

Cooperación relacional ciencia - industria: los efectos sobre las capacidades de I+D y la agenda de investigación públicas

Autores: Verre, Vladimiro*; Milesi, Darío; Petelski, Natalia

Contacto: *verre@campus.ungs.edu.ar

País: Argentina

Resumen

La cooperación entre ciencia e industria es crucial para el desarrollo económico y social de un país y es un fenómeno que incluye en su interior una amplia gama de esquemas de colaboración. Los efectos que la cooperación con la industria genera en la investigación pública dependen del esquema específico de colaboración. La investigación conjunta y el servicio de investigación comparten algunos rasgos, como la frecuencia y la intensidad de las interacciones y los intercambios basados en el conocimiento, que permiten considerarlos como esquemas relacionales. Este trabajo indaga sobre los efectos que tales esquemas generan en la investigación pública, a partir de las contribuciones que la industria realiza y del modo en que ellas se vinculan con el aprendizaje público y con la dirección de la investigación. Para ello, se lleva a cabo un estudio de casos en tres sectores, agrobiotecnología, biofarmacéutica y nanotecnología, de un país en desarrollo como Argentina, que abarca proyectos de I+D comprendidos en ambos esquemas. Entre los principales hallazgos se destaca que, independientemente de la intensidad de conocimiento de la contribución industrial, ésta puede inducir en los investigadores públicos tanto dinámicas de aprendizaje, como retroalimentaciones sobre aspectos más básicos de su actividad; asimismo, las contribuciones que se concentran en la etapa de concepción del proyecto hacen que la agenda pública de investigación aplicada se amplíe hacia temáticas más relevantes desde el punto de vista económico y social; finalmente, los aportes de conocimiento de la industria, en la fase de laboratorio, cambio de escala y aspectos regulatorios, permiten a los investigadores públicos absorber capacidades nuevas para ellos.

Palabras clave: ciencia; industria; conocimiento; cooperación; aprendizaje.

1. Introducción

La cooperación entre ciencia e industria para la generación de conocimiento puede contribuir en modo determinante al desarrollo de un país y generar beneficios notables para la sociedad (Rosenberg y Nelson, 1994; Cohen et al, 2002; Arocena y Sutz, 2005). Los trabajos realizados en esta área han indicado que la cooperación entre estos dos mundos es heterogénea, al existir múltiples modos en que las empresas y las organizaciones públicas de investigación y desarrollo (I+D) colaboran. Existen diferentes esquemas de cooperación entre ciencia e industria y, a partir de aspectos como la frecuencia de las interacciones personales (Schartinger et al., 2002), se han identificado esquemas de índole relacional, que están asociados a mayores posibilidades de retroalimentación entre las partes y de aprendizaje, lo cual puede generar efectos particularmente positivos para la ciencia. Entonces, los efectos que la cooperación ciencia industria genera deben ser considerados a la luz del tipo de esquema dentro del cual se realiza la colaboración. Entre tales esquemas se destacan dos, la investigación conjunta y el servicio de investigación. No obstante existan diferencias entre ellos, vinculadas al rol de la industria durante el proceso de I+D y al concepto de flujos bidireccionales de conocimiento, ambos poseen una base relacional común (Perkmann y West, 2014;

D'Este et al., 2019). En este trabajo, se los considera conjuntamente, para indagar sobre los efectos que generan sobre un ámbito específico, es decir, la actividad de investigación pública.

La literatura sobre este tema se ha centrado en varios aspectos, por ejemplo, en las posibilidades de aprendizaje de la parte pública, pero sin ahondar en las capacidades específicas que derivan de esos aprendizajes y en cómo se generan; en algunos beneficios intelectuales relacionados con la agenda de investigación de la parte pública, sin profundizar en la dirección que esta toma y las implicancias para la forma en que los investigadores realizan sus actividades de I+D. En general, la literatura aborda el tema de los efectos centrándose en lo que ocurre en el lado público, sin embargo, los efectos se generan a raíz de un esquema, dentro del cual la industria participa en diversos modos y realiza contribuciones de distinta índole. El objetivo de este trabajo es indagar, en el marco de proyectos concretos de colaboración, acerca de cuáles son los diferentes efectos sobre la investigación pública que derivan de la cooperación relacional y cómo ellos se vinculan con los aportes realizados por la industria.

A tal fin se realiza un estudio de casos múltiples en un país en desarrollo como Argentina. En un contexto donde los lazos entre ciencia e industria son débiles y donde el sector científico a menudo concibe la cooperación con la industria en términos de transferencia unidireccional, se elige estudiar tres sectores de alta tecnología, como agrobiotecnología, biofarmacéutica y nanotecnología. Tales sectores no solamente presentan importantes capacidades empresariales y científico-tecnológicas sino que, además, registran la presencia de ambos esquemas de cooperación. En el trabajo se han seleccionado 12 casos de estudio, cada uno de los cuales incluye uno o más proyectos de I+D de diversa índole. En este marco las principales preguntas que guían el trabajo son: ¿qué aporta la industria en los esquemas relacionales de cooperación? ¿cómo se vinculan esas contribuciones a la actividad de I+D de los investigadores públicos? ¿cuáles son los efectos que la cooperación relacional determina en la forma en que se lleva a cabo la investigación pública?

Lo que sigue del trabajo se organiza de la siguiente manera. A continuación, se desarrolla el marco conceptual. En la sección siguiente se describe la metodología empleada. La tercera sección presenta los casos estudiados de manera estilizada. La cuarta sección, presenta los principales resultados del trabajo: primero, el nexo entre contribuciones de la industria y efectos sobre la investigación en los casos; luego, la identificación de categorías para ambas dimensiones, que permiten realizar algunas observaciones sobre los sectores elegidos y los esquemas involucrados; finalmente, algunas reflexiones sobre la cooperación relacional y la I+D pública. La última sección presenta las principales conclusiones.

2. Marco conceptual

Con el afirmarse de una visión interactiva del proceso de innovación, impulsada por los enfoques evolucionista y neo-schumpeteriano (Nelson, 1993; Freeman, 2004), ha cobrado cada vez más atención, en paralelo, el estudio de la colaboración entre la industria y el sector académico y científico tecnológico (Mansfield, 1995; Meyer-Krahmer y Schmoch, 1998; Scharfetter et al., 2002). Si por un lado hay consenso sobre el rol positivo que la cooperación ciencia-industria orientada a la generación de conocimiento puede ejercer para el sistema productivo y la sociedad en su conjunto (Rosenberg y Nelson, 1994; Cohen et al., 2002; Arocena y Sutz, 2005), por el otro, es notorio que se trata de la colaboración entre dos mundos, la ciencia y la industria, que se rigen por normas y objetivos diferentes (Laursen y Salter, 2006; Bruneel, D'Este y Salter, 2010). La literatura ha abordado este fenómeno tanto desde la perspectiva de las motivaciones de las partes para vincularse, como desde el punto de vista de los efectos que la colaboración genera y, si bien se señalan efectos positivos tanto en términos económicos como intelectuales (Meyer-Krahmer y Schmoch, 1998; D'Este y Patel, 2007), los efectos dependen fuertemente de las características de la cooperación, ya que esta puede asumir múltiples formas.

En el esfuerzo realizado por identificar diferentes tipos de cooperación, uno de los aspectos críticos señalados en trabajos pioneros (Bonaccorsi y Piccaluga, 1994; Meyer-Krahmer y Schmoch, 1998; Schartinger et al., 2002) es el grado en que las partes se involucran en la relación a través de interacciones frecuentes y ‘cara a cara’. Esto permite distinguir, por ejemplo, entre modalidades orientadas a la comercialización (creación de start ups y licencias sobre la propiedad intelectual) y esquemas de cooperación centrados en el aspecto relacional (Abreu y Grinevich, 2013; Perkmann y West, 2014; D'Este et al., 2019).

