



INVESTIGACIÓN

Caracterización de la oferta de bienes y servicios 4.0 desarrollados en la provincia de Santa Fe (Argentina)

*Girolimo, Ulises**; *Cassini, Lorenzo***

Resumen

El objetivo de este trabajo es analizar la oferta de bienes y servicios 4.0 en la provincia de Santa Fe, Argentina. Se realiza un relevamiento de empresas que ofrecen estos bienes y servicios y un estudio de casos múltiples basado en cinco firmas especializadas en diversas actividades (telemetría, software, internet de las cosas, biotecnología y *agrotech*), que fueron exitosas en la conformación de una cartera de productos que incorporan estas tecnologías. Se analizan los facilitadores y obstaculizadores internos y externos, y los vínculos establecidos con otros agentes (globales, nacionales, regionales y locales). Se identificaron 53 empresas que ofrecen bienes y servicios 4.0, siendo IoT, IA, Big Data y Automatización los vectores tecnológicos más frecuentemente involucrados. En función del estudio de casos, se observa que al interior de las firmas los factores clave para facilitar el desarrollo de estas tecnologías son sus capacidades de aprendizaje, la estrategia corporativa respecto a la innovación y la calificación de sus recursos humanos. A nivel externo, contribuyen la disponibilidad de trabajadores y los vínculos de tipo proveedor-usuario y con instituciones de ciencia y tecnología. La baja proximidad cognitiva e institucional obstaculiza el afianzamiento de estos vínculos.

Palabras clave: tecnologías 4.0; cambio tecnológico; desarrollo económico

Procedencia: El artículo que aquí se presenta se enmarca en el proyecto PICT 2020-Serie A-02048 *Bienes y servicios informacionales en la provincia de Santa Fe y su vinculación con los entramados socio-productivos locales: elementos para la construcción de una agenda de desarrollo con base en las tecnologías 4.0*. Recibido el 9/8/2024, aprobado el 21/3/2025 y publicado el 22/4/2025.

DOI: <https://doi.org/10.33255/3673/2078>

Autoría: * Instituto de Investigaciones Gino Germani (UBA), Facultad de Ciencias Sociales (Pontificia Universidad Católica Argentina), Conicet, (Argentina). ** Instituto de Desarrollo Regional y de la Pequeña y Mediana Empresa (Universidad Nacional del Oeste), Universidad Nacional de San Martín, Conicet (Argentina).

Contacto: ugiolimo@sociales.uba.ar



Characterization of the Supply of 4.0 Goods and Services Developed in the Province of Santa Fe (Argentina)

Abstract

The objective of this work is to analyze the supply of 4.0 goods and services in the province of Santa Fe, Argentina. The study includes a survey of companies offering these goods and services and a multiple case study of five firms specializing in various activities (telemetry, software, Internet of Things, biotechnology, and agrotech). These firms have successfully developed a portfolio incorporating the mentioned technologies. The analysis examines internal and external facilitators and obstacles, and the connections established with other agents (global, national, regional, and local). A total of 53 companies offering 4.0 goods and services were identified, with IoT, AI, Big Data, and Automation being the most frequently involved technological vectors. Based on the case studies, key internal factors facilitating the development of these technologies include the firms' learning capacities, corporate strategy towards innovation, and the qualifications of their human resources. Externally, the availability of skilled workers and links between providers and users, as well as with science and technology institutions, contribute to development. However, low cognitive and institutional proximity hinders the strengthening of these links.

Key words: industry 4.0; technological change; economic development

Caracterização da oferta de bens e serviços 4.0 desenvolvidos na província de Santa Fe (Argentina)

Resumo

O objetivo deste trabalho é analisar a oferta de bens e serviços 4.0 na província de Santa Fe, Argentina. Realizou-se um levantamento de empresas que oferecem esses bens e serviços e um estudo de casos múltiplos com base em cinco empresas especializadas em diversas atividades (telemetria, software, internet das coisas, biotecnologia e agrotech), que foram bem-sucedidas na formação de um portfólio de produtos que incorporam as tecnologias mencionadas. São analisados os facilitadores e obstáculos internos e externos, e os vínculos estabelecidos com outros agentes (globais, nacionais, regionais e locais). Foram identificadas 53 empresas que oferecem bens e serviços 4.0, sendo IoT, IA, Big Data e Automação os vetores tecnológicos mais frequentemente envolvidos. Com base no estudo de casos, observa-se que, no interior das empresas, os fatores-chave para facilitar o desenvolvimento dessas tecnologias são suas capacidades de aprendizagem, a estratégia corporativa em relação à inovação e a qualificação de seus recursos humanos. A nível externo, contribuem a disponibilidade de trabalhadores e os vínculos do tipo fornecedor-usuário e com instituições de ciência e tecnologia. A baixa proximidade cognitiva e institucional dificulta o fortalecimento desses vínculos.

