

Innovación por coproducción en industria 4.0: un estudio de caso de inteligencia artificial aplicada a imágenes médicas

Documento de trabajo N° 23

Gabriel Yoguel, Verónica Xhardez y Silvina Mochi





CIECTI

Centro Interdisciplinario
de Estudios en Ciencia,
Tecnología e Innovación

Yoguel, Gabriel

Innovación por coproducción en industria 4.0 : un estudio de caso de inteligencia artificial aplicada a imágenes médicas / Gabriel Yoguel ; Verónica Xhardez ; Silvina Mochi.- 1a ed.- Ciudad Autónoma de Buenos Aires : CIECTI, 2021.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-987-4193-50-6

1. Innovaciones. 2. Inteligencia Artificial. 3. Productividad. I. Xhardez, Verónica. II. Mochi, Silvina. III. Título.

CDD 338.47004

La investigación que dio base a este estudio finalizó en junio de 2020.

© 2021 CIECTI

Queda hecho el depósito que marca la ley 11.723.

Se autoriza la reproducción total o parcial de esta obra, para fines educativos u otros fines no comerciales, siempre que se cite la fuente.

Godoy Cruz 2390 - PB (C1425FQD), CABA

(54-11) 4899-5500, int. 5684

www.ciecti.org.ar / info@ciecti.org.ar

Seguinos en  @ciecti

Buscanos en  /ciecti

Autoridades

ASOCIACIÓN CIVIL CIECTI

Presidente

Luis Alberto Quevedo

Vicepresidente

Alejandro Villar

Secretaria

Norma Pensei

EQUIPO EDITORIAL

Coordinación editorial

Fernando Porta

Celeste De Marco

Edición

Mara Sessa

Diseño editorial

Lea Ágreda

Índice

Siglas	5
Resumen	6
Resumo	7
Abstract	8
Introducción	9
Marco teórico	11
Industria 4.0 desde la perspectiva neoschumpeteriana	11
Capacidades, conectividad y <i>path dependence</i> como condición para el desarrollo de la industria 4.0	13
El proceso de innovación en servicios: la coproducción entre oferta y demanda	16
Abordaje metodológico	22
Técnicas de recolección de la información	24
Cuestiones éticas del estudio	24
Presentación del caso	25
El proceso de gestación de la empresa oferente y de generación de competencias	26
El desarrollo de capacidades y la emergencia del proyecto	27
Las capacidades de gestión en las regulaciones: los procesos de certificación de calidad	29
El financiamiento para ganar escala, superar el valle de la muerte y mejorar las capacidades de comercialización	30
Descripción del demandante	32
El lugar de la firma demandante en el proceso de coproducción de A.img	34
Los efectos de la implementación de A.img en la firma demandante	35
Análisis del estudio de caso: capacidades y coproducción	37
Capacidades científico-tecnológicas	37
Las vinculaciones y competencias necesarias para la coproducción de A.img	40
Capacidades de producción, organizacionales y de gestión	44
La innovación por coproducción	46
Hallazgos y conclusiones	48
Bibliografía	52

Siglas

ANMAT	Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica
CONICET	Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas
CTI	ciencia, tecnología e innovación
CTS	ciencia, tecnología y sociedad
EM	esclerosis múltiple
FDA	Administración de Medicamentos y Alimentos
I+D	investigación y desarrollo
IA	inteligencia artificial
PACS	sistema de comunicación y almacenamiento digital de imágenes médicas
SCOT	construcción social de la tecnología
SSI	software y servicios informáticos
ST	sistema tecnológico
TIC	tecnologías de la información y las comunicaciones
TAR	teoría del actor-red
VC	capital riesgo

Resumen

La búsqueda de mejoras en los niveles de productividad en un contexto de transformaciones productivas y tecnológicas ha impulsado el desarrollo de la denominada industria 4.0. Frente a estos cambios y el alto dinamismo en el mercado mundial, se presenta un enorme desafío en los países en desarrollo dadas las persistentes brechas tecnológicas y productivas respecto de los países desarrollados.

En este marco, el presente trabajo propone analizar las capacidades tecnológicas, productivas, comerciales y organizativas de una empresa ubicada en la Argentina, que desarrolla productos/servicios de industria 4.0 en el área de inteligencia artificial sobre imágenes médicas.

La investigación se basó en un abordaje metodológico cualitativo, específicamente en un estudio de caso. El análisis abarcó tanto los rasgos de la empresa oferente como de la demandante y, particularmente, el proceso de coproducción emergente de esa relación.

El trabajo revela la importancia de los procesos de coproducción como un requisito de los procesos de innovación en el sector de salud. Por sus características y especificidades, el caso estudiado pone de manifiesto la posibilidad de pensar en ventanas de oportunidad para el desarrollo nacional de tecnologías 4.0.

Palabras clave

innovación
coproducción
inteligencia artificial
industria 4.0

Resumo

A busca por melhorias nos níveis de produtividade em um contexto de transformações produtivas e tecnológicas tem impulsionado o desenvolvimento da chamada indústria 4.0. Diante dessas mudanças e do alto dinamismo do mercado mundial, um grande desafio se apresenta aos países em desenvolvimento devido às lacunas produtivas e tecnológicas persistentes em relação aos países desenvolvidos.

Neste marco, o presente trabalho se propõe a analisar as capacidades tecnológicas, produtivas, comerciais e organizacionais de uma empresa localizada na Argentina, que desenvolve produtos/serviços da indústria 4.0 na área de inteligência artificial em imagens médicas.

A pesquisa baseou-se em uma abordagem metodológica qualitativa, especificamente em um estudo de caso. A análise abrangeu as características da empresa ofertante e do requerente e, em particular, o processo de coprodução decorrente dessa relação.

O trabalho revela a importância dos processos de coprodução como requisito dos processos de inovação no setor de saúde. Pelas suas características e especificidades, o caso estudado destaca a possibilidade de pensar em janelas de oportunidade para o desenvolvimento nacional de tecnologias 4.0.

Palavras-chave

inovação
coprodução
inteligência artificial
indústria 4.0

Abstract

The search for improvements in the productivity levels within a context of productive and technological transformations has led to the development of the so-called Industry 4.0. Due to these changes and the high level of dynamism in the world market, there is a huge challenge for developing countries, especially given the persistent technological and production gaps in comparison with developed countries.

Within this framework, this paper proposes to analyze the technological, productive, commercial, and organizational capabilities of a company located in a developing country, Argentina, which develops Industry 4.0 products/services in the field of artificial intelligence on medical images.

The research was conducted based on a qualitative methodological approach, more specifically based on a case study. The analysis covered both the characteristics of the supplier and demander company, and particularly, the co-production process that emerged from this relationship.

The work reveals the importance of co-production processes as a requirement for innovation in the health sector. Due to its characteristics and specificities, the case studied highlights the possibility of thinking about windows of opportunity for the national development of 4.0 technologies.

Keywords

innovation
co-production
artificial intelligence
Industry 4.0

Introducción

Desde 2010, se ha venido generando una extensa literatura sobre economía y negocios, que sostiene que nos encontramos ante el surgimiento de la cuarta revolución industrial (Schawb, 2016). Esta revolución fue llamada en Europa, principalmente por el gobierno alemán, “industria 4.0” –en adelante I4.0– (Schawb, 2016; Baldassari y Roux, 2017; Strange y Zucchella, 2017; Basco *et al.*, 2018; Casalet, 2018; Reischauer, 2018; Szalavetz, 2018).¹ En general, la literatura destaca las transformaciones productivas generadas sobre todo en los países desarrollados, y orientadas a la manufactura y los servicios. Estos cambios se asocian a la necesidad de satisfacer demandas personalizadas y de ciclo corto en la mayoría de los mercados, de generar economías de escala y alcance en forma simultánea en el proceso productivo, y de lograr la generación, circulación y el control de la información y el conocimiento en las cadenas globales de valor para aumentar la productividad y generar cuasi-rentas en el proceso de competencia. Por lo tanto, la I4.0 puede definirse como un sistema de sistemas tecnológicos (ST) integrado por un conjunto de dispositivos que utilizan software, hardware e internet como componentes relevantes de manera simultánea (Lasi *et al.*, 2014; Lee *et al.*, 2015; Schawb, 2016).

En este marco, el presente documento plantea un conjunto de preocupaciones. Por un lado, en un contexto de cambio y alto dinamismo del mercado mundial, las persistentes brechas tecnológicas y productivas en los países en desarrollo pueden ampliarse. Además, si bien el sector de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) en la Argentina ha tenido un desarrollo significativo desde la década de 1980, su *path dependence*² aún es débil, con predominio de empresas de *software factory*, pocos casos de empresas exitosas y de cierta complejidad, y pocos vínculos con otros sectores, lo que dificulta un impacto efectivo sobre la estructura productiva. Asimismo, las altas capacidades, las interconexiones y el *path dependence* de las organizaciones, que constituyen dimensiones fundamentales para la implementación y el desarrollo de I4.0, son todavía una carencia. Por lo tanto, sin estos prerrequisitos y condiciones existe el riesgo de que aumenten las brechas y la dependencia tecnológica externa, por lo que se incrementarían los desafíos para aprovechar posibles ventanas de oportunidad.

En este contexto, se propone aquí analizar las capacidades tecnológicas, productivas, comerciales y organizativas –en adelante, capacidades sistémicas– de una empresa ubicada en la Argentina que ofrece productos/servicios de I4.0 en el área de inteligencia artificial (IA) sobre imágenes médicas. Para ello se abordan tanto los rasgos de la empresa

1 En los Estados Unidos el mismo fenómeno se denominó “manufactura avanzada” (National Economic Council, 2016).

2 Este concepto alude a la importancia que tienen la historia y la acumulación de aprendizajes en el desarrollo de las capacidades de las organizaciones.

demandante como de la oferente y, especialmente, el proceso de coproducción emergente en esa relación.

Para dicha finalidad, se utilizó un abordaje metodológico cualitativo a través del análisis de estudio de caso, seleccionado en función de las capacidades tecnoorganizativas y productivas, así como los vínculos con otros actores –y sus redes– y la complejidad del ST involucrado. Así, el caso es analizado a través de tres componentes: la empresa que ofrece el ST incluido en I4.0, el papel de la demanda y el gradiente de coproducción de soluciones conjuntas entre la oferta y la demanda, como propiedad emergente de un sistema complejo en el que ambos actores trabajan juntos.

Debido a las características y la complejidad de estos sistemas tecnológicos, esta metodología es pertinente para contribuir a un enfoque cualitativo y evolutivo que analice las trayectorias del cambio tecnológico de las empresas, a fin de comprender las particularidades y, especialmente, las capacidades requeridas para la innovación.

De tal manera, este documento de trabajo proporciona evidencias empíricas que dialogan con la literatura evolutiva y neoschumpeteriana respecto de la relación entre el cambio tecnológico y la construcción de rutinas y capacidades en las organizaciones, en especial en la I4.0. Desde esta perspectiva, la innovación y el ST –como solución– pueden analizarse desde un proceso de coproducción entre las empresas oferentes y demandantes, y su análisis puede establecer puentes entre la teoría y el nivel empírico –el caso–. Por último, el trabajo apunta a contribuir al diseño y la implementación de políticas de TIC, ya que permite diferenciar los factores de influencia y las competencias necesarias para enfrentar los desafíos de implementar un ST de I4.0.

El documento se organiza de la siguiente manera: luego de esta introducción, en la segunda sección se revisan y resumen las características centrales de los antecedentes y el estado del arte de los ST de I4.0 y las implicaciones para los países en desarrollo, teniendo en cuenta las capacidades tecnoorganizativas acumuladas anteriormente; también se debate el papel de las capacidades endógenas necesarias para adoptar y generalizar la I4.0 en todo el sistema económico y los fenómenos de coproducción presentes en el proceso de innovación desde diferentes perspectivas.³ La tercera sección presenta los objetivos específicos y las preguntas que alimentan y orientan el estudio de caso propuesto, y desarrolla la metodología abordada y los criterios utilizados para su selección. La cuarta sección despliega la presentación del caso e incluye detalles sobre la firma oferente, la demandante y el ST involucrado en el proceso de coproducción. Una quinta sección desarrolla en detalle el análisis del caso en clave de capacidades y coproducción, para poner en diálogo la teoría con la

3 Agradecemos a Leandro Lepratte por sus comentarios a versiones previas de la subsección “El proceso de innovación en servicios: la coproducción entre oferta y demanda” y por haber ayudado a identificar y ver las similitudes y diferencias de las diversas corrientes no asimilacionistas que estudian el fenómeno de la coproducción.

evidencia empírica. Finalmente, se proporcionan algunas conclusiones y reflexiones que pueden contribuir al diseño de políticas públicas.

Marco teórico

La industria 4.0 desde la perspectiva neoschumpeteriana

La literatura de economía y negocios define a la I4.0 como un sistema de ST, entre los que se destacan: la internet de las cosas, el tratamiento de grandes volúmenes de datos (Big Data), sistemas ciberfísicos (tecnologías informáticas, electrónicas y de comunicación incorporadas en dispositivos físicos interconectados en línea), la inteligencia artificial, la realidad virtual, la realidad aumentada, la fabricación digital (herramientas y máquinas automáticas y programables), los gemelos digitales (la replicación virtual de un proceso o un objeto físico para simular) y la tecnología *Blockchain*. Otros ST son la computación en la nube –asociado a Big Data–, la realidad mixta y los robots autónomos, que son clave para el funcionamiento sistémico de I4.0. Finalmente, se incluyen la comunicación inalámbrica y la de banda ancha.

Aunque muchos de los sistemas tecnológicos que constituyen la I4.0 tienen sus orígenes en las últimas décadas, su característica distintiva es la integración de diferentes sistemas ciberfísicos que utilizan internet, lo que lleva a un funcionamiento sistémico (Baheti y Gill, 2011; Monostori, 2014; Lee *et al.*, 2015; Brixner *et al.*, 2020). Dicha integración es posible por la incorporación de sensores, microprocesadores, puertos, antenas y software que permiten la recopilación y el análisis de datos. Esto implica un mayor uso e intensificación del hardware, una reducción en el tiempo de procesamiento de información en línea y la automatización del proceso de análisis.

La literatura neoschumpeteriana coloca el foco en la dinámica de los sistemas y los paradigmas tecnoorganizacionales, la trayectoria de las organizaciones –empresas e instituciones– y el desarrollo de capacidades, conexiones y procesos de innovación (Dosi, 1982; Freeman y Soete, 1982; Pérez, 2008, 2009a y 2009b). En este marco, el paradigma tecnoorganizacional es entendido como el conjunto de acuerdos explícitos y tácitos que los agentes alcanzan en torno a una determinada dirección para buscar avances radicales en tecnologías y formas organizativas, en relación con un factor productivo clave (Dosi, 1982; Freeman y Soete, 1982; Pérez, 1985). En este sentido, la trayectoria tecnológica se entiende como un patrón de actividad “normal” de resolución de problemas productivos, organizativos y estratégicos dentro de un paradigma tecnoorganizacional específico (Dosi, 1982;

Nelson y Winter, 1982). Por lo tanto, diferentes combinaciones de ST pueden generar diferentes trayectorias dentro del paradigma.

Esta literatura sugiere que en cada fase de un paradigma tecnoorganizacional se pueden abrir ventanas de oportunidad para los países en desarrollo. Si bien inicialmente la curva de aprendizaje es todavía reducida y nuevos competidores pueden ingresar al mercado, se requieren umbrales mínimos de capacidades y conexiones preexistentes (Pérez y Soete, 1988) o el desarrollo rápido de estas capacidades y vínculos. Es posible identificar dos instancias para aprovechar las ventanas de oportunidad: la primera puede explotarse al comienzo del paradigma tecnoorganizacional, pero se precisa una base de conocimiento para lograr innovaciones radicales. La segunda sería en la etapa de las industrias maduras, en las cuales las técnicas y los productos ya están estandarizados y no se necesitan altos recursos de investigación y desarrollo (I+D); sin embargo, en esta fase de madurez se requiere una cantidad considerable de inversión en bienes de capital (Pérez, 2010).

Según Pérez (2010), el paradigma de las TIC corresponde a la quinta revolución tecnológica. En ella se enfatiza los menores costos de la microelectrónica y el desarrollo de computadoras, software, TIC y nuevos materiales, y la consolidación de la comunicación digital como infraestructura que amplifica las capacidades del resto de la economía y la sociedad (cable, fibra óptica, satélite, internet, redes electrónicas de múltiples fuentes y transporte físico de alta velocidad). Por otro lado, los insumos clave son la microelectrónica barata, computadoras y software, las telecomunicaciones y los instrumentos de control.

Así, desde esta perspectiva, la I4.0 no necesariamente representa un nuevo paradigma tecnológico, sino una nueva fase del paradigma tecnoorganizacional informacional, vinculado al alcance y a la integración de los sistemas tecnológicos que, en su gran mayoría, ya existían hace tres o cuatro décadas. Los argumentos de esta posición—desarrollados en Brixner *et al.* (2020)—se resumen en:

- La presentación *ex ante* del fenómeno como una “revolución”.
- La existencia de ST desde mucho tiempo atrás que, si bien bajan sus costos a lo largo del tiempo, no son disruptivos para las rutinas, aunque sí pueden generar impactos en los aspectos productivos.
- El énfasis de la literatura de I4.0 en la adopción de ST sin considerar el *path dependence* de capacidades e interconexiones previas necesarias para su implementación.
- La falta de discusión en esta literatura acerca del efecto sobre la convergencia de los niveles de productividad (*catch up* tecnológico) y la generación de procesos de cambio estructural en los países en desarrollo.