Los esquemas de índole relacional son tres: la investigación conjunta, el contrato de I+D y la consultoría. Estos esquemas presentan algunas características comunes: las partes colaboran en base a objetivos compartidos, hay interacciones frecuentes ‘cara a cara’ y se basan en la creación de confianza, todos elementos que facilitan el intercambio de conocimiento tácito y de activos idiosincráticos (D'Este et al., 2019). Sin embargo, también presentan diferencias y la literatura suele hacer una distinción principal entre, por un lado, la investigación conjunta, y por el otro, el ‘servicio de investigación’, que abarca conjuntamente el contrato de I+D y la consultoría. Una diferencia central entre ellos es que la investigación conjunta incluye actividades de I+D por parte de las empresas (Perkmann y West, 2014), un rasgo por el que este esquema está asociado al concepto de flujos bidireccionales de conocimiento. Por esto mismo, hay consenso en la literatura sobre el hecho de que la investigación conjunta puede generar efectos positivos para la parte pública y su actividad de investigación. En el caso del servicio de investigación las opiniones son más divergentes, porque hay variabilidad en la definición de este esquema, lo cual repercute en la valoración del mismo. Para algunos autores (Schartinger et al., 2002; Arza, 2010; Ankrah y Al-Tabbaa, 2015; Arza y Carattoli, 2017), el servicio de investigación es dicotómico respecto a la investigación conjunta, al estar asociado con la exportación unidireccional de conocimiento desde la parte pública a la industria, la orientación al corto plazo, las motivaciones no innovadoras de las empresas y el intercambio de conocimiento maduro.

En relación a algunos rasgos de la investigación conjunta, Perkmann et al. (2011) indican que la calidad de la investigación depende de que los científicos participen conjuntamente a la industria en el establecimiento de los objetivos. Asimismo, la intensidad de la interacción entre las partes favorece, por un lado, la relevancia de la investigación, a través de los feedbacks que la industria realiza sobre el avance de los proyectos; por el otro, la creación de oportunidades de aprendizaje para ambas partes. Sin embargo, debido a su naturaleza relacional, el servicio de investigación no excluye a priori que se puedan verificar tales dinámicas y el hecho de que la investigación conjunta sea más funcional a la bidireccionalidad que el servicio, no significa que éste último no pueda generar efectos relevantes para la ciencia. Por tal motivo, en este trabajo se quiere estudiar ambos esquemas, en cuanto relacionales, respecto a los efectos positivos que pueden generar sobre la investigación pública.

En relación a los efectos beneficiosos que la cooperación ciencia industria genera sobre la investigación pública, algunos autores han destacado aspectos inherentes al aprendizaje (Perkmann y Walsh, 2009; Arza y Carattoli, 2017; Perkmann et al., 2011), sin embargo, no especifican cómo se verifican y en cuáles capacidades se traducen esos aprendizajes. Otros autores han subrayado beneficios tales como comprobar la aplicación práctica de la investigación, tener una mayor comprensión de la propia área disciplinaria, progresar en la agenda de investigación (Gulbrandsen y Smeby, 2005; D'Este y Patel, 2007; D'Este y Perkmann, 2011), sin ahondar en cómo tales efectos modifican la agenda del investigador y su forma de hacer I+D. Si bien hay trabajos que sugieren que la cooperación con la industria puede orientar a los investigadores hacia áreas más aplicadas (Van Looy et al., 2006; Hughes et al., 2010), en la literatura más reciente, analizada en Perkmann et al. (2021), la dirección de la investigación es un tema poco abordado. En general, no hay

estudios que analicen en qué consisten los aportes realizados por las empresas y cómo estos se vinculan con diferentes efectos posibles para la investigación. El análisis de este nexo, en el marco de colaboraciones concretas, puede ayudar a clarificar qué aporta la empresa al aprendizaje público y de qué modo un esquema relacional induce los investigadores a reflexionar sobre la relación entre lo aplicado y lo básico.

3. Metodología

Dada la naturaleza cualitativa de las dimensiones involucradas, para indagar sobre las principales preguntas planteadas en este trabajo se realizó un estudio de casos múltiples (Stake, 1995; Yin, 2009). El estudio de casos se lleva a cabo en un país en desarrollo como Argentina, donde históricamente el vínculo entre ciencia e industria ha sido débil. No es el caso de los tres elegidos para este estudio -el agrobiotecnológico, el biofarmacéutico y el nanotecnológico- en los que este vínculo es más notorio y puede echar luz sobre las virtudes de una mayor cooperación entre ciencia e industria para romper la inercia de bajo contenido de conocimiento en las actividades productivas que caracterizan estos entornos. Al ser tales sectores intensivos en conocimiento y en cooperación ciencia industria, constituyen un punto de observación idóneo para indagar sobre las dimensiones objeto de estudio.

Dentro de ellos se ha tomado como punto de partida un conjunto de proyectos impulsados y financiados por el Estado a través del Fondo Argentino Sectorial (FONARSEC) entre los años 2010 y 2013. Tales proyectos tuvieron una duración de entre tres y cuatro años y, por sus características, se enmarcan en el esquema de la investigación conjunta. Sin embargo, a partir de esa base y del vínculo establecido con las principales instituciones públicas de I+D y empresas, se han identificado otras colaboraciones posteriores, con el mismo partner o con otros, que responden tanto a las características del servicio de investigación como de la investigación conjunta. En este marco, el objeto empírico del estudio está constituido por los flujos de conocimiento que se verifican entre empresas e instituciones públicas que cooperan en proyectos de I+D.

El trabajo abarca doce casos: dos del sector agrobiotecnológico (uno centrado en ingeniería genética y el otro en fitomejoramiento); seis del sector nanotecnológico (cinco sobre nanomateriales y uno sobre nanosensores); y cuatro del sector biofarmacéutico (reactivos de diagnóstico). Cada caso incluye uno o más proyectos, por un total de 23 proyectos, catorce correspondientes al esquema de investigación conjunta y nueve al servicio de investigación.

Respecto a la estrategia de recolección, se realizaron 25 entrevistas en profundidad, orientadas por una guía de pautas y preguntas abiertas. También se realizó un análisis documental sobre fuentes secundarias a las que se tuvo acceso, tales como formularios de proyectos, informes técnicos finales, evaluaciones de los informes técnicos y otro material documental aportado tanto por las empresas como por las entidades públicas de I+D.

En este estudio de casos múltiples, la unidad de análisis es la perspectiva de los investigadores pertenecientes a instituciones públicas de I+D que participaron en los proyectos con la industria. Ellos son los que evalúan el vínculo con la industria, sus contribuciones y los efectos que esto genera sobre sus actividades de I+D. Sin embargo, en algunos casos específicos, la información obtenida en las entrevistas requirió de un mayor nivel de detalle sobre determinados aspectos de índole relacional. Cuando esto no pudo ser verificado a través de las fuentes secundarias, para asegurar la confiabilidad de la información recolectada, se realizaron entrevistas a integrantes del equipo de I+D de las empresas que interactuaron en forma directa con los investigadores públicos, de forma tal de complementar la visión pública con la visión industrial.

En el análisis de los datos recabados, se procedió a identificar y vincular los aportes industriales con los efectos sobre la investigación señalados en las entrevistas. En una segunda etapa, se agruparon los aportes

en diferentes tipos, según el momento en que se verifican y la intensidad del conocimiento involucrado. Luego, teniendo en cuenta las categorías antes definidas, se procedió a definir tipos de efectos, en base al nivel de especificidad de los mismos. Finalmente, se analizaron las relaciones existentes entre ambas tipologías en un análisis comparativo sistemático (Eisenhardt, 1989).

4. Los casos seleccionados

En este apartado se presentan los casos analizados. En la Tabla 1 se indican, en forma sintética, los integrantes principales, los proyectos abarcados, el sector de pertenencia y el esquema que caracteriza a cada caso.

