todavía, pero yo no creo que se alcancen los objetivos planteados	2.8 %	0.9 %
TOTAL:	100 %	100 %

Nota: los porcentajes de servicios y manufactura se refieren a las 108 y 109 empresas, respectivamente, que tienen colaboración con universidades o centros públicos de investigación.

Fuente: «Encuesta Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación a Empresas», MICIT-CINPE/UNA, Costa Rica, 2014-2015.

3.2.7. Canales de interacción que usan las empresas

Como se aprecia en el cuadro 4, los canales de interacción que han utilizado las empresas para vincularse con las OPI son de muchos tipos. Mayores porcentajes de las empresas del sector servicios tienen interacción en la mayoría de canales. Los canales más utilizados por empresas de ambos sectores son el intercambio informal de información, las conferencias públicas y reuniones y las publicaciones y re-

portes. Los resultados coinciden exactamente con los que manifiestan las OPI. Se trata primordialmente de canales en una sola dirección. Siguiendo la clasificación de Arza (2010), prevalecen los canales de tipo tradicional, pero hay poca interacción de tipo bidireccional.

Cuadro 4. Canales de información y modos de interacción con que las empresas han interactuado con universidades o centros de investigación para el sector servicios y manufactura (porcentaje de empresas según interacción en cada canal)

CANALES DE INFORMACIÓN/MODOS DE INTERACCIÓN	TUVO INTERACCIÓN	
	SERVICIOS (2011-2012)	MANUFACTURA (2012-2013)
Intercambio informal de información	75.2	68.7
Conferencias públicas y reuniones	62.4	46.1
Publicaciones y reportes	56.9	40.9
Graduados de grado avanzado contratados recientemente	44	38.3
Proyectos conjuntos o de cooperación en I+D	36.7	35.7
Consultoría con investigadores individuales	31.2	27
Participación en redes que involucran universidades o centros de investigación	41.3	19.1
Intercambios temporales de personal	32.2	12.2
Apoyo para patentes	9.3	11.7
Tecnologías con licencia	27.5	11.3
Contratos de investigación	13.8	10.4
Incubadoras	13	8.7
Parques de ciencia y/o tecnología	7.4	8.7
La empresa es un resultado indirecto de una universidad o centro de investigación	8.5	2.6
La empresa es propiedad de una universidad o centro de investigación	3.7	0.9

Notas: Los porcentajes de servicios y manufactura con respecto al total de 108 y 122 empresas, respectivamente, que efectivamente han tenido algún tipo de vínculo con universidades o centros de investigación para cada período de tiempo.

Fuente: Elaboración propia con datos de la Encuesta Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación a Empresas, MICIT-CINPE/UNA, Costa Rica, 2013-2015.

4.2.8. Barreras desde la perspectiva de las empresas

También se dan una serie de barreras para la interacción de las empresas con las OPI. La que es mencionada por un mayor porcentaje de empresas es la falta de conocimiento por parte de ellas sobre las actividades realizadas por las universidades/institutos de investigación, seguida de la falta de conocimiento de las necesidades de la empresa por parte de las universidades/institutos de investigación. Se

denota entonces una debilidad de comunicación entre ambos grupos de actores. Además, hay que tener en cuenta las barreras que las OPI perciben, en especial la de burocracia interna, porque sin solucionar ese tema, es difícil avanzar mucho con las interacciones.

Cuadro 5. Barreras para la interacción de las empresas con universidades o centros públicos de investigación (porcentaje de empresas)

BARRERAS	IMPORTANCIA MODERADA Y ALTA	
	SERVICIOS (2011-2012)	MANUFACTURA (2012-2013)
Burocracia por parte de la empresa	9.5	7.5
Burocracia por parte de la universidad/institutos de investigación	28.9	28.4
Costo de la investigación	38.2	31.4
Discrepancia de los objetivos	22.4	18.5
Derecho de propiedad	17.9	17.6
Distancia geográfica	19.9	13.3
Divergencia en cuanto al plazo de la investigación	14.5	16.7
Falta de conocimiento por parte de las empresas sobre las actividades realizadas por las universidades/institutos de investigación	56.4	64.1
Falta de conocimiento de las necesidades de la empresa por parte de las universidades/institutos de investigación	56.1	61.7
Falta de personal calificado para establecer un diálogo con las universidades/institutos de investigación	32	33.4
Falta de personal calificado dentro del centro para establecer un diálogo con las empresas	29.9	31.5
Problemas de confiabilidad	20,1	20,5
Otros	39.1	50.9

Notas: Los porcentajes de servicios y manufactura con respecto al total de 240 y 115 empresas, respectivamente, que efectivamente han tenido algún tipo de vínculo con universidades o centros de investigación para cada período de tiempo.

Fuente: Elaboración propia con datos de la Encuesta Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación a Empresas, MICIT-CINPE/UNA, Costa Rica, 2013-2015.

Hay otro tipo de barreras que, dado el tipo de canales de interacción que se están utilizando más, que no son de carácter bidireccional, no pesan para muchas empresas, como la divergencia en los plazos de investigación y los derechos de propiedad. Sin embargo, son temas que

deben resolverse a futuro previendo un adecuado conjunto de reglas del juego para facilitar las interacciones.

5. Conclusiones

Las OPI vienen haciendo importantes aportes en Costa Rica en diferentes actividades de ciencia, tecnología e innovación. La mayor parte de los esfuerzos de I+D en el país son generados por las OPI, pero faltan estudios de los impactos que genera esa inversión en los sectores productivos. El sector empresarial hace también inversión, pero significa solamente el 31 % del total de I+D en el país.

Los resultados muestran la debilidad del sistema de innovación costarricense y sobre las dificultades que tienen las OPI para vincularse satisfactoriamente con el sector empresarial. El porcentaje de empresas que tienen vínculos efectivos con universidades y centros públicos de investigación es todavía muy bajo. Una serie de barreras institucionales y una débil confianza entre los actores, impiden mayor fluidez de los vínculos. Pero hay evidencia de que se están realizando esfuerzos importantes que pueden servir de base para la consolidación de los vínculos y para facilitar la creación y la transferencia de conocimientos, de forma que se faciliten los procesos de innovación. Aunque son pocas las empresas con proyectos conjuntos con el sector académico y con el sector público de investigación, los resultados han sido satisfactorios, según se desprende de la encuesta a ambos grupos de actores. Además, del caso de estudio se colige que varios centros de investigación aportan ejemplos sobre mecanismos adecuados para la vinculación entre la generación de conocimiento y su adaptación a las necesidades de los sectores productivos.

Las interacciones OPI-empresa no parecen estar funcionando de acuerdo a los parámetros que de países con mayores grados de desarrollo. La evidencia señala que en su gran mayoría estas interacciones dirigidas a promover procesos de innovación han sido muy pobres y muy concentradas en un número reducido de empresas. El tipo de vinculaciones más importantes son los proyectos de transferencia tecnológica, consultorías para resolver problemas tecnológicos concretos de las empresas, proyectos de I+D en colaboración con las empresas y entrenamiento de personal de las empresas por parte de los centros de investigación. Esto se asocia a lo planteado en la literatura en cuanto a las motivaciones intelectuales (Arza, 2010). En Costa Rica los investigadores interactúan para crear producción

intelectual y el cultivo de las capacidades técnicas de conocimiento (Ruiz, Corrales y Orozco, 2016).

Los canales de mayor relevancia para un porcentaje mayor de OPI son los congresos, conferencias y seminarios, seguidos del intercambio informal de conocimiento. De poca relevancia para la mayoría de OPI son los canales a través de patentes, los parques tecnológicos y científicos, el intercambio de profesionales, el desarrollo de *spin offs*, o el licenciamiento de tecnologías. Hacen falta, por tanto, esfuerzos de los diferentes actores para desarrollar ese tipo de canales y lograr vinculaciones más efectivas para fomentar la innovación en las empresas. Se podría mejorar mucho la calidad de las interacciones impulsando ese tipo de canales, pero también la cobertura, pues actualmente es un reducido número de empresas quien tiene acceso al conocimiento generado en las OPI.

Sobresale el hecho de que la burocracia interna es la barrera de mayor importancia dentro de las OPI para lograr mejores interacciones con las empresas. Es un fenómeno que afecta en general al aparato estatal del país y parece obedecer a un círculo vicioso de la regulación a partir de la desconfianza. Gran cantidad de horas de los funcionarios de las OPI se destina a cumplir con infinidad de trámites, en su mayoría orientados por la lógica de control *ex ante*. Gran parte de responsabilidad recae en los propios centros de investigación y las universidades, que tendrán que promover mecanismos cada vez más ágiles de vinculación con las empresas. Pero también se requieren esfuerzos de política pública que contribuyan a disminuir la burocracia y a disminuir el costo de las interacciones.

Fortalecer el sistema de innovación del país mediante el robustecimiento de las interacciones OPI-empresa puede ser una estrategia adecuada. Pero requiere de muchas acciones en distintos grupos de actores. Por una parte, es necesario mejorar la cobertura de lo que ya se hace, pues, aunque hay satisfacción por parte de las empresas, lo cierto es que se trata de un número reducido de empresas las que tienen acceso a los distintos canales de interacción. Pero además, hay toda una agenda para mejorar la calidad de las interacciones y aprovechar mucho mejor el potencial que tienen las OPI de impulsar canales bidireccionales. Es importante mejorar los impactos de los esfuerzos que hacen en I+D las OPI, y también idear estrategias para fortalecer otros canales bidireccionales de interacción con mayores impactos en los procesos de innovación y en el desempeño de los sectores productivos.

Bibliografía

- ALBORNOZ, M. (1990): «La ciencia y la tecnología como problema político», en M. Albornoz y P. Kreimer (comp.), *Ciencia y tecnología: estrategias y políticas de largo plazo*, EUDEBA, Buenos Aires.
- AROCENA, R.; SUTZ, J. (2005): «Latin American Universities: From an original revolution to an uncertain transition», en *Higher Education*, n.º 50, pp. 573-592.
- ARZA, V. (2010): «Channels, benefits and risks of public-private interactions for knowledge transfer: conceptual framework inspired by Latin America», *Science and Public Policy*, vol. 37, pp. 473-484.
- ARZA, V.; DE FUENTES, C.; DUTRÉNIT, G.; VÁZQUEZ, C. (2014): «Chapter 6. Channels and Benefits of Interaction Between Public Research Organization and Industry: Comparing Country Cases in Africa, Asia and Latin America», en G. Kruss, K. Lee, W. Suzigan and E. Albuquerque (eds.), *Changing dominant patterns of interactions: lessons from an investigation on universities and firms in Africa, Asia and Latin America*, Edward Elgar Publishing, pp. 239-284.
- ARZA, V.; VÁZQUEZ, C. (2010): «Interactions between public research organizations and industry in Argentina», *Science and Public Policy*, vol. 37, n.º 7, pp. 499-511.
- BEKKERS, R.; BODAS FREITAS, I. M. (2008): «Analyzing Knowledge Transfer Channels between Universities and Industry: To What Degree Do Sectors Also Matter?», *Research Policy*, vol. 37, n.º 10, pp. 1837-1853.
- CAMTIC (2003): *La industria del software en Costa Rica: Bases para la definición de un plan estratégico nacional*, CINPE / UNA, Heredia, Costa Rica.
- CASSIMAN, B.; VEUGELERS, R.; ZÚÑIGA, P. (2010): «Diversity of Science Linkages: A Survey of Innovation Performance Effects and Some Evidence from Flemish Firms. Economics: The Open-Access», en *Open-Assessment E-Journal*, vol. 4, pp. 2010-2033.
- CASSIOLATO, J. E.; LASTRES, H. M. M.; MACIEL, M. L. (eds). (2003): *Systems of Innovation and Development. Evidence from Brazil*, Edward Elgar, Cheltenham.
- CHAMINADE, C.; EDQUIST, C. (2010): «Rationales for public policy intervention in the innovation process: A systems of innovation approach», en S. Kuhlman, P. Shapira, R. Smits (eds.), *Innovation policy-theory and practice. An international handbook*, Edward Elgar Publishers, London.
- CIMOLI, M. (ed.) (2000): *Developing Innovation Systems, Mexico in the Global Context*, Pinter Publisher, London.