- El reconocimiento de que la adopción sistémica de I4.0 en países en desarrollo precisa de una política pública estratégica, experimental, holística, compleja y transformadora (Metcalf y Foster, 2007; Borrás y Edquist, 2019), y un plan integral para el desarrollo de la infraestructura de internet y de telecomunicaciones que permita su implementación efectiva.

Capacidades, conectividad y *path dependence* como condición para el desarrollo de la industria 4.0

Como se mencionó previamente, la generación de ST que constituyen I4.0 requiere la acumulación previa de capacidades tecnológicas, productivas y organizacionales. En particular, el enfoque evolucionista pone de relieve la relevancia de la evolución del sendero de construcción de capacidades, conexiones y la adaptación de las organizaciones al entorno, como un aspecto clave para generar procesos de cambio estructural. El estudio de estas temáticas comenzó en los países en desarrollo en los años setenta. Las investigaciones pioneras de Dahlman y Westphal (1982), Katz (1984), Dahlman *et al.* (1987) y Lall (1987) evidencian la importancia del proceso de construcción de capacidades a través de estudios empíricos.

Este tipo de investigaciones representan importantes contribuciones al pensamiento heterodoxo, que cuestionaba la idea de que las capacidades tecnológicas de las firmas de países en desarrollo –llamadas *latecomers*– se adquirirían de manera automática (Lall, 1992). Es decir, gana terreno la idea de que la tecnología se implementa mediante su uso o al realizar pequeños esfuerzos de adaptación de las tecnologías diseñadas en países desarrollados. En efecto, desde la perspectiva ortodoxa, la adquisición de competencias depende solo de la operacionalización de tecnologías provistas desde el exterior (Bell y Figueiredo, 2012).

Contrariamente, el enfoque neoschumpeteriano pone especial atención en el concepto de capacidades, que enfatiza las habilidades para el uso y la transformación efectiva de conocimientos en tecnologías nuevas o existentes. Así, Westphal *et al.* (1985) definen las “capacidades tecnológicas” como la habilidad para usar efectivamente el conocimiento, tanto en producción como en inversión e innovación. Teece (1992) se centra en el concepto de “capacidades dinámicas” y considera la importancia de ser flexible al momento de innovar debido a los cambios de contexto. Por otra parte, Cohen y Levinthal (1990) se refieren a las “capacidades de absorción”, asociándolas a las habilidades en I+D, la identificación, asimilación y exploración en el entorno de la empresa.

A los fines de profundizar el análisis de cómo se construyen las capacidades tecnológicas a lo largo del tiempo, Lall (1992) y Bell y Pavitt (1995) proponen taxonomías que permiten identificar gradientes con diversos niveles de complejidad de las capacidades, así como de los tipos de competencias tanto tecnológicas y productivas como de inversión y de vinculación. En particular, estos autores hacen una diferenciación entre las capacidades de innovación o tecnológicas y las capacidades de producción. Esto se explica porque se amplió la brecha entre el concepto de uso y creación de tecnologías, mientras que la innovación no solo se genera en las etapas de producción sino que puede emerger en otras fases o áreas, por ejemplo, departamentos de ingeniería, unidades de diseño y centros formales o informales de I+D de la empresa. Esta distinción es realizada por algunos autores que se enfocan en firmas que generan procesos de *catch up* en sus trayectorias (Bell y Figueiredo, 2012).

En relación con la noción de brechas en las capacidades respecto de las industrias globales líderes, estos autores consideran necesario hacer la diferenciación expuesta por Bell y Pavitt (1995) y destacan que las firmas pueden generar *catch up* en términos de capacidades de producción o capacidades tecnológicas. En el primer caso, las firmas pueden usar la misma tecnología y los mismos procesos en la producción que las compañías líderes, por lo cual pueden mejorar su productividad y otros aspectos de su *performance* competitiva. En consecuencia, sus productos pueden estar cerca o en la frontera tecnológica internacional. Esta es una *vía de catch up* en la que, en efecto, es posible disminuir las brechas de productividad a partir de reducir las brechas de capacidades productivas. El segundo caso está asociado a empresas que generan *catch up* en términos de capacidades tecnológicas, que van desde la imitación de tecnología hasta bajos niveles de capacidades de innovación que pueden avanzar hasta alcanzar o superar la frontera internacional, tales como las firmas en Corea del Sur (Kim, 1997).

Desde una perspectiva sistémica, el enfoque evolucionista neoschumpeteriano resalta también las capacidades de vinculación/conectividad de las empresas para mejorar sus capacidades dinámicas. En especial, Teece (1992) se refiere a las capacidades de conectividad de las organizaciones en un determinado espacio multidimensional. Las conexiones dependen tanto de las capacidades de absorción, tecnológicas y organizacionales de las firmas, como de su posicionamiento en las redes y sus habilidades para responder y adaptarse a los cambios externos (Antonelli, 2014; Dantas y Bell, 2009 y 2011).

Las capacidades de conectividad tienen vinculación directa con las potencialidades del sistema para establecer relaciones y generar interacciones con otros agentes, que

permitan mejorar sus conocimientos básicos y sus capacidades dinámicas. En este sentido, los conocimientos, las oportunidades y los recursos a los que pueden acceder las firmas dependen de los diferentes niveles de desarrollo de sus capacidades, de la conectividad y de los *feedbacks* entre ellos (Erbes *et al.*, 2010).

En este marco, las capacidades de absorción y conectividad se refuerzan mutuamente y posibilitan la construcción de capacidades dinámicas. En este sentido, cuando las firmas cuentan con niveles similares de conocimientos, se logra más fácilmente el entendimiento mutuo y se accede a beneficios conjuntos (Nooteboom *et al.*, 2007). A través de estos *feedbacks*, los sistemas desarrollan habilidades para lograr apropiación de rentas, destrucción creativa y procesos de cambio estructural. Así, los sistemas con elevadas capacidades de absorción tienden a estar más abiertos y cuentan con elevada densidad de relaciones con otros sistemas, lo que los posiciona mejor para la obtención de beneficios generados a partir de sus interacciones.

En suma, la mayor capacidad de conectividad contribuye al desarrollo de capacidades de absorción. A pesar del intercambio bilateral de conocimientos, las capacidades de absorción son una condición necesaria para el desarrollo de vinculaciones (David y Foray, 1994; Antonelli, 1997; Erbes *et al.*, 2010; Barletta *et al.*, 2012). En esta dirección, algunos estudios empíricos a nivel de la firma analizan los beneficios y factores determinantes de los vínculos entre organizaciones de I+D y empresas, los cuales resaltan la importancia de contar con capacidades previamente adquiridas. Esto se manifiesta en diversas investigaciones en firmas europeas Arundel y Geuna (2004) y otros estudios en América Latina (Arza, 2010; Dutrénit *et al.*, 2010; Barletta *et al.*, 2012; Arza y Vázquez, 2014; entre otros/as).

A nivel de la firma, las capacidades de absorción y conectividad determinan el potencial para desarrollar procesos de aprendizaje y generar procesos de innovación. Las capacidades de conectividad se vuelven claves en tanto que se requieren conocimientos externos para nutrir los procesos de innovación. En consecuencia, las firmas necesitan complementar sus habilidades para el desarrollo de innovaciones (Richardson, 1959; Teece, 1992; Mowery *et al.*, 1996; Ahuja, 2000; Coombs y Metcalfe, 2000; Santoro y Gopalakrishnan, 2000; Antonelli, 2008). Por otra parte, a pesar de la existencia de conocimientos complementarios, las empresas deben disponer de capacidades de absorción para asimilar y aprovechar los conocimientos externos y poder aplicarlos a sus desarrollos. Además, las capacidades de absorción y conectividad se retroalimentan y refuerzan entre sí—positiva o negativamente—, lo que condiciona los procesos de aprendizaje y de innovación en las organizaciones (Yoguel y Robert 2010; Dantas y Bell, 2009 y 2011).

Por otra parte, algunos autores/as ponen de relieve los conocimientos y las competencias de gestión (Leonard-Barton, 1992 y 1995; Dutrénit, 2004), específicamente aquellas relacionadas a aspectos organizacionales basados en la interrelación e interdependencia de conocimientos.

Otra dimensión relevante en materia de capacidades es la forma en que se adoptan los procesos de trabajo dentro de las organizaciones y las redes a las cuales pertenecen las firmas, la rotación de equipos, la autonomía en las y los trabajadores en la toma de decisiones y la polivalencia funcional (Arundel *et al.*, 2007; Erbes *et al.*, 2011).

En América Latina es posible encontrar un conjunto de investigaciones empíricas focalizadas en el estudio de evolución de construcción de capacidades tecnológicas en diferentes ramas productivas (Katz, 1984; Dutrénit, 2000, Figueiredo, 2001, 2007 y 2010; Dutrénit y Vera-Cruz, 2005; Dutrénit *et al.*, 2006; Dantas y Bell, 2009 y 2011; Obaya, 2014; Mochi, 2020). Entre otros hallazgos, estos artículos revelan el carácter gradual y evolutivo en la adquisición de competencias y los grados de complejidad y riesgos.

El proceso de innovación en servicios: la coproducción entre oferta y demanda

El proceso de innovación—de empresas que introducen novedad en un sistema productivo y que buscan obtener cuasi-rentas en el proceso de competencia—constituye una propiedad emergente de un sistema complejo (Antonelli, 2014; Robert *et al.*, 2017). Tal sistema está conformado por diversos componentes que desarrollan capacidades e interacciones a lo largo de su *path dependence*. Cuando estas capacidades e interconexiones se destacan respecto de las generadas por otros competidores, se produce una apropiación de cuasi-rentas en el mercado como manifestación explícita del fenómeno de destrucción creativa que hace posible la innovación y pone en evidencia las conductas creativas de las organizaciones (Antonelli, 2014; Robert y Yoguel, 2016).

Partiendo de esta idea, en esta sección se discutirá en qué consiste el proceso de innovación en la producción de servicios desde diversas corrientes. Adelantando el argumento, pensamos que la innovación en servicios es el resultado de un proceso de interacción entre oferentes y demandantes cuyos *feedbacks* adquieren la forma de un proceso de coproducción de desigual intensidad entre los actores que intervienen. Este proceso es necesario por la relevancia que adquieren los activos intangibles, por la dinámica del proceso de generación y circulación de conocimientos y por la fragmentación del proceso productivo entre organizaciones que da lugar a la emergencia de redes. Para ello, iremos más allá del

criterio asimilacionista, según el cual no hay diferencias en el proceso de innovación en industria y servicios (Robson *et al.*, 1988; Miozzo y Soete, 1989; Miles, 1993; Evangelista *et al.*, 2013).⁴ Plantearemos que las diversas perspectivas de la literatura que discuten la innovación en servicios lo hacen desde el enfoque de la coproducción. En esa dirección, haremos dialogar el pensamiento evolucionista ligado a la perspectiva CTI (ciencia, tecnología e innovación) y los aportes de diversas corrientes de ciencia, tecnología y sociedad (CTS), que involucran la teoría del actor-red (TAR), la construcción social de la tecnología (más conocida como SCOT, por sus siglas en inglés) y la mirada latinoamericana sobre lo sociotécnico.

LA TEORÍA EVOLUCIONISTA

Para definir el proceso de innovación en servicios, esta corriente considera central dar cuenta de los fenómenos de coproducción y de innovación, considerados como el cambio de las rutinas cuando las existentes no pueden solucionar los problemas que aparecen o se descubren en las organizaciones (Nelson y Winter, 1982). Esta definición de innovación se asemeja a la perspectiva schumpeteriana que sostiene que cuando las rutinas no resuelven problemas, la “economía circular” entra en crisis. El cambio ulterior de rutinas lleva a desarrollar nuevas combinaciones que dan lugar a nuevos productos, procesos y cambios organizacionales y de comercialización (nivel micro-meso) y a procesos de desenvolvimiento a nivel meso-macro. En especial, como se verá en el caso presentado, cuando existen procesos de coproducción, los cambios en las rutinas y en las capacidades involucran a las firmas oferentes y demandantes y a los actores integrados en el proceso de producción.

Mientras las competencias son definidas como internas y externas y asimiladas a las ideas de *skills* (Nelson y Winter, 1982), las características técnicas y organizacionales se equiparan a la idea de sistemas de rutinas. En ese sentido, se retoman las críticas de Nelson y Winter (1982) y de otros autores evolucionistas (Dopfer *et al.*, 2004; Saviotti y Pyka, 2004; Metcalfe y Foster, 2007) acerca de la necesidad de realizar una aproximación a la medición de los procesos de innovación centrada en cambios de rutinas y en el desarrollo de las competencias de los actores que intervienen.

Así, una adecuada conceptualización del proceso de innovación y coproducción en servicios —en especial en ST I4.0— debería considerar el proceso de destrucción creativa en el que las firmas están inmersas, la generación e introducción de novedad en el sistema y el proceso de competencia que da lugar a la apropiación de cuasi-rentas en el mercado.

⁴ En los planteos asimilacionistas no existen diferencias ni en la conceptualización ni en el diseño de indicadores del proceso de innovación en industria y servicios (Soete y Miozzo, 1989; Miles, 1993). En esa línea los servicios no podrían ser *drivers* autónomos del crecimiento. Por el contrario, sus actividades son consideradas usuarias de innovaciones generadas en la industria que pueden derivar en aumentos de productividad en servicios.

**CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD: TEORÍA DEL ACTOR-RED,
CONSTRUCCIÓN SOCIAL DE LA TECNOLOGÍA Y PERSPECTIVA LATINOAMERICANA**

El concepto de coproducción ocupa un importante lugar en la literatura de CTS. Así, un producto/servicio nuevo puede ser considerado como emergente de un proceso sociotécnico de coproducción entre múltiples actores –humanos y no humanos– que interactúan en forma no lineal (Lepratte, 2014 y 2019). Las perspectivas de análisis sociotécnico centrado en América Latina –en autores como Thomas, Fressoli y Lepratte–, la de TAR –difundida por Callon, Latour y Law– y la variante SCOT –abordada por Pinch y Bijker– constituyen las dimensiones claves para analizar los procesos de coproducción y la emergencia de artefactos, en un sistema económico y social en el que intervienen una multiplicidad de actores –traductores e intermediarios, oferentes y demandantes–. Como plantea Jasanoff (2004: 20), “el término coproducción refleja el deseo de evitar los determinismos sociales y tecnológicos que no podría ser pensado sin instituciones resilientes y con plasticidad”.

Las tres perspectivas planteadas comparten en mayor o menor medida los siguientes puntos de vista:

- Las prácticas y los artefactos deberían ser vistos como construcciones de individuos/colectividades pertenecientes a diferentes grupos sociales.
- La tecnología no se encuentra en una relación invariante con la ciencia.
- La estabilización tecnológica puede ser comprendida solo si el artefacto es percibido como interrelacionado con un amplio rango de factores no tecnológicos y sociales.

Estas corrientes divergen en la especificación de la relación entre lo tecnológico y lo social. En particular, entienden que la detección de intereses sociales relativamente estables ofrece una explicación satisfactoria para el progreso de la tecnología. Por el contrario, el enfoque de redes asume que lo social no está especialmente privilegiado y presupone que los intereses sociales son variables. Las TAR, las que se desprenden de un constructivismo social tipo SCOT y las que desarrollan una perspectiva latinoamericana (Thomas, 2008; Thomas y Fressoli, 2010; Lepratte, 2019) tienen fuertes diferencias respecto de los procesos de coproducción. Como plantea Lepratte (2014), la visión de la TAR se centra en redes tecnoeconómicas, consideradas como un conjunto coordinado de actores heterogéneos –humanos y no humanos–, que participan colectivamente en la concepción, el desarrollo, la producción y la difusión de procedimientos para la producción de bienes y servicios. Un actor-red es aquel que tiene la capacidad de asociar la diversidad de elementos, darles identidad e historia común y calificar las relaciones entre ellos. Así, la tecnología genera procesos de irreversibilidad y reversibilidad que sobrepasan la distinción micro-macro.

Los actores poseen grados de libertad que les permiten desarrollar rutinas y estrategias innovativas que dan lugar a propiedades emergentes y a resultados imprevistos en la red.

Por su parte, las y los investigadores que siguen la perspectiva SCOT (1987) plantean un análisis de objetos que van desde artefactos hasta unidades sociotécnicas complejas (Bijker *et al.*, 1987). De esta forma buscan sobrepasar perspectivas micro-macro a través de ejercicios de reflexividad y de analizar las relaciones sociotécnicas en términos de grupos sociales relevantes. El análisis va desde los artefactos a los sistemas tecnológicos y de estos a los ensambles sociotécnicos y la cultura tecnológica (Pinch, 2008). A través de la deconstrucción de los artefactos se busca considerar las diversas perspectivas de lo que se denomina flexibilidad interpretativa. La clausura y estabilización son dos procesos que dan un cierre nunca definitivo a la flexibilidad interpretativa y plantean el triunfo de un modo de funcionamiento establecido por grupos sociales relevantes frente a una controversia (Bijker *et al.*, 1987).