TABLA 1. Características de los casos de estudio seleccionados

Caso	Parte pública	Parte privada	Proyecto (esquema)	Sector
1	Laboratorio de Biología Molecular de Plantas de la Fundación Instituto Leloir (LBMP-FIL)	INDEAR	Alfalfa transgénica (IC) Soja transgénica (IC)	Agro
2	Cátedra de Genética de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires (CGFA-UBA)	Empresas agroindustriales locales	Mejoramiento genético vegetal de vicia (SI) Mejoramiento genético vegetal de cebadilla (SI) Mejoramiento genético vegetal de arándanos (SI)	Agro
3	Instituto de Nanosistemas de la Universidad Nacional de San Martín (INS-UNSAM)	Dannex; Toet Valls; Adox; Laring	Nanomateriales para uso minero (SI) Nanomateriales para uso agrícola (SI) Nanomateriales para uso sanitario (SI) Nanomateriales para uso industrial (SI)	Nano
4	División Química de la Remediación Ambiental de la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA); otros grupos de I+D públicos.	Nanotek	Nanomateriales para remediación ambiental (IC); Impacto ambiental de nanomateriales (SI)	Nano
5	Laboratorio de Sólidos Amorfos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires (LSAFI-UBA); Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI)	Imneba; Electropart Córdoba	Materiales magnéticos de estructura amorfa y nanométrica para núcleos magnéticos e imanes (IC)	Nano
6	El Instituto de Investigaciones en Ciencia y Tecnología de Materiales de la Universidad Nacional de Mar del Plata (INTEMA)	YPF; GITHON Laboratorios Químicos	Tubulares de material compuesto de matriz epoxi modificada con nanoarcillas para extracción de petróleo (IC)	Nano
7	Centro de Tecnología de Recursos Minerales y Cerámica de la Universidad Nacional de La Plata (CETMIC); Instituto de Investigación e Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de San Martín (IIA-UNSAM)	Alloys	Nanoarcillas aplicadas a polímeros plásticos y a remediación ambiental (IC)	Nano
8	Instituto de Investigaciones Biotecnológicas de la Universidad Nacional de San Martín (IIB-UNSAM); INTI	Biochemiq; Agropharma; AADEE	Nanosensores y bionanotrasmisores para diagnóstico de enfermedades infecciosas (IC)	Nano
9	IIB-UNSAM; Instituto Malbrán; INTI	Immunova; Chemtest	Kit de diagnóstico para Síndrome Urémico Hemolítico (IC) Kit de diagnóstico para Covid (IC) Componentes para kit de diagnóstico para Covid (SI)	Pharma
10	Instituto de Investigaciones en Ingeniería Genética y Biología Molecular "Dr. Héctor N. Torres" (INGEBI)	Wiener Laboratorios Eiken	Kit de diagnóstico para Chagas congénito basado en PCR (IC) Kit de diagnóstico para Chagas congénito basado en LAMP (IC)	Pharma
11	Instituto de Ciencia y Tecnología Dr. César Milstein (ICT-Milstein)	Laboratorio Pablo Cassará	Kit de diagnóstico para Chagas congénito (IC) Kit de diagnóstico para Covid (IC)	Pharma
12	IIB-UNSAM; Fundación Instituto Leloir	Laboratorio Lemos	Kit de diagnóstico para Covid (IC)	Pharma

Nota: IC Investigación Conjunta; SI Servicio de Investigación.

El caso 1 se centra en la colaboración entre el LBMP-FIL y el INDEAR. El primero está inserto en una de las instituciones científicas más prestigiosas de Latinoamérica y se dedica al estudio de cómo las plantas perciben y reaccionan a variables ambientales como la luz y la temperatura. INDEAR es la empresa de I+D de Bioceres, un grupo empresario líder a nivel latinoamericano en la aplicación de biotecnología al sector agropecuario, entre cuyos principales logros está la desregulación de un evento de soja transgénica resistente a estrés hídrico. INDEAR provee servicios de última generación para el desarrollo de productos y tecnologías tanto para la industria como para el agro, especialmente trigo, soja, maíz y alfalfa. Tales instituciones cooperaron en un proyecto de alfalfa transgénica, para retrasar la floración y obtener plantas más compactas, con el objetivo de lograr una mayor calidad forrajera. Posteriormente, colaboraron en otros proyectos, por ejemplo sobre soja transgénica, donde se identificaron genes involucrados en la respuesta a las plantas vecinas y se los modificó genéticamente para lograr plantas más compactas. Se trata de proyectos de investigación conjunta de largo plazo que aún están en curso. El LBMP-FIL destaca que un aporte fundamental de la empresa consiste en la realización de las pruebas a campo, que permiten ver si lo que funciona en laboratorio, por ejemplo en floración de alfalfa, también funciona a mayor escala y, por ende, permite responder las preguntas que se realizan en la fase de investigación básica y eventualmente volver hacia atrás. Según INDEAR, hay mucha distancia entre un 'organismo modelo' (sobre el que trabaja el sector académico) y un 'organismo objetivo' (sobre el que trabajan conjuntamente con la industria). Esto hace que las publicaciones sobre un 'organismo objetivo' sean aún más importantes que las originales, porque tienen otro tipo de validación empírica. De este modo, en la medida en que la empresa desarrolla ulteriormente la tecnología en la fase de campo, hay una retroalimentación por la cual el sector académico se nutre de tales avances para realizar nuevas publicaciones. Hay que destacar que las pruebas a campo son muy costosas y difícilmente accesibles para una institución pública y el INDEAR, además de gestionar los aspectos legales y económicos de esta etapa, conduce todo el proceso hacia el objetivo final, es decir, la aprobación regulatoria de un evento transgénico, que puede llevar hasta 15 años. En la fase de campo el INDEAR es muy activo, ya que posee laboratorios y realiza ensayos de diferente tipo, articulando sus capacidades con las del LBMP-FIL. Luego del proyecto sobre alfalfa, se encaró otro sobre soja, donde se empleó una tecnología novedosa, RNA-seq, que permite identificar genes de interés en relación a la respuesta de las plantas a la luz. El INDEAR hizo la secuenciación del experimento y el LBMP-FIL luego se abocó a la modificación genética de esos genes. Esto no solamente refuerza las capacidades de I+D existentes del LBMP-FIL sino que además genera retroalimentaciones sobre la investigación básica ya que, a raíz de lo anterior, surgió un nuevo proyecto sobre mejoramiento de alfalfa, pero a través de otras aproximaciones, como el uso de la tecnología RNA-Seq. Por otra parte, en el marco de la colaboración en alfalfa, INDEAR transfirió sus conocimientos sobre transgénesis al LBMP-FIL que, de este modo, adquirió nuevas capacidades de I+D que son cruciales para realizar autónomamente nuevas actividades. Finalmente, si bien el LBMP-FIL posee su propia agenda de investigación, ésta se amplía hacia algunas nuevas temáticas, por ejemplo edición genómica, que surgen específicamente a raíz del vínculo con el INDEAR.

El caso 2 abarca una serie de servicios de investigación que la CGFA-UBA llevó a cabo por pedido de empresas agroindustriales locales. En este caso, las empresas se dirigen a la CGFA-UBA para el mejoramiento genético de especies vegetales, con el objetivo de lograr nuevas variedades que incorporen una serie de características que aumenten su calidad. Si bien se aplican herramientas biotecnológicas en la fase de I+D, no se trata de plantas transgénicas, por lo cual el aspecto regulatorio no es tan delicado como en el caso anterior. Las empresas que se dirigen a la CGFA-UBA para mejorar genéticamente especies vegetales no sola-

mente introducen nuevos temas en su agenda de investigación sino que le permiten realizar investigaciones relevantes desde el punto de vista del impacto en la sociedad. En un contexto donde la agricultura ha desplazado a las pasturas, la vicia posee un alto potencial como especie forrajera y al mismo tiempo agrega fertilidad al suelo y cumple un servicio ambiental. Si bien la CGFA-UBA posee una elevada especialización en especies forrajeras, no había considerado la vicia como especie a mejorar, sino que estaba orientada a otras pasturas perennes. Del mismo modo, se realizó durante tres años un programa de mejoramiento en cebadilla y no solamente se logró generar un nuevo cultivar, sino que además se creó un método de mejoramiento de una mezcla de genotipos, lo cual refleja un incremento en las capacidades de I+D. En el caso de arándanos, al no estar esa especie dentro de la agenda de la CGFA-UBA, ésta no la habría considerado sin la demanda de una empresa. A lo largo de seis años se logró una nueva variedad que fue registrada, lo cual representa un hecho altamente destacable en el panorama sectorial que muestra una fuerte dependencia histórica de variedades importadas (CIECTI, 2021). Las empresas no solamente indican las especies a mejorar, sino que además sugieren criterios de selección en el proceso de mejoramiento, que pueden no coincidir con los que la CGFA-UBA consideraría los más importantes a nivel teórico y permiten que el desarrollo tenga un impacto comercial y sobre los consumidores. Finalmente, para el proceso de mejoramiento son cruciales las pruebas a campo y las empresas las facilitan, lo cual genera retroalimentaciones sobre la actividad básica ya que, como observa uno de los entrevistados: “algo que en una parcela tiene un alto impacto, se puede perder en el campo, cuando cambias la escala, algo que tiene mucho potencial se pierde”.