- COHEN, W. M.; LEVINTHAL, D. A. (1990): «Absorptive-Capacity: A New Perspective on Learning and Innovation», *Administrative Science Quarterly*, vol. 35, n.º 1, pp. 128-152.
- COHEN, W.; NELSON, R.; WALSH, J. (2002): «Links and Impacts: The influence of public research on industrial RandD», *Management Science*, vol. 48, n.º 1, pp. 1-23.
- CERNY, C. A.; KAISER, H. F. (1977): «A study of a measure of sampling adequacy for factor-analytic correlation matrices», *Multivariate Behavioral Research*, vol. 12, n.º 1, pp. 43-47.
- DASGUPTA, P.; DAVID, P. (1994): «Toward a New Economics of Science», *Research Policy*, vol. 23, n.º 5, pp. 487-521.
- DE FUENTES, C.; DUTRÉNIT, G. (2012): «Best channels of academia-industry interaction for long-term benefit», *Research Policy*, vol. 41, n.º 9, pp. 1666-1682.
- D'ESTE, P.; PATEL, P. (2007): «University-industry linkages in the UK: What are the factors underlying the variety of interactions with industry?», *Research Policy*, vol. 36, pp. 1295-1313.
- DUTRÉNIT, G.; V. ARZA (2015): «Features of Interactions between Public Research Organizations and Industry in Latin America: The Perspective of Researchers and Firms», en E. Albuquerque, W. Suzigan, G. Kruss, K. Lee (eds.), *Developing National Systems of Innovation. University-Industry Interactions in the Global South*, Edward Elgar, Cheltenham.
- DZIUBAN, C. D.; SHIRKEY, E. C. (1974): «When is a correlation matrix appropriate for factor analysis?», *Psychological Bulletin*, n.º 81, pp. 358-361.
- EDQUIST, C. (1992): «Technological and organizational innovations: a conceptual discussion and some notes and consequences for productivity and employment», Working Paper 233, World Employment Program, International Labor Organization, Geneva.
- EDQUIST, C. (1997): *Systems of Innovation: Technologies, Institutions and Organization*, Pinter, London.
- EDQUIST, C.; JOHNSON, B. (1997): «Institutions and Organizations in Systems of Innovation», in C. Edquist (ed.), *Systems of Innovation-Technologies, Institutions and Organizations*, Pinter Publishers-Cassel Academic, London, pp. 41-60.
- ETZKOWITZ, H.; LEYDESDORF, L. (2000): «The Dynamics of Innovation: from National Systems and Mode 2 to a Triple Helix of University-Industry-Government Relations», *Research Policy*, vol. 29, pp. 109-123.
- EUN, J.-H. (2009): «China's horizontal university-industry linkage: where from and where to», *Seoul Journal of Economics*, vol. 22, n.º 4, pp. 445-466.

- FONTANA, R.; GEUNA, A.; MATT, M. (2006): «Factors affecting university-industry R&D projects: The importance of searching, screening and signaling», *Research Policy*, vol. 35, pp. 309-323.
- FREEMAN, C. (1988): «Japan: a New National System of Innovation?», in G. Dosi *et al.* (eds.), *Technical Change and Economic Theory*, Pinter, London.
- FRITSCH, M.; SCHWIRTEN, C. (1999): «Enterprise-University Cooperation and the Role of Public Research Institutions in Regional Innovation Systems», *Industry and Innovation*, vol. 6, n.º 1, pp. 69-83.
- FUKUGAWA, N. (2005): «Characteristics of knowledge interactions between universities and small firms in Japan», *International Small Business Journal*, vol. 23, n.º 4, pp. 379-401.
- FUNDACIÓN CYD (2003): *La universidad y empresa española*, Madrid.
- GEUNA, A. (2001): «The changing rationale for European university research funding: are there negative unintended consequences?», *Journal of Economic Issues*, vol. 35, n.º 3, pp. 607-632.
- GIULIANI, E.; ARZA, V. (2009): «What drives the formation of 'valuable' university-industry linkages? An under-explored question in a hot policy debate», *Research Policy*, vol. 38, n.º 6, pp. 906-921.
- HANEL, P.; ST-PIERRE, M. (2006): «Industry-University Collaboration by Canadian Manufacturing Firms», *Journal of Technology Transfer*, n.º 31, pp. 485-499.
- LAURSEN, K.; SALTER, A. (2004): «Searching high and low: what types of firms use universities as a Fuente of innovation?», *Research Policy*, vol. 33, pp. 1201-1215.
- LEE, Y. S. (2000): «The sustainability of university-industry research collaboration: an empirical assessment», *Journal of Technology Transfer*, n.º 25, pp. 111-133.
- LEISYTE, L. (2011): «University commercialization policies and their implementation in the Netherlands and the United States», *Science and Public Policy*, vol. 38, n.º 6, pp. 437-448.
- LOCKETT, A.; SIEGEL, D.; WRIGHT, M.; ENSLEY, M. D. (2005): «The creation of spin-off firms at public research institutions: managerial and policy implications», *Research Policy*, vol. 34, n.º 7, pp. 981-993.
- LUNDVALL, B.-Å (1988): «Innovation as an interactive process: from user-producer interaction to the national system of innovation», en G. Dosi, C. Freeman, R. Nelson, G. Silverberg, L. Soete (eds.), *Technical Change and Economic Theory*, Pinter, London, pp. 349-369.
- LUNDVALL, B.-Å. (ed.) (1992): *National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*, Pinter Publishers, London.

- LUNDVALL, B.-Å.; JOHNSON, B. (1994): «Sistemas nacionales de innovación y aprendizaje institucional», *Comercio Exterior*, vol. 44, n.º 8, pp. 695-704.
- MANSFIELD, E.; LEE J. Y. (1996): «The modern university: contributor to industrial innovation and recipient of industrial R&D support», *Research Policy*, vol. 25, n.º 7, pp. 1047-1058.
- MAZZOLENI, R.; NELSON, R. R. (2007): «Public research institutions and economic catch-up», *Research Policy*, vol. 36, n.º 10, pp. 1512-1528.
- MEYER-KRAHMER, F.; SCHMOCH, U. (1998): «Science-based technologies university-industry interactions in four fields», *Research Policy*, vol. 27, pp. 835-852.
- MICITT (2014): *Indicadores nacionales de ciencia, tecnología e innovación para el sector manufactura, energía y telecomunicaciones*, Ministerio de Ciencia, Tecnología, Innovación y Telecomunicaciones, San José, Costa Rica.
- MIDEPLAN (2006): *Plan Nacional de Desarrollo 2006-2010*, Gobierno de Costa Rica.
- MOWERY, D.; SAMPAT, B. (2005): «Universities in National Innovation Systems», en J. Fagerberg, D. Mowery, R. Nelson (eds.), *The Oxford Handbook of Innovation*, Oxford University Press.
- NARIN, F.; HAMILTON, K.; OLIVASTRO, D. (1997): «The Increasing Linkage Between U.S. Technology and Public Science», *Research Policy*, vol. 26, n.º 3, pp. 317-330.
- NELSON, R. R. (1988): «Institutions Supporting Technical Change in the United States», en G. Dosi (ed.), *Technical Change and Economic Theory*, Pinter, London.
- NELSON R. R. (1992): «The role of knowledge in R&D efficiency», *Quarterly Journal of Economics*, vol. 97, n.º 3, pp. 453-471.
- NELSON, R. R. (2004): «The market economy, and the scientific commons», *Research Policy*, vol. 33, n.º 3, pp. 455-471.
- NELSON, R. R. (ed.) (1993): *National Innovation Systems: A Comparative Analysis*, Oxford University Press, New York.
- OROZCO, J. (2004): «Innovation and Performance Improvements in the Cooperative Sector, Costa Rica», *SUDESCA Research Papers*, n.º 38, Aalborg University, CINPE-UNA.
- OROZCO, J.; RUIZ, K. (2010): «Vínculos universidad-empresa en Costa Rica». Inédito.
- OWEN-SMITH, J.; POWELL, W.W. (2003): «The expanding role of university patenting in the life sciences: assessing the importance of experience and connectivity», *Research Policy*, vol. 32, n.º 9, pp. 1695-1711.

- PATEL, P.; PAVITT, K. (1995): «The Nature and Economic Importance of National Innovation Systems», *STI Review*, OECD, Paris, pp. 9-32.
- PAVITT, K. (1984): «Sectoral patterns of technical change: towards a taxonomy and a theory», *Research Policy*, vol. 13, pp. 343-373.
- PAVITT, K. (2001): «Public Policies to Support Basic Research: What Can the Rest of the World Learn from US Theory and Practice? (And What They Should Not Learn)», *Industrial & Corporate Change*, n.º 10, pp. 761-779.
- PEÑA, D. (2002): *Análisis de datos multivariantes*, Alianza Editorial.
- PERKMANN, M.; WALSH, K. (2007): «University-industry relationships and open innovation: towards a research agenda», *International Journal of Management Reviews*, vol. 9, n.º 4, pp. 259-280.
- PERKMANN, M.; WALSH, K. (2008): «Engaging the scholar: three types of academic consulting and their impact on universities and industry», *Research Policy*, vol. 37, n.º 10, pp. 1884-1891.
- PHILLIPS, J. (2008): *Make us more innovative: critical factors for innovation success*, Universe, Inc, New York.
- ROSENBERG, N.; NELSON, R. (1994): «American universities and technical advance in industry», *Research Policy*, vol. 23, pp. 323-348.
- RUIZ, K. (2007): «Costa Rica as a Learning Economy: An Exploratory Study of Competence-Building and the Significance of Labour Relations and Labour Market Institutions», Department of Business, Aalborg University. Ph.D. Thesis.
- RUIZ, K.; CORRALES, R.; OROZCO, J. (2016): «Principales componentes que influyen en la vinculación de los organismos públicos de investigación y las empresas». Inédito.
- SÁBATO, J. y BOTANA, N. (1968): «La ciencia y la tecnología en el desarrollo futuro de América Latina», *Revista de la Integración*, n.º 3, pp. 143-154.
- SANTORO, M. D.; SAPARITO, P. A. (2003): «The firm's trust in its university partner as a key mediator in advancing knowledge and new technologies», *IEEE Transactions on Engineering Management*, vol. 50, n.º 3, pp. 362-373.
- SCHARTINGER, D.; RAMMERA, C.; FISCHER, M. M.; FRÖHLICH, J. (2002): «Knowledge interactions between universities and industry in Austria: sectoral patterns and determinants», *Research Policy*, vol. 31, pp. 303-328.
- SWANN, G. M. P. (2002): «Innovative Business and the Science and Technology Base: An Analysis Using CIS 3 Data», Report for the Department of Trade and Industry, October.

VEDOVELLO, C. (1998): «Firms R&D Activity and Intensity and the University-Enterprise Partnerships», *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 58, n.º 3, pp. 215-226.

WRIGHT, M.; CLARYSSE, B.; LOCKETT, A.; KNOCKAERT, M. (2008): «Mid-range universities' linkages with industry: knowledge types and the role of intermediaries», *Research Policy*, vol. 37, n.º 8, pp. 205-1223.



Principales componentes que influyen en la vinculación de los organismos públicos de investigación y las empresas

KEYNOR RUIZ
RODRIGO CORRALES
JEFFREY OROZCO

Introducción

Dentro de los sistemas nacionales de innovación (SNI), las empresas y las universidades, en conjunto con los organismos públicos de investigación (OPI),¹ desempeñan un papel protagónico en su constitución. Las empresas, por un lado, son demandantes de conocimiento y generadoras de innovaciones, mientras que las OPI fungen como responsables de la creación y difusión del conocimiento. Según el enfoque de SNI, son precisamente las interacciones entre ambos actores las que eventualmente coadyuvan a la generación de innovaciones (Edquist, 1992; Lundvall, ed., 1992; Nelson, 1992), aun cuando los beneficios perseguidos por cada una de las partes difieran entre sí.

Desde este enfoque sistémico de las interacciones empresa-OPI, se logra superar las limitaciones de los enfoques lineales tradicionales, en tanto las interacciones ya no serán abordadas únicamente como transacciones de la oferta laboral en la producción de conocimiento para las empresas, sino que estas representan un mecanismo institucionalizado de aprendizaje, que contribuye a su vez al acervo del conocimiento económicamente útil para un país (Arza *et al.*, 2014).

En países como Costa Rica, donde las pequeñas y medianas empresas representan la mayoría del parque empresarial (94 %),² las OPI pueden ser bastante útiles para la creación de nuevo conocimiento,

¹ En este artículo se usará el término OPI para referir universidades públicas y organismos de investigación.