BIJKER Y LAS TEORÍAS SCOT EN RELACIÓN CON LA COPRODUCCIÓN

En cuanto a la idea de coproducción, Bijker (2010) hace una revisión de la perspectiva SCOT sobre la base de las críticas de Callon y Latour (TAR) acerca de los vínculos entre humanos y artefactos. Considera que la coproducción constituye un concepto que puede romper los determinismos tecnológicos y sociales. Por eso, si bien los estudios sociales de la tecnología toman aportes de la sociología de la ciencia –como el relativismo o la simetría radical–, generan marcos de referencia propios. Las y los autores de estudios sociales de la tecnología resultan más amigables con los teóricos evolucionistas y neoschumperianos de la teoría de la innovación, cambio tecnológico y complejidad. En este sentido se pueden explorar modelos y enfoques convergentes sobre la base de supuestos de *inter-ontology crossover*⁵ (Geels, 2010; Lepratte, 2014).

El concepto de coproducción en el esquema SCOT se relaciona con la unidad de análisis. En sus planteos existe un gradiente de complejidad que va desde la flexibilidad interpretativa respecto de la producción de un “artefacto” en el que intervienen grupos sociales, oferentes y demandantes, hasta la cultura tecnológica y los *feedbacks* entre esas dimensiones. En ese gradiente Bijker propone los encuentros con otras unidades de análisis: sistemas tecnológicos y ensambles sociotécnicos. Al nivel de los ensambles sociotécnicos conceptualiza la dureza de la tecnología, en lugar de su maleabilidad y flexibilidad interpretativa. Así, Bijker reconoce que no todo es construcción (flexibilidad interpretativa), sino que la tecnología también moldea a los actores que intervienen. Esto también aparece en lo que se llama el *material turn* (Pinch y Swedberg, 2008), donde la materialidad de

⁵ Esta perspectiva pone los esfuerzos en relacionar diferentes ontologías a partir de supuestos generales compartidos, considerando fundamentos epistemológicos y metodológicos que orienten la convergencia.

la tecnología está implicada en los procesos de organización y prácticas sociales generales. Aquí es donde el enfoque de materialidad se encuentra nuevamente con la tradición de la TAR (Law, 2009).

Desde la tradición SCOT, se considera que el desarrollo de un producto/servicio deriva de acciones de diferentes actores (oferentes y demandantes), que dan lugar a procesos de diseño de un artefacto con amplia flexibilidad interpretativa en el marco de sus procesos de coproducción. El punto es que de un modo u otro se establecerán en el juego los sistemas tecnológicos, los ensamblajes sociotécnicos y una determinada cultura tecnológica. En ese marco, esta tradición desarrolla la idea de *agencement*, que son acciones de factores humanos y no humanos que, al producir diferencias, transforman una situación.

TEORÍA DEL ACTOR-RED Y EL PROCESO DE COPRODUCCIÓN

Callon y otros investigadores/as de TAR critican la separación entre oferta y demanda y la consideración de que el producto sea solamente un intermediario entre ambas dimensiones. También critica los enfoques en los que las cualidades del producto son intrínsecas a este porque el consumidor también está inmerso en un sistema sociotécnico donde aparecen elementos y productos que son similares. Sin embargo, diferenciar y evaluar plantea un problema de cognición distribuida. Aquí aparecen dos cuestiones: desde una perspectiva sociocognitiva, los productos en su materialidad “transmiten” información; a su vez, el consumidor forma parte de una compleja red sociotécnica pero en la que también existen otros artefactos (revistas, *test* de productos, etcétera).

Desde el lado de la oferta, la pregunta es cómo lograr posicionar la singularidad de un producto (calificación-recualificación), lo cual depende de dos tipos de cualificación inseparables: la materialidad y la presentación.

La distinción entre oferta y demanda solo sirve para enfatizar la simetría y la similitud de los comportamientos de los agentes económicos articulados en el proceso de cualificación. Esto depende de un complejo sistema de cognición distribuida en el que intervienen diversos actores que conforman redes. Al discutir por qué un consumidor decide dejar una red e incorporarse a otra, Callon plantea dos lógicas para la toma de estas decisiones: las basadas en consecuencias y las basadas en rutinas. Desde esta perspectiva el posicionamiento de productos y la construcción de preferencias son variables endógenas que los agentes manipulan y calculan.

LA DINÁMICA Y TRAYECTORIA SOCIOTÉCNICA: EL ACERCAMIENTO A LA LITERATURA DE COMPLEJIDAD

Un tercer aporte a los procesos de coconstrucción sociotécnica—en línea con el estudio de caso planteado— surge en América Latina (Thomas, 2008; Thomas y Fressoli, 2010; Lepratte, 2019) sobre la base del análisis de dinámicas y trayectorias de artefactos, firmas y organizaciones. La dinámica sociotécnica se define como un “conjunto de patrones de interacción de tecnologías, instituciones, políticas, racionalidades y formas de constitución ideológica de los actores” (Thomas y Fressoli, 2010: 120). Por su parte, la trayectoria sociotécnica es un proceso de co-construcción de productos, procesos productivos y organizacionales, instituciones, relaciones usuario-productor, relaciones problema-solución, procesos de construcción de funcionamiento y utilidad de una tecnología, racionalidades, políticas y estrategias de un actor o de un marco tecnológico determinado (Thomas, 2008).

La relación entre dinámicas y trayectorias sociotécnicas es autoorganizada; en esta se introduce la dimensión de la complejidad en el análisis sociotécnico. La complejidad organizacional de la relación entre dinámicas y trayectorias es “predominantemente” endógena. Otro concepto relevante es el de adecuación sociotécnica, como proceso autoorganizado e interactivo de integración de un conocimiento, artefacto o sistema tecnológico en una dinámica o trayectoria sociotécnica, sociohistóricamente situada (Thomas, 2008). Ciertos supuestos del análisis sociotécnico latinoamericano presentan puntos de convergencia inter-ontológica con las perspectivas evolucionistas neoschumpeterianas orientadas a la complejidad (Lepratte, 2014 y 2019). La visión en términos de redes, con procesos endógenos desde donde puede darse la emergencia de innovaciones y del cambio tecnológico sobre la base de la interacción de tecnologías y humanos, y las organizaciones consideradas desde su dimensión cognitiva, con rutinas, capacidades y aprendizajes, son algunos de los supuestos que establecen puentes para el abordaje de procesos de innovación en servicios, en términos de coproducción en relación con la teoría evolucionista.

EL DESARROLLO DE PROCESOS DE INNOVACIÓN Y LA COPRODUCCIÓN EN SOFTWARE Y SERVICIOS INFORMÁTICOS

Si se toman en cuenta las consideraciones de las secciones anteriores, en el caso de software y servicios informáticos (ssi) hay cierto consenso acerca de que las innovaciones no pueden definirse linealmente como el desarrollo de nuevos productos o procesos, sino como cambios en las capacidades y la posibilidad de reutilización de códigos fuente previos. En este contexto, cada nuevo proyecto de desarrollo podría ser una novedad para la firma siempre que implique nuevos desafíos. También puede tratarse como una continuidad

cuando la solución propuesta se enmarca dentro del acervo de capacidades disponibles o en una actividad de *factory*. En este caso los oferentes solo tienen que programar partes de un proceso que no necesariamente conocen en su totalidad y sobre el que no pueden tener *voice*. Por el contrario, si la firma necesita desarrollar nuevas capacidades, se podría inferir que el proyecto resulta innovador. De tal forma, la innovación y el desarrollo de capacidades están relacionados analíticamente.

En este marco, no se consideraría como innovadoras las actividades desarrolladas por empresas que hacen siempre servicios “nuevos” pero de igual complejidad como el caso de *factory* en el sector de software. Esto es particularmente importante en los países en desarrollo, donde el principal servicio de las firmas de SSI es ofrecer soluciones a medida antes que productos, cuestión que se acentúa a partir de la profundización del paradigma TIC y de la articulación de los ST que emergen en I4.0. En este caso, el uso de una definición asimilacionista sobrevaloraría el proceso de innovación en el sector y, en especial, en las empresas de *factory*, porque siempre brindan servicios nuevos —a pedido de un cliente— y serían continuamente innovadoras de acuerdo a una definición *mainstream*.

Abordaje metodológico

Para el desarrollo del caso se buscó analizar la forma en que ocurre el proceso de coproducción entre oferta y demanda, los vínculos y procesos de retroalimentación entre las firmas y las dificultades que enfrentan las empresas para desarrollar o adoptar la I4.0, así como los esfuerzos para adaptarse a estas nuevas tecnologías.

Las preguntas de investigación que guiaron la construcción de los instrumentos para el desarrollo del caso fueron:

- ¿Cuáles son los umbrales mínimos de capacidades sistémicas tecnoorganizacionales para adoptar y ofrecer a las empresas el desarrollo de algún ST de I4.0? ¿Contribuye la I4.0 a los procesos de innovación de las empresas?
- ¿Cuáles son las características de la interacción entre la empresa oferente/demandante del producto o servicio en particular de I4.0? ¿Es posible identificar un gradiente de situaciones?
- ¿Cuál es la trayectoria evolutiva del oferente?
- ¿Qué tipo de dificultades y desafíos identifican las empresas analizadas para el desarrollo o la adopción de soluciones I4.0?

- ¿Es posible diseñar una intervención para impulsar la oferta y la demanda de I4.0?
¿Cómo podrían los países en desarrollo aprovechar una “ventana de oportunidad” potencial para producir I4.0?

El abordaje metodológico de la problemática presentada en este documento implicó un diseño de investigación flexible e interdisciplinario, que posibilitó la aparición de elementos emergentes. El análisis de caso privilegió una aproximación empírica de carácter cualitativo construida a partir de una selección teórica e instrumental inicial de casos (Stake, 1994). En este documento se analiza el primero de estos. El caso⁶ revela las particularidades, contextos y detalles y contribuye a una perspectiva útil para los países en desarrollo, ya que reconoce la heterogeneidad de los fenómenos y se sitúa lejos de las generalizaciones.

Este abordaje se considera apropiado para interpelar la teoría existente sobre fenómenos especialmente novedosos, ya que pueden dar respuesta a cómo y por qué ocurren, analizándolos en el contexto natural en el que se manifiestan en su complejidad y detalle (Yin, 1994; Eisenhardt y Graebner, 2007). Así, el caso no es el propósito de la investigación, sino un tipo de estrategia metodológica que proporciona una base empírica para la comprensión del fenómeno más general, por lo que contribuye a analizar y reconocer los alcances y límites de la teoría con las que esos casos dialogan. En este sentido, el análisis de caso aborda una problemática particular revisada a la luz de muchas propiedades en una sola unidad (Yin, 1994), “considerando a los actores y sus estrategias así como los procesos que los abarcan, en los contextos específicos de acontecimiento” (Neiman y Quaranta, 2006: 230).

Para la selección inicial de casos se consideró, en una primera etapa exploratoria, las sugerencias provistas por informantes clave quienes fueron entrevistados/as a fin de definir firmas oferentes e identificar los sectores entendidos como demandantes.⁷ A partir de allí, se contemplaron criterios teórico-instrumentales que permitieron identificar cinco posibles casos considerados reveladores (Yin, 1994), en términos del análisis de las tres dimensiones mencionadas: la empresa oferente de un ST de I4.0, el papel de la demanda y el gradiente de coproducción y soluciones conjuntas entre la oferta y la demanda como propiedad emergente. El caso analizado en este documento fue seleccionado por las distintas características complejas abordadas desde su unicidad, pero que contribuyen a desentrañar dimensiones teóricas comunes: a nivel micro y meso las capacidades tecnoorganizacionales y productivas de oferentes y demandantes, las características y relevancia de la coproducción para el aporte a la innovación, los vínculos de las firmas con otros actores

⁶ Cabe indicar también que este estudio de caso es considerado una etapa de profundización y diálogo con la evidencia empírica de investigaciones previas (Brixner *et al.*, 2020). De igual forma, los hallazgos de este estudio de caso pueden contribuir a la construcción de mejores instrumentos estandarizados –por ejemplo, encuestas sobre la base de muestras– que permitan un alcance mayor, especialmente en la discusión de propuestas de políticas públicas.

⁷ Durante la etapa exploratoria, las entrevistas tuvieron el objetivo de reconocer las problemáticas y los desafíos asociados a la I4.0, así como posibles futuros casos y firmas. En este sentido, las preguntas estuvieron orientadas a conocer la posición de los expertos consultados sobre el fenómeno de I4.0, su definición, características y las capacidades asociadas para su despliegue. En particular, se consultó acerca de empresas e instituciones que estaban desarrollando e implementando I4.0.

—sus redes—y la complejidad del ST involucrado. A nivel macro, dialoga con el rol de las políticas públicas en la Argentina en un escenario en el que la oferta de estos productos y servicios de I4.0 tienen una escala global.

Técnicas de recolección de la información

Durante la investigación se utilizaron diferentes técnicas de recolección de información de campo que incluyó entrevistas en profundidad —exploratorias iniciales y a los informantes clave involucrados en el caso— orientadas por una guía de preguntas. En la mayoría de los casos, el acercamiento inicial al campo incluyó la observación en las locaciones de las firmas, salvo en algunas de las entrevistas que debieron hacerse de manera remota —telefónicamente o a través de internet—. ⁸ En el caso de las entrevistas en profundidad, estas fueron organizadas en función de diferentes ejes. Respecto de la firma oferente: preguntas vinculadas a la firma, su génesis, su estructura y su concepción de innovación. Varias se orientaron a reconocer las capacidades tecnológicas y de innovación, organizacionales y de gestión, de producción y de vinculación con la demanda. También se realizaron preguntas vinculadas a los procesos de competencia y cadena de valor y al financiamiento e instrumentos de apoyo de políticas públicas. En particular, se incluyeron preguntas relacionadas al proceso de coproducción con la firma demandante. También contó con un *corpus* de preguntas sobre los desafíos identificados para el desarrollo de la oferta de I4.0 y para obtener recomendaciones sobre políticas públicas sugeridas. Por su parte, en el caso de la firma demandante de soluciones, se desarrollaron preguntas relacionadas con la firma, con la solución demandada y con el reconocimiento del problema. Otras estuvieron focalizadas en las capacidades necesarias para la adopción del ST, la vinculación con el prestador del producto/servicio, los procesos de coproducción posibles y los efectos de la incorporación de ST de I4.0 en la productividad de la firma. De igual forma que en el caso de oferentes, se indagó sobre los desafíos identificados así como propuestas respecto de políticas.

Cuestiones éticas del estudio

Para este estudio, las y los entrevistados conocían los objetivos iniciales de la investigación, tanto en el marco de la exploración como en el caso, y muchos de ellos/as solicitaron los resultados con expectativa. Antes y después de algunos encuentros, también se compartieron escritos previos vinculados a la temática, elaborados por miembros del equipo de investigación para enmarcar la mirada sobre la problemática general.

⁸ Las entrevistas posteriores a marzo de 2020 fueron realizadas por distintos canales no presenciales, en el marco del aislamiento social, preventivo y obligatorio decretado en el marco de la pandemia por el COVID-19.

También se advierte que a lo largo de todo el documento se mantiene el anonimato de las firmas y de los entrevistados/as involucrados en los procesos analizados, mediante una codificación específica y nombres de fantasía.

Presentación del caso

El caso contempla una firma (A), conformada por dos científicos del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) de la Argentina, que en 2018 crean una empresa de provisión de servicios de inteligencia artificial (IA) para apoyar el trabajo de médicos especialistas en diagnóstico por imágenes que trabajan en la firma demandante (B). (B) es una institución médica sin fines de lucro muy reconocida por su trabajo en el diagnóstico y tratamiento de patologías neurológicas, que además promueve la investigación clínica. La solución tecnológica que conforma el caso –en adelante A.img, nombre de fantasía– utiliza algoritmos de IA aplicados a la lectura y evaluación de imágenes de resonancias magnéticas cerebrales, provenientes de la firma demandante. Con la utilización de A.img se apunta a realizar el diagnóstico de esclerosis múltiple (EM) y otras enfermedades desmielinizantes, con un nivel de error significativamente menor al de las prácticas habituales.

La solución tecnológica A.img permite cuantificar el grado de atrofia cerebral y el nivel de lesiones que muestran las enfermedades neurocognitivas y desmielinizantes en las imágenes de resonancias magnéticas cerebrales. Se trata de un producto estándar de elevada complejidad que automatiza procesos que antes eran realizados a través de métodos semiautomáticos, que demandaban mucho tiempo, generaban altos costos y solo se utilizaban en el marco de trabajos de investigación. El proceso consiste en el envío de las imágenes a través de una red encriptada –para garantizar el tratamiento confidencial de datos sensibles–, su procesamiento con IA –a partir de métodos basados en aprendizaje automático, en particular aprendizaje profundo y redes neuronales convolucionales que identifican las lesiones– y la devolución en cuatro minutos de un informe que incluye su análisis. Posteriormente, se elimina el archivo de la imagen original de los servidores de A.img y el informe se integra al paquete de imágenes del paciente en el sistema de comunicación y almacenamiento digital de imágenes médicas (PACS, por sus siglas en inglés) de (B). Así, el médico accede al conjunto de imágenes e informes en bloque para elaborar su propio informe médico.

El caso es interesante porque presenta la conformación de una nueva firma proveedora de IA a partir del vínculo entre dos científicos especializados, que se proponen intervenir en un problema de la realidad del sector de salud para impactar en las personas de una forma más directa que la que caracterizaba su vida académica previa. Además, el uso de A.img es de interés por el aumento en la precisión de la práctica médica, lo que disminuye significativamente los costos y genera aumentos de productividad sustanciales. El caso destaca, especialmente, por un alto nivel de coproducción entre (A) y (B) durante el proceso de producción inicial de la solución hasta su estandarización.

El caso pone de manifiesto la naturaleza de los procesos de innovación en servicios que no pueden ser evaluados solo a partir de los esfuerzos incorporados y desincorporados de innovación de la firma oferente o demandante como sucede en la práctica de la industria manufacturera. Por eso, la participación activa de la firma (B) (demandante) constituye una condición necesaria para la generación del producto A.img.