El caso 3 tiene por protagonista al INS-UNSAM que fue creado en el año 2014 y es un espacio de investigación científica en el campo de la nanotecnología que apunta tanto a generar conocimientos originales como a contribuir a la resolución de problemas para la industria y la sociedad. El INS-UNSAM ha realizado una serie de servicios de investigación para varias empresas pertenecientes a diferentes rubros, como remediación ambiental, tratamientos fitosanitarios, material hospitalario y refrigerantes. Las empresas que se dirigen al INS-UNSAM introducen nuevos temas que le permiten realizar investigaciones relevantes. La empresa Tort Valls, por ejemplo, quería desarrollar plaguicidas para competir con empresas peruanas y chilenas y la colaboración con el INS-UNSAM le permitió obtener un producto que puede competir, por precio y calidad, con el de la empresa líder BASF. La necesidad de la industria puede estar a la vanguardia de lo que se hace en el mundo científico, por ejemplo, Laring estaba interesada en explorar nuevos procesos y materiales como aditivos para refrigerantes; inicialmente el INS-UNSAM se mostró escéptico respecto a su factibilidad pero, a medida que avanzó en la investigación, observó que se trataba de un tema sobre el cual recién en ese momento el mundo científico estaba empezando a publicar. Además, las empresas también pueden dar indicaciones y orientaciones sobre temas que la parte pública ya maneja. A través de una tesis se desarrolló un material para descontaminación de metales pesados y la empresa Darmex, que financió la tesis, trató de venderlo a empresas mineras. Éstas no estaban interesadas al considerar que cumplían con la normativa ambiental, entonces Darmex invirtió el problema y se centró en la conveniencia para las empresas mineras de recuperar parte de lo que se perdía durante la extracción (el 8% del total). De este modo, el INS-UNSAM tuvo que rediseñar el material y los procesos y pasar de un producto descontaminante a un proceso de recuperación de metales con determinadas características. Esta reorientación permitió al grupo de investigadores realizar importantes aprendizajes en química que luego se plasmaron en una publicación de alto impacto científico. Finalmente, el INS-UNSAM desarrolló un recubrimiento antibacteriano mesoporoso que obtuvo un importante premio nacional, sin embargo, la empresa Adox señaló que era inviable de construir a escala industrial y se mostró interesada en aportar capital para la creación

de una start up si se lograba el mismo efecto en forma de spray. Los investigadores lograron demostrarlo en tres meses, se creó la empresa y actualmente el spray antibacteriano de larga duración también funciona contra Covid. La industria puede presentar a la ciencia problemas complejos y, como observa uno de los entrevistados: “es muy importante enfrentarse a problemas concretos porque traen muchos problemas fundamentales de la química, los problemas concretos son muy complejos, mientras que los científicos acostumbramos a simplificar”.

En el caso 4 intervienen la CNEA y la empresa Nanotek. La primera fue creada en 1950, es el organismo estatal de I+D en tecnología nuclear y, entre sus múltiples actividades, abarca también la remediación ambiental de agua, aire y suelos. Nanotek produce desde 2006 nanopartículas metálicas para distintos usos, entre ellos remediación ambiental. Ambas instituciones emprenden un proyecto de remediación de sitios contaminados con uranio en 2013. La empresa aportó el material descontaminante (nano-hierros) y se desarrolló conjuntamente la tecnología de remediación de uranio en laboratorio. Luego, la empresa se encargó de la planificación de la actividad a escala piloto, al haber tenido experiencia previa en ese ámbito, pero no se logró avanzar en la fase de campo por un problema regulatorio¹. No obstante este inconveniente, los investigadores de la CNEA manifestaron haber absorbido de Nanotek conocimientos relativos a cómo se planifica y se diseña el proceso de implementación a campo. Por otra parte, Nanotek durante su trayectoria enfrentó el problema de los efectos ambientales de las nanopartículas metálicas que produce cuando terminan su vida útil. Al ser esta, la nano-eco-toxicología, un área de vacancia para publicar, logró que varios investigadores públicos abordaran el problema (Universidad Nacional del Litoral, Universidad Tecnológica Nacional y Universidad de Buenos Aires), a través de un servicio de investigación. El resultado fue la realización de publicaciones de alto impacto en un área muy específica, que luego sirvieron a la empresa como evidencia fáctica para presentar ante las autoridades regulatorias y sostener el valor de sus productos. Como subraya uno de los entrevistados: “un aporte de Nanotek fue convencer a varios investigadores públicos de trabajar con el producto que verdaderamente va a originar el problema, no con una especulación teórica sobre qué pasaría si el producto se fabricara de una cierta forma”.

En el caso 5 el LSAFI-UBA se vinculó en el 2010 con el INTI y dos empresas industriales, Inmeba y Electropart, para la obtención de materiales magnéticos blandos y duros de estructura amorfa y nanométrica, para fabricar componentes industriales como núcleos magnéticos e imanes. En este proyecto de investigación conjunta, Electropart aportó conocimientos sobre el producto final, los transformadores, Inmeba participó en el diseño y construcción de varios equipamientos y el INTI colaboró en la simulación computacional y el diseño de los equipos. Algunos de los equipos construidos conforman hoy la planta piloto ubicada en el LSAFI-UBA, la única en América Latina en poder generar materiales magnéticos duros de alta tecnología. A nivel de laboratorio, el conocimiento ha sido desarrollado tanto para materiales blandos como duros, sin embargo, la rotura de un horno adquirido en el marco del proyecto ha dificultado el pasaje a la escala piloto e industrial. Aunque la participación en el proyecto de Electropart fue menor que la de Inmeba, sus indicaciones y criterios respecto al producto final, transformadores, fueron críticos para orientar la I+D ya que, como señala un entrevistado: “sin esos conocimientos que nos transfirieron hubiéramos trabajado sobre la teoría, sobre lo que leímos en algún momento, y se trataba de transformar un producto hecho en laboratorio en otro con uso industrial”. Durante la fase de laboratorio, la articulación entre los conoci-

1. La Provincia de Córdoba negó el permiso para hacer el ensayo piloto y realizar una excavación en la mina Los Gigantes contaminada con uranio y otros metales.

mientos del LSAFI-UBA, del INTI y de Inmeba permite llegar a una invención que luego es patentada conjuntamente². En el pasaje del diseño de los equipos en laboratorio a la escala constructiva, Inmeba aporta conocimientos mecánicos que son reconocidos por el LSAFI-UBA como un claro aprendizaje ya que, como señala uno de los entrevistados: “hay aspectos complementarios de los equipos y detalles que no están en los libros y se aprenden solamente trabajando con quien está en la industria”. Este proyecto permitió al laboratorio de simulación computacional del INTI, que se ocupaba de mecánica estructural y transferencia de calor, abordar un problema de fluidos, algo completamente nuevo. Además de nuevo, el problema a investigar también era muy desafiante para las capacidades internas del INTI ya que, como comenta uno de los entrevistados: “estar en un problema real te abre la cabeza de otra forma, a nivel teórico es diferente, hay cosas que salen de lo normal, que son más complejas y el desarrollo de los investigadores se consigue solo con actividades complejas”.