² Cifra presentada por el Ministerio de Economía Industria y Comercio para el año 2015.

el desarrollo de tecnología y, por ende, en el apoyo a la innovación en las empresas (Arocena y Sutz, 2005) a través de la difusión de ese conocimiento. En tanto los departamentos de I+D propios sean muy difíciles de financiar por este tipo de empresas, las OPI pueden contribuir al diseño y transferencia de conocimiento; asimismo los profesionales son –más allá de una fuente de personal capacitado en ciencia y tecnología– una fuente de conocimientos científicos y tecnológicos relacionados con las actividades innovadoras de las empresas,³ y con capacidades de investigación y resolución de problemas que pueden ser de mucha utilidad para las firmas (Cohen *et al.*, 2002).

En consecuencia, este conocimiento y capacidades proveen un amplio apoyo a las actividades innovadoras de la empresa. A su vez, las empresas, mientras tratan de identificar soluciones para los problemas técnicos y para los «cuellos de botella» en sus actividades innovadoras, se apoyan de las OPI para desarrollar nuevas preguntas de investigación, descubrimientos científicos, disertaciones, estudios y otros productos (Rosenberg y Nelson, 1994). En general, varios autores enfatizan que las interacciones entre las empresas y las OPI tienen un amplio potencial en la creación y difusión del conocimiento (Dasgupta y David, 1994; Pavitt, 2001; Nelson, 2004).

Las formas de operación de las interacciones entre las empresas y las OPI presentan varias modalidades como, por ejemplo, la formación de trabajadores, *open science*, consultorías, proyectos de investigación conjuntos, patentes y generación de *spin-offs* empresariales (De Fuentes y Dutrénit, 2012; Arza *et al.*, 2014). A su vez, existen también diversos criterios para clasificar tales interacciones, según su nivel de formalidad (Eun, 2009; Perkmann y Walsh, 2008; Cassiman *et al.*, 2010; Leisyte, 2011), grado de la interacción (Schartinger *et al.*, 2002; Santoro y Saporito, 2003; Perkmann y Walsh, 2007; Wright *et al.*, 2008), la dirección del flujo de conocimiento (Schartinger *et al.*, 2002; Arza, 2010) y el potencial para obtener resultados de aplicación (Wright *et al.*, 2008; Perkmann y Walsh, 2008); esto, con el objetivo de poder vislumbrar de forma sistémica los diferentes canales de interacción entre las empresas y las OPI, así como sus eventuales beneficios.

³ Una empresa innovadora es una organización donde la innovación es una expectativa consistente. Es decir, la innovación es un elemento esperado de la estrategia de la empresa y que constantemente produce nuevas ideas que podrían convertirse en nuevos o mejorados productos o servicios (Phillips, 2008).

En ese sentido, se puede explicar y entender las diferentes formas en las que las empresas y las OPI interactúan, en función de cuáles son los objetivos que motivan las interacciones para cada uno de los actores, los principales canales utilizados para propiciar y concretar esas interacciones, así como los beneficios y resultados esperados por las partes. Son precisamente estos aspectos en los que esta investigación hace especial énfasis, utilizando como evidencia la información recolectada a partir de un cuestionario estructurado aplicado a las OPI en Costa Rica, en la cual se obtuvo datos correspondientes a 53 OPI para el año 2015.⁴

El objetivo del presente artículo es estudiar las interacciones empresas-OPI en Costa Rica, evaluando empíricamente los factores que están incidiendo, tanto positiva como negativamente, en que esa vinculación realmente se esté dando. De esta forma, se pretende responder la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuáles son las principales motivantes, objetivos, canales, beneficios y resultados que explican la interacción entre las empresas y OPI en Costa Rica, así como los obstáculos que la dificultan?

Metodológicamente, la investigación se acoge a un análisis factorial en aras de conocer las correlaciones subyacentes entre las variables en cuestión y poder, así, valorar cómo unos factores afectan a otros (y a la interacción como tal), reagrupando a partir del análisis de componentes principales ciertas características de cada categoría, a saber: motivantes, objetivos, canales, beneficios, resultados y obstáculos de la interacción. Este ejercicio permite identificar cuáles están siendo los factores que, en conjunto, están explicando los principales elementos derivados de la interacción empresas-OPI en Costa Rica, según los datos utilizados.

La información detallada que resulta de esta investigación con este abordaje metodológico arroja conclusiones concretas que pueden ser evaluadas en el marco de formulación de lineamientos de política pública, que fortalezcan y faciliten canales de interacción entre las empresas y las OPI, considerando que los beneficios para ambas partes se alejen de ese riesgo que, según Arza (2010), puede generarse de la interacción, relacionado principalmente con la privatización de los resultados de investigación públicos y el desvío de la agenda de investigación de las OPI fuera de los propósitos más sociales.

⁴ Este cuestionario responde a la segunda aplicación de la encuesta sobre vinculación OPI-Empresas. La primera se realizó por Orozco y Ruiz en el año 2010.

Este capítulo se encuentra dividido en cinco secciones. Siguiendo la introducción, se presenta el marco teórico que fundamenta las relaciones exploradas. Luego son presentados el abordaje metodológico de la investigación, seguido por una cuarta sección donde se plantean los principales descubrimientos. Finalmente, el capítulo cierra con las conclusiones pertinentes de la investigación.

1. Marco teórico: principales elementos de la interacción empresas-OPI

El papel de las OPI dentro del SNI es de suma importancia, dado su enfoque en la generación y transferencia de conocimiento y en la creación de capacidades de aprendizaje (Lundvall, ed., 1992), factores que resultan fundamentales en la generación de procesos de innovación (Edquist, 1992; Lundvall, 1992; Ruiz, 2007). Cuando se estudia la interacción de las OPI y las empresas del sector privado, se debe tener en mente que estos vínculos se encuentran en constante evolución y además pueden variar de un país a otro (Albornoz, 1990), sobre todo en el contexto de países en desarrollo (Mazzoleni y Nelson, 2007).

Existe una tendencia creciente para promover una contribución más directa de las OPI hacia el sector productivo. Esta tendencia es resultado de una reflexión crítica sobre los problemas del modelo lineal de innovación (Dasgupta y David, 1994; Nelson, 2004), en tanto el conocimiento científico necesita del desarrollo de vínculos sistemáticos para el intercambio de conocimiento entre diferentes actores, con la finalidad de ser traducidos en soluciones tecnológicas. Varios autores discuten que en los países en desarrollo las interacciones que promueven el conocimiento son débiles, y por lo tanto lo son también los sistemas de innovación (Cimoli, ed., 2000; Cassiolato *et al.*, eds., 2003). En consecuencia, interacciones más fuertes de las empresas y las OPI pueden desempeñar un papel en la consolidación de los SNI, en tanto promuevan círculos virtuosos en la producción y difusión de conocimiento (Orozco y Ruiz, 2010).

Hay una evidencia empírica que sugiere que los procesos de transferencia del conocimiento entre las OPI y las empresas ocurren a través de diferentes canales, como lo pueden ser la creación de capacidades y competencias, *open science*, la movilidad del personal y los contactos informales. Asimismo, las relaciones de consultoría, proyectos de investigación conjuntos, patentes y *spin-offs* son parte de los múltiples canales de interacción entre ellos (Cohen *et al.*, 2002; De Fuentes y Dutrénit, 2012).

Algunos autores afirman que *open science*, los derechos de propiedad intelectual, los recursos humanos, proyectos de colaborativos de investigación y desarrollo (I+D) y la constitución de redes entre los actores son los canales más importantes de flujos de conocimiento desde la perspectiva empresarial (Narin *et al.*, 1997; Cohen *et al.*, 2002; Swann, 2002; Laursen y Salter, 2004; Mowery y Sampat, 2005; Hanel y St.-Pierre, 2006; Fontana *et al.*, 2006; Schartinger *et al.*, 2002; Bekkers y Bodas Freitas, 2008). No obstante, debido a que los diferentes sectores productivos tienen diversas bases de conocimiento y patrones de innovación, existen a su vez distintas maneras de interacción con las OPI (Pavitt, 1984), las cuales se definen dependiendo de los objetivos que estos sectores persiguen. Asimismo, la intensidad de uso de esos canales está definida dependiendo del sector productivo que surja u opte por la interacción con las OPI (Meyer-Krahmer y Schmoch, 1998; Cohen *et al.*, 2002; Schartinger *et al.*, 2002; Bekkers y Bodas-Freitas, 2008).

Según Arza (2010), el canal de interacción utilizado por las empresas y las OPI se define por la combinación específica de objetivos que motiva la interacción de cada participante, para lo cual se requiere que las empresas exploten sus capacidades de absorción y las fuentes externas de conocimiento (Cohen y Levinthal, 1990), así como la eventual difusión de ese conocimiento recibido de las OPI y que se pueda dirigir hacia otros actores del SNI (Giuliani y Arza, 2009). Siguiendo esta argumentación de Arza (2010), se distinguen diferentes canales de interacción, los cuales se clasifican en cuatro categorías: servicios, tradicional, bidireccional y comercial. Cada canal implica diferentes formas de interacción y debería, además, estar vinculado con los beneficios que se buscan de la misma.

El canal de servicios resulta en la interacción asociada con la provisión de servicios científicos y tecnológicos por parte de las OPI, los cuales son intercambiados por recursos económicos, como lo es el caso de las consultorías, el uso de equipos para el control de calidad, testeo y monitoreo de productos, entre otros. El canal tradicional se refiere a las formas tradicionales en las cuales las empresas se benefician de actividades de las OPI, como son la contratación de graduados, las conferencias, publicaciones, entre otros. Cuando el conocimiento fluye de las OPI hacia las empresas y viceversa, el potencial para el aprendizaje conjunto es alto y es este el determinado en el canal bidireccional, que aborda a los proyectos conjuntos de I+D, participaciones en redes,

parques científico-tecnológicos, etc. En el caso del canal comercial, las motivaciones principales para las OPI están conducidas por el intento de comercializar los productos científicos que ya han logrado (*spin-off* e incubadoras, licencias tecnológicas y derechos exclusivos, y patentes para los productos o procesos de las empresas) (Arza, 2010).

El papel positivo de la capacidad de una empresa para aumentar la eficacia de cualquier interacción a través de estos canales es fundamental (Arza, 2010). Las empresas tienen que haber alcanzado un umbral mínimo de capacidades internas para poder absorber e integrar el conocimiento externo obtenido a través de los canales tradicionales y de servicios, así como deben ser proactivas en el proceso de creación de conocimiento a través de la utilización de canales comerciales bilaterales (Arza, 2010).

Como se ha señalado anteriormente, para el caso de las OPI, los beneficios a alcanzar pueden depender del canal de interacción. De hecho, aquellos investigadores que interactúan con los sectores productivos con mayor frecuencia han estado correlacionados con mayores niveles de cualificación y publicaciones alcanzadas (Arza, 2010). Por su parte, los investigadores de «segundo nivel» o que cuenten con un nivel de cualificación menor, si bien pueden interactuar también con el sector productivo, estas interacciones son por lo general de naturaleza diferente y se dirigen principalmente a la resolución de problemas sencillos e inmediatos (Fukagawa, 2005; Mansfield y Lee, 1996).

En este sentido, las interacciones pueden tener como objetivo la difusión del conocimiento, además de la creación del mismo, puesto que los investigadores con capacidades menos sofisticadas, al contar con menos oportunidades, interés o competencias para involucrarse en interacciones en pro de la innovación, es posible que prefieran orientarse hacia interacciones menos ambiciosas que tengan que ver con la resolución de problemas concretos del sector productivo a través de consultorías u otros mecanismos de los canales de servicios (D'Este y Patel, 2007; Arza, 2010). Es decir, las capacidades resultan factores decisivos que median la eficacia de las interacciones, sobre todo a través del canal bidireccional (Fukagawa, 2005) y los canales comerciales (Lockett *et al.*, 2005; Wright *et al.*, 2008). En esos casos la contribución hecha por el conocimiento es de gran importancia para generación de innovaciones que coadyuven a resolver los «cuellos de botella» tecnológicos de las empresas, mientras que los beneficios más de corto plazo y referentes a problemas comunes e inmediatos pueden

ser obtenidos por medio de los canales tradicionales y de servicios (Arza y Vásquez, 2010).