El proceso de gestación de la empresa oferente y de generación de competencias

La empresa (A) fue fundada en 2018 por sus dos socios. Uno dedicado a la informática—en adelante “Aa”—y el otro a la neurocirugía—en adelante “Ab”—. Cuando comenzó su doctorado en 2004, el primero se inició como investigador de tiempo completo en la Facultad de Ciencias Exactas (UBA) en el área de IA y en 2012 ingresó a la carrera de investigador científico. Para desarrollar aplicaciones de IA en psicología, neurociencia, psiquiatría y salud mental, completó su formación en IA con pasantías en Estados Unidos (IBM) y en diversos centros de la Argentina.

Por su parte, “Ab” es un médico recibido en 2006 que luego de terminar la residencia en neurología trabajó en los Estados Unidos, adquirió *expertise* en ese campo y comenzó a trabajar en el área de métodos cuantitativos y en salud pública. Los estudios en neurología y de posgrado en los Estados Unidos, así como la “residencia” en el país, le permitieron adquirir competencias en salud pública que fueron muy importantes para el comienzo de (A). Como sugiere “Ab”: “En la medicina hay serios problemas de estándares de calidad; se dice por ejemplo que se diseña una señal con un 69% de posibilidades de detectar tumores cerebrales, lo que constituye una probabilidad muy baja para otras áreas científicas”.

“Ab” retornó de los Estados Unidos con la intención de utilizar algoritmos de IA para su aplicación en medicina. Para eso, buscó un investigador argentino experto en IA con los mejores índices de publicaciones y en 2014 identificó a “Aa”, que venía trabajando en

procesamiento de lenguaje natural y análisis de textos con herramientas de IA. Ambos científicos comenzaron a trabajar en textos provenientes de historias clínicas y codirigieron una tesis sobre la aplicación de procesamiento del lenguaje natural a historias clínicas electrónicas.

Como consecuencia de las experiencias compartidas –entre las que tuvo mucha influencia la codirección de la tesis mencionada–, vieron la posibilidad de iniciar un proyecto empresarial factible de ser monetizado y con impacto sobre la sociedad y la forma de funcionamiento de la práctica médica. Así, decidieron dedicarse plenamente a este proyecto y orientaron su trabajo para generar un producto en un año. En esa dirección estudiaron cómo la IA permitiría potenciar la actividad del médico/a y dar mejores diagnósticos sobre la base de imágenes y servicios que permitan llegar al 80% o al 90% de precisión.

El desarrollo de capacidades y la emergencia del proyecto

Los dueños “Aa” y “Ab” definen a (A) como “una empresa científica” que desarrolla soluciones para interpretar diagnósticos por imágenes a partir del uso de algoritmos de IA. Como en otras innovaciones que se generan en la industria de servicios, el producto requiere una coproducción bidireccional entre una empresa que oferta, (A), y otra que demanda, (B). Esta vinculación nació desde la fundación de (A) porque “Ab” no solo era cofundador de (A) sino que formaba parte del plantel de (B) donde, además, tenía sede el CONICET. Luego de la creación de (A), los primeros pasos fueron el desarrollo del producto a partir de la idea aportada por “Ab” por su experiencia en la institución (B).

Como microempresa científica, (A) se caracteriza por la relevancia que le otorgan a los equipos de I+D formales e informales y a las redes de conocimiento en las que participan para aumentar sus competencias tecnológicas y productivas. Esta conducta en la generación de capacidades es una particularidad respecto de empresas de similar tamaño en otros sectores.

Pasar del análisis de texto a la interpretación de imágenes 3D vía redes neuronales convolucionales fue un salto posible por los avances tecnológicos derivados de la investigación individual y de los desarrollos en IA que hizo “Aa” antes de vincularse con “Ab”, de las capacidades de articulación de “Ab” y de la coparticipación de “Ab” en (B). Este encuentro y el trabajo conjunto entre ambos científicos permitieron generar desde la creación de (A) las competencias fundamentalmente tecnológicas y productivas, e incipientemente comerciales, organizacionales y de gestión necesarias para el desarrollo del emprendimiento.

Desarrollar el proyecto inicial de interpretación de los resultados de resonancia magnética cerebral les llevó un año y medio de trabajo. Para otros productos desarrollados luego, detección de anomalías en tórax, mamografías, se reutilizaron códigos generados en el primer proyecto. Esto les permitió producirlos en el lapso de dos meses gracias a la generación de un sendero evolutivo previo de construcción de competencias tecnológicas y productivas, que dieron lugar a la obtención de economías de escala en la construcción de soluciones. Es decir, luego del primer producto, que constituyó una innovación radical, el resto de los productos constituyeron innovaciones incrementales centradas en la reutilización de códigos de programación de procesos previos y de la gestión de la infraestructura y la comunicación—con la excepción del modelo de redes neuronales, específico para cada uno de los productos.

Para generar A.img trabajaron con un conjunto determinado de médicos de (B) que contribuyeron a que la presentación de los resultados sea útil y mejore significativamente la calidad y productividad de los diagnósticos. Así, el producto estandarizado que comercializan es un informe en .pdf de cada una de las series de imágenes, ajustado a las necesidades del usuario/a final (médico/a). Según “Aa” y “Ab”, nadie hasta ahora había podido hacer en la Argentina un avance robusto en cuantificación de placas desmielinizantes—que diagnostican EM—, como para que funcione en el mundo de los médicos/as y que sea aceptado por ellos/as.⁹ El desarrollo de A.img requirió un fuerte intercambio de conocimientos con (B) para tener en cuenta las particularidades del proceso y del trabajo del médico/a en la lectura de imágenes. Este intercambio y el proceso de coproducción con (B) debieron pasar por una fase de creación del mercado. Esta fase consistió no solo en la terminación y adaptación del producto sino en la necesidad de convencer a los médicos y a las autoridades de (B) sobre la mejora de los diagnósticos que ofrecía A.img. El potencial de la idea surgió de (A) hacia (B) y fue fortalecida cuando los médicos/as—usuarios/as finales del producto—vieron el alcance y la efectividad de los resultados. En especial, se convencieron de que el producto brinda más exactitud y les facilita el cálculo de indicadores que son complejos—o imposibles—de elaborar en forma manual. Después de dos años, ambos socios consideran que el producto está maduro para ser comercializado y se encuentra en una fase de la expansión de la demanda. Por lo tanto, la curva de aprendizaje requirió dos años hasta el lanzamiento al mercado.

Respecto del surgimiento del proyecto es importante destacar el lugar de “Ab” como articulador de los acuerdos iniciales. En un primer momento estos acuerdos fueron informales, por su pertenencia a ambas firmas y por un trabajo previo estrecho y desinteresado

⁹ Existen otros ejemplos de uso de IA para lectura de imágenes médicas—aunque no hiper especializados en placas desmielinizantes—. Este es el caso de una institución privada sin fines de lucro (hospital) que internaliza el desarrollo *in house*.

con el departamento de imágenes de (B), sin ser parte de él. En esa dirección “Ab” ocupó un rol de traducción en materia de necesidades y requerimientos sobre el producto A.img durante su desarrollo, de acuerdo a su especialidad médica. Además, aportó el reconocimiento de una demanda no satisfecha en (B) como es la cuantificación de placas desmielinizantes y el grado de atrofia, propias de la hiper especialización en imágenes neurológicas de (B).

Las capacidades de gestión en las regulaciones: los procesos de certificación de calidad

El producto obtenido es considerado tecnología médica aplicable al sistema de salud, por lo que requería obtener una certificación de la Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica (ANMAT) de la Argentina. Esta certificación implicó un proceso burocrático que casi aborta las posibilidades del desarrollo del producto, lo cual puso de manifiesto que los desafíos para el éxito no eran solamente tecnológicos y comerciales, sino también regulatorios y organizacionales. Sin embargo, la agencia oficial no contaba con las competencias necesarias para proveer regulaciones de productos vinculados a la IA en imágenes médicas. Para ello fue necesario que “Aa” y “Ab” intervengan y desarrollen prácticas asociadas a la certificación y regulación de A.img que no eran propias de su formación. En esa dirección se generó una particular alianza entre ellos y la ANMAT que dio lugar a una nueva instancia de coproducción, que permitió que A.img pudiera ser comercializado.

Durante la gestión de la certificación del primero de los productos para su explotación comercial en resonancias magnéticas cerebrales, la ANMAT no contaba aún con ninguna regulación para casos de IA. Los primeros problemas que se plantearon fueron definir si debían ser regulados o no. Con la confirmación de la necesidad de regulación, también fue complejo lograr entendimientos con el organismo sobre las normativas existentes que no eran aplicables a la IA (por ejemplo, requisitos de seguridad de laboratorios, disponer de una oficina y contar con un director técnico matriculado). Este último requerimiento –la matriculación– no es apoyada, en general, en el sector de software, lo que hizo aun más complicado su cumplimiento. Cabe destacar que en ese proceso fueron necesarios ensayos clínicos de diverso tipo para la validación de A.img, que fueron realizados en (B) en septiembre de 2018. La certificación de A.img pone de relieve que el producto fue el primero de la Argentina con certificación. No obstante, existen productos similares integrados verticalmente y autoconsumidos por las instituciones médicas que los generan.

En suma, en palabras de “Aa”: “No entrábamos en ninguna regulación ni categoría, no sabían qué hacer con nosotros ni con la IA”. Finalmente, la firma (A) fue convocada por la ANMAT para escribir en conjunto la normativa necesaria; con la colaboración de la gerencia de innovación del organismo pudieron sortear varias de las cuestiones que no aplicaban y certificar el primero de los productos. Luego de la primera experiencia de certificación de IA en imágenes para uso médico, que llevó más de un año de gestión, actualmente las autorizaciones de nuevos productos pueden realizarse en 15 días, lo que redundó en un aprendizaje mutuo tanto de (A) como del organismo.¹⁰ A fines de intensificar la comercialización del producto se buscó certificar otras normas de calidad como la certificación ISO y, sobre todo, la que otorga la Administración de Medicamentos y Alimentos (FDA) de los Estados Unidos. Con la excepción de Brasil, que tiene una norma distinta, certificar en la ANMAT abre las posibilidades de entrada a otros países latinoamericanos ya que, según “Aa”, es considerada la mejor oficina regulatoria de América Latina. En los Estados Unidos la certificación de la FDA es muy compleja y estandarizada, y constituye una importante barrera a la entrada. Allí se requiere una validación de un centro médico—como forma de protección—al que se le debe pagar por cada resonancia; por lo tanto, para la gestión de la certificación de la FDA contrataron especialmente una empresa. Con el desarrollo del producto y el logro de las certificaciones se plantean ser líderes a nivel regional en 2021-2022, y a fines de 2022 entrar por las regiones del sur de los Estados Unidos.

El financiamiento para ganar escala, superar el valle de la muerte y mejorar las capacidades de comercialización

En las primeras entrevistas, “Aa” y “Ab” plantearon que la condición necesaria para el desarrollo de (A) era conseguir financiamiento. En esa búsqueda obtuvieron diversos premios de empresas de salud y de empresas farmacéuticas y biotecnológicas internacionales interesadas en la identificación de cefaleas con diagnóstico de EM.

Durante la primera etapa, (A) recibió financiamiento de una empresa farmacéutica internacional mediante un convenio celebrado entre esta y la firma (B), de modo de generar experiencias de implementación y capacitación en el uso de una versión de A.img en otros centros médicos del interior de la Argentina. El interés de la empresa farmacéutica era que (A) identificara lesiones no captadas por los métodos tradicionales, lo que permitió—según “Ab”—aumentar la visibilidad de la solución y hacer estudios previos que contribuyeron a la mejora del producto.

¹⁰ “Aa” mencionó el caso de los Estados Unidos, en el que la FDA creó un área específica para productos digitales como respuesta a la necesidad de actualización de la regulación de este tipo de productos, que implica una adaptación a los cambios tecnológicos recientes.

En una etapa embrionaria de la firma, también se presentaron y les fue adjudicado un financiamiento del Fondo Tecnológico Argentino (FONTAR). Sin embargo, hubo dificultades en la ejecución vinculadas a cambios de políticas a partir de 2016 en la entonces llamada Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (actual Agencia de I+D+i). Asimismo, las demoras en los desembolsos en el marco de una fuerte devaluación e inflación y cuestiones operativas del proceso burocrático generaron mayores perjuicios en las empresas nuevas e intensivas en conocimiento como (A).

Por otro lado, lograron el premio *start-up* en Chile (2018), que fue clave para el inicio de negocios en aquel país y así comenzar a profesionalizar la estructura de la firma para la exportación a Chile. Con los 50 mil dólares de premio, orientaron el esfuerzo a la demanda chilena—mucho más rentable que la argentina—en el mercado competitivo de la salud. En palabras de “Aa”, pudieron “dejar de ser una *start-up* de dos científicos locos y convertirse en una compañía con marca y estándar de calidad en servicios, que pueda competir”.

En ese período fundacional priorizaban el acceso al financiamiento que no proviniera de capital riesgo (más conocido como VC, por sus siglas en inglés) por los condicionamientos exigidos, como el de tener voto en el directorio con apenas algo más del 5% del capital. No obstante, esta percepción fue cambiando desde mediados de 2019 y actualmente están en el portfolio de un VC impulsado por una importante firma cordobesa de software. Ante la ausencia de financiamiento público mencionado previamente y a pesar de los premios ganados, (A) necesitaba una dosis significativa de capital para poder escalar, ganar mercado y empezar las certificaciones de la FDA.

Ahora bien, mientras “Aa” considera que la dependencia a un VC genera fuertes condicionamientos, para “Ab” el VC les financia gran parte de sus actividades y es central en el modelo de negocios que quieren implementar. Se trata de un VC que solo financia proyectos que puedan generar ingresos a escala global, y esto los impulsa a ganar nuevos mercados por fuera de la Argentina. Los aportes del VC fueron esenciales para el desarrollo de la empresa, ya que se encontraban en lo que la literatura denomina el “valle de la muerte”, con restricciones para poder pagar los sueldos. Si bien tuvieron una idea y la pusieron en marcha, aún las prestaciones brindadas en los distintos centros de salud estaban en un período de prueba, en uso de manera gratuita. Esta situación se veía agravada porque ningún organismo público les ofrecía un financiamiento sustentable en ese momento. El modelo de negocios se encontraba entonces en un lugar en el que o crecían o desaparecían del mercado.

Como puede verse, el sendero de generación de capacidades de comercialización de (A) comenzó desde el inicio de la coproducción. La incorporación del rol comercial en la firma tiene sus orígenes desde el mismo inicio de la empresa; y desde el comienzo del proceso de búsqueda de clientes, (A) operó con diversos modelos de negocio. El modelo inicial consistió en un acuerdo de coproducción con (B) bajo condiciones beneficiosas para (B) una vez estandarizado el producto. El mencionado aporte de firmas farmacéuticas también dio lugar a un modelo en el cual estas firmas abonaban la licencia de A.img para diversos centros médicos del interior. Finalmente, luego de esos primeros momentos de la firma y estabilizada A.img como producto, avanzaron hacia un modelo de comercialización aplicado en Chile, la Argentina y otros países de América Latina, que consiste en un abono por 250 o 500 informes mensuales mínimos y un costo adicional por placas que superen ese umbral.

Por otra parte, las búsquedas en el mercado brasilero y mexicano condujeron a la identificación de “firmas representantes” de esos países que operan la tecnología de IA diseñada por (A) y que, en el caso de Brasil, funcionan como *partners* de una incubadora de firmas. Esta estrategia comercial corresponde al objetivo de ganar la región, de acuerdo a iniciativas y requerimientos del vc que les exige operar en un negocio global.

Actualmente—marzo de 2020—, con un *staff* de doce personas y una persona dedicada exclusivamente a la comercialización, la empresa cuenta con una oficina en Chile y representantes en Brasil y México para la venta de sus productos. A diciembre de 2019, poseían seis clientes en la Argentina que ya habían superado el período de prueba y se encontraban pagando el abono, y varios en Chile próximos a pagar. Además, estaban por iniciar una segunda ronda de inversión que, según “Aa” y “Ab”, les permitirá extender el negocio en América Latina y los Estados Unidos, luego de la obtención de la certificación de la FDA. En ese sentido, el vc y también “Aa” y “Ab”, consideraron que era necesario acelerar el proceso de crecimiento, puesto que en menos de dos años estiman que aumentará fuertemente la oferta de estos servicios por parte de grandes corporaciones que competirán en este mercado.

Descripción del demandante

La firma demandante (B) es una institución médica sin fines de lucro con más de 60 años de trayectoria, dedicada al diagnóstico, tratamiento e investigación clínica sobre patologías neurológicas. Está ubicada en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y cuenta con otra

sede en la zona norte de la provincia. Entre las dos sedes, la institución suma 1.330 empleados/as, de los cuales la mayor parte se encuentra en la sede central.

Al tratarse de una fundación, las decisiones relacionadas con la incorporación de tecnologías solicitadas por las diferentes áreas médicas requieren de la participación de un sector técnico de apoyo al equipo médico—conformado por bioingenieros/as—, una gerencia de sistemas, el consejo de administración y, finalmente, las y los directores, que también son médicos/as.