En el caso 6, el INTEMA, que posee una larga trayectoria en nuevos materiales, emprende en 2010 un proyecto de investigación conjunta, con Yacimientos Petrolíferos Fiscales (YPF) y Gihon, para el desarrollo de tubulares de material compuesto de matriz epoxi modificada con nanoarcillas, para la extracción de petróleo. YPF es la empresa estatal petrolera argentina y Gihon es una empresa de alta tecnología especializada en el área química. El INTEMA y Gihon trabajaron para llevar los desarrollos de las nanoarcillas del laboratorio a escala piloto. YPF colaboró en la aplicación del conocimiento y en la prueba de los nuevos materiales en la fase de campo. Se logró la obtención de productos que permitían extender 20 años la vida útil de los tubos usados en la extracción de petróleo, sin embargo, su adopción depende de la política de compras de YPF y se encuentra aún pendiente. En este proyecto, YPF tuvo un rol importante en orientar el trabajo de INTEMA a través de las especificaciones técnicas que dio sobre el producto final: los tubulares para la extracción de petróleo. Tales indicaciones constituyeron para INTEMA un aprendizaje en aspectos ingenieriles que no conocían. En la fase de I+D fue crucial el pasaje de la escala de laboratorio a la escala piloto y, en ese ámbito, la empresa Gihon cumplió un rol esencial para el logro de materiales compuestos de matriz epoxi modificada con nanoarcillas. Como indica uno de los entrevistados: “uno piensa en hacer las cosas como en laboratorio y en la práctica es diferente y eso te lo señala el empresario; no es lo mismo trabajar en una planta con GMP y certificaciones, no es como un paper donde todos los resultados pueden servir, aquí no todo sirve para lo que se está buscando”. La absorción de conocimientos ingenieriles de Gihon fue aún más notoria y el problema del cambio de escala generó en INTEMA retroalimentaciones sobre el trabajo en laboratorio. Cuando el proyecto pasó a la fase de campo, YPF aportó mucho conocimiento sobre las condiciones reales de operación en el área petrolera y, además, INTEMA tuvo que implementar protocolos, registros y bases de datos para dar cuenta de lo que realizaba. Todo lo que hacía INTEMA recibía sistemáticamente comentarios por parte de YPF y, a través de esas prácticas de trazabilidad, los investigadores públicos adquirieron una amplia gama de conocimientos en ingeniería industrial.

En el caso 7, el CETMIC y el IIIA-UNSAM se vinculan con la empresa Alloys en un proyecto de investigación conjunta orientado a desarrollar nanoarcillas modificadas y usarlas, por un lado, para insertarlas en diferentes tipos de polímeros plásticos reforzándolos, y por el otro, para el tratamiento de aguas contaminadas por fungicidas. Se logró la inserción de las arcillas en algunos plásticos, pero no en aquellos de in-

2. Para materiales blandos se usa una aleación de hierro, silicio y boro que es fundida y sometida a un proceso de enfriamiento rápido, a través de una rueda de cobre giratoria que en su interior tiene un diseño especial, patentado por el LSAFI-UBA. El resultado es la obtención de una lámina que luego es usada para fabricar los núcleos de los transformadores con una reducción de las pérdidas magnéticas en el orden del 85%.

terés para la industria automotriz (tampoco se logró aún en el mundo). La tecnología para la remediación ambiental fue desarrollada exitosamente a escala piloto, pero aún no se pudo aplicar por falta de demanda del sector frutícola local. La empresa Alloys propuso un tema que estaba en la frontera tecnológica: insertar nanoarcillas funcionalizadas con compuestos orgánicos en polímeros plásticos. Para el IIA-UNSAM, especializado en remediación ambiental, era un tema novedoso e involucrarse en el mismo le hizo adquirir conocimientos que no poseía. El CETMIC poseía sólidos conocimientos en nanorarcillas y en plásticos pero, como afirma uno de los entrevistados: “No se logró, pero había que hacerlo y probar, porque teóricamente era compatible”, lo cual evidencia la distancia entre la teoría y la práctica y cómo una nueva aplicación puede generar retroalimentaciones sobre los conocimientos básicos previos. Tanto la idea original (que fracasó) como los posteriores intentos de insertar las nanoarcillas en otros tipos de plásticos (materiales de uso hospitalario) fueron impulsados por Alloys que, de este modo, indujo una ampliación de la agenda de investigación aplicada de los investigadores. Los investigadores públicos absorbieron de Alloys importantes conocimientos ingenieriles, sobre todo durante el cambio de escala, una fase percibida por ellos como distante del laboratorio. En el proyecto sobre remediación ambiental, los conocimientos ingenieriles de Alloys fueron fundamentales en la concepción, diseño y desarrollo de una planta de tratamiento portátil y, además, la empresa se encargó del abordaje local del problema, según los desafíos logísticos que demandaba el lugar de implementación.

En el caso 8, el IIB-UNSAM y el INTI se vincularon con empresas electrónicas (AADEE) y de salud animal (Agropharma y Biochemiq) para desarrollar una plataforma nanobiotecnológica que permitiera el diagnóstico rápido de enfermedades infecciosas. Se desarrollaron los componentes biológicos (glicoproteínas recombinantes, patentadas por la UNSAM), las nano-partículas magnéticas (donde se funcionalizan los antígenos de la enfermedad que se quiera detectar) y las celdas electroquímicas donde se colocan las muestras a analizar. Se llegó a la fabricación de varios prototipos de equipos, pero estos no fueron llevados al mercado por la empresa AADEE. Si bien es un proyecto de investigación conjunta el aspecto central fue la articulación de capacidades entre el INTI y el IIB- UNSAM, mientras que el aporte de las empresas fue relativamente menor, ya que no aportaron la idea original, no tuvieron una participación relevante en la I+D y finalmente no llevaron el producto al mercado. Sin embargo, durante la fase de I+D las empresas realizaron algunas contribuciones que consisten en indicaciones y criterios que orientaron las actividades hacia un producto que fuera más conveniente en términos de aceptación en el mercado. Los investigadores habían pensado en un dispositivo que tuviera cierto grado de uso manual, mientras que las empresas, en base a sus conocimientos sobre el modo en que se llevan a cabo los ensayos en campo, por ejemplo para brucelosis bovina, plantearon que debía ser lo más simple posible y que conllevara un grado mínimo de manipulación y de preparación de las muestras a diagnosticar. A raíz de este proyecto surge la start up Chemtest (ver caso 9), especializada en diagnóstico, cofundada por la UNSAM y por Biochemiq. La visión de mercado de Biochemiq se reflejó posteriormente en el desarrollo, por parte de Chemtest, de la plataforma diagnóstica de tiras reactivas, algo novedoso en Argentina y funcional al diagnóstico rápido.

En el caso 9, el IIB-UNSAM se vincula con el Instituto Malbrán y la empresa Inmunova para desarrollar un kit de diagnóstico rápido de diarreas relacionadas con el síndrome urémico hemolítico (SUH). Se trata de un proyecto altamente colaborativo en el que el IIB- UNSAM e Inmunova, una empresa centrada en el desarrollo de un tratamiento para el SUH, aportaron los conocimientos necesarios al diagnóstico del SUH. El Instituto Malbrán, que es el organismo nacional de referencia para la prevención, control e investigación de patologías, aportó sus conocimientos epidemiológicos. El proyecto culminó con la obtención del test

que fue llevado al mercado por Chemtest a través de dos plataformas productivas: ELISA y tiras reactivas. Este caso está relacionado con el anterior, porque muchos de los conocimientos ahí desarrollados fluyen en este nuevo proyecto, donde el elemento central es la articulación entre los conocimientos del IIB-UNSAM e Inmunova. El IIB-UNSAM aportó la tecnología de las glicoproteínas recombinantes y la aplicó para diagnosticar la presencia de las principales variantes de la bacteria Escherichia Coli. Pero el diagnóstico del SUH necesita también que se detecte la toxina Shiga, que es la causante de la enfermedad e Inmunova aporta un elemento fundamental: los nanoantucuerpos VHH³. El trabajo conjunto en laboratorio y la complementación de capacidades significó para el IIB-UNSAM un aprendizaje muy relevante y los aportes de la empresa fueron una condición esencial para que la I+D pública pudiera avanzar. El producto es llevado al mercado por Chemtest⁴ que, posteriormente, desarrolla en el año 2020 un kit de diagnóstico rápido para Covid basado en tiras reactivas. Para mejorar algunos de los componentes del kit, Chemtest contrata servicios de investigación a los equipos de electrónica y nanotecnología del INTI, con los que ya existía una relación previa, y da especificaciones técnicas sobre las características que debían tener esos componentes: un equipo para amplificar la muestra y hacer la detección, y nanopartículas de sílice magnética para realizar la purificación de los ácidos nucleicos del virus. Por un lado, esto permite al INTI aplicar conocimientos de electrónica y nanotecnología adquiridos en el caso 8 a nuevos problemas de investigación socialmente relevantes, por el otro, se generan retroalimentaciones sobre aspectos más básicos, por ejemplo, el INTI no había usado anteriormente las nanopartículas para separar el ARN viral.