La calidad de las interacciones puede ser evaluada de acuerdo a las contribuciones de los diferentes canales de interacción a los diferentes tipos de beneficios. Aquellos canales que contribuyan de mejor manera a los beneficios de largo plazo representan mejor la calidad de las interacciones para los actores en el SIN (Orozco y Ruiz, 2010). En cuanto a esos beneficios, estos pueden ser diferentes para las empresas y para las OPI (Rosenberg y Nelson, 1994). Los beneficios para las empresas están principalmente relacionados a la obtención de diferentes perspectivas en la resolución de problemas y, en algunos casos también, a la búsqueda y realización conjunta de productos o procesos innovadores. Las empresas también se benefician de equipos de investigadores altamente capacitados, de las nuevas competencias y capacidades de la fuerza laboral y el acceso a diferentes abordajes para la resolución de problemas (Rosenberg y Nelson, 1994).

En otros casos, algunos problemas enfrentados por las empresas demandan una combinación de tecnología que una única empresa no es capaz de desarrollar por su propia cuenta. En estos casos, el conocimiento disponible en las OPI puede contribuir a resolver estos problemas (Patel y Pavitt, 1995). Es así que las interacciones de las empresas con las OPI contribuyen a las estrategias de innovación de las primeras, llevando hacia innovaciones incrementales o incluso radicales en algunos casos. Por otra parte, la mejora tecnológica de las empresas que interactúan pueden ser propicias a un desarrollo económico y social más amplio debido a los derrames de conocimiento (Arza, 2010).

En cuanto a los investigadores de las OPI, los beneficios principales de la interacción con las empresas incluyen la obtención adicional de financiamiento para laboratorios y el intercambio del conocimiento (Meyer-Krahmer y Schmoch, 1998). También se incluye la obtención de fondos (para financiar la contratación de asistentes de investigación y equipo de laboratorio), la adquisición de conocimiento adicional de su propia investigación académica y aplicaciones de prueba de una teoría (Lee, 2000). Asimismo, los investigadores pueden también adquirir una nueva perspectiva para abordar los problemas del sector productivo (Hanel y St.-Pierre, 2006).

Por otra parte, Arza (2010) argumenta que estos beneficios de las interacciones de las empresas con las OPI pueden ser organizados en

cuatro grupos: económicos e intelectuales para las OPI y de producción e innovación para las empresas. La base lógica de la clasificación de los beneficios de los investigadores yace en el hecho de que los investigadores pueden obtener inspiración de las aplicaciones y del intercambio de conocimiento con la industria (Meyer-Krahmer y Schmoch, 1998) y, por lo tanto, adquirir nuevos puntos de vista para la agenda de investigación (Fritsch y Schwirten, 1999; Lee, 2000).

En este sentido, los investigadores interactúan para crear producción intelectual y el cultivo de las capacidades técnicas de conocimiento de las OPI. Entre estos beneficios intelectuales se incluyen: obtención de inspiración para la investigación científica futura, ideas para nuevos proyectos de colaboración con el sector productivo, reputación, entre otros. Los beneficios económicos para los investigadores están relacionados con el acceso a recursos adicionales (provisión de materiales para la investigación, fuentes de financiamiento o préstamos de equipo/instrumentos). Los beneficios económicos son una importante motivación para la interacción con el sector productivo, pues representan la obtención de fondos nuevos para el financiamiento de materiales para la investigación, para el apoyo a sus laboratorios y la contratación de asistentes de investigación y/o para la obtención de fondos extras para su propia investigación (Geuna, 2001; Lee, 2000). También hay evidencia de que, mediante la comercialización de sus investigaciones, las OPI aprenden a identificar las investigaciones que resultan más atractivas y necesarias por las empresas (Owen-Smith y Powell, 2003), por lo tanto, logran ser mejores en la atracción de fondos privados por parte de las empresas (Arza, 2010).

Siguiendo esta lógica de beneficios, si bien estos pueden funcionar *a priori* como los incentivos para que se den las interacciones entre las empresas y las OPI, resulta importante examinar otras motivaciones que ambos actores consideren para la vinculación. Arza (2010), al igual que con los beneficios, suele clasificarlos en dos: motivaciones económicas e intelectuales.

Por parte de las motivaciones o estrategias económicas de las OPI, se encuentran los imperativos institucionales para diversificar las fuentes de financiamiento para el apoyo a la infraestructura y personal (ingresos personales de los investigadores), a través de la interacción y vinculación con los sectores productivos (Arza, 2010). En cuanto a las motivaciones intelectuales (que se relacionan también con los beneficios intelectuales), está la mejora de la calidad de la investigación y la

enseñanza a través del *expertise* y aprendizaje obtenido en el contexto de la aplicación del conocimiento e interacción con tecnologías de producción de las empresas como fuentes de inspiración para futuras y actuales investigaciones (Arza, 2010).

En cuanto a los obstáculos que puedan presentar las relaciones entre las empresas y las OPI, dependerá mucho del contexto e incluso objetivos de la vinculación. Para este estudio, los obstáculos se extraen de las encuestas nacionales de ciencia, tecnología e innovación que se realizan en Costa Rica, donde existe una serie de señalamientos que las empresas detectan como obstáculos para la vinculación con las OPI. Es importante recalcar que esos obstáculos se basan a su vez en los marcos referenciales del *Manual de Bogotá* y el *Manual de Oslo*. Entre los principales obstáculos suelen encontrarse los siguientes: exceso de burocracia por alguna de las partes, discrepancia de objetivos, desacuerdos en cuanto al plazo de la investigación, falta de conocimiento por parte de las empresas de las actividades realizadas por las OPI, falta de conocimiento de las OPI sobre las necesidades de las empresas, costos de la investigación, entre otros.

2. Marco metodológico de la investigación

Para la realización de este estudio, se extrajo información primaria de 53 OPI, entre los que se encontraban universidades y centros de investigación independientes. Contar con una base de datos con información estadística representativa sobre los investigadores era crucial, debido a que se trata de datos no disponibles en estadísticas nacionales de Costa Rica a la fecha, por lo que requiere una obtención de información de las fuentes primarias. Para ubicar a las OPI y los investigadores a entrevistar, se realizó un directorio de la población total de estos organismos, tomando como base los centros entrevistados en el estudio realizado por Orozco y Ruiz (2010), actualizándolo según los nuevos organismos y los ya no existentes. Al finalizar el estudio, se logró obtener información del 75 % del directorio total de OPI y se encontró que la totalidad de estos mantenía algún tipo de vinculación con el sector empresarial.

Para la extracción de la información se aplicó un cuestionario estructurado a los investigadores a cargo de las OPI entrevistados, en algunos casos acompañados por otros investigadores que trabajasen más directamente con la vinculación empresarial. El proceso de apli-

cación del cuestionario se dio entre los meses de febrero y diciembre del año 2015.

Con respecto a la técnica aplicada para el análisis de datos,⁵ se utilizó un análisis factorial. La utilización de este método permite agrupar variables que tengan una alta correlación para descubrir potenciales factores comunes entre las mismas. Si bien es un método más comúnmente utilizado en estudios con variables cuantitativas, la técnica, mediante el análisis de correspondencias simples o múltiples, permite de igual manera resumir los atributos cualitativos de interés en grupos con variables que tengan alguna relación y, además, con una mínima pérdida de información (Peña, 2002).

Complementario al análisis, se realiza un estudio de componentes principales a partir del procedimiento de la rotación factorial, que transforma la matriz factorial inicial en otra denominada matriz factorial rotada, y se decide utilizar principalmente para obtener una combinación lineal de la primera matriz que explica la misma varianza inicial máxima y que permite una mejor interpretación de los resultados. Los factores rotados muestran las variables iniciales agrupadas por componentes cuya correlación se aproxima lo más cercanamente al valor de uno, de tal manera que se consigue el agrupamiento de variables con correlaciones altas entre ellas (Dziuban y Shirkey, 1974).

Para validar la aplicación del análisis factorial, se acompaña el análisis de la prueba Kaiser-Meyer-Olkin (KMO). Esta prueba contrasta si las correlaciones parciales entre las variables son lo suficientemente pequeñas, para así poder comparar la magnitud de los coeficientes de correlación observados con la magnitud de los coeficientes de correlación parcial. El método KMO varía entre 0 y 1, donde un valor menor que 0,5 y próximo a 0, indica que el análisis factorial no es adecuado debido a la baja correlación de las variables para explicar la varianza (Cerny y Kaiser, 1977).

3. Análisis de los resultados

Tal como se mencionó en el apartado metodológico, el abordaje de la vinculación OPI-empresas se ha realizado a partir de la identificación de una serie de criterios (variables) que facilitan o dificultan los proce-

⁵ Para un abordaje más detallado de los resultados de cada una de las variables consideradas en el cuestionario a las OPI, ver Orozco y Ruiz (2010).

sos de vinculación. Esos criterios están agrupados según sus características intrínsecas, de forma tal que los beneficios, los resultados, las dificultades, las motivaciones, los canales de información y las razones para la vinculación se han consultado a las OPI, calificando por nivel de importancia cada una de las variables. El análisis de cada una, como se presenta en Orozco y Ruiz (2010), muestra que si bien hay factores que se destacan en su nivel de relevancia, ya sea porque son más o menos importantes, hay una dificultad propia del número de variables y las opciones de valoración. Esta es una de las razones que incide en el planteamiento de un análisis factorial a partir de los componentes principales.

En este apartado se presentan los resultados obtenidos a partir del proceso de agrupamiento por componentes, teniendo en consideración que el criterio para la aplicación del método se da sobre la base de que las variables pertenezcan al mismo grupo, sean estas motivaciones, beneficios, dificultades, entre otras.

Asimismo, no sobra mencionar que se presentan los resultados de los casos donde el indicador KMO y el nivel de significancia asociado indican la validez de la aplicación de la metodología. En el proceso también se probó la aplicación del análisis factorial a partir del agrupamiento de las respuestas en variables dicotómicas, referidas a una razón de «importante» o «no importante» para cada variable; no obstante, las dificultades asociadas a la aplicación del método en el caso de variables dicotómicas se reflejó en indicadores KMO y niveles de significancia que no avalaban la aplicación del método de componentes principales.

3.1. Principales componentes relacionados con las motivaciones derivadas de la vinculación OPI-empresa

Para el caso de las motivaciones de la vinculación, entendidas como un grupo de variables que podrían incentivar la interacción de las OPI con el sector empresarial, se identifican 3 componentes a partir de 7 variables reveladas entre los centros de investigación encuestados.

El primero de ellos tiene que ver con un componente de «creación de nuevos conocimientos». Dentro del marco teórico expuesto, se recalca la existencia de motivaciones intelectuales para las OPI (que se relacionan también con los beneficios intelectuales), las cuales hacen referencia a la mejora de la calidad de la investigación y la enseñanza a través del aprendizaje obtenido en la interacción con el sector productivo, lo que

a su vez ha llevado a la creación de nuevo conocimiento que, a futuro, alimenta potenciales proyectos de investigación (Arza, 2010).

El segundo componente hace referencia a la motivación o estrategia económica de las OPI, siendo así un componente sobre «impactos financieros» de la interacción de los investigadores. No es un secreto que existen imperativos institucionales para diversificar las fuentes de financiamiento para el apoyo a la infraestructura y personal a través de la interacción y vinculación con los sectores productivos (Arza, 2010), por lo que estos pasan a representar un incentivo significativo hacia la vinculación con el sector empresarial.

Por último, se encontró un componente sobre la «aplicabilidad del conocimiento». Este componente, al igual que el primero, se relaciona con las motivaciones intelectuales de las que habla Arza (2010), tanto en el sentido colectivo de las OPI, como en el interés individual de los investigadores por ampliar su espectro de aplicación del conocimiento, a través de la implementación de este en casos reales del sector productivo. El conjunto de grupos de componentes es expuesto en el cuadro 1.

Cuadro 1. Matriz de componentes rotados: variables de motivaciones

VARIABLES	COMPONENTES		
	1. CREACIÓN DE NUEVOS CONOCIMIENTOS	2. IMPACTOS FINANCIEROS	3. APLICABILIDAD DEL CONOCIMIENTO
Avances en temas de investigación nuevos	0.798	-0.035	0.162
Conformación y desarrollo de redes de conocimiento	0.695	0.108	-0.123
Obtención de recursos financieros	-0.313	0.709	-0.021
Adquisición de derechos de propiedad intelectual	0.291	0.706	-0.151
Utilización de tecnologías disponibles en las empresas sin costo adicional	0.320	0.539	0.373
Aumento de capacidades del investigados para resolver problemas	-0.145	0.182	0.844
Comprensión del contexto de aplicación de investigación	0.137	-0.250	0.687

Nota: Método de extracción por análisis de componentes principales, método de rotación Varimax con normalización de Kaiser. La rotación converge en 5 iteraciones.