Palavras-chave: tecnologias 4.0; mudança tecnológica; desenvolvimento econômico

1. Introducción

El paradigma tecnoeconómico con base en las tecnologías de la información y comunicación (TIC) tuvo sus orígenes en la década de 1970, momento que coincidió con una etapa de reestructuración capitalista y la crisis del modelo de bienestar edificado luego de la Segunda Guerra Mundial. El uso intensivo de la información digital, habilitado por las innovaciones en la microelectrónica, las computadoras personales y a posteriori el desarrollo y la masificación de Internet, contribuyó a reorganizar la producción y delinear una nueva etapa en el capitalismo conocida como informacional (Castells, 1999). En esta etapa, la información digital se configuró como el factor clave de producción, esto es, el insumo que ejerce una influencia fundamental en el comportamiento de la estructura de costos relativos (Pérez, 2005), razón por la cual la producción agrícola e industrial y la prestación de servicios debieron volverse informacionales para incrementar su productividad (Castells, 1995).

Con la crisis internacional de 2008 y la mejora cualitativa en un conjunto de vectores tecnológicos agrupados bajo la categoría 4.0, se inició una nueva etapa (Zukerfeld, 2020) u oleada (Girolimo y Feldman, 2020) informacional, en la que se observan nuevas lógicas de organización espacial de la actividad económica a escala global (Baldwin, 2016), la integración creciente de tecnologías digitales con la producción industrial (Schwab, 2016) y la consolidación de nuevos modelos de organización empresarial basada en la explotación de datos (Srnicsek, 2018).

Entre las tecnologías agrupadas bajo la categoría 4.0 se encuentra el Internet de las Cosas, la Inteligencia Artificial, el Big Data, la Computación en la Nube, la Realidad Virtual, la Realidad Aumentada, el Blockchain, la Robótica Avanzada, el Edge Computing¹, la Impresión 3D, entre otras² (Chung y Kim, 2016). Montadas sobre la revolución digital anterior, permitieron la convergencia e integración de dispositivos y desarrollos que tienden a debilitar los límites entre lo físico, lo digital y lo biológico (Schwab, 2016) a partir de posibilitar la conexión de objetos a Internet, el surgimiento de las plataformas digitales para intermediar entre distintos tipos de usuarios y reorganizar mercados, el perfeccionamiento algorítmico para automatizar procesos, recabar, procesar, clasificar y analizar grandes volúmenes de datos, entre otras tendencias (Basco et al., 2018; Galliano, 2020).

Estas transformaciones están incidiendo sobre la valorización económica y la organización de la producción, al punto que países líderes en el campo del desarrollo de las tecnologías 4.0, como Estados Unidos, China y Alemania, desarrollaron políticas explícitas para fortalecer su dominio en la economía in-

formacional (Schroeder, 2016; Zhang et al., 2016; Manufacturing USA, 2017). En América Latina, quienes lo hicieron se enfrentaron a limitaciones vinculadas con las debilidades de sus sistemas de innovación, una estructura socioprodutiva más vulnerable y una infraestructura tecnológica más deficiente (Casalet, 2018; Feldman y Girolimo, 2021). El desarrollo de estrategias en este sentido responde a la necesidad de evitar quedar relegado a un patrón importador de bienes industriales y servicios de alta intensidad innovativa (Ramírez Gallegos y Sztulwark, 2018).