En el caso 10, el INGEBI, con una larga trayectoria en estudios sobre la enfermedad de Chagas, y Wiener Laboratorios, una de las empresas de diagnóstico más importantes de Latinoamérica, cooperaron para desarrollar un kit PCR de diagnóstico de Chagas congénito y validarlo clínicamente. Este proyecto fuertemente colaborativo culminó en la salida al mercado del kit. En paralelo, el INGEBI realizó otro proyecto de investigación conjunta con la empresa japonesa Eiken, para el desarrollo y validación de un kit de diagnóstico, también para Chagas pero basado en la tecnología Lamp. En el proyecto con la empresa Wiener, el proceso de I+D fue realizado en forma conjunta en todas sus etapas y la empresa aportó sus importantes capacidades en diagnóstico que fueron esenciales para el avance del proyecto. Durante esta experiencia, el INGEBI y Wiener aprendieron conjuntamente muchos procesos de validación analítica y clínica (los controles que se necesitan, la necesidad de un estándar interno para la integridad de la muestra, las pruebas de sensibilidad analítica y especificidad, etc.). Estas nuevas capacidades fueron usadas por el INGEBI en otros proyectos posteriores, para Chagas y Covid. Además de consolidar sus capacidades de I+D el INGEBI manifestó, además, haber absorbido conocimientos de Wiener que desconocía, por ejemplo, los experimentos que la empresa hace sobre la estabilidad de los reactivos, que están diseñados por ella según normas ISO y son cruciales desde el punto de vista regulatorio, ya que permiten indicar el tiempo de vida del kit. En el proyecto que el INGEBI lleva a cabo con la empresa Eiken se realiza conjuntamente el diseño de los reactivos, la empresa fabrica el prototipo de kit y posteriormente se inicia la fase de validación clínica en Argentina. Eiken transfiere sus conocimientos sobre Lamp al INGEBI que, de este modo, aprende a utilizar una nueva tecnología. A raíz de esta absorción de capacidades, ante la llegada de la pandemia, en el año

3. Inmunova posee una plataforma que permite la producción de anticuerpos contra las toxinas Shiga I y II y la aplica para inmunizar llamas y así obtener sus anticuerpos; por ingeniería reversa se extraen repertorios de nanoanticuerpos VHH que sirven para capturar la toxina y diagnosticar su presencia.

4. La presencia de Chemtest garantizó que el kit de diagnóstico para el SUH fuera fabricado en escala, bajo normas GMP e introducido al mercado, como así también otros desarrollos realizados por el IIB-UNSAM para diagnosticar otras enfermedades (brucelosis, hantavirus, dengue, Covid, entre otros).

2020 el INGEBI diseña un método de Lamp para Covid que luego es adoptado, con buenos resultados, para el análisis de aguas cloacales.

En el Caso 11, el ICT-Milstein, uno de los centros de I+D más importantes del país, se vinculó con Laboratorio Pablo Cassará, una empresa farmacéutica de larga trayectoria con fuertes lazos con el sector académico, para desarrollar un kit Lamp de diagnóstico de Chagas congénito. El proyecto duró cuatro años, fue muy colaborativo y culminó con la introducción al mercado del kit. En este caso, el aporte empresario en la I+D fue menor que en el caso anterior, sin embargo, el ICT Milstein destaca que pudo aprender de Laboratorio Pablo Cassará en el aspecto de la validación regulatoria, un área en que la empresa posee una larga trayectoria. Posteriormente, los investigadores del ICT Milstein y Laboratorio Pablo Cassará fundan la start up Neokit y emprenden otros proyectos para diferentes patógenos como Brucelosis, Sífilis, Dengue, Zika y Chikungunya y Covid. Estos nuevos temas, en parte impulsados por el interés de mercado de la parte privada, amplían la agenda de investigación de los investigadores públicos. Además, tanto Dengue como Covid son virus ARN y, para poder aplicar la tecnología LAMP, se necesita hacer una reacción previa, pasar el ARN a ADN para poder amplificarlo. Ese desafío fue resuelto, en el caso de Dengue, por un investigador del ICT Milstein. Este fortalecimiento en las capacidades de I+D permitió aplicarlo rápidamente a Covid en 2020. Además, la validación regulatoria del kit para Covid fue realizada en modo rápido y eficiente por Neokit, gracias a los conocimientos que los investigadores públicos absorbieron de Laboratorio Pablo Cassará durante el proyecto de Chagas.

Finalmente, en el caso 12, ante la emergencia de la pandemia, la Fundación Instituto Leloir y la importante empresa de diagnóstico Laboratorio Lemos se vincularon para desarrollar lo que fue el primer kit serológico de diagnóstico para Covid-19. El kit fue introducido al mercado ya en mayo del 2020 y fue el resultado de un trabajo conjunto del que participaron también investigadores del IIB-UNSAM. Durante el proyecto, los investigadores del IIB-UNSAM aportaron sus conocimientos en el área de diagnóstico e interactuaron estrechamente con la empresa. Los investigadores públicos señalan como hecho saliente de esa colaboración con la empresa, la absorción de conocimientos nuevos para ellos, en aspectos como control de calidad, normas para el desarrollo, preparación de la muestra, preparación de las instrucciones para el uso del ensayo, entre otros. La industria maneja conocimientos y metodologías de trabajo estrechamente vinculadas con las necesidades regulatorias que transfiere a los investigadores públicos, fortaleciendo así sus capacidades de I+D.

5. Análisis de los resultados

Luego de describir los casos y de evidenciar tanto las contribuciones industriales en términos de conocimiento como los efectos que se generan sobre la I+D pública, en este apartado se procede a identificar categorías para ambas dimensiones.

A partir del análisis de la evidencia empírica, las contribuciones industriales pueden agruparse en cinco tipos según el momento en que se verifican y la intensidad de los flujos de conocimiento. En primer lugar, las empresas pueden aportar nuevas ideas, problemas y temas, que pueden ser novedosos tanto para un partner público especializado en otra área del conocimiento, lo cual es esperable, como para uno que domine esa área. En segundo lugar, la empresa puede transmitir indicaciones, especificaciones y criterios para el desarrollo, tanto al comienzo de un proyecto como durante el mismo, a través de feedbacks puntuales, que pueden ajustar o reorientar el trabajo de I+D. En tercer lugar, cuando la empresa se involucra más en el desarrollo, puede realizar contribuciones sustanciales en la fase de laboratorio, articulando sus

capacidades con las de los investigadores públicos. En cuarto lugar, la empresa puede realizar contribuciones importantes en el cambio de escala, es decir, cuando el proceso de I+D pasa del laboratorio a una escala mayor, consistente en pruebas a campo o ensayos piloto. Finalmente, la empresa realiza aportes relevantes en aspectos relacionados al ámbito regulatorio y estos se reflejan tanto durante el desarrollo, en la metodología de trabajo, como cuando el proyecto está próximo a finalizar, al haber ya un prototipo fabricado y un diálogo abierto con las autoridades regulatorias.

Respecto a los efectos sobre la investigación pública, en la literatura se hace hincapié en la relación del investigador con su propia área de investigación (Gulbrandsen y Smeby, 2005; D'Este y Patel, 2007; D'Este y Perkmann, 2011) y en la dirección de la investigación, más aplicada o más básica (Perkmann et al., 2021). Sin embargo, es conveniente considerar también otros efectos, que se refieren a lo que la parte pública puede aprender (Perkmann y Walsh, 2009; Arza y Carattoli, 2017; D'Este y Perkmann, 2011) y que es útil ver a la luz de las capacidades de I+D que adquiere y de los flujos de conocimiento entre las partes (Verre et al., 2021). Entonces, la elevada variabilidad de la evidencia empírica puede reducirse a través de cuatro categorías: en primer lugar, los investigadores públicos consolidan o amplían sus capacidades de I+D junto a la industria, es decir, hay aprendizaje interactivo y bidireccional; en segundo lugar, los investigadores públicos absorben capacidades, que son nuevas para ellos, desde la industria y, en este caso, el aprendizaje posee la dinámica de una transferencia inversa, de la industria a la ciencia; en tercer lugar, los investigadores públicos amplían su agenda de investigación aplicada y la relevancia de la misma en términos socioeconómicos; en cuarto lugar, se generan retroalimentaciones sobre aspectos de investigación más básicos, a raíz de reflexiones y replanteos sobre la relación entre teoría y práctica.