Seguido de estas motivaciones presentadas en párrafos anteriores, se procede a discutir los resultados encontrados según los objetivos

de la vinculación. No obstante, resulta de suma importancia poder recalcar una diferenciación metodológica importante entre ambas variables, para evitar confusiones sobre su interpretación.

La temporalidad con la que se abordan las distintas variables de este estudio varía según el momento en el que se utilicen durante la vinculación empresa-OPI. En cuanto a las variables motivadores y objetivos, estas representan momentos distintos. En el caso de los motivadores, estos funcionan como una variable *ex ante*, en tanto se toman como aspectos que propician la existencia de una vinculación entre las empresas y las OPI. Por otro lado, los objetivos responden a variables concurrentes, pues refieren a aquellos elementos que se proponga la vinculación, es decir, actúan en un momento donde ya se están potenciando las sinergias entre los actores y decidiendo sobre lo que se desea alcanzar con la investigación.

3.2. Principales componentes en función del objetivo de la vinculación

En el caso de los objetivos para la vinculación de las OPI, se obtuvo dos componentes para un total de 10 variables tal y como se muestra en el cuadro 2. Un primer componente se encuentra relacionado con la «creación, transferencia y aplicabilidad del conocimiento», el cual se encarga de agrupar las variables de I+D, así como otras formas de compartir el conocimiento.

Un segundo grupo de variables se encuentran correlacionadas en el ámbito de la «venta de servicios» meramente dicha. Aspectos como las consultorías, la realización de pruebas (testeo), desarrollo de prototipos solicitados y la provisión de materias primas se encuentran dentro de los principales objetivos que se establecen de una vinculación de las OPI con el sector productivo.

Resulta interesante observar cómo estos dos ámbitos de la vinculación se expresan tan claramente identificados como componentes principales, conformados, por un lado, por la investigación, desarrollo y creación de capacidades en las empresas y, por el otro, por variables que pueden ser entendidas como actividades de bajo contenido de aporte al nuevo conocimiento. Además, estas variables se relacionan también con los canales de la interacción como se mostrará más adelante, señalando una posible relación entre el objetivo buscado y el mecanismo seleccionado para alcanzarlo.

Cuadro 2. Matriz de componentes rotados: variables de objetivos

VARIABLES	COMPONENTES	
	1. CREACIÓN, TRANSFERENCIA Y APLICABILIDAD DEL CONOCIMIENTO	2. VENTA DE SERVICIOS
I+D con empresas para usos no inmediatos	0.774	-0.120
I+D sustituta a innovación en la empresa	0.733	0.283
I+D con empresas para usos inmediatos	0.637	0.457
I+D complementaria a innovación en la empresa	0.617	0.455
Capacitación y cursos	0.588	-0.021
Transferencia de tecnología	0.530	0.511
Provisión de materias primas a empresas	0.007	0.731
Desarrollo de prototipos	0.223	0.703
Consultoría tecnológica y técnica	-0.001	0.641
Realización de pruebas conjuntas	0.378	0.508

Nota: Método de extracción por análisis de componentes principales, método de rotación Varimax con normalización de Kaiser. La rotación converge en 3 iteraciones.

3.3. Componentes sobre los principales canales utilizados para la vinculación OPI-empresas

Basado en el marco teórico-conceptual planteado por Arza (2010), se puede identificar que los componentes principales de los canales utilizados para la vinculación OPI-empresas calzan dentro de la taxonomía de canales de servicios, bidireccionales, tradicionales y comerciales. Para explicar cada uno de ellos, se procede a reagruparlos según esta taxonomía.

CANAL DE SERVICIOS. La provisión de servicios científicos y tecnológicos de las OPI hacia los sectores productivos está representada por las variables correspondientes al primer componente resultante. La asistencia técnica, uso de equipo, contratación de nuevos investigadores y consultorías individuales representan uno de los principales canales para la interacción OPI-empresa. Esto es algo que se refleja también desde la perspectiva empresarial, pues según el informe de MICITT (2014), el 44.4 % de las empresas encuestadas considera importante la asesoría técnica y consultorías como objetivo de la vinculación con las OPI.

CANAL TRADICIONAL. Este canal es el que acoge más componentes resultantes del análisis. Los componentes 3, 4, 5 y 7 del cuadro 3 contienen variables que refieren al canal tradicional. Este canal abarca

la contratación de recién graduados, el licenciamiento de tecnología, transferencia tecnológica, pasantías, congresos, seminarios y publicaciones. De nuevo, según el informe de MICITT (2014), se muestra que el 33.9 % de las empresas considera la transferencia tecnológica como un canal importante para la vinculación con las OPI, mientras que un 48.7 % de las empresas considera importante el contacto temprano con profesionales de las OPI como canal de la interacción.

CANAL BIDIRECCIONAL. Este canal aborda a los proyectos conjuntos de I+D, participaciones en redes, parques científicos-tecnológicos, entre otros. Según los resultados del análisis factorial, se muestra que el sexto componente contiene precisamente aquellas variables que, según la teoría, deberían clasificarse dentro de un canal bidireccional, lo que a su vez dota de validez al método factorial utilizado. El 33 % de las empresas considera precisamente la investigación conjunta con las empresas a través de proyectos de I+D como un canal importante para la vinculación (MICITT, 2014).

CANAL COMERCIAL. Por último, el segundo y el octavo componentes del análisis se relacionan con el canal comercial de la vinculación. Este considera que las motivaciones principales para las OPI están conducidas por el intento de comercializar los productos científicos que ya han logrado, ya sean *spin-off* e incubadoras, licencias tecnológicas y derechos exclusivos, y patentes para los productos o procesos de las empresas (Arza, 2010). En este sentido, las variables contenidas en estos componentes reflejan lo establecido por la teoría, siendo aspectos clave de la comercialización de los resultados o productos de la vinculación OPI-empresas.

3.4. Componentes principales de las variables relacionadas con los beneficios de la vinculación

El haber obtenido beneficios de la vinculación con los sectores empresariales se considera por un grupo de variables de mucha relevancia para comprender una mayor disposición de las OPI para promover nuevas interacciones con los sectores productivos (Meyer-Krahmer y Schmoch, 1998; Fritsch y Schwirten, 1999; Lee, 2000; Arza, 2010).

En este caso, similar al anterior de los resultados de la vinculación, 8 diferentes variables conformaron dos componentes principales (cuadro 4). Se recalca que una variable con baja correlación con las demás no se agrupó y se mantuvo explicando una porción de la variabilidad de manera individual.

Cuadro 3. Matriz de componentes rotados: variables de canales de información

VARIABLES	COMPONENTES		
	1. CANAL DE SERVICIOS	2. CANAL COMERCIAL	3. CANAL TRADICIONAL
Asistencia técnica	0.794	0.131	0.242
Uso de equipo	0.756	0.069	0.091
Contratación de nuevos investigadores	0.666	0.309	-0.018
Consultoría individual	0.512	-0.111	-0.106
Incubadoras	0.041	0.900	0.238
Empresas resultado de universidades/OPI	0.257	0.757	-0.024
Contratación de recién graduados	0.063	-0.021	0.771
Licenciamiento de tecnología	-0.034	0.210	0.765
Oficinas de transferencia tecnológica	0.413	0.144	0.654
Entrenamiento de personal	0.074	-0.017	-0.082
Pasantías	0.057	0.013	0.250
Congresos y seminarios	-0.021	-0.137	-0.009
Publicaciones y/o co-publicaciones	-0.223	0.021	-0.332
Redes profesionales	-0.182	0.154	-0.045
Proyectos de I+D cooperativos	0.390	-0.047	0.172
Parques tecnológicos / científicos	0.416	0.423	0.075
Intercambio informal de conocimientos	0.219	0.027	0.085
Intercambio temporal de profesionales	0.181	0.440	-0.125
Patentes como canal de información	-0.130	0.073	0.110

Nota: Método de extracción por análisis de componentes principales, método de rotación Varimax con normalización de Kaiser. La rotación converge en 16 iteraciones.

4. CANAL TRADICIONAL	5. CANAL TRADICIONAL	6. CANAL BIDIRECCIONAL	7. CANAL TRADICIONAL	8. CANAL COMERCIAL
0.188	-0.099	0.003	0.244	-0.052
-0.177	-0.125	0.158	0.193	-0.118
0.215	0.330	-0.055	-0.192	0.097
0.148	-0.377	-0.124	-0.017	0.509
0.058	-0.071	-0.090	0.053	0.014
-0.154	-0.093	0.390	0.026	0.032
0.270	-0.134	0.072	-0.171	0.165
-0.330	-0.143	0.058	0.287	-0.033
0.035	0.226	-0.051	0.051	-0.034
0.870	-0.033	0.094	0.159	-0.094
0.674	0.220	0.257	-0.209	0.207
0.028	0.859	0.109	0.050	0.132
0.171	0.508	0.451	0.067	-0.273
0.287	0.166	0.715	0.131	0.150
0.052	0.005	0.633	0.104	-0.137
0.008	0.123	0.432	-0.389	0.066
0.004	0.077	0.206	0.843	0.131
0.279	0.455	-0.112	0.483	0.004
-0.011	0.143	0.033	0.113	0.881

Un primer componente hace referencia al crecimiento de la «base social del conocimiento». No necesariamente es nuevo conocimiento, pero al compartir el ya existente en los diferentes actores se sientan las bases para la creación de nuevo conocimiento. Esto estaría relacionado con lo que Arza (2010) se refiere como beneficios intelectuales para las OPI. Al mismo tiempo se reduce la propensión a la endogamia y estimula nuevas aplicaciones. También se puede correr el riesgo de reducir especialización; no obstante, hay un espacio para el desarrollo de nuevas áreas y la obtención de nuevos recursos financieros que podrían propiciar el crecimiento de la OPI mediante el involucramiento de nuevos investigadores.

En cuanto al tema de nuevos recursos, el otro componente agrupa una serie de variables que tienen relación en ese sentido. Se podría incluso decir que este componente de beneficios tiene que ver con la «sostenibilidad» misma de la OPI. Temas como presencia en la sociedad basada en la variable reputación, así como la obtención de recursos, contar con nuevos insumos y nuevos proyectos, se identifican como alicientes estrechamente relacionados que estimulan la vinculación con las empresas.

Cuadro 4. Matriz de componentes rotados: variables de beneficios

VARIABLES	COMPONENTES		
	1. BASE SOCIAL DEL CONOCIMIENTO	2. SOSTENIBILIDAD	3. UNIVARIABLE
Ideas para nuevos proyectos de cooperación	0.834	0.188	-0.049
Intercambio conocimiento e información	0.791	0.155	0.351
Nuevas redes de cooperación	0.738	0.199	-0.023
Reputación	0.274	0.793	-0.153
Concreción de nuevos proyectos de investigación	0.236	0.783	-0.040
Recursos financieros	-0.062	0.634	0.352
Contar con otros insumos para investigadores	0.410	0.605	0.126
Equipos e instrumentos de uso compartido	0.099	0.018	0.918

Nota: Método de extracción por análisis de componentes principales, método de rotación Varimax con normalización de Kaiser. La rotación converge en 5 iteraciones.

Al igual que en el caso de motivadores y objetivos, es importante realizar una distinción entre los momentos en los que ocurren las

variables de beneficios y resultados. Si bien la literatura no hace referencia a tratar ambas variables de forma independiente (de hecho, se tiende a entender los beneficios como resultados *per se*), es importante destacar que en esta investigación ambas variables no se entremezclan, sino que responden metodológicamente a diferentes momentos. Los beneficios recién explicados responden a variables concurrentes en tanto se traducen en las afectaciones directas que se van obteniendo conforme se va estableciendo la vinculación entre las empresas y las OPI. En cambio, los resultados que se explican en el siguiente apartado, responden más a variables *ex post*, puesto que aluden a la derivación concreta de la vinculación, es decir, a los productos finales de la misma.

3.5. Componentes sobre los principales resultados obtenidos a partir de la vinculación

Este grupo de variables responde a la identificación de 13 diferentes y posibles resultados obtenidos a partir de la vinculación de las OPI con las empresas, y ello como un estímulo para propiciar mayor número de vinculaciones entre la OPI entrevistado y los sectores productivos. La correlación de variables identifica la presencia de dos principales componentes y una variable que no converge con ninguna de las otras, quedando aislada como un componente univariable.