A nivel subnacional, existen escasas investigaciones sobre los procesos de desarrollo de tecnologías 4.0. Por el contrario, la literatura tiende a focalizarse sobre distintas problemáticas y desafíos de la *adopción* de tecnologías 4.0 en empresas industriales (Albrieu et al., 2019; Basco et al., 2018; Motta et al., 2019; Blanc et al., 2023; Gutiérrez et al., 2023). Un antecedente relevante, sin embargo, es el trabajo de Erbes et al. (2019) en el que se analizan las potencialidades del sector de software y servicios informáticos de la provincia de Santa Fe (Argentina) para constituirse en un proveedor especializado de tecnologías 4.0, lo que mejoraría la productividad de las empresas manufactureras y el perfil de especialización de las empresas de software y servicios informáticos (SSI) y permitiría obtener ventajas de los procesos de aprendizaje basados en interacciones entre proveedores y clientes favorecidos por la proximidad geográfica. Además, el trabajo analiza las principales aplicaciones de tecnologías 4.0 en actividades productivas relevantes de la provincia, como la biotecnología en salud humana, maquinaria agrícola y el complejo lácteo.

En este marco, el objetivo de este trabajo es analizar la oferta de bienes y servicios asociados con las tecnologías 4.0 en la provincia de Santa Fe, Argentina. Los interrogantes que guían la investigación son: ¿Qué características evidencian las trayectorias de las empresas que se conformaron como desarrolladoras de tecnologías 4.0? ¿Cuáles son los vectores tecnológicos sobre los que se especializan? ¿Cuáles son los factores obstaculizadores y facilitadores que las empresas identifican como condicionantes de su desempeño? ¿De qué modo se vincularon las firmas con otros agentes del sistema regional y/o nacional de innovación para el desarrollo de tecnologías 4.0? Para responder a estos interrogantes se realizan dos acciones. En primer lugar, un relevamiento inédito de las firmas radicadas en la provincia que ofrecen estos bienes y servicios. En segundo lugar, un estudio de casos múltiples basado en cinco firmas especializadas en diversas actividades (telemetría, software, internet de las cosas, biotecnología y *agrotech*), que fueron exitosas en la conformación de una cartera de productos que incorporan las tecnologías mencionadas.

Por último, el trabajo se estructura de la siguiente manera. Luego de esta introducción, se presenta la metodología de análisis. A continuación, se desarrolla el marco conceptual, apoyado en la literatura evolucionista y de los sistemas de innovación. Luego, se exponen los resultados del estudio, identificando los vectores 4.0 en los que se especializan las firmas y ofreciendo una clasificación de facilitadores, obstaculizadores y vínculos que incidieron en las trayectorias de las empresas analizadas. Finalmente, se presentan las conclusiones de la investigación.

2. Metodología

El trabajo indaga sobre el perfil productivo de cinco firmas desarrolladoras de tecnologías 4.0 en la provincia de Santa Fe. Lo hace desde un abordaje exploratorio de tipo cualitativo, centrado en el estudio de casos (Yin, 1994), lo que permite enfocarse en la visión de los actores y el contexto en el que estos se desenvuelven (Baxter y Jack, 2008; Vela Peón, 2001). Este aspecto es relevante para la investigación, en tanto que se considera que el desarrollo acumulativo de capacidades tecnológicas necesarias para la innovación productiva reviste un carácter fuertemente interactivo y sistémico (Yoguel et al., 2009).

Considerando que el foco está puesto sobre las empresas que desarrollan tecnologías 4.0, y dado que estos vectores tecnológicos tienen como particularidad la articulación de bienes materiales con bienes informacionales³, la identificación de los oferentes de este tipo de productos tiende a ser relativamente opaca a las estadísticas. Con frecuencia, se incluye a empresas de software y servicios informáticos, proveedores de servicios de ingeniería industrial, fabricantes de maquinaria, empresas de biotecnología, entre otras (Cassini y Girolimo, 2023).

Para identificar a las firmas especializadas en este tipo de actividades productivas, se realizaron entrevistas semiestructuradas a referentes de cuatro polos, parques y clusters tecnológicos de la provincia de Santa Fe, y se realizaron búsquedas en los sitios web de las firmas asociadas a estas instituciones. Por medio de esta operatoria, se conformó una base preliminar de 189 empresas sobre la que luego se llevó a cabo un análisis de sus sitios web para determinar si entre los bienes y servicios que proveen se hace mención a algún/os vector/es tecnológico/s 4.0. A partir de este procedimiento, se constató que el 28 % de las firmas relevadas manifiesta desarrollar bienes y/o servicios 4.0.