A continuación, en la Tabla 2 se muestra cómo se relacionan los cinco tipos de aportes industriales y los cuatro tipos de efectos sobre la investigación. A partir de la evidencia se indica, entonces, para cada binomio posible, cuáles son los casos, los sectores y los esquemas involucrados.

TABLA 2. Tipos de contribuciones industriales y de efectos sobre la investigación en los casos

Efectos sobre la investigación	Aprender con la empresa	Aprender de la empresa	Ampliación de la agenda de investigación aplicada	Retroalimentación sobre la investigación básica
Aportes industriales				
Nuevas ideas y problemas	Caso 2 (agro; SI) Caso 11 (pharma; IC)		Caso 1 (agro; IC) Caso 2 (agro; SI) Caso 3 (nano; SI) Caso 11 (pharma; IC) Caso 9 (pharma; SI) Caso 5 (nano; IC) Caso 7 (nano; IC)	Caso 3 (nano; SI) Caso 9 (pharma; SI) Caso 4 (nano; SI) Caso 5 (nano; IC) Caso 6 (nano; IC)
Indicaciones, orientaciones y criterios	Caso 9 (pharma; IC) Caso 9 (pharma; SI)	Caso 5 (nano; IC) Caso 6 (nano; IC)	Caso 2 (agro; SI) Caso 3 (nano; SI) Caso 8 (nano; IC) Caso 9 (pharma; SI)	Caso 3 (nano; SI)
Contribuciones en la fase de laboratorio	Caso 1 (agro; IC) Caso 10 (pharma; IC) Caso 9 (pharma; IC) Caso 5 (nano; IC)	Caso 1 (agro; IC) Caso 10 (pharma; IC)		Caso 1 (agro; IC)
Contribuciones en el cambio de escala y la fase de campo		Caso 4 (nano; IC) Caso 5 (nano; IC) Caso 6 (nano; IC) Caso 6 (nano; IC)		Caso 1 (agro; IC) Caso 2 (agro; SI) Caso 6 (nano; IC)
Contribuciones en aspectos regulatorios	Caso 10 (pharma; IC)	Caso 10 (pharma; IC) Caso 11 (pharma; IC) Caso 12 (pharma; IC) Caso 6 (nano; IC)		

Nota: IC Investigación Conjunta; SI Servicio de Investigación.

Como puede verse en la Tabla 2, cada una de las contribuciones industriales no está asociada exclusivamente a un efecto específico, sino que tiene la capacidad de generar diferentes tipos de efectos sobre la investigación, según lo manifestado por los entrevistados. Asimismo, no todas las contribuciones están relacionadas con cada una de las categorías de efectos, sino solo con aquellas que emergen como más relevantes en los casos.

Respecto a los tres sectores elegidos, ellos están presentes en las diferentes categorías de aportes y efectos. La única acotación se refiere al sector biofarmacéutico, que no registra presencia en el cambio de escala pero sí en lo regulatorio. Esto puede deberse a la naturaleza de los casos ya que, al estar centrados en reactivos de diagnóstico, el aporte industrial en el cambio de escala no es visto como una variable que afecta en forma directa a la I+D pública, a diferencia de lo que ocurre en otros productos del mismo sector (medicamentos) o en los otros dos sectores, donde hay constantes idas y vueltas entre el laboratorio y la fase piloto o de campo. En cambio, en este sector es crítica la validación regulatoria, cuyo *know how* está en manos de la industria y, al ser llevada a cabo con la participación de investigadores públicos, es una fuente de aprendizaje para ellos. Cuando se trata de cultivos transgénicos, también en el sector agrobiotecnológico esta fase es crucial, sin embargo, la parte pública no lo indica como fuente de aprendizaje, probablemente porque el proceso regulatorio es mucho más extenso temporalmente y es llevado a cabo exclusivamente por la empresa.

Si se consideran los dos esquemas, en el servicio de investigación los aportes tienden a concentrarse en las primeras etapas de los proyectos, mientras que en la investigación conjunta son más presentes aguas abajo. Esto se debe a que, en la investigación conjunta, la industria tiene una mayor participación en el proceso de I+D y, por el mismo motivo, en el esquema de servicios la parte pública no absorbe capacidades de I+D de la empresa. En la investigación conjunta los aportes en términos de nuevos problemas o transmisión de criterios, no son tan frecuentes como en el esquema de servicios. Esto se debe a que, en algunos casos, las instituciones públicas de I+D ya tienen pre-identificada la idea o el problema en base a su agenda y solamente después incorporan a la empresa en el proyecto (siendo la presencia de una empresa privada una condición excluyente para recibir financiamiento estatal). En otros casos, hay una confluencia natural de intereses entre industria y ciencia, ya que ambos poseen una larga trayectoria previa en la misma área científico-tecnológica. Mientras que, en el servicio, es la industria la que define el problema y se dirige a la parte pública buscando una solución. Asimismo, la industria realiza aportes en el cambio de escala, tanto en la investigación conjunta (lo cual es esperable) como en algunos servicios, específicamente en el sector agrobiotecnológico (no transgénico), donde la empresa introduce el problema, transmite indicaciones y criterios y, luego, posibilita el acceso a ensayos de campo. Aunque la contribución empresarial en términos de conocimiento no sea tan significativa en esa fase, para los investigadores públicos el mero acceso a una escala mayor es fuente de retroalimentaciones sobre su trabajo de laboratorio y la vinculación con la empresa es su condición de posibilidad.

Finalmente, a partir del análisis realizado, se pueden efectuar algunas consideraciones generales sobre los esquemas relacionales de cooperación ciencia industria. En primer lugar, la industria realiza contribuciones que, en general, fomentan el aprendizaje de los investigadores públicos, independientemente de su grado de intensidad de conocimiento. Cuando tales contribuciones son relevantes en términos de I+D, es posible que la parte pública absorba conocimientos directamente de la empresa, en una suerte de transferencia inversa. Tales conocimientos absorbidos pueden mejorar el desempeño de la parte pública en el proyecto, al entrar en contacto con otras áreas del conocimiento que amplían su bagaje intelectual y la comprensión del entero proceso de innovación. Sin embargo, también puede ocurrir que los conocimientos absorbidos amplíen en modo significativo las capacidades de los investigadores públicos que, al reutilizar esos conocimientos, pueden llevar a cabo actividades nuevas, por ejemplo, a través del dominio de la tecnología de transgénesis (caso 1) o de la tecnología Lamp (caso 10), o a través de la incorporación de conocimientos regulatorios que, luego de formar una start up, son aplicados por los investigadores públicos ante el Covid (caso 11).

Por otra parte, es notable que, independientemente del momento en que se lleva a cabo y de la intensidad de la contribución de la industria, los esquemas relacionales permiten que tales aportes industriales generen retroalimentaciones sobre la investigación básica, al poner en discusión la relación entre teoría y práctica o al desplazar la atención del investigador hacia atrás, en la búsqueda de una solución a un problema complejo ante el cual sus conocimientos previos son desafiados. Esta retroalimentación acontece tanto al comienzo de un proyecto, a través de un problema novedoso, como durante el mismo, aguas abajo, ante la complejidad del cambio de escala, induciendo en el investigador público una mayor disposición a la exploración. Finalmente, es menos probable que el efecto de ampliación de la agenda hacia temas aplicados se verifique durante el proyecto, cuando ciencia e industria ya han establecido objetivos, prioridades y tiempos, en el marco de su área de especialización de partida. Este efecto es más visible en el momento de la concepción y, aunque la contribución empresarial se limite a la introducción de un tema nuevo y a la

transmisión de criterios sobre el mismo (sin participar activamente en el resto del proceso de I+D), este rasgo es indicado en los casos como esencial, porque la sola orientación aplicada del investigador no garantiza que su agenda de investigación aborde temáticas que, además de ser novedosas, también sean útiles, factibles y relevantes en función de su impacto potencial en términos sociales y económicos (casos 2 y 3).