De esta forma, tal y como se muestra en el cuadro 5, hay un grupo de variables que responden a la «generación de innovaciones» a partir de la creación de nuevos conocimientos. Nuevos o mejores procesos, nuevos o mejores productos, el patentamiento de esos nuevos conocimientos y el emprendedurismo a partir de nuevos conocimientos son las variables que se agrupan en ese componente que identifica la presencia de innovaciones como resultados claves para el estímulo de vinculaciones.

El segundo componente se forma por la fuerte correlación de variables que expresan la relación entre la creación de «nuevo conocimiento y la difusión» del mismo. En ese sentido, la consecución de nuevos proyectos de investigación y nuevos conocimientos a partir de esos proyectos y las tesis se correlacionan con el interés de las OPI en difundir el conocimiento a la sociedad y, en particular, a utilizarlo en la formación de nuevos profesionales.

La variable *software* como un resultado de las vinculaciones con las empresas y como una razón para propiciar nuevas vinculaciones

mantiene correlaciones muy bajas con las demás variables incluidas en el análisis.

Cuadro 5. Matriz de componentes rotados: variables de resultados

VARIABLES	COMPONENTES		
	1. GENERACIÓN DE INNOVACIONES	2. NUEVO CONOCIMIENTO Y DIFUSIÓN	3. UNIVARIABLE
Nuevos diseños de productos	0.837	-0.07	-0.014
Nuevos procesos productivos	0.807	0.179	-0.232
Nuevos productos y artefactos	0.747	0.246	0.156
Creación de nuevas empresas	0.744	-0.044	0.131
Mejora de procesos productivos	0.706	0.163	-0.446
Mejora de productos	0.569	0.446	-0.440
Patentes	0.441	0.087	0.174
Tesis y disertación	-0.094	0.887	-0.115
Formación de fuerza de trabajo y estudiantes	0.092	0.882	-0.086
Publicaciones	0.067	0.705	0.463
Nuevos descubrimientos científicos	0.175	0.546	0.064
Nuevos proyectos de investigación	0.395	0.502	0.066
Software	0.106	0.078	0.811

Nota: Método de extracción por análisis de componentes principales, método de rotación Varimax con normalización de Kaiser. La rotación converge en 5 iteraciones.

3.6. Componentes sobre las principales obstáculos o dificultades enfrentados por las OPI en la vinculación con las empresas

Los abordajes teórico-conceptuales se han enfocado principalmente en señalar aquellos aspectos que impulsan las interacciones entre las OPI y el sector productivo, sin embargo es importante también recalcar aquellos que obstaculizan una posible vinculación, en aras de actuar *a priori* sobre aquellas potenciales dificultades que detecten los actores involucrados.

Para el caso de las principales dificultades identificadas, se encontraron 4 componentes clave. Un primer componente está relacionado con el «desconocimiento» por parte del sector empresarial sobre la dinámica propia de las OPI. Esto se ve reflejado de igual manera en la Encuesta Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación de Costa Rica (MICITT, 2014), en la que se refleja que el 48.1 % de las empresas

entrevistadas manifiestan que una de las principales barreras para la vinculación con las OPI es precisamente la falta de conocimiento de las actividades que estos realizan, y que eventualmente podrían ser útiles en su quehacer productivo.

Un segundo componente se relaciona con la «limitada experiencia» que tienen las OPI en la vinculación con las empresas. La falta de capacidad para dialogar con las empresas, la falta de conocimiento de las necesidades de la empresa o incluso el tipo de burocracia que interpone la OPI para poder vincularse son parte de las principales dificultades que se encuentran a la hora de la interacción con las empresas. Hay un tema también, referente al manejo de los derechos de propiedad sobre los productos y resultados de la investigación, que, si no se saben negociar entre la OPI y el sector productivo, puede también representar un obstáculo fuerte en el sentido de este segundo componente.

Algunas veces las OPI no comprenden la dinámica empresarial en su totalidad y, además, pueden existir serias deficiencias en las competencias de comunicación. Tampoco han propiciado la creación de una institucionalidad clara sobre qué parte del conocimiento le pertenece a quién (y en particular cómo puede usarlo para nuevos proyectos y para la creación de capacidades y competencias en otras empresas y en los estudiantes), lo que se ha traducido en una barrera más para la interacción.

Los otros componentes explican en un porcentaje bajo la varianza, además la correlación de sus variables tampoco es muy alta (0.25 y 0.30, respectivamente). No obstante, son dos tipos de problemas que inciden críticamente en la posibilidad de vinculación entre las OPI y las empresas. Por un lado, dos variables que inciden claramente como una barrera para la interacción, que se refieren al «costo y a la desconfianza» y, por otro lado, dos variables que en el marco de una vinculación en ciernes limitan la posibilidad de ponerse de acuerdo por sus «diferencias».

En términos generales, tanto para estos últimos componentes, como para los primeros, existe una lección aprendida para los actores y es que el proceso de vinculación no puede tomarse a la ligera y los interlocutores deben, por un lado ser válidos, en el sentido de que no deben ser intermediarios sin la posibilidad de tomar decisiones y por el otro lado, deben conscientemente desarrollar competencias para comunicarse mutuamente. Estos resultados se resumen en el siguiente cuadro 6.

Cuadro 6. Matriz de componentes rotados: variables de dificultades

VARIABLES	COMPONENTES			
	1. DESCONOCIMIENTO	2. EXPERIENCIA LIMITADA	3. COSTOS Y CONFIANZA	4. DIFERENCIAS
Divergencia en cuanto a plazo de la investigación	0.767	-0.066	-0.040	-0.015
Distancia geográfica	0.758	-0.052	-0.056	0.273
Falta de conocimiento actividades realizadas por la OPI	0.687	0.362	0.243	-0.190
Falta de capacidades para dialogar con las OPI	0.495	0.299	0.047	0.236
Derechos de Propiedad	-0.128	0.708	-0.132	-0.031
Falta de conocimiento de las necesidades de la empresa	0.522	0.647	0.200	0.033
Falta de capacidades para dialogar con las empresas	0.147	0.607	0.027	0.034
Burocracia por parte de la universidad/OPI	0.123	0.171	-0.707	0.137
Costo de la investigación	0.298	0.161	0.677	0.150
Problemas de confiabilidad	-0.010	0.025	0.645	0.230
Discrepancia de los objetivos	-0.005	0.251	0.109	0.809
Burocracia por parte de la empresa	0.223	-0.320	0.112	0.723

Nota: Método de extracción por análisis de componentes principales, método de rotación Varimax con normalización de Kaiser. La rotación converge en 6 iteraciones.

Conclusiones y algunas implicaciones de política pública

Las OPI desempeñan un rol fundamental en la creación y difusión de conocimiento. Por tanto, su interacción con las empresas se toma como un insumo importante en la generación de innovaciones y resolución concreta de problemas inmediatos. En el caso de Costa Rica, se logró obtener información de aproximadamente el 75 % del total de OPI existentes, resultando como uno de los principales hallazgos que el 100 % de estos organismos contarán ya con algún tipo de vinculación con el sector productivo.

El porcentaje de I+D que realiza el sector público fue de 25.9 % para el año 2013 y la del sector académico de 39.8 % según MICITT (2014), mientras que el porcentaje de empresas que afirmó tener alguna vinculación con las OPI resultó alrededor del 30 % según la misma fuente. A pesar de que estos porcentajes pueden considerarse relativamente bajos, es importante recalcar la altísima valoración que corresponde al logro de los objetivos de la vinculación, puesto que el 87.8 % de las empresas afirman que la colaboración con las OPI ha sido exitosa y valiosa para alcanzar los objetivos propuestos (MICITT, 2014).

Debido a que la literatura alrededor de esta temática reconoce una serie de factores que inciden en que se dé este tipo de vinculaciones entre las OPI y las empresas, resulta valioso sopesar el análisis utilizando la evidencia empírica extraída de la experiencia de esas OPI que ya se encuentran vinculados con el sector productivo. En este sentido, un análisis factorial coadyuva a la reinterpretación de algunas de las variables a partir del agrupamiento de las mismas en el marco del análisis de componentes principales, para tener un panorama más sistémico sobre qué realmente está ocurriendo sobre la interacción, según cada uno de los factores que la teoría señala (resultados, beneficios, motivaciones, dificultades y canales).

En el caso de las variables referidas a los principales resultados de la vinculación y que sobresalen en el análisis de componentes rotados, se encuentra un especial énfasis en la generación de innovaciones, como principal producto de la interacción. Las vinculaciones entre las OPI y las empresas están sobrepasando la resolución de problemas inmediatos como único objeto de la interacción entre ambos actores; ello, en favor de una mayor generación y difusión de conocimiento, lo que consecuentemente se está traduciendo en innovaciones. Los flujos de conocimiento desde las OPI hacia las empresas están actuando como soporte en la generación de cambios y mejoras de las empresas y es evidencia del carácter potenciador de las interacciones en el fortalecimiento de los SNI.

Por otra parte, los beneficios obtenidos por las OPI como resultado de sus interacciones con el sector productivo se están concentrando en lo que la literatura llama beneficios intelectuales. Este tipo de beneficios se relaciona con la oportunidad que tienen las OPI de aplicar y construir nuevo conocimiento a raíz de la vinculación con los problemas y procesos reales de las empresas, aunado a un crecimiento de la base social del conocimiento. Asimismo, las OPI se benefician

de la sostenibilidad de la vinculación, en tanto ganan reputación por los proyectos concluidos y garantizan a futuro no solo nuevas interacciones con otros agentes del sector empresarial, si no que a su vez aseguran el acceso a recursos para sus investigaciones, relacionándose también con los beneficios económicos a obtener.

Las motivaciones principales a las que responde la vinculación giran alrededor de lo señalado por la literatura, en la que se clasifica a estas motivaciones entre intelectuales y económicas (Arza, 2010). Las motivaciones intelectuales están siendo clave como incentivo hacia la interacción con el sector productivo, en tanto este sirva como plataforma para la aplicabilidad del conocimiento de los investigadores involucrados. Para estos redundan en la ampliación de su base de conocimiento actual; en el aprendizaje, incluso, de diferentes formas de abordar una problemática real y, además, dan paso a la concreción de nuevos proyectos de investigación a futuro. No se puede dejar de lado que las motivaciones económicas son igualmente fundamentales para que se dé la vinculación OPI-empresa, en tanto se vuelve crucial el acceso a recursos y financiamiento que permita a los investigadores continuar y ampliar sus proyectos.

Los objetivos de la vinculación responden, por su parte, a dos componentes principales: la creación, difusión y aplicación del conocimiento, por un lado, y la venta de servicios por otro lado. Estos objetivos establecidos de la vinculación por parte de las OPI se relacionan bastante con los canales de la interacción resultantes en este mismo estudio. La búsqueda de proyectos de I+D, consultorías y comercialización general de servicios por parte de las OPI responde justamente a los canales tradicional y comercial, señalando de cierta manera que los mecanismos que se seleccionan para la vinculación son congruentes con los objetivos perseguidos. La literatura hace referencia a que la interacción está definida en gran parte por la combinación específica de objetivos que motiva la interacción de cada participante (Arza, 2010), lo que se aúna a la explicación de lo resultante.

En lo que respecta a las dificultades encontradas por las OPI para vincularse con las empresas, estas responden principalmente a la falta de información y comunicación entre ambas partes. Existe un desconocimiento por parte de las OPI sobre las necesidades de las empresas, lo que a su vez refleja cierta inexperiencia en la forma en cómo se debe abordar una vinculación y que está repercutiendo sobre la comprensión y comunicación entre los actores. Una lección aprendida para las OPI es

que el proceso de vinculación no puede tomarse a la ligera, por lo que los interlocutores deben ser válidos y no operar como intermediarios que no cuenten con la posibilidad de tomar decisiones, pero, además, que se debe ser consciente de la necesidad de desarrollar competencias para comunicarse con las empresas. Asimismo, es importante fortalecer los mecanismos para ese contacto inicial entre investigadores y empresarios, ya que no es aceptable que una potencial vinculación se frustre por la inadecuada participación de terceros que deberían ser facilitadores y no barreras a la interacción de los actores clave.