La organización posee un departamento de investigación y docencia que participa activamente en el ámbito académico con numerosas contribuciones en formato de *papers*, documentos y otros trabajos científicos, y que en los últimos diez años realizó más de 800 publicaciones en revistas nacionales e internacionales. Este departamento cuenta con un plantel estable de diez investigadores/as de diferentes áreas vinculadas a la neurología que en su mayoría son investigadores clínicos del CONICET.

En lo que respecta a este estudio de caso, el ámbito vinculado al proyecto A.img es el departamento de imágenes dirigido por “Ba”—médica especialista en neuroimágenes, entrevistada—. Este departamento se encuentra integrado por 95 personas entre médicos/as, técnicos/as físicos, hemoterapistas y personal de apoyo. Las lecturas de las tomografías cerebrales para el seguimiento de enfermedades desmielinizantes como la EM son realizadas por especializas y concentran el 40% de las resonancias de las y los pacientes atendidos, que son alrededor de 700.

El departamento de imágenes cuenta con su propio laboratorio de investigación dedicado a las neuroimágenes y está integrado por cuatro personas: un físico, una biofísica, un bioingeniero—que también es médico—y un especialista en sistemas que asiste en materia de base de datos. Durante los últimos años este equipo avanzó *in house* en soluciones vinculadas a la IA en imágenes médicas y orientó el trabajo a la identificación de texturas de tumores y lesiones—para definir si son duras o blandas—con el objetivo de apoyar a los neurocirujanos/as, no solo en la fase de diagnóstico sino en las intervenciones quirúrgicas. En este sentido, el departamento de imágenes cuenta con las capacidades para actuar como interlocutores de (A) en el proceso de coproducción de A.img, aunque no son suficientes para realizar un desarrollo propio en los tiempos que demandan los vertiginosos avances de la IA para imágenes médicas.

A juicio de la entrevistada, los avances tecnológicos de los últimos años en materia de radiología no se destacan por innovaciones en los equipos que utilizan, ya que se aplican los mismos métodos desde hace más de diez años. Por el contrario, los cambios se centran

en el uso de IA que promueve el cambio tecnológico desde el software. En este sentido, considera que es un desafío necesario “subirse al carro de la IA”.

El lugar de la firma demandante en el proceso de coproducción de A.img

Los acuerdos iniciales para el desarrollo de A.img fueron informales sobre la base de las relaciones de “Ab” con la firma (B) —ya que es parte de su plantel— y con el departamento de imágenes, debido a que “Ab” contribuía desinteresadamente en proyectos de investigación del área y contagió el entusiasmo necesario para el proyecto conjunto.

La firma (B) contribuyó de dos maneras al desarrollo inicial de A.img: por un lado, abrió los procesos de carga de sus imágenes y diagnósticos, y colaboró con el armado de bases de datos para entrenar el futuro algoritmo; por otro lado, hasta llegar a la versión estable y actualmente en uso, realizó el trabajo de revisión del funcionamiento de las versiones iniciales de A.img a partir de evaluaciones intermedias. A su vez, estas dos formas de colaborar—con procesos e imágenes y revisando el producto— implicaron varias instancias de coproducción, que se analizan más adelante.

Durante el proceso, participaron —en una primera instancia— un médico *senior*, dos *semi seniors* y dos *juniors* del departamento de imágenes. Se trata de médicos radiólogos con alguna especialización: neurología o neurorradiología en diferentes áreas (columna, cerebro, neuromuscular, etc.). Las capacidades puestas en juego por el departamento de imágenes de (A) reflejaron la hiper especialización en neurorradiología —no tan común en otros centros más generalistas—. También quedaron en evidencia la capacidad —mediada por “Ab”— de transmitir necesidades médicas y preferencias en función de las prácticas y los procesos de la institución, lo que facilitó la cooperación entre ambas empresas y la disminución de la desconfianza de otros médicos de (B).

De acuerdo a lo conversado con “Ba”, “la propuesta de ‘Ab’ fue totalmente innovadora” en relación con las recibidas por parte de otros proveedores internacionales. Estos últimos, como aquellas firmas que venden los equipos para capturar o almacenar las imágenes (Philips, General Electric), solo le ofrecían una solución de IA para medir la volumetría tumoral y con costos mucho más altos. En este sentido, se trató de una necesidad que no había sido pensada hasta que llegó la propuesta de “Ab”.

Si bien (B) cuenta con un equipo de investigación que avanzó sobre herramientas de IA para la identificación de texturas de tumores, realizar un producto con la funcionalidad de A.img hubiera demorado mucho más y, según “Ba”, “en IA no se puede esperar años”. En sus

términos, “sin (A) no se podría haber hecho como se hizo, con esa velocidad y calidad”. Además, la posibilidad de contacto directo y vínculo fluido con una “empresa argentina interesada en un proyecto común” también fue ventajosa. Esto marca una diferencia sustancial con otros proveedores extranjeros como los mencionados, que no apuntan su mercado a América Latina. En este sentido, la oferta nacional cuenta con la ventaja de poder desarrollar productos/servicios a medida, con interacciones y soporte local y regional—la Argentina y países limítrofes— e incluso pensando en el servicio de posventa y actualizaciones, lo cual representa un nicho que no es de interés para las empresas multinacionales líderes.

Los efectos de la implementación de A.img en la firma demandante

De acuerdo con “Ba”, los principales efectos de la implementación de A.img se centran en una mayor precisión sobre los diagnósticos y, especialmente, sobre el seguimiento de las y los pacientes con EM. Esto se debe a que A.img puede definir el grado de atrofia cerebral—que reemplaza una práctica más “a ojo” con alto grado de discordancia de acuerdo a la experiencia de la o el profesional— y también hacer una medición cuantitativa de placas desmielinizantes.¹¹ Así, releva a la o el especialista de una tarea tediosa y redundante en la cual es muy fácil equivocarse. En este sentido, el efecto de la implementación de A.img en el trabajo del departamento de imágenes cambió, especialmente, el nivel de precisión y eficiencia en la lectura de las imágenes.

Como se indicó, una vez que se toma la resonancia, la imagen se aloja en el PACS de (B). De allí, A.img toma una o dos secuencias, las analiza y en el lapso de cuatro minutos envía un .pdf con el informe integrado al paquete de imágenes del paciente. Cuando la o el especialista en imágenes ingresa al PACS para realizar su informe, ya cuenta con el .pdf de (A) y puede optar por dos mecanismos: analizar las imágenes y luego ver el informe de A.img—lo que evitaría más sesgos de automatización— o ver el informe de A.img y luego las imágenes. Esto podría considerarse el inicio de un cambio de rutinas en la firma (B) durante el proceso de análisis de las placas, ya que la adopción de A.img aún es heterogénea y hay pocos especialistas que todavía no utilizan el informe provisto.

De acuerdo a “Ba”, esto se debe a que no todos los médicos/as reaccionaron de la misma forma a la inclusión de la solución en el proceso. En sus términos, “las nuevas herramientas generan mucha resistencia y temor, todo lo que es nuevo genera temor. Algunos lo ven como un desafío y se atreven, y para otros una amenaza y lo rechazan”. Para mejorar la receptividad, se realizaron reuniones previas en las que tanto “Ab” como otros médicos/as buscaron sensibilizar sobre la función de apoyo de la herramienta y alejar el fantasma del “reemplazo”

¹¹ Utilizando siempre el mismo método de medición, es posible hacer un seguimiento consistente entre los cambios en la cantidad de placas a lo largo del tiempo. En este caso, la automatización acrecienta la consistencia, porque no requiere de que ese trabajo repetitivo sea realizado de manera manual.

del profesional o del “ojo médico”. Como estrategia, involucraron a “los médicos con mayor temor, quienes fueron los más convocados a colaborar con el proyecto” (“Ba”).

Una de las explicaciones que encuentran para estas reticencias es la hiper especialización de las y los profesionales en la interpretación de imágenes para enfermedades desmielinizantes. En este sentido, “Ba” advierte que en un ámbito menos especializado con médicos/as más generalistas, la solución tendría mucho más impacto.

En palabras de “Ba”, la gran ventaja que tiene A.img consiste en que ofrece una cuantificación que ellos como especialistas tampoco pueden hacer con la misma precisión: “Podemos decir si una lesión está más grande o más chica, si evolucionó de aguda a crónica en el tiempo, pero no podemos hacer una cuantificación de la carga de lesiones que tiene un paciente. No tenemos manera de hacerla. Tendríamos que hacer una volumetría de uno, de otra, y en un paciente que tiene más de 50 lesiones estás todo el día y seguramente te vas a equivocar. Llega un momento que el ojo se te cansa y hay lesiones que no vas a ver”.

Según “Ba”, si bien los médicos/as tienen la costumbre de mantenerse tecnológicamente actualizados—lo que concuerda con comentarios de “Ab”—, la actitud de los médicos/as reticentes a la inclusión de IA fue transformándose paulatinamente. Lo mismo había sucedido en los últimos años durante el proceso de adopción de tecnología digital y pantallas con una resolución de 2,5 megapixels—mucho mayor a la de una placa— para la lectura de las imágenes. La inclusión de A.img termina considerándose, en definitiva, una mejora en la práctica de las y los médicos especialistas. Este proceso precisa de un sendero durante el cual los médicos/as van ganando capacidades y confianza con el producto hasta considerarlo un apoyo para su trabajo.

Según “Ba”, “la IA da dos datos que [los médicos] no podemos dar. Una es la carga lesional, y la otra es el porcentaje de atrofia cortical. El médico le agrega si hay evolutividad [sic] de las lesiones. Y todo tiene que ver con el tratamiento del paciente. Todo es un conjunto, y todo es valioso. Le dio un valor agregado al informe”.

Sin embargo, hay excepciones: se trata de aquellos médicos/as mayores que “no se pasaron [en su momento] al sistema digital” y tampoco utilizan las pantallas para la lectura profesional de la imagen, aun cuando tiene mayor definición. En estos casos, optaron por no insistir, aunque “Ba” advierte que “o el radiólogo se une a IA o se va a quedar fuera de los cambios tecnológicos”.

La clave de presentar A.img como un apoyo a los radiólogos/as es que los médicos/as se ocupan, además del trato con las y los pacientes, de la interpretación de las imágenes,

del diagnóstico y de la evolución de la enfermedad; para lo que la información brindada por A.img es considerada un elemento más para la toma de decisiones.

Un efecto positivo no explorado aún es la posibilidad de informar a sus clientes –de las prepagas– sobre el uso de la herramienta como un potencial aumento del costo del estudio. Si bien se difundió en congresos y ámbitos académicos el uso de A.img, todavía no se indica su utilización en los informes generados por las y los profesionales ni se comercializa como una ventaja adicional.

Análisis del estudio de caso: capacidades y coproducción

En esta sección se mencionan algunos hallazgos y reflexiones sobre el estudio de caso que ponen en diálogo el marco conceptual y las evidencias empíricas.

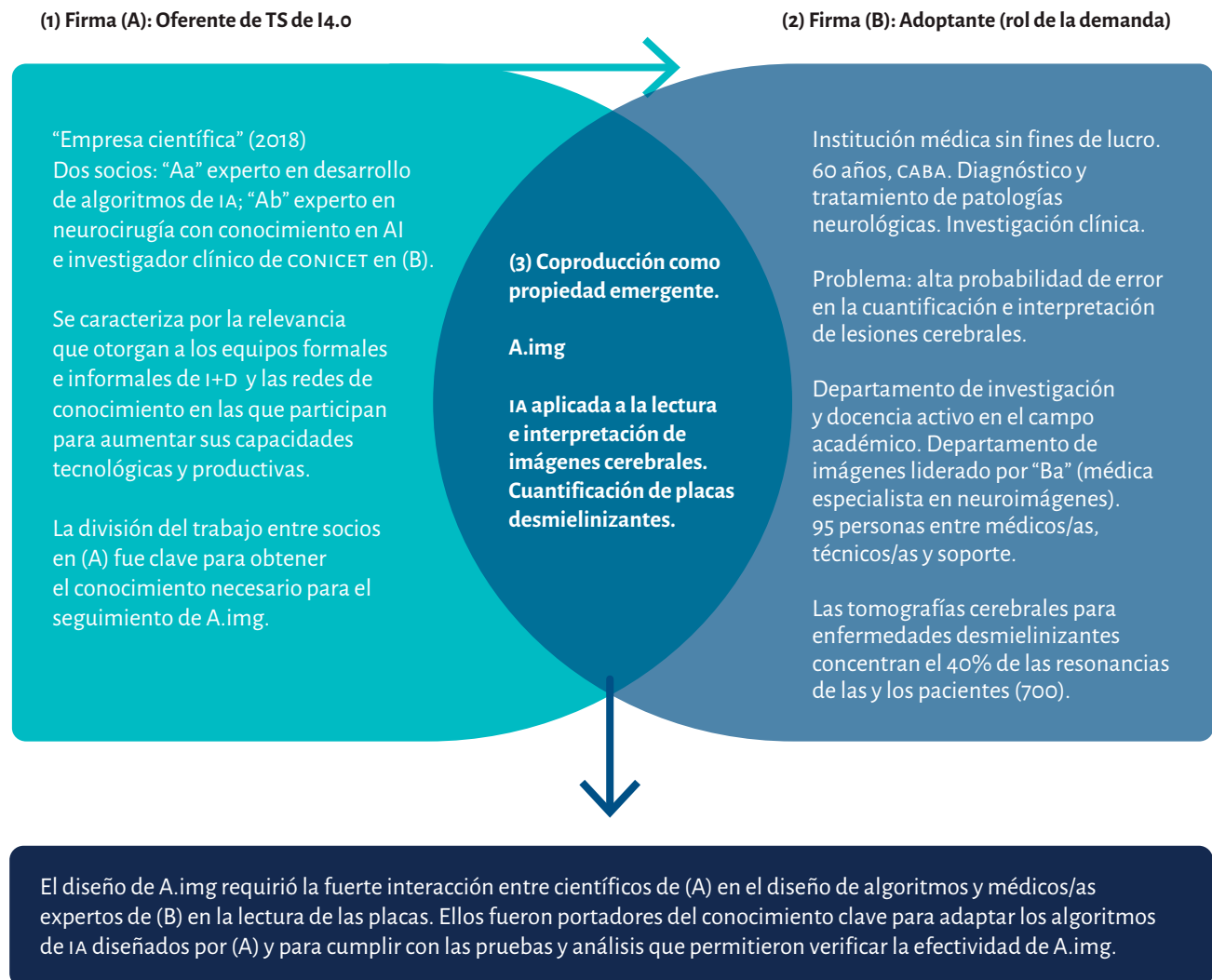
En la figura 1 se muestra de manera gráfica el proceso de coproducción entre (A) y (B) de A.img.

Capacidades científico-tecnológicas

Al considerar la corta trayectoria de la firma (A) y sus capacidades científicas y tecnológicas, se observa que su creación es el resultado de la asociación entre dos expertos especializados en disciplinas diferentes que resultó clave para la complementación de conocimientos necesarios para el desarrollo del producto A.img. Dada la trayectoria científica y profesional previa de los socios, la empresa oferente contó con capacidades científicas, tecnológicas y de absorción elevadas, lo que facilitó la interacción entre ellos. Por tratarse de una “empresa científica” y por la especificidad de los productos, su conformación exigió la presencia de recursos humanos altamente capacitados.

A su vez, la empresa demandante cuenta con prestigiosos antecedentes en su especialidad científica y con experiencia en el uso y adopción de tecnologías digitales. Por lo tanto, estas capacidades previas del oferente y del demandante facilitaron la vinculación entre las partes, que ex post pueden considerarse factores importantes para la coproducción de A.img. En efecto, es posible comprobar que las capacidades de absorción representaron una condición necesaria para la conectividad de las partes (Antonelli, 1997; David y Foray, 1994; Erbes *et al.*, 2010; Barletta *et al.*, 2012). Así, las capacidades de absorción y de conectividad se complementaron y reforzaron mutuamente, lo que permitió construir capacidades dinámicas que nutrieron los procesos de aprendizaje e innovación de la empresa (A) (Yoguel y Robert, 2010; Bell y Dantas, 2009 y 2011). Al igual que en otros estudios, queda

Figura 1 Proceso de coproducción entre la firma (A) y (B)



Fuente: Elaboración propia.

de manifiesto la necesidad de capacidades previas (Arza, 2010; Dutrénit *et al.*, 2010; Arza y Vázquez, 2012; Barletta *et al.*, 2012; entre otros).

Sin embargo, se resalta que la vinculación y el intercambio de conocimientos fueron posibles por la presencia de un interlocutor (“Ab”), que ocupó el rol de “traductor” y “facilitador del desarrollo de confianza recíproca entre los agentes”. Esta tarea de “traducción” se vuelve clave para el entendimiento entre las partes intervinientes, de modo de generar un lenguaje común interdisciplinario que proviene de distintos campos y responder así a las especificidades y necesidades del demandante en la construcción del artefacto tecnológico. Se trata de dos actores con tipos de conocimientos diferentes –en este caso software/hardware e IA frente a saberes centrados en la neurología– que, a partir de su vinculación, fueron generando un flujo bidireccional y *feedbacks* positivos durante las etapas de desarrollo, incluidos los ajustes para el lanzamiento al mercado. Por lo tanto, por la complejidad y tipo de tecnologías necesarias, el desarrollo del producto es el resultado del intercambio de saberes que requiere de intermediarios que decodifiquen ciertos conocimientos para facilitar su complementación y retroalimentación en el proceso de aprendizaje. En efecto, el caso muestra que las capacidades de absorción son necesarias pero no suficientes en el proceso de innovación y coproducción, ya que entran en juego otros factores como la participación de “traductores” o intermediarios, la codificación y decodificación de determinados conocimientos y la construcción de confianza entre los actores.