6. Conclusiones

Este trabajo se ha propuesto analizar de qué forma la cooperación ciencia industria, cuando asume rasgos relacionales, genera efectos positivos en la actividad de I+D de los investigadores públicos. Se estudiaron doce casos, en los sectores agrobiotecnológico, biofarmacéutico y nanotecnológico de Argentina, y el análisis de los mismos ha permitido recabar evidencia empírica que permite vincular diferentes tipos de contribuciones de conocimiento de la industria con varios efectos sobre la actividad de los investigadores públicos.

En los esquemas relacionales de cooperación, los aportes de la industria favorecen dinámicas de aprendizaje en la parte pública, que consolida y amplía sus capacidades de I+D. Además de aprender junto a la empresa, los investigadores públicos pueden también aprender de la empresa, absorbiendo conocimientos industriales en ámbitos como el laboratorio, el cambio de escala y los asuntos regulatorios. Por otra parte, en varias etapas de los proyectos, las contribuciones de la industria generan retroalimentaciones sobre el trabajo de los investigadores públicos, que reciben un estímulo a reflexionar sobre la relación entre teoría y práctica, a moverse desde lo aplicado hacia cuestiones más básicas y a ser más exploratorios en el abordaje de los problemas. El aporte empresario en la concepción del proyecto permite no solamente ampliar la agenda pública de investigación aplicada, sino dotarla de mayor relevancia y capacidad de impacto en los problemas económicos y sociales existentes. Debe destacarse entonces, cómo la cooperación relacional puede enriquecer la agenda de investigación pública tanto hacia lo aplicado como hacia lo básico, superando lo que a menudo es visto como una dicotomía.

Este trabajo contribuye a la literatura existente realizando tres aportes: relaciona los efectos de la cooperación ciencia industria sobre la investigación con las contribuciones industriales; profundiza el aspecto del aprendizaje, indicando qué aprende la parte pública en términos de capacidades y si lo aprende de la industria o junto a ella; tercero, al ir más allá de la dicotomía entre aplicado y básico, indica cómo la cooperación relacional puede inducir en la investigación pública movimientos en ambas direcciones.

Desde el punto de vista de las recomendaciones de política pública, en el diseño de instrumentos de financiación para el fomento de la investigación conjunta, sería deseable monitorear que la industria se involucre efectivamente en la fase de I+D para que los efectos deseados sobre la investigación pública se potencien. Por otra parte, si bien el servicio surge a menudo de la iniciativa industrial puede ser oportuno introducir incentivos para apoyar aquellos que se basan en problemas de elevado nivel de complejidad, que generan efectos positivos sobre la parte pública. Finalmente, sería deseable detectar proyectos de cooperación relacional de elevado potencial de mercado que se encuentren estancados, por dificultades de distinto tipo, y crear mecanismos de apoyo para reactivarlos, lograr la aplicación y el impacto económico y social.

Referencias bibliográficas

- Abreu, M. y Grinevich, V. (2013). The nature of academic entrepreneurship in the UK: Widening the focus on entrepreneurial activities. *Research Policy*, 42, 408-422.
- CIECTI (2021). *Estudio de caso. Sector de arándanos en Argentina. Informe final para el Proyecto Regional del BID: "Estrategias exitosas de innovación e inserción internacional en sistemas agroalimentarios no tradicionales en*

América Latina. Evidencia e implicancias de política pública”.

- Ankrah, S. y Al-Tabbaa, O. (2015). Universities–industry collaboration: a systematic review. *Scandinavian Journal of Management*, 31, 387–408.
- Arocena, R. y Sutz, J. (2005). Latin American Universities: From an original revolution to an uncertain transition. *Higher Education*, 50(4), 573-592.
- Arza, V. y Carattoli, M., (2017). Personal ties in university-industry linkages: A case-study from Argentina. *The Journal of Technology Transfer*, 42, 814-840.
- Bonaccorsi, A. y Piccaluga, A. (1994). A theoretical framework for the evaluation of university-industry relationships. *R&D Management*, 24(3), 229–247.
- Bruneel, J., D'Este, P. y Salter, A. (2010). Investigating The Factors That Diminish The Barriers To University-Industry Collaboration. *Research Policy*, 39(7), 858-868.
- Cohen, W.M., Nelson, R.R. y Walsh, J.P. (2002). Links and impacts: the influence of public research on industrial R&D. *Management Science*, 48(1), 1–23.
- D'Este, P. y Patel, P. (2007). University-industry linkages in the UK: What are the factors determining the variety of interactions with industry? *Research Policy*, 9(36), 1295-1313.
- D'Este P. y Perkmann M. (2011). Why do academics engage with industry? The entrepreneurial university and individual motivations. *Journal of Technology Transfer*, 36(3), 316-339.
- D'Este, P., Llopis, O., Rentocchini, F. y Yegros, A. (2019). The relationship between interdisciplinarity and distinct modes of university-industry interaction. *Research Policy*, 48, 103799.
- Eisenhardt, K.M. (1989). Building Theories from Case Study Research. *Academy of Management Review*, 14(4), 532-550.
- Freeman, C. (2004). Technological infrastructure and international competitiveness. *Industrial and Corporate Change*, 13(3), 541-569.
- Gulbrandsen, M. y Smeby, J.C. (2005). Industry funding and university professors' research performance. *Research Policy*, 34(6), 932–950.
- Gutman, G. y Lavarello, P. (2011). Formas de organización de las empresas biotecnológicas en el sector farmacéutico argentino. *Desarrollo Económico*, 51(201), 81-104.
- Hughes, A., Ulrichsen, T. y Moore, B. (2010). *Synergies and tradeoffs between research, teaching and knowledge exchange. A report to HEFCE by PACEC and the Centre for Business Research*. University of Cambridge.
- Laursen, K. y Salter, A. (2006). Open for innovation: the role of openness in explaining innovation performance among U.K. manufacturing firms. *Strategic Management Journal*, 27(2), 131–150.
- Mansfield, E. (1995). Academic research underlying industrial innovations: Sources, characteristics, and financing. *The Review of Economics and Statistics*, 77(1), 55–65.
- Meyer-Krahmer, F. y Schmoch, U. (1998). Science-based technologies: university–industry interactions in four fields. *Research Policy*, 27(8), 835-851.
- Nelson, R. (Ed.) (1993). *National Innovation Systems: A Comparative Study*. Oxford University Press.
- Perkmann, M. y Walsh, K. (2009). The two faces of collaboration: impacts of university- industry relations on public research. *Industrial and Corporate Change*, 18(6), 1033-1065.
- Perkmann, M., Neely, A. y Walsh, K. (2011). How should firms evaluate success in university—industry alliances? A performance measurement system. *R&D Management*, 41(2), 202—216.
- Perkmann, M. y West, J. (2014). Open science and open innovation: sourcing knowledge from universities.

- En Link, AN, Siegel, DS, Wright, M (Eds.), *The Chicago Handbook of University Technology Transfer and Academic Entrepreneurship* (pp. 41–74). University of Chicago Press.
- Perkmann, M., Salandra, R., Tartari, V., McKelvey, M. y Hughes, A. (2021). Academic engagement: A review of the literature 2011–2019. *Research Policy*, 50(1), 104-114.
- Rosenberg, N. y Nelson, R.R. (1994). American universities and technical advance in industry. *Research Policy*, 23, 323–348.
- Schartinger, D., Rammer, C., Fischer, M.M. y Frohlich, J. (2002). Knowledge interactions between universities and industry in Austria: sectoral patterns and determinants. *Research Policy* 31(3), 303-328.
- Stake, R. (1995). *Investigación con estudios de caso*. Ediciones Morata.
- Van Looy, B., Callaert, J. y Debackere, K. (2006). Publication and patent behavior of academic researchers: Conflicting, reinforcing or merely co-existing? *Research Policy*, 35, 596-608.
- Verre, V., Milesi, D. y Petelski, N. (2021). Science-Industry Cooperation: What are the Benefits for the Public Part? Evidence from Argentine Biopharmaceutical Sector. *International Journal of Innovation and Technology Management*, 18(3), 1-22.
- Yin, R.K. (2009). *Case study research and applications: Design and methods*. Sage Publications.