Por parte de los canales utilizados para la vinculación OPI-empresa, el análisis arroja una concentración de variables y componentes, principalmente en los canales tradicionales y comerciales, lo que indica de cierta forma que el carácter de la vinculación se está apegando a las cuestiones convencionales de generación de mano de obra calificada para satisfacer la demanda de trabajo de las empresas y el uso de oficinas de transferencia tecnológica por un lado; pero además, la vinculación se está utilizando con la finalidad de lograr derivar productos científicos como parte de los esfuerzos conjuntos de las OPI y las empresas, los cuales se concentran en la generación de incubadoras y patentes. Tal y como se menciona en párrafos anteriores, esto se relaciona directamente con los objetivos principales establecidos de la vinculación, por lo que tiene mucho sentido que sean precisamente estos los canales que sobresalen en los resultados del análisis estadístico.

No obstante, es importante enfatizar que esto no le resta mérito a la existencia de los canales de servicios y bidireccional que también se encuentran presentes en los resultados encontrados. La provisión de servicios científicos y tecnológicos por parte de las OPI representan para estos una de las principales fuentes para obtener recursos económicos que sostengan sus proyectos presentes y futuros y, por tanto, permitan continuar con la creación de nuevo conocimiento. En lo que respecta al canal bidireccional, el flujo de conocimiento desde las OPI hasta las empresas por medio de proyectos conjuntos de I+D, participación en redes y parques científico-tecnológicos propician el potencial para el aprendizaje conjunto de ambos actores, no solo por el intercambio de perspectivas y la aplicabilidad del conocimiento en la práctica, sino también por la creación de nuevo conocimiento que surja precisamente de esa interacción.

El fortalecimiento de las redes de colaboración usando el canal tradicional parece ser uno de los mecanismos relevantes para mejorar

la posibilidad de interacción entre las OPI y los sectores productivos del país. En ese sentido, se refuerza lo identificado en la encuesta anterior (Orozco y Ruiz, 2010), donde tanto antes como ahora se muestra que mediante ese canal tradicional no solo se difunde el conocimiento, sino que también se identifican y reconocen los actores con potencial para una futura vinculación, sea dirigida a atender necesidades propias de las actividades de producción en corto plazo o también a ser la base para una vinculación más cooperativa dirigida a la generación de innovaciones.

El papel positivo de la capacidad de una empresa para aumentar la eficacia de cualquier interacción a través de estos canales es fundamental (Arza, 2010). Las empresas tienen que haber alcanzado un umbral mínimo de capacidades internas para poder absorber e integrar el conocimiento externo obtenido a través de los canales tradicionales y de servicios, así como deben ser proactivas en el proceso de creación de conocimiento a través de la utilización de canales comerciales bilaterales (Arza, 2010).

Tomando en cuenta lo anterior, las políticas propias de innovación, el financiamiento de las ideas, el propiciar una mayor inversión en investigación y desarrollo son, entre otros, aspectos clave para apoyar la dinámica creadora de nuevo conocimiento. Esto representa un reto complejo, para lo cual otros países han optado por contar con una entidad cuyo objetivo es facilitar, apoyar e intermediar en las dinámicas innovadoras. En general se trata de una agencia de innovación, que no es una agencia multipropósito, ni tampoco juega un rol como ejecutora, es más bien una agencia estratégica (Ruiz y Orozco, 2010). De esta manera, a pesar de lo difícil de la tarea, si se desea lograr que los sectores productivos sean más intensivos en conocimiento, es necesario buscar la manera de incidir en el fortalecimiento de las capacidades innovadoras de los actores del sistema nacional de innovación.

Desde una visión sistémica, atender los cortos circuitos que se generan en el sistema nacional de innovación es una forma de crear las condiciones para que los actores que inciden en la creación y uso de nuevo conocimiento puedan interactuar con mayor facilidad (Ruiz y Orozco, 2010). Es fundamental que el apoyo a la innovación no resulte de copiar lo que han realizado otros países y les ha servido, o peor aún, de las ocurrencias cargadas de activismo. El verdadero apoyo de la dinámica innovadora del país deviene de entender las particularidades del SNI costarricense, y a partir de ahí generar políticas, programas, acciones que sumen a la estrategia país. La

idea de una agencia nacional de innovación merece una atención particular, no como una entidad que entiende de todo, sino que entiende el SNI, define políticas, facilita procesos y ayuda a crear las condiciones para que los actores puedan hacer e interactuar (Ruiz y Orozco, 2010).

Es así que contar con un actor clave como lo sería una agencia nacional de innovación podría incidir en el fortalecimiento de la interacción entre las OPI y las empresas, en tanto se encuentre dirigida y enfocada a facilitar procesos entre los actores, a gestionar vínculos clave con los sectores productivos considerando siempre los aspectos estratégicos a los que responde el SNI costarricense, es decir, un actor que apoye la creación de nuevo conocimiento y no solo la copia y adaptación de procesos de relativo éxito en otros contextos. La vinculación OPI-empresas debe responder a las características propias de los componentes de cada sistema de innovación, por ende, sus esfuerzos deben estar concentrados en esas condiciones, propiciando siempre partir de un nuevo conocimiento.

En un nivel más específico, pero siempre en el marco de implicaciones de política, se torna necesario desarrollar una institucionalidad clara sobre los derechos de propiedad intelectual de los resultados de las investigaciones. Existe la posibilidad de considerar las características propias de la evolución institucional de las diferentes organizaciones, pero también aprender de la institucionalidad ya existente en otras latitudes.⁶ Lo importante es que los beneficios de los nuevos conocimientos consideren el aporte de cada una de las partes, tanto los actores privados como los públicos y dentro de estos últimos no solo la entidad como un todo, sino también los investigadores que participan de manera directa en las investigaciones (D'Este y Perkmann, 2010; Lai, 2011; Berbegal-Mirabent, Lafuente y Solé, 2013).

Esto se puede alcanzar, por ejemplo, al construir capacidades de transferencia de conocimiento en las universidades, apoyando el reclutamiento y entrenamiento de personal para transferencia de tecnología (D'Este y Perkmann, 2010). La tendencia general en varios países, sobre todo en los latinoamericanos, ha sido la adopción estrategias de vinculación aplicadas por los países desarrollados como si fuese un modelo de perfecta réplica (Castro-Martínez y

⁶ Entiéndase aprender de la institucionalidad existente, no copiarla sin previo análisis y valoración del tipo de relaciones que se desean regular.

Vega-Jurado, 2009). No obstante, resulta necesario pensar en términos de una política nacional que promueva la vinculación y transferencia, acorde a la intensidad de investigación de las universidades localizadas y al tipo de empresas al que se dirigen (Hewitt-Dundas, 2012). Asimismo, y como se menciona anteriormente, esto debe estar acompañado de un repensar del rol de las oficinas de transferencia tecnológica en las universidades como agentes cruciales en estas vinculaciones.

Bibliografía

- ALBORNOZ, M. (1990): «La ciencia y la tecnología como problema político», en M. Albornoz y P. Kreimer (comp.), *Ciencia y tecnología: estrategias y políticas de largo plazo*, EUDEBA, Buenos Aires.
- AROCENA, R.; SUTZ, J. (2005): «Latin American Universities: From an original revolution to an uncertain transition», *Higher Education*, vol. 50, pp. 573-592.
- ARZA, V. (2010): «Interactions between public research organizations and firms: channels, benefits and risks in Latin America. A conceptual framework», *Science and Public Policy*, vol. 37, n.º 7, pp. 473-484.
- ARZA, V.; DE FUENTES, C. DE; DUTRÉNIT, G.; VÁZQUEZ, C. (2014): «Chapter 6. Channels and Benefits of Interaction Between Public Research Organization and Industry: Comparing Country Cases in Africa, Asia and Latin America», en G. Kruss, K. Lee, W. Suzigan and E. Alburqueque (eds.), *Changing dominant patterns of interactions: lessons from an investigation on universities and firms in Africa, Asia and Latin America*, Edward Elgar Publishing, pp. 239-284.
- ARZA, V.; VÁZQUEZ, C. (2010): «Interactions between public research organizations and industry in Argentina», *Science and Public Policy*, vol. 37, n.º 7, pp. 499-511.
- BEKKERS, R.; BODAS FREITAS, I. M. (2008): «Analyzing Knowledge Transfer Channels between Universities and Industry: To What Degree Do Sectors Also Matter?», *Research Policy*, vol. 37, n.º 10, pp. 1837-1853.
- BERBEGAL-MIRABENT, J.; LAFUENTE, E.; SOLÉ, F. (2013): «The pursuit of knowledge transfer activities: An efficiency analysis of spanish universities», *Journal of Business Research*, vol. 66, n.º 10, pp. 2051-2059.
- CASSIMAN, B.; VEUGELERS, R.; ZÚÑIGA, P. (2010): «Diversity of Science Linkages: A Survey of Innovation Performance Effects and Some Evidence from Flemish Firms. Economics: The Open-Access», *Open-Assessment E-Journal*, vol. 4, pp. 2010-2033.

- CASSIOLATO, J. E.; LASTRES, H. M. M.; MACIEL, M. L. (eds.) (2003): *Systems of Innovation and Development. Evidence from Brazil*, Edward Elgar, Cheltenham.
- CASTRO-MARTÍNEZ, E.; VEGA-JURADO, J. (2009): «Las relaciones universidad-entorno socioeconómico en el espacio iberoamericano del conocimiento», *Revista Iberoamericana de Ciencia Tecnología y Sociedad*, vol. 4, n.º 12, pp. 71-81.
- CERNY, C. A.; KAISER, H. F. (1977): «A study of a measure of sampling adequacy for factor-analytic correlation matrices», *Multivariate Behavioral Research*, vol. 12, n.º 1, pp. 43-47.
- CIMOLI, M. (ed.) (2000): *Developing Innovation Systems. Mexico in the Global Context*, Pinter Publisher, London.
- COHEN, W. M.; LEVINTHAL, D. A. (1990): «Absorptive-Capacity: A New Perspective on Learning and Innovation», *Administrative Science Quarterly*, vol. 35, n.º 1, pp. 128-152.
- COHEN, W.; NELSON, R.; WALSH, J. (2002): «Links and Impacts: The influence of public research on industrial RandD», *Management Science*, vol. 48, n.º 1, pp. 1-23.
- DASGUPTA, P.; DAVID, P. (1994): «Toward a New Economics of Science», *Research Policy*, vol. 23, n.º 5, pp. 487-521.
- DE FUENTES, C.; DUTRÉNIT, G. (2012): «Best channels of academia-industry interaction for long-term benefit», *Research Policy*, vol. 41, n.º 9, pp. 1666-1682.
- D'ESTE, P.; PATEL, P. (2007): «University-industry linkages in the UK: What are the factors underlying the variety of interactions with industry?», *Research Policy*, vol. 36, pp. 1295-1313.
- D'ESTE, P.; PERKMANN, M. (2010): «Why do academics engage with industry? The entre-preneurial university and individual motivations», *The Journal of Technology Transfer*. Vol. 36, n.º 3, pp. 316-339.
- DZIUBAN, C. D.; SHIRKEY, E. C. (1974): «When is a correlation matrix appropriate for factor analysis?», *Psychological Bulletin*, n.º 81, pp. 358-361.
- EDQUIST, C. (1992): «Technological and organizational innovations: a conceptual discussion and some notes and consequences for productivity and employment», Working Paper 233, World Employment Program, International Labor Organization, Geneva.
- EUN, J.-H. (2009): «China's horizontal university-industry linkage: where from and where to», *Seoul Journal of Economics*, vol. 22, n.º 4, pp. 445-466.