En cuanto al sendero recorrido por (A) y al considerar los estudios basados en taxonomías de construcción de capacidades tecnológicas (Lall, 1992; Bell y Pavitt, 1995; Dantas y Bell, 2009 y 2011), se desprende que la empresa contaba con competencias acumuladas por las y los socios y empleados antes de su creación. Por lo tanto, las capacidades tecnológicas básicas se incorporaron en una instancia previa, lo que permitió que al momento de fundación de (A) y del desarrollo de A.img estuvieran en un estadio relativamente avanzado. Podría decirse que se atravesó una fase de adaptación durante el período en que “Aa” trabajó e investigó acerca del uso de herramientas de IA aplicadas a otros fines –antes de crear (A) para su uso en la lectura y evaluación de imágenes de resonancias magnéticas cerebrales–. En otras palabras, el desarrollo de A.img fue posible gracias a las capacidades de innovación previas puestas en juego durante el proceso.

En términos de las taxonomías de empresas propuestas por Pavitt (1984), (A) se identifica como un caso correspondiente al grupo de firmas “basadas en la ciencia”, puntualmente con aplicación al sector de salud. De acuerdo a Pavitt, estas firmas cuentan con una trayectoria tecnológica de carácter transversal a la ciencia, con aplicaciones múltiples en

diferentes sectores. El nivel de sofisticación científico-tecnológica representa una barrera a la entrada para otras firmas que no disponen de tales capacidades. A su vez, acceden a diferentes modalidades de protección, que en el caso de (A) está más relacionada a sus habilidades específicas para aplicar IA más que a una actividad puntual. Teniendo en cuenta esta última característica, la empresa también cuenta con algunos rasgos correspondientes a las empresas denominadas “proveedores especializados en equipos”. Si bien no ofrece equipamiento, (A) es una firma de pequeña escala cuyos productos/servicios sirven para la mejora de procesos de trabajo de los clientes. En este sentido, las ventajas tecnológicas están ligadas al *know how* y a habilidades específicas que quedan reflejadas en la confiabilidad que se instaura sobre el producto (A.img), así como en la eficiencia para responder a las necesidades del cliente (precisión, mejora en los tiempos, reducción de márgenes de error en la lectura de imágenes).

En términos de Breschi *et al.* (2000), (A) correspondería al tipo de empresas de naturaleza Mark II,¹² que requieren altos grados de acumulación de conocimientos y aprendizaje. Sin embargo, de las entrevistas surge que no cuentan con alto nivel de apropiabilidad, dado que el patentamiento puede ser un riesgo frente a potenciales “imitaciones”. Podría inferirse entonces que tienen un nivel medio de apropiabilidad, que estaría más asociado a las capacidades científicas necesarias, al producto “a medida” y a las especificidades solicitadas por el cliente, lo que se constituye como una barrera a la entrada. En este sentido, es posible encontrar también características de Mark I, ya que se trata de una empresa científica de tamaño pequeño que aplica IA al sector de salud –pero con elevadas barreras de entrada–. A su vez, a pesar del carácter científico y codificable, la localización representa una ventaja para los clientes, ya que les permite tener un trato más personalizado y responder a las especificidades de sus requerimientos. La vinculación entre proveedores y clientes se facilita debido a aspectos tales como la cercanía y el idioma.

De lo expuesto, es posible pensar que, en este tipo de empresas y tecnologías, las taxonomías y regímenes tecnológicos se vuelven más borrosos que en otras empresas del sector manufacturero.

Las vinculaciones y competencias necesarias para la coproducción de A.img

Como muchos emprendimientos científicos reseñados por la literatura, la creación de (A) requirió un sendero evolutivo de generación y articulación de diversas competencias –productivas, tecnológicas, comerciales y organizacionales– de los actores intervinientes y de

¹² Se denomina así a un régimen tecnológico caracterizado por la acumulatividad, la apropiabilidad de los saberes y el elevado conocimiento de base. Bajo estas condiciones, Mark II alude a la presencia de barreras a la entrada y a formas de competencia oligopólicas.

conexiones y retroalimentaciones positivas con actores clave fuera de la firma, que conformaron el trayecto no lineal de creación del artefacto más estable (estandarizado). Esto dio lugar al proceso de innovación, es decir, a la emergencia de A.img.

Estas capacidades específicas y las conexiones que se fueron generando entre los actores establecieron una clara división del trabajo entre (A) y (B), y también al interior de las organizaciones. Estas hicieron posible, a partir de los saberes de los médicos de (B) y de los socios de (A), la programación de los algoritmos y de las redes neuronales necesarias para la producción de A.img.

No obstante, como en toda construcción sociotécnica, el proceso de creación de A.img no fue lineal. Por el contrario, fue la resultante de diversos grados de relacionamiento entre (A) y los médicos/as de (B). A su vez, fue necesario que los recursos humanos de ambas instituciones estuvieran organizados de tal forma que, en el marco de una división del trabajo muy clara, se evitaran los solapamientos. Esto dio lugar al desarrollo de lenguajes comunes entre los actores intervinientes. Como se mencionó, “Ab” cumplió un rol imprescindible de traducción de los distintos códigos aplicados en esta vinculación—los propios del desarrollo de la solución y de las necesidades de cada uno de los actores.

Así, se fueron generando capacidades específicas en interacción permanente con los usuarios/adoptantes. Como resultado, los radiólogos/as y médicos/as especialistas se convencieron de las ventajas de A.img respecto del procedimiento habitual. En el marco de una división del trabajo interna de (A), “Aa” priorizaba las tareas científicas y tecnológicas—pero tenía algún tipo de *voice* en las cuestiones comerciales y financieras—y “Ab” priorizaba las capacidades financieras y comerciales—si bien tenía *voice* en las científicas y tecnológicas—. En suma, estas capacidades le permitieron a “Ab” constituirse en el traductor del proyecto. La emergencia de la innovación radical—el producto A.img— fue posible por esa especial forma de articulación de saberes, aunque el encuentro entre ambos socios no estuvo exento de cierto nivel de aleatoriedad, lo que convierte esta experiencia en un evento no fácilmente replicable.

El proyecto requirió mucho trabajo de sensibilización de la demanda para que las y los médicos se convencieran de que el producto agregaba muchas más certezas sobre la interpretación de las imágenes; en este sentido, las y los médicos especialistas de (B) fueron claves en la coproducción. Así, constituyeron un activo fundamental del proyecto que contribuyó a la emergencia de A.img. Sin embargo, según “Ab”, la aceptación de A.img por parte de los médicos fue alta, debido a que tienen una historia previa permeable al uso de las nuevas tecnologías intensivas en información y comunicación y, en especial, en sistemas

tecnológicos que componen la nueva trayectoria del viejo paradigma TIC. Por el contrario, existen mayores dificultades para vender el producto a los responsables de la gestión, que no siempre comprenden las ganancias de productividad de la solución que ofrecen.

Para impulsar la implementación de A.img en (B) primero debieron convencer a los responsables de la interpretación de las imágenes acerca de su utilidad, e identificar médicos/as de (B) contratados por (A) para poder trabajar en sucesivas versiones que fueran aumentando la precisión de A.img. Finalmente, el acuerdo con (B) debió darse a nivel de la gestión donde el registro de la conversación transcurrió en clave de productividad económica, es decir, cómo monetizar el uso de IA en el servicio de imágenes.

Como se adelantó, el aporte de la demanda a la coproducción de A.img se desplegó durante cuatro etapas (cuadro 1). En una primera instancia (B) abrió sus procesos y compartió sus imágenes con (A), para captar el mecanismo en el cual A.img debía insertarse. El aporte en imágenes de la demanda fue crucial, ya que fueron analizadas por médicos/as entrenados de (B) que interpretaron las imágenes y etiquetaron lesiones, y otro médico (contratado por A) que validó los resultados.

Cuadro 1 Las cuatro instancias de coproducción (A)-(B)

Instancias de coproducción	Aporte de la oferta (A) y capacidades en juego	Aporte de la demanda (B) y capacidades en juego	Resultados de la coproducción	Efectos sobre las rutinas
1ª instancia de coproducción Recabado de procesos e imágenes	Capacidades tecnológicas altas y de articulación con (B) a través de "Ab". Procesos de traducción (de "Ab"). Capacidades comerciales incipientes. Altas capacidades de articulación.	Apertura de procesos. Disponibilidad de imágenes analizadas por médicos/as de (B) para la primera formulación de la solución. Conocimientos híper especializados en imágenes neurológicas.	Un proceso conocido y una base de datos de imágenes (complementarias a las disponibles) para la producción de la primera versión de A.img.	Ninguno
2ª instancia de coproducción Desarrollo y pruebas de 1ª versión de A.img	Desarrollo de la primera versión de A.img a partir de los insumos. Médico contratado por (A) para validar resultados. Altas capacidades técnicas y capacidades productivas intermedias.	Médicos/as de (B) analizaron resultados y comprobaron sobreidentificación de lesiones. Conocimientos híper especializados en imágenes neurológicas.	Primera versión de A.img probada para ajustes posteriores.	Cambios de rutinas (algoritmos) en (A) para el ajuste.

(Cont.)

Instancias de coproducción	Aporte de la oferta (A) y capacidades en juego	Aporte de la demanda (B) y capacidades en juego	Resultados de la coproducción	Efectos sobre las rutinas
3ª instancia de coproducción Desarrollo y pruebas 2ª versión de A.img	Desarrollo de la segunda versión de A.img a partir de los ajustes sugeridos por especialistas. Altas capacidades técnicas y avances en capacidades productivas.	Revisión de la segunda versión (algoritmo ajustado), comparación con lecturas propias. Ajuste y diseño del informe de resultados sobre las imágenes analizadas. Conocimientos híper especializados y requerimientos sobre informe.	Segunda versión de A.img probada y ajustada. Informe armado de acuerdo a necesidades de la demanda.	Cambios de rutinas (algoritmos) en (A) para el ajuste.
4ª instancia de coproducción Mantenimiento y revisión permanente de la versión estable de A.img	Mantenimiento de A.img estandarizado, apertura a otras demandas. Capacidades comerciales fortalecidas y vinculadas al vc.	Sistematización de ejemplos de lecturas no concordantes, que son enviadas mensualmente a (A).	Versión estable de A.img en uso en el establecimiento, estandarizado y certificado por la ANMAT.	Anclaje de rutinas relacionadas con la “operacionalización” de productos/ servicios estandarizados (A). Cambios en el proceso de lectura de imágenes en (B).

Fuente: Elaboración propia con base en las entrevistas realizadas en (A) y (B).

En un segundo momento, con el desarrollo de la primera versión del algoritmo de reconocimiento de lesiones y placas, fue esencial la participación de médicos/as de (B) para analizar los resultados y comprobar los desajustes de sobreidentificación de lesiones.

Por otro lado, en un tercer momento, los médicos/as de (B) participaron activamente en dos tareas: en la revisión del resultado del uso del algoritmo ajustado (versión 2) a través de la comparación entre la lectura de A.img y sus propias lecturas, y en el ajuste y diseño del informe de resultados sobre las imágenes analizadas por A.img.¹³ Asimismo, se

¹³ El informe incluía una tabla con indicadores y luego un gráfico que daba cuenta del grado de normalidad de las placas. A partir de la interacción con los médicos/as de (B) se orientó el orden de la información y se colocó primero un gráfico que permitiera identificar una anomalía a simple vista y luego las tablas de indicadores.

evitó el término “diagnóstico posible”, ya que no se propone reemplazar al médico/a sino cooperar con él en función de una mejora en la efectividad de los diagnósticos. Luego de varias alternativas acerca de cómo presentar el producto, la coproducción condujo a la selección de un formato de informe acorde a las expectativas de las y los médicos.

Un cuarto momento de coproducción identificado se da en el marco de A.img como producto estable, estandarizado y en funcionamiento en la firma (B). Se trata de la sistematización de ejemplos de lecturas no concordantes, que son enviadas mensualmente a (A) para su consideración y para el eventual ajuste en el algoritmo. De este modo, aunque el producto se encuentra ya estandarizado, (B) sigue aportando a su mejora futura.

Así, el demandante inicial (B) no es un simple comprador de un producto a medida, sino un actor central en la generación, aplicación y adaptación del producto que luego es comercializado por (A). En primer lugar, A.img no es independiente de la coproducción que se hace con la demanda. En segundo lugar, es la demanda la que determina si el producto brinda las soluciones necesarias al problema de la baja precisión en los diagnósticos. Tercero, la formulación de la interfaz y el trabajo conjunto con (B)—así como los aportes financieros del vc mencionados previamente—le permitieron a (A) ofrecer A.img a otros centros médicos de la Argentina y del exterior—Chile y otros países latinoamericanos.

En suma, se requirió la intervención de una firma oferente y una demandante con capacidades complementarias y posibilidad de traducción de los conocimientos específicos de (A) y de (B).

Capacidades de producción, organizacionales y de gestión

En términos de capacidades productivas, la firma (A) se encuentra en una etapa menos avanzada que en sus capacidades científico-tecnológicas. Por el tipo de firma de reciente creación, está atravesando una etapa de resolución de aspectos de infraestructura, localización y búsqueda de recursos humanos, así como de anclaje de rutinas relacionadas con la “operacionalización” de productos/servicios estandarizados (A.img). Si bien las experiencias de comercialización le permitieron transitar hacia una “producción estandarizada”, actualmente están trabajando en las posibilidades de escalamiento de productos y clientes. De todas maneras, cabe destacar que las características de los procesos y las modalidades de producción de (A) difieren de las correspondientes a empresas manufactureras—con áreas de producción con rutinas de trabajo adaptadas a cadenas de montaje para escalas mayores, *lay out*, alta dotación de bienes de capital—, que han sido habitualmente analizadas mediante las metodologías y taxonomías en los estudios citados. Por este

motivo, sería interesante repensar una matriz analítica alternativa para empresas del perfil de (A), más orientadas a productos –A.img, por ejemplo–, que adoptan la modalidad de “servicio” en la etapa de comercialización.

En relación con las capacidades de gestión, de las entrevistas surge que todavía están en un estadio incipiente. Quedan aquí consideradas diferentes competencias, unas centradas en el cumplimiento de normativas y certificaciones, otras vinculadas al financiamiento y acceso a mercados. En cuanto a regulaciones, la empresa atravesó algunas demoras y obstáculos ante la necesidad de cumplir requisitos establecidos por la ANMAT que no se condecían con las características de una empresa innovadora en nuevas tecnologías (IA). El hecho de ser “pioneros” en la búsqueda de certificaciones en tecnología I4.0 implicó pérdida de tiempo y esfuerzos para alcanzar un entendimiento mutuo con dicha institución. De igual manera, se dedicó tiempo para la comprensión e implementación de requisitos para el cumplimiento de normativas y certificaciones internacionales, que representan una barrera a la entrada en mercados externos.

Respecto de las gestiones asociadas a la búsqueda de financiamiento, se observa que uno de los socios ha puesto énfasis en estas actividades para aumentar la inversión y comercialización de (A) y lograr así un escalamiento del negocio. Las dificultades para acceder al financiamiento de organismos públicos los incentivaron a buscar otras alternativas como los premios, y más recientemente los vc. Esta última opción apalancó la exploración y mayor dedicación a incursionar en nuevos mercados, tanto en la Argentina como en otros países. Los saltos comerciales y la expansión de la empresa podrían fomentar a futuro el desarrollo de capacidades estratégicas, con mejoras en las competencias vinculadas con la vigilancia tecnológica y la inteligencia competitiva.

Por último, en materia de competencias organizacionales, se trata de una empresa pequeña donde las decisiones están claramente centradas en los socios-dueños. No obstante, por el tipo de tecnologías que desarrollan y la dotación de recursos altamente capacitados, se observa una participación activa por parte de los demás integrantes en todo el proceso de desarrollo y producción, con fluidez en la circulación de conocimientos e información. A su vez, en la empresa demandante también se involucró a un grupo de profesionales de elevado nivel de formación y experiencia. La posibilidad de contar con un “traductor” facilitó un esquema de trabajo con flujos bilaterales al interior tanto de (A) como de (B). En este sentido, el proceso de aprendizaje involucró a un conjunto de personas de ambas partes que le dio cierto alcance a nivel organizacional y que constituye una condición necesaria para la emergencia de A.img.

La innovación por coproducción

Como muestra el caso de A.img, una de las características de los procesos de coproducción es que constituyen sistemas complejos conformados por actores con diferentes capacidades productivas, tecnológicas, comerciales, organizacionales y de conectividad, que generan *feedbacks* entre sí y que en su dinámica dan lugar a la innovación como la solución que emerge. Esto no significa que el proceso de coproducción sea lineal; por el contrario, se pueden generar discordancias y efectos no contemplados y *feedbacks* negativos.

Sin embargo, como se puso en relieve en las características de este caso, los *feedbacks* positivos fueron más significativos que los negativos. En ese sentido, como plantea la literatura (Antonelli, 2017; Robert *et al.*, 2017), la innovación –en este caso la generación de A.img– puede ser concebida como una propiedad emergente de un sistema complejo. O sea, la innovación emerge del conjunto de capacidades e interacciones que (A) y (B) ponen en juego para la resolución de un problema –planteado por (A)–, como es la elevada proporción de error en la interpretación de lesiones en las resonancias magnéticas cerebrales y su resolución a partir de algoritmos de IA desarrollados por (B).

La innovación, como resultado de la búsqueda de soluciones a los problemas planteados, se manifiesta en cambios en las rutinas involucradas, tanto en el uso como en el desarrollo de A.img, en las reglas de selección y en la heurística de resolución de problemas utilizadas (Dosi y Virgillito, 2017; Nelson y Winter, 1982). En el caso más evidente de (B), la utilización de A.img en los procesos de diagnóstico por imágenes cambió en parte las rutinas del análisis de placas y el trabajo de los analistas. Adicionalmente, el impacto sobre las rutinas de los socios y trabajadores/as de (A) se manifestó en la incorporación de cambios en A.img durante la formulación inicial del producto en las diferentes instancias hasta la versión final –estable y estandarizada para su comercialización–. Los cambios también pueden verse a nivel de las modificaciones en las rutinas de trabajo del artefacto A.img (algoritmo), que sufrió también ajustes a lo largo de sus versiones.

Es interesante tener en cuenta que la empresa demandante no adopta la tecnología de manera automática y pasiva, como esfuerzos de innovación de tipo incorporado (Lall, 1992; Bell y Pavitt, 1995), sino que necesita involucrarse directamente en la fase de creación y aportar conocimientos médicos indispensables para que el proceso de coproducción tenga lugar. A diferencia de otras empresas adoptantes de tecnologías manufactureras –por ejemplo, de bienes de capital–, que contribuyen en la etapa de ajustes de un producto ya desarrollado solicitando algún producto a medida, en este caso la empresa

(B) participa desde el inicio hasta el final, incluso en las pruebas para su posterior comercialización por parte de (A).

También se evidencia que una vez que se logra estandarizar A.img y se generan cambios en las rutinas tanto en la empresa oferente como en la demandante, el proceso de innovación se finaliza y puede pasar a la fase de comercialización. Es interesante señalar que esta etapa final constituye una ventaja competitiva de (A). Desde una perspectiva dinámica, las rutinas pueden volver a modificarse cuando nuevamente emergen problemas que no se pueden solucionar con las rutinas existentes. Pero este cambio requiere una vez más de procesos de coparticipación y coproducción incrementales que se manifiestan en (A) a partir de ajustes en el algoritmo y en (B) a partir de modificaciones necesarias en la lectura e interpretación de imágenes. Se trata de una innovación claramente novedosa—por su especificidad— y posiblemente radical en la Argentina y en América Latina, pero no a nivel mundial. Sin embargo, dado que las grandes comercializadoras de equipos médicos son industrias de gran escala, no están interesadas en demandas puntuales que requieran procesos de coproducción. En ese sentido, se ponen de manifiesto algunas ventanas de oportunidad para el desarrollo de productos como A.img a nivel regional.

En suma, A.img, como resultado de la coproducción, fue posible por una fuerte división y complementación del trabajo entre las firmas (A) y (B) para la resolución de un problema que se manifestó en el cambio de rutinas de (A), de A.img—según sus diferentes versiones— y de (B). Esto dio lugar a la emergencia de la innovación, que se expresa en la aceptación de la solución por parte del demandante—y sus agentes—y, por tanto, en las posibilidades de monetización del resultado de la innovación por parte del oferente. En este caso, la coproducción estuvo impulsada por el oferente, quien pudo capitalizar los resultados del proceso de identificación de problemas y búsqueda de la solución—es decir, la innovación—. Tanto (A) como (B) pueden ser consideradas empresas innovadoras. (A) porque genera el producto nuevo a partir de capacidades y conexiones con el mundo científico que se presentan en cambios en los algoritmos de IA; (B) porque cambia el proceso de interpretación de imágenes que se revela en la mayor eficiencia en la interpretación de las placas. Sin embargo, es importante aclarar que no son firmas innovadoras en forma aislada, sino coproductores en la búsqueda de una solución a un problema planteada por (B), de avances tecnológicos desarrollados por (A) y de procesos de traducción de “Ab” con el apoyo de otros médicos/as de (B).

Finalmente, desde la mirada de la CTS, A.img constituye una solución al problema del recuento manual de lesiones en el cerebro, pero también puede ser visto como un

“artefacto”, resultado de la coproducción de diferentes actores colectivos. Por un lado, la firma (A) con su conocimiento tecnológico (capacidades) para la aplicación de IA a la lectura de imágenes médicas; también se destaca “Ab” en su calidad de traductor. Por el otro, la firma (B) con su conocimiento específico del campo de aplicación (imágenes médicas neurológicas). Ambos actores, (A) y (B), son expertos en una parte necesaria para el desarrollo de A.img y tienen agencia en la construcción del artefacto. Por eso, una vez estandarizado el artefacto como producto, interrelaciona factores tanto tecnológicos —el uso de algoritmos de IA para imágenes médicas híper especializadas— como sociales —la adopción con mayor o menor reticencia de parte de la comunidad médica y sus implicancias.

Así, una vez lograda la estandarización, (A) y (B) interrumpen el proceso innovativo que dio lugar a la generación de A.img. No se esperan mejoras futuras —salvo algunas innovaciones incrementales alimentadas por la cuarta instancia de coproducción—. Se mantienen en esta etapa hasta la aparición de un nuevo problema que pida modificar las rutinas que llevaron a la emergencia de A.img. Este caso refleja el carácter no continuo del proceso innovativo caracterizado por oleadas de destrucción creativa que van dando lugar a la emergencia y desaparición de actores, y a nuevas apropiaciones de cuasi-rentas (Schumpeter, 1912 y 1942). A diferencia de Schumpeter (1912), donde las rentas de los emprendedores son efímeras, el caso pone de manifiesto que los procesos de coproducción introducen en algún sentido barreras a la entrada más difíciles de eludir y, por tanto, mayor protección más allá del tamaño de los agentes.

Hallazgos y conclusiones

Este trabajo puso de relevancia la importancia de los procesos de coproducción como un derivado de los procesos de innovación en el sector de salud. El desarrollo de A.img requirió de la fuerte interacción entre los científicos/as de (A) en el diseño de algoritmos y los médicos/as de (B), expertos en lectura de placas de cerebro, que demandó también lenguajes comunes y múltiples traducciones. Ellos fueron portadores de conocimientos clave para ir adecuando los algoritmos de IA diseñados por (A), de modo tal de cumplir con las pruebas y los análisis que permitieron comprobar la eficacia de A.img. En efecto, el caso pone en evidencia que sin coproducción y en especial sin la participación de los médicos/as de (B) no habría sido posible alcanzar este producto innovador. Asimismo, sin la participación del interlocutor en su rol de “traductor”, la instancia de coproducción habría sido inviable.

Las capacidades de (A) tenían un sesgo hacia las de tipo tecnológico y productivo, con menor peso en las capacidades de gestión, organizacionales y comerciales, que debieron ser desarrolladas en los primeros años de existencia de la empresa—por ejemplo, para certificar el producto en la ANMAT—. Por otro lado, existía cierta diversidad de visiones entre los médicos/as de (B) acerca de las mejoras reales a las que A.img daría lugar. En este proceso de construcción de A.img, fueron clave la participación y credibilidad de la jefa de imágenes de (B), así como la condición de investigadores/as de los socios de (A). En particular de uno de ellos, teniendo su sede de trabajo en la empresa (B), quien cumplió el papel de traductor entre los equipos de las empresas involucradas.

El estudio también muestra que se requiere de cierto umbral de capacidades acumuladas de ambas partes, lo que facilita las relaciones necesarias para un proceso de coproducción. Sin embargo, no resulta suficiente solo disponer de capacidades científicas, tecnológicas y productivas, en tanto que entran otros factores en juego, como la confianza entre los coproductores, el rol aceptado por todas las partes del interlocutor-traductor, la cercanía—el idioma—y las respuestas “a medida” de las necesidades del demandante, entre otras. En tal sentido, la generación de A.img ha sido un proceso de aprendizaje que involucra a varias personas tanto de (A) como de (B), por lo que tiene cierto alcance a nivel organizacional dentro de la empresa oferente y la empresa demandante (Dutrénit, 2000). Se trata de procesos de innovación que parten de saberes previos que deben ser cotejados con la interpretación de las imágenes y tienen que demostrar ventajas significativas en la interpretación y en el informe sobre las placas.

En relación con el concepto de innovación, de acuerdo a Nelson y Winter (1982), el primer producto A.img es innovador dado que implica cambios de rutinas respecto de los trabajos previos que realizaban con IA. Si bien “Aa” contaba con conocimientos en IA, se necesitó realizar un esfuerzo adicional e incorporar conocimientos médicos específicos para poder implementar nuevos algoritmos orientados a imágenes, es decir, un nuevo proyecto que implicó nuevos desafíos. Una vez realizados los ajustes y las pruebas, que dieron lugar a la fase de estandarización, puede decirse que los siguientes productos ofrecidos a otros clientes requirieron de pequeños ajustes que no pueden ser considerados innovaciones radicales, ya que se trata de cambios menores en las rutinas ya instauradas. Sucesivos productos de (A)—lecturas de placas de tórax y mamas—son solo innovaciones incrementales respecto de A.img, dado que, en parte, se basaron en una reutilización y programación de códigos ya existentes—con excepción de las redes neuronales—. Por lo tanto, es posible pensar que luego del desarrollo del primer producto, el escalamiento comercial solo

demanda soluciones que se restringen al *know how* científico tecnológico ya alcanzado. Sin embargo, en esta fase se torna indispensable el desarrollo de capacidades organizacionales, de gestión y comerciales —como certificaciones, acceso a financiamiento— para aumentar la escala y acceder a nuevos mercados.

De aquí se desprende que, a diferencia de los procesos de innovación desarrollados en la industria manufacturera tradicional, en el proceso de innovación en servicios —en especial en aquellos que involucran actividades de alta tecnología como A.img—, la coproducción es un requisito central del proceso innovativo —considerada una intensa interacción que demanda compromiso e involucramiento de la firma adoptante.

Por otra parte, por tratarse de una empresa de servicio con productos de alta complejidad tecnológica, las taxonomías utilizadas para los estudios sobre capacidades tecnológicas en el sector manufacturero, así como la utilizada para empresas de distintos sectores (Pavitt, 1984) exigen cierta revisión y una discusión para repensar el diseño de una matriz analítica para este tipo de firmas y tecnologías.

A partir de estos hallazgos, el trabajo abre un conjunto de interrogantes:

- ¿Cómo generar procesos de coproducción en las áreas equipamiento, software y farmacéutica, en virtud de su contribución al desarrollo?
- ¿Cuál es el camino más virtuoso para la implementación de políticas públicas que fortalezcan la oferta y la demanda de I4.0 en el sistema de salud en países en desarrollo?
- ¿Qué restricciones y obstáculos es necesario superar para generalizar estos hallazgos en otras áreas del sistema de salud en las que se puedan identificar procesos de coproducción?
- ¿Cuál debería ser el rol del sistema de salud pública y de la academia para identificar senderos de desarrollo y de coproducción, en términos de productos, equipamiento e I4.0?

A modo de conclusión, se rescata la posibilidad de generar procesos de coproducción que no se limiten solamente a la demanda de equipamiento y de software —en general importado—, sino que impliquen una participación activa de oferentes y demandantes en el proceso de innovación.

Así, este caso contribuye a visibilizar la posibilidad y necesidad de contar con una oferta nacional de fármacos, equipamiento médico y tecnologías 4.0. Dada la importancia que cobra la coproducción en los procesos de innovación del tipo de A.img, su réplica podría presentarse como una ventana de oportunidad. Esto requeriría identificar áreas de

la salud en las que estos productos podrían ser desarrollados y a la vez crear las capacidades –tecnológicas, productivas, comerciales y organizacionales– y conexiones necesarias.

En las direcciones planteadas, este trabajo puede ser leído en términos del aprovechamiento que, desde la salud pública y la medicina preventiva, se podría hacer para la detección temprana de lesiones cerebrales, de pulmón y de mamas, de un amplio grupo de demandantes potenciales tanto del sistema privado como público. En esa línea, este caso pone de manifiesto la necesidad de aprovechar ventanas de oportunidad en el sector de salud identificadas a partir de la coproducción de sistemas tecnológicos I4.0, en la cual podría generarse una mayor eficiencia y eficacia del gasto público en salud y de los tratamientos asociados. Esto se traduciría en ahorros de costos de operaciones y de vidas humanas –al mejorar ostensiblemente los diagnósticos– y en una mejor calidad de vida.

Bibliografía

- AHUJA, G. (2000). "Collaboration networks, structural holes, and innovation: A longitudinal study", *Administrative Science Quarterly*, vol. 45, N° 3, pp. 425-455.
- ANTONELLI, C. (1997). "The economics of path-dependence in industrial organization", *International Journal of Industrial Organization*, vol. 15, N° 6, pp. 643-675.
- (2008). *Localised Technological Change: Towards the Economics of Complexity*. Londres y Nueva York: Routledge.
- (2014). *The economics of innovation, new technologies and structural change*. Londres: Routledge.
- ARUNDEL, A., BORDOY, C. Y KANERVA, M. (2007). "Neglected innovators: How do innovative firms that do not perform R&D innovate", *Results of an analysis of the Innobarometer*, N° 9.
- ARUNDEL, A. Y GEUNA, A. (2004). "Proximity and the use of public science by innovative European firms", *Economics of Innovation and New Technology*, vol. 13, N° 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° 7, pp. 473-484.
- Y VÁZQUEZ, C. (2014). "Evaluación del diferencial en el aumento de inversión en actividades innovativas respecto a ventas entre empresas beneficiarias del Programa de Innovación Tecnológica vs grupo control, 2008-2012", Consultora BSI-Aguilar.
- BAHETI, R. Y GILL, H. (2011). "Cyber-physical systems", *The Impact of Control Technology*, vol. 12, N° 1, pp. 161-166.
- BALDASSARI, P. Y ROUX, J. D. (2017). "Industry 4.0: preparing for the future of work", *People & Strategy*, vol. 40, N° 3, pp. 20-24.
- BARLETTA, F., ROBERT, V. Y YOGUEL, G. (2012). "Complementariedades de conocimiento, estrategias de conectividad e innovación en firmas industriales argentinas", *Revista de Economía Política de Buenos Aires*, año 6, vol. 11, pp. 49-80.
- BASCO, A. I., BELIZ, G., COATZ, D. Y GARNERO, P. (2018). *Industria 4.0: fabricando el futuro*, Monografía del BID, vol. 647, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Banco Interamericano de Desarrollo.
- BELL, M. Y FIGUEIREDO, P. (2012). "Innovation capability building and learning mechanisms in late-comer firms: recent empirical contributions and implications for research", *Canadian Journal of*

- Development Studies / Revue Canadienne d'Études du Développement*, vol. 33, N° 1, pp. 14-40. Disponible en <<http://dx.doi.org/10.1080/02255189.2012.677168>>.
- BELL, M. Y PAVITT, K. (1993). "Technological accumulation and industrial growth: contrasts between developed and developing countries", *Industrial and Corporate Change*, vol. 2, N° 2, pp. 157-210.
- (1995). "The development of technological capabilities", en Ulhaque, I. (ed.), *Trade, technology and international competitiveness*. Washington: Banco Mundial, pp. 69-101.
- BIJKER, W. E. (2010). "How is technology made? That is the question!", *Cambridge Journal of Economics*, vol. 34, N° 1, pp. 63-76.
- , HUGHES, T. P. Y PINCH, T. J. (eds.) (1987). *The Social Construction of Technological Systems: New directions in the Sociology and History of Technology*. Cambridge, Mass. y Londres: The MIT Press.
- BORRÁS, S. Y EDQUIST, C. (2019). *Holistic Innovation Policy: Theoretical Foundations, Policy Problems, and Instrument Choices*. Oxford: Oxford University Press.
- BRESCHI, S., MALERBA, F. Y ORSENIGO, L. (2000). "Technological Regimes and Schumpeterian Patterns of Innovation", *The Economic Journal*, vol. 110, pp. 388-410.
- BRIXNER, C., ISAAK, P., MOCHI, S., OZONO, M., SUÁREZ, D. Y YOGUEL, G. (2020). "Back to the future. Is industry 4.0 a new tecnoorganizational paradigm? Implications for Latin American countries", *Economics of Innovation and New Technology*, vol. 29, N° 7, pp. 1-15.
- CASALET, M. (2018). *La digitalización industrial. Un camino hacia la gobernanza colaborativa*. Santiago de Chile: CEPAL.
- COHEN, W. Y LEVINTHAL, D. (1990). "Absorptive Capacity: A New Perspective on Learning and Innovation", *Administrative Science Quarterly*. Número especial: *Technology, Organizations, and Innovation*, vol. 35, N° 1, pp. 128-152.
- COOMBS, R. Y METCALFE, J. S. (2000). "Universities, the Science Base and the Innovation Performance of the UK", Centre for Research on Innovation and Competition, University of Manchester.
- DAHLMAN, C. Y WESTPHAL, L. E. (1982). "Technological Effort in Industrial Development. An Interpretative Survey of Recent Research", en Stewart, F. y James, J. (eds.), *The Economics of New Technology in Developing Countries*. Londres: Frances Pinter, pp. 105-137.
- DAHLMAN, C., ROSS-LARSEN, B. Y WESTPHAL, L. E. (1987). "Managing Technological Development", *World Development*, vol. 15, N° 6, pp. 759-775.
- DANTAS, E. Y BELL, M. (2009). "Latecomer firms and the emergence and development of knowledge networks: The case of Petrobras in Brazil", *Research Policy*, vol. 38, N° 5, pp. 829-844.
- (2011). "The co-evolution of firm-centered knowledge networks and capabilities in late industrializing countries: the case of Petrobras in the offshore oil innovation system in Brazil", *World Development*, vol. 39, N° 9, pp. 1570-1591.
- DAVID, P. A. Y FORAY, D. (1994). "Dynamics of competitive technology diffusion through local network structures: the case of EDI document standards", en Leydesdorff, L. y Van den Besselaar,