- FONTANA, R.; GEUNA, A.; MATT, M. (2006): «Factors affecting university-industry R&D projects: The importance of searching, screening and signaling», *Research Policy*, vol. 35, pp. 309-323.
- FRITSCH, M.; SCHWIRTEN, C. (1999): «Enterprise-University Cooperation and the Role of Public Research Institutions in Regional Innovation Systems», *Industry and Innovation*, vol. 6, n.º 1, pp. 69-83.
- FUKUGAWA, N. (2005): «Characteristics of knowledge interactions between universities and small firms in Japan», *International Small Business Journal*, vol. 23, n.º 4, pp. 379-401.
- GEUNA, A. (2001): «The changing rationale for European university research funding: are there negative unintended consequences?», *Journal of Economic Issues*, vol. 35, n.º 3, pp. 607-632.
- GIULIANI, E.; ARZA, V. (2009): «What drives the formation of 'valuable' university-industry linkages? An under-explored question in a hot policy debate», *Research Policy*, vol. 38, n.º 6, pp. 906-921.
- HANEL, P.; ST.-PIERRE, M. (2006): «Industry-University Collaboration by Canadian Manufacturing Firms», *Journal of Technology Transfer*, vol. 31, pp. 485-499.
- HEWITT-DUNDAS, N. (2012): «Research intensity and knowledge transfer activity in UK universities», *Research Policy*, vol. 41, n.º 2, pp. 262-275.
- LAI, W. H. (2011): «Willingness-to-engage in technology transfer in industry-university collaborations», *Journal of Business Research*, vol. 64, n.º 11, pp. 1218-1223.
- LAURSEN, K.; SALTER, A. (2004): «Searching high and low: what types of firms use universities as a source of innovation?», *Research Policy*, vol. 33, pp. 1201-1215.
- LEE, Y. S. (2000): «The sustainability of university-industry research collaboration: an empirical assessment», *Journal of Technology Transfer*, vol. 25, pp. 111-133.
- LEISYTE, L. (2011): «University commercialization policies and their implementation in the Netherlands and the United States», *Science and Public Policy*, vol. 38, n.º 6, pp. 437-448.
- LOCKETT, A.; SIEGEL, D.; WRIGHT, M.; ENSLEY, M. D. (2005): «The creation of spin-off firms at public research institutions: managerial and policy implications», *Research Policy*, vol. 34, n.º 7, pp. 981-993.
- LUNDVALL, B.-Å. (ed.) (1992): *National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*, Pinter Publishers, London.

- MANSFIELD, E.; LEE, J. Y. (1996): «The modern university: contributor to industrial innovation and recipient of industrial R&D support», *Research Policy*, vol. 25, n.º 7, pp. 1047-1058.
- MAZZOLENI, R.; NELSON, R. R. (2007): «Public research institutions and economic catch-up», *Research Policy*, vol. 36, n.º 10, pp. 1512-1528.
- MEYER-KRAHMER, F.; SCHMOCH, U. (1998): «Science-based technologies university-industry interactions in four fields», *Research Policy*, vol. 27, pp. 835-852.
- MICITT (2014): *Indicadores Nacionales de Ciencia, Tecnología e Innovación para el sector manufactura, energía y telecomunicaciones*, Ministerio de Ciencia, Tecnología, Innovación y Telecomunicaciones, San José, Costa Rica.
- MOWERY, D.; SAMPAT, B. (2005): «Universities in National Innovation Systems», en J. Fagerberg, D. Mowery, R. Nelson (eds.), *The Oxford Handbook of Innovation*, Oxford University Press.
- NARIN, F.; HAMILTON, K. & OLIVASTRO, D. (1997): «The Increasing Linkage Between U.S. Technology and Public Science», *Research Policy*, vol. 26, n.º 3, pp. 317-330.
- NELSON, R. R. (1992): «The role of knowledge in R&D efficiency», *Quarterly Journal of Economics*, vol 97, n.º 3, pp. 453-471.
- NELSON, R. R. (2004): «The market economy, and the scientific commons», *Research Policy*, vol. 33, n.º 3, pp. 455-471.
- OROZCO, J. (2004): «Innovation and Performance Improvements in the Cooperative Sector, Costa Rica», *SUDESCA Research Papers*, n.º 38, CINPE-UNA, Aalborg University.
- OROZCO, J.; RUIZ, K. (2010): «Vínculos universidad-empresa en Costa Rica». Inédito.
- OWEN-SMITH, J.; POWELL, W. W. (2003): «The expanding role of university patenting in the life sciences: assessing the importance of experience and connectivity», *Research Policy*, vol. 32, n.º 9, pp. 1695-1711.
- PATEL, P.; PAVITT, K. (1995): «The Nature and Economic Importance of National Innovation Systems», *STI Review*, OECD, Paris, pp. 9-32.
- PAVITT, K. (1984): «Sectoral patterns of technical change: towards a taxonomy and a theory», *Research Policy*, vol. 13, pp. 343-373.
- PAVITT, K. (2001): «Public Policies to Support Basic Research: What Can the Rest of the World Learn from US Theory and Practice? (And What They Should Not Learn)», *Industrial & Corporate Change*, n.º 10, pp. 761-779.
- PEÑA, D. (2002): *Análisis de datos multivariantes*, Alianza Editorial.

- PERKMANN, M.; K. WALSH, K. (2007): «University-industry relationships and open innovation: towards a research agenda», *International Journal of Management Reviews*, vol. 9, n.º 4, pp. 259-280.
- PERKMANN, M.; K. WALSH (2008): «Engaging the scholar: three types of academic consulting and their impact on universities and industry», *Research Policy*, vol. 37, n.º 10, pp. 1884-1891.
- PHILLIPS, J. (2008): *Make us more innovative: critical factors for innovation success*, Universe, Inc., New York.
- ROSENBERG, N.; NELSON, R. (1994): «American universities and technical advance in industry», *Research Policy*, vol. 23, pp. 323-348.
- RUIZ, K. (2007): «Costa Rica as a Learning Economy: An Exploratory Study of Competence-Building and the Significance of Labour Relations and Labour Market Institutions», Department of Business, Aalborg University. Ph.D. Thesis.
- RUIZ, K.; OROZCO, J. (2016): «Caracterización de las empresas costarricenses en el marco de la innovación», *XXII Informe Estado de la Nación*. Inédito.
- SANTORO, M. D.; SAPARITO, P. A. (2003): «The firm's trust in its university partner as a key mediator in advancing knowledge and new technologies», *IEEE Transactions on Engineering Management*, vol. 50, n.º 3, pp. 362-373.
- SCHARTINGER, D.; RAMMERA, C.; FISCHER, M. M.; FRÖHLICH, J. (2002): «Knowledge interactions between universities and industry in Austria: sectoral patterns and determinants», *Research Policy*, vol. 31, pp. 303-328.
- SWANN, G. M. P. (2002): «Innovative Business and the Science and Technology Base: An Analysis Using CIS 3 Data», *Report for the Department of Trade and Industry*, October.
- WRIGHT, M.; CLARYSSE, B.; LOCKETT, A.; KNOCKAERT, M. (2008): «Mid-range universities linkages with industry: knowledge types and the role of intermediaries», *Research Policy*, vol. 37, n.º 8, pp. 1205-1223.



Sobre los autores

Carlos Álvarez Valcárcel

Profesor, investigador y exdirector del Centro de Estudios de Proteínas (CEP) de la Universidad de La Habana.

Correo electrónico: calvarez@fbio.uh.cu

Guillermo Andrés

Investigador del Centro de Investigaciones de la Economía Mundial; egresado del Posgrado en Economía, Gestión y Políticas de Innovación, Universidad Autónoma Metropolitana, México D. F.

Correo electrónico: guillermo@ciem.cu

Rosalba Casas

Investigadora Titular, Instituto de Investigaciones Sociales, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

Correo electrónico: rcasas@sociales.unam.mx

Miguel Castro Fernández

Investigador auxiliar. Coordinador del Grupo de Generación Distribuida, CIPEL, Cuba.

Correo electrónico: mcastro@electrica.cujae.edu.cu

Juan Manuel Corona

Investigador Titular, Departamento de Producción Económica, UAM Xochimilco.

Correo electrónico: juanmanuel.corona@gmail.com

Rodrigo Corrales

Investigador del Centro Internacional de Política Económica para el Desarrollo Sostenible, de la Universidad Nacional de Costa Rica.

Correo electrónico: rodrigo.corrales.mejías@una.cr

Gabriela Dutrenit

Profesora del Posgrado en Economía, Gestión y Política de Innovación,
Universidad Autónoma Metropolitana, México D. F.

Correo electrónico: dutrenit@correo.xoc.uam.mx

Miriam L. Filgueiras S. de Rosas

Profesora Auxiliar del CIPEL, Cuba.

Correo electrónico: miriaml@electrica.cujae.edu.cu

Claudia de Fuentes

Profesora asociada de la Escuela de Negocios de Sobey, Universidad de
Saint Mary, Canadá.

Correo electrónico: claudia.defuentes@smu.ca

Lázaro Guerra Hernández

Director Técnico de la Unión Eléctrica, Cuba.

Correo electrónico: dirtecnico@oc.une.cu

Javier Jasso Villazul

Facultad de Contaduría y Administración, Universidad Nacional Au-
tónoma de México.

Correo electrónico: cursoenlinea72@gmail.com

María Eliana Lanio Ruiz

Profesora e investigadora del Centro de Estudios de Proteínas (CEP) de
la Universidad de La Habana.

Correo electrónico: mlanio@fbio.uh.cu

José Miguel Natera

Catedrático-CONACYT adscrito al Departamento de Producción
Económica, Unidad Xochimilco de la Universidad Autónoma Metro-
politana, México D. F.

Correo electrónico: josemiguelnatera@gmail.com

Jorge Núñez Jover

Cátedra de Estudios Sociales de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación Cátedra (CTS+i) de la Universidad de La Habana, Cuba.

Correo electrónico: jorgenjover@rect.uh.cu

Jeffrey Orozco

Investigador del Centro Internacional de Política Económica para el Desarrollo Sostenible, de la Universidad Nacional de Costa Rica (CINPE).

Correo electrónico: jeffrey.orozco@gmail.com

Rolando Pérez Álvarez

Investigador del Centro de Inmunología Molecular de Cuba.

Correo electrónico: rolando@cim.sld.cu

Gerardo Rodríguez-Fuentes

Laboratorio de Ingeniería de Zeolitas, Instituto de Ciencia y Tecnología de Materiales (IMRE), Universidad de La Habana, Cuba.

Correo electrónico: gerardo@imre.oc.uh.cu

Inocente Rodríguez-Iznaga

Laboratorio de Ingeniería de Zeolitas, Instituto de Ciencia y Tecnología de Materiales (IMRE), Universidad de La Habana, Cuba.

Correo electrónico: inocente@imre.oc.uh.cu

Soledad Rojas Rajs

Catedrática-CONACYT, adscrita al Departamento de Atención a la Salud, Unidad Xochimilco de la Universidad Autónoma Metropolitana, México, D. F.

Correo electrónico: msrojasra@conacyt.mx

Keynor Ruiz

Investigador del Centro Internacional de Política Económica para el Desarrollo Sostenible, de la Universidad Nacional de Costa Rica (CINPE).

Correo electrónico: keynor.ruiz.mejias@una.cr

Fernando Santiago Rodríguez

Science-Metrix, Canadá.

Correo electrónico: fdo_santiago@yahoo.com

Marcela Suárez

Postdoctoral Fellow, Lateinamerika-Institut, Freie Universität Berlín.
Correo electrónico: marcelas@zedat.fu-berlin.de

Arturo Torres Vargas

Profesor del Posgrado en Economía, Gestión y Política de Innovación,
Universidad Autónoma Metropolitana, México.
Correo electrónico: atorresv@correo.xoc.uam.mx

Alexandre O. Vera-Cruz

Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, México D. F.
Correo electrónico: veracruz@correo.xoc.uam.mx

Miriam Vilaragut Llanes

Profesora titular del CIPEL, Cuba.
Correo electrónico: miriamv@electrica.cujae.edu.cu

Lissy Wong Hernández

Centro de Biomateriales, Universidad de La Habana.
Correo electrónico: lwh@biomat.uh.cu

Dionisio Zaldívar Silva

Facultad de Química, Universidad de La Habana.
Correo electrónico: quimica@rect.uh.cu



Esta edición
de *Vinculación universidad-sector productivo
para fortalecer los sistemas nacionales
de innovación: experiencias de Cuba, México y Costa Rica*,
de Gabriela Dutrénit
y Jorge Núñez Jover (coordinadores),
se terminó en 2017.

Para su composición se emplearon las tipografías
WARNOCK PRO –en sus variantes CAPTION, TEXT y SUBHEAD–,
del diseñador norteamericano Robert Slimbach;
FAGO –en su variante CONDENSED TABULAR FIGURES (CoTF)–,
del alemán Ole Schäfer;
FONTANA ND –en sus variantes Aa, Cc, Ee, Gg y Ll,
en OLDSTYLE FIGURE (OsF) y SMALL CAPITAL (SC)–,
del argentino Rubén Fontana
y WINGDING –en su variante Regular–
de los norteamericanos Kris Holmes y Charles Bigelow.