- P. (eds.), *Evolutionary Economics and Chaos Theory: New Directions in Technology Studies*. Londres: Pinter, pp. 63-78.
- COHEN, W. Y LEVINTHAL, D. (1990). "Absorptive Capacity: A New Perspective on Learning and Innovation", *Administrative Science Quarterly*. Número especial: *Technology, Organizations, and Innovation*, vol. 35, N° 1, pp. 128-152.
- DOPFER, K., FOSTER, J. Y POTTS, J. (2004). "Micro-meso-macro", *Journal of Evolutionary Economics*, vol. 14, N° 3, pp. 263-279.
- DOSI, G. (1982). "Technical paradigms and technological trajectories: A suggested interpretation of the determinants and directions of technical change", *Research Policy*, vol. 11, N° 3, junio, pp. 147-162.
- (1988). "The nature of the innovative process", en Dosi, G., Freeman, C., Nelson, R., Silverberg, G. y Soete, L. (eds.), *Technical Change and Economic Theory*. Londres: Pinter, pp. 221-238.
- (1995). "Hierarchies, markets and power: some foundational issues on the nature of contemporary economic organizations", *Industrial and Corporate Change*, vol. 4, N° 1, pp. 1-19.
- Y VIRGILLITO, M. E. (2017). "In order to stand up you must keep cycling: Change and coordination in complex evolving economies", *Structural Change and Economic Dynamics*, junio.
- DUTRÉNIT, G. (2000). *Learning and Knowledge Management in the Firm: From Knowledge Accumulation to Strategic Capabilities*. Cheltenham: Edward Elgar.
- (2004). "Building Technological Capabilities in Latecomer Firms: Review Essay", *Science, Technology and Society*, vol. 9, N° 2, pp. 209-241.
- Y 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° 7, pp. 541-553.
- DUTRÉNIT, G., DE FUENTES, C. Y TORRES, A. (2010). "Channels of interaction between public research organisations and industry and their benefits: evidence from Mexico", *Science and Public Policy*, vol. 37, N° 7, pp. 513-526.
- DUTRÉNIT, G. Y VERA-CRUZ, A. O. (2005). "Acumulación de capacidades tecnológicas en la industria maquiladora", *Comercio Exterior*, vol. 55, N° 7, pp. 574-585.
- , ARIAS, A., SAMPEDRO, J. L. Y URIÓSTEGUI, A. (2006). *Acumulación de capacidades tecnológicas en subsidiarias de empresas globales en México: el caso de la industria maquiladora de exportación*. México: Universidad Autónoma Metropolitana / Miguel Ángel Porrúa.
- EISENHARDT, K. Y GRAEBNER, M. (2007). "Theory building from cases: opportunities and challenges", *The Academy of Management Journal*, vol. 50, N° 1, pp. 25-32.
- ERBES, A., ROBERT, V. Y YOCUEL, G. (2010). "Capacities, innovation and feedbacks in production networks in Argentina", *Economics of Innovation and New Technology*, vol. 19, N° 8, pp. 719-741.

- ERBES, A., ROITTER, S. Y DELFINI, M. (2011). "Organización del trabajo e innovación: un estudio com-parativo entre ramas productivas argentinas", *Economía: Teoría y Práctica*, vol. 34, pp. 101-132.
- EVANGELISTA, P., MCKINNON, A. Y SWEENEY, E. (2013). "Technology adoption in small and medium sized logistics providers", *Industrial Management & Data Systems*, vol. 113, N° 7.
- FIGUEIREDO, P. N. (2001). *Technological Learning and Competitive Performance*. Cheltenham: Edward Elgar.
- (2007). "What recent research does and doesn't tell us about rates of latecomer firms' capability accumulation", *Asian Journal of Technology Innovation*, vol. 15, N° 2, pp. 161-193.
- (2010). "Discontinuous innovation capability accumulation in latecomer natural resource-processing firms", *Technological Forecasting & Social Change*, vol. 77, pp. 1090-1108.
- FREEMAN, C. Y SOETE, L. (1982). *The Economics of Industrial Innovation*. Londres y Nueva York: Routledge.
- GEELS, F. W. (2010). "Ontologies, socio-technical transitions (to sustainability), and the multi-level perspective", *Research Policy*, vol. 39, N° 4, pp. 495-510. Disponible en <<https://doi.org/10.1016/j.respol.2010.01.022>>.
- GIULIANI, E. Y BELL, M. (2005). "The micro-determinants of meso-level learning and innovation: evidence from a Chilean wine cluster", *Research Policy*, vol. 34, N° 1, pp. 47-68.
- JASANOFF, S. (2004). *States of knowledge. The co-production of science and social order*. Londres: Routledge.
- KATZ, J. (1984). "Domestic Technological Innovations and Dynamic Comparative Advantage: Further Reflexions on a Comparative Case-Study Program", *Journal of Development Studies*, vol. 16, N°s 1-2, pp. 13-38.
- KIM, L. (1997). *From Imitation to Innovation. The Dynamics of Korea's Technological Learning*. Boston, Mass.: Harvard Business School Press.
- LALL, S. (1987). *Learning to Industrialize: The Acquisition of Technological Capability by India*. Londres: Macmillan Press.
- (1992). "Technological capabilities and industrialization", *World Development*, vol. 20, N° 2, pp. 165-186.
- LASI, H., FETTKE, P. Y KEMPER, H. (2014). "Industry 4.0, Application-Pull and Technology-Push as Driving Forces for the Fourth Industrial Revolution", *Business & Information Systems Engineering*, vol. 6, N° 4, pp. 239-242.
- LAW, J. (2009). "Actor Network Theory and Material Semiotics", en Turner, B. S. (ed.), *The New Blackwell Companion to Social Theory*. Londres: Blackwell Publishing, pp. 141-158.
- LEE, J., BAGHERI, B. Y KAO, H. (2015). "A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems", *Manufacturing Letters*, vol. 3, enero, pp. 18-23.

- LEONARD-BARTON, D. (1992). "Core Capabilities and Core Rigidities: A Paradox in Managing New Product Development", *Strategic Management Journal*, vol. 13, número especial: Strategy Process: Managing Corporate Self-Renewal, pp. 111-125.
- (1995). "A Dual Methodology for Cases Studies", en Huber, G. y Van de Ven, A. H. (eds.), *Longitudinal Field Research Methods*. California: Sage Publications, pp. 38-64.
- LEPRATTE, L. (2014). "Complejidad, análisis sociotécnico y desarrollo. Hacia programas de investigación convergentes entre los estudios sociales de la tecnología y la economía de la innovación y el cambio tecnológico", *Redes. Revista de Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología*, vol. 20, pp. 41-96.
- (2019). "Complejidad sociotécnica, innovación y desarrollo. Convergencias entre los estudios sociales de la tecnología y la economía evolucionista neoschumpeteriana orientada a sistemas complejos", en Barletta, F., Robert, V. y Yoguel, G. (comps.), *Tópicos de la teoría evolucionista neoschumpeteriana de la innovación y el cambio tecnológico*, vol. 2. Los Polvorines: Ediciones UNGS.
- MALERBA, F. Y ORSENIGO, L. (1990). "Technological regimes and patterns of innovation: A theoretical and empirical investigation of the Italian case", en Heertje, A. y Perlman, M. (eds.), *Evolving technology and market structure*. Ann Arbor: University of Michigan Press, pp. 271-297.
- (1993). "L'accumulazione delle capacità tecnologiche nell'industria italiana (1969-1984)", en Filippini, L. (ed.), *Innovazione tecnologica e servizi alle imprese*. Milán: Franco Angeli.
- METCALFE, J. S. Y FOSTER, J. (2007). *Evolution and Economic Complexity*. Northampton: Edward Elgar Publishing.
- MILES, I. (1993). "Services in the new industrial economy", *Futures*, vol. 25, N° 6, pp. 653-672.
- MIOZZO, M. Y SOETE, L. (2001). "Internationalization of services: a technological perspective", *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 67, N° 2-3, pp. 159-185.
- MOCHI, S. (2020). "Capacidades tecnológicas y vínculos territoriales en empresas argentinas de maquinaria agrícola", *Revista Brasileira de Inovação*, vol. 19, Campinas, pp. 1-36.
- MONOSTORI, L. (2014). "Cyber-physical production systems: Roots, expectations and R&D challenges", *Procedia CIRP*, vol. 17, pp. 9-13.
- MOWERY, D. C., OXLEY, J. E. Y SILVERMAN, B. S. (1996). "Strategic alliances and interfirm knowledge transfer", *Strategic Management Journal*, vol. 17, N° S2, pp. 77-91.
- NATIONAL ECONOMIC COUNCIL (2016). "Revitalizing American Manufacturing. The Obama Administration's Progress in Establishing a Foundation for Manufacturing Leadership".
- NEIMAN, G. Y QUARANTA, G. (2006). "Los estudios de caso en la investigación sociológica", en Vasilachis de Gialdino, I. (coord.), *Estrategias de investigación cualitativa*, cap. 6. Barcelona: Gedisa.
- NELSON, R. Y WINTER, S. (1982). *An Evolutionary Theory of Economic Change*. Cambridge: The Harvard University Press.
- NOOTEBOOM, B., VAN HAVERBEKE, W., DUYSTERS, G., GILSING, V. Y VAN DEN OORD, A. (2007). "Optimal cognitive distance and absorptive capacity", *Research Policy*, vol. 36, pp. 1016-1034.

- OBAYA, M. (2014). "Technological trajectories in peripheral integration processes. The case of multinational companies in the MERCOSUR automotive space", tesis doctoral. Monash University.
- PAVITT, K. (1984). "Sectoral patterns of technical change: Towards a taxonomy and a theory", *Research Policy*, vol. 13, N° 6, pp. 343-373.
- PÉREZ, C. (1985). "Microelectrónica, ondas largas y cambio estructural mundial. Nuevas perspectivas para los países en desarrollo", *World Development*, vol. 13, N° 6, marzo, pp. 441-463.
- (2008). "Dinámica de la innovación y oportunidades de crecimiento", conferencia magistral, Congreso Sistemas de Innovación para la Competitividad.
- (2009a). "The double bubble at the turn of the century: technological roots and structural implications", *Cambridge Journal of Economics*, vol. 33, N° 4, pp. 779-805.
- (2009b). "Technological revolutions and techno-economic paradigms", Working Paper N° 20, Technology Governance and Economic Dynamics.
- (2010). "Technological Revolutions and Techno-economic paradigms", *Cambridge Journal of Economics*, vol. 34, N° 1, pp. 185-202.
- Y SOETE, L. (1988). "Catching Up in Technology: Entry Barriers and Windows of Opportunity", en Dosi, G., Freeman, C., Nelson, R. y Soete, L. (eds.), *Technical Change and Economic Theory*. Londres: Francis Pinter.
- PINCH, T. (2008). "Technology and institutions: Living in a material world", *Theory and Society*, vol. 37, N° 5, pp. 461-483. Disponible en <<https://doi.org/10.1007/s11186-008-9069-x>>.
- Y SWEDBERG, R. (eds.) (2008). *Living in a material world: economic sociology meets science and technology studies*, vol. 1, The MIT Press.
- REISCHAUER, G. (2018). "Industry 4.0 as policy-driven discourse to institutionalize innovation systems in manufacturing", *Technological Forecasting and Social Change*, N° 132, pp. 26-33.
- RICHARDSON, G. B. (1959). "Equilibrium, expectations and information", *The Economic Journal*, vol. 69, N° 274, pp. 223-237.
- ROBERT, V. Y YOGUEL, G. (2016). "Complexity paths in neo-Schumpeterian evolutionary economics, structural change and development policies", *Structural Change and Economic Dynamics*, vol. 38, pp. 3-14.
- Y LERENA, O. (2017). "The ontology of complexity and the neo-Schumpeterian evolutionary theory of economic change", *Journal of Evolutionary Economics*, vol. 27, N° 4, pp. 761-793.
- ROBSON, M., TOWNSEND, J. Y PAVITT, K. (1988). "Sectoral patterns of production and use of innovations in the UK: 1945-1983", *Research Policy*, vol. 17, N° 1, pp. 1-14.
- SANTORO, M. D. Y GOPALAKRISHNAN, S. (2000). "The institutionalization of knowledge transfer activities within industry-university collaborative ventures", *Journal of Engineering and Technology Management*, vol. 17, N°s 3-4, pp. 299-319.

- SAVIOTTI, P. P. Y PYKA, A. (2004). "Economic development by the creation of new sectors". *Journal of Evolutionary Economics*, vol. 14, N° 1, pp. 1-35.
- SCHUMPETER, J. (1912). *The Theory of Economic Development: An Inquiry into Profits, Capital, Credit, Interest, and the Business Cycle*. Cambridge: Harvard University Press.
- SCHWAB, K. (2016). *The Fourth Industrial Revolution*. Nueva York: Crown Publishing Group.
- (1942). *Capitalism, Socialism and Democracy*. Nueva York: Harper and Brothers.
- SOETE, L. Y MIOZZO, M. (1989). "Trade and Development in Services: A technological perspective", United Nations University, Maastricht Economic and Social Research Institute on Innovation and Technology.
- STAKE, R. (1994). "Case studies", en Denzin, N. K. y Lincoln, Y. S., *Handbook of Qualitative Research*. California: Sage Publications.
- STRANGE, R. Y ZUCHELLA, A. (2017). "Industry 4.0, global value chains and international business", *Multinational Business Review*, vol. 25, N° 3, pp. 174-184. Disponible en <<https://doi.org/10.1108/MBR-05-2017-0028>>.
- SZALAVETZ, A. (2018). "Impact of greening on the upgrading of manufacturing subsidiaries' technological capabilities – a Hungarian perspective", *JEEMS Journal of East European Management Studies*, vol. 23, N° 3, pp. 426-446.
- TEECE, D. (1992). "Competition, cooperation, and innovation: Organizational arrangements for regimes of rapid technological progress", *Journal of Economic Behavior & Organization*, vol. 18, N° 1, pp. 1-25.
- , PISANO, G. Y SHUEN, A. (1997). "Dynamic capabilities and strategic management", *Strategic Management Journal*, vol. 18, N° 7, pp. 509-533.
- THOMAS, H. Y FRESSOLI, M. (2010). "En búsqueda de una metodología para investigar tecnologías sociales", en Dagnino, R. (comp.), *Tecnología social: ferramenta para construir outra sociedade*, 2ª ed. Campinas: Komedi, pp. 221-248.
- THOMAS, K. W. (2008). "Thomas-kilmann conflict mode", *TKI Profile and Interpretive Report*, pp. 1-11.
- WESTPHAL, L., KIM, L. Y DAHLMAN, C. (1985). "Reflections on the Republic of Korea's Acquisition of Technological Capability", en Rosenberg, N. y Frischtak, C. (eds.), *International Technology*. Nueva York: Praeger Publishers, pp. 167-221.
- YIN, R. (1994). *Case Study Research. Design and Methods*. Thousand Oaks: Sage Publications.
- YOGUEL, G. Y ROBERT, V. (2010). "La dinámica compleja de la innovación y el desarrollo económico", *Desarrollo Económico*, vol. 50, N° 199, octubre-diciembre, Buenos Aires, IDES, pp. 423-453.



CIECTI 2021

DT 23



GABRIEL YOGUEL es docente-investigador titular de la Universidad Nacional de General Sarmiento y coordinador del Área de Economía del Conocimiento de esa universidad. Forma parte del CIECTI y posee una importante trayectoria en investigación en temáticas de economía de la innovación y sistemas complejos. En ese campo es autor de numerosas publicaciones en revistas nacionales e internacionales y de varios libros.

VERÓNICA XHARDEZ es licenciada en Ciencias Antropológicas por la Universidad de Buenos Aires (UBA), magíster en Ciencias Políticas y Sociología (FLACSO Argentina) y doctora en Ciencias Sociales (UBA). En el CIECTI participa en dos líneas de investigación: una sobre Big Data y datos abiertos y otra sobre industria 4.0; ambas forman parte de la Unidad de Datos Abiertos y Masivos. En el ámbito universitario se desempeña como docente e investigadora de la Universidad Nacional de Tres de Febrero y en carácter de invitada en otras casas de estudio. Participó o coordinó proyectos relacionados con trabajo en red y trabajo creativo en industrias culturales, producción colaborativa y coproducción de conocimientos en plataformas virtuales y software libre, y uso de TIC para la gestión en ámbitos públicos y privados.

SILVINA MOCHI es licenciada en Economía por la UBA, magíster en Política y Gestión en Ciencia y Tecnología (UBA) y doctora en Economía y Gestión de la Innovación por la Universidad Autónoma de Madrid. Actualmente es directora de Desarrollo de Cadenas de Valor (SEPYME-MDP). Además, se desempeña como docente de grado y posgrado de la UBA y la Universidad Nacional Arturo Jauretche. Fue coordinadora académica de la Maestría en Política y Gestión en Ciencia y Tecnología (UBA) y asesora técnica en la Dirección Nacional de Estudios y en la Subsecretaría de Políticas en CTI del MINCYT. Ha trabajado en la coordinación de líneas de financiamiento para proyectos de *clusters* en el Fondo Tecnológico Argentino (FONTAR-ANPCYT) y como consultora-facilitadora en la Unidad para el Cambio Rural (PROSAP-SAGYP).