En función de esta primera clasificación, se estableció contacto con cinco firmas que se identificaron como proveedoras de bienes y servicios 4.0,

y se realizaron entrevistas semiestructuradas a informantes clave entre los meses de mayo y junio de 2024. Los cuestionarios se organizaron en seis bloques temáticos: en primer lugar, se indagó acerca de información básica de la empresa, como su localización, año de surgimiento, origen y cantidad de empleados; luego se ahondó en los principales productos que desarrolla (su *core business*) y los vectores tecnológicos 4.0 que componen su oferta; a continuación se solicitó información acerca de la demanda de sus productos, el perfil de clientes y las necesidades que buscan satisfacer; luego se profundizó en los factores externos e internos que operaron como facilitadores u obstaculizadores para transformarse en desarrolladoras de tecnologías 4.0; por último, se consultó sobre los vínculos desarrollados con otros agentes, y si fueron beneficiarios de alguna política pública para fortalecer sus capacidades tecnológicas y desarrollar productos 4.0.

En función de la información obtenida a partir del trabajo de campo, se procedió al agrupamiento de los facilitadores y obstaculizadores identificados, considerando las categorías analíticas que componen el marco teórico (ver sección 3) y distinguiendo entre aquellos que corresponden a factores internos de los externos a las firmas.

3. El desarrollo de capacidades tecnológicas a innovativas en empresas: un proceso sistémico e interactivo

En la actual etapa del capitalismo informacional, el desarrollo de capacidades tecnológicas e innovativas de los agentes que componen los sistemas de innovación constituye un factor fundamental para la competitividad y el desarrollo productivo. Tomando como referencia la literatura proveniente de la economía de la innovación, se considera que el desarrollo acumulativo de estas capacidades depende de factores internos, pero también de elementos contextuales que inciden en su desempeño. A continuación, se presentan las dimensiones y categorías fundamentales que estructuran la investigación.

A nivel interno, las capacidades de aprendizaje involucran tanto las capacidades de absorción como las capacidades de innovación. Si bien se encuentran estrechamente vinculadas, las capacidades de absorción se refieren a la acumulación de habilidades para reconocer el valor del conocimiento externo, adquirirlo, asimilarlo y adaptarlo en una organización (Cohen y Levinthal, 1989), mientras que las capacidades de innovación se refieren a las habilidades para desarrollar nuevos procesos, productos, métodos organizacionales o de comercialización, por medio del aprendizaje acumulativo de conocimientos tácitos o codificados (Nonaka y Takeuchi, 1995; Lugones et al.,

2007; Lundvall, 1992). Para las empresas que se caracterizan por producir conocimiento para otras empresas, también son relevantes las capacidades de aplicación, es decir, adaptar ese conocimiento a los requerimientos de clientes que se desenvuelven en diferentes sectores (Elfring y Baven, 1994). El desarrollo de estas capacidades requiere del intercambio fluido de información en el marco de la relación usuario-productor, que será abordado más adelante.

Otro aspecto clave para desarrollar las capacidades de aprendizaje de las firmas son las rutinas de búsqueda e innovación, que consisten en un conjunto de actividades y procesos que una empresa utiliza para explorar nuevas oportunidades tecnológicas, de mercado o de producto. En el contexto de la economía evolutiva, las rutinas de búsqueda e innovación son cruciales para la adaptación y evolución de las empresas (Winter y Nelson, 1982). Las rutinas de búsqueda pueden incluir actividades como la investigación de mercado, la consulta con expertos, la experimentación con prototipos y la colaboración con universidades u otras instituciones de investigación. Las rutinas de innovación, por otro lado, se centran en la implementación de las ideas descubiertas durante el proceso de búsqueda, lo que puede incluir el desarrollo de nuevos productos, la mejora de procesos existentes o la adopción de nuevas tecnologías.

Las capacidades tecnológicas e innovativas de las firmas también están condicionadas por su dotación de recursos productivos (físicos, humanos, financieros e intangibles) y la forma en que el gerenciamiento de la firma conecta estos recursos con las oportunidades productivas detectadas en el entorno (Penrose, [1959] 2009). Las firmas son heterogéneas porque cuentan con diferentes recursos y los combinan de diferentes formas para obtener bienes y servicios. La innovación surge precisamente de la incorporación de nuevos recursos o su combinación de una forma diferente.

Respecto a los factores externos, pueden identificarse factores geográficos, sectoriales y temporales. En cuanto a los geográficos, los Sistemas Regionales de Innovación (SRI) permiten identificar las causales del desarrollo de capacidades tecnológicas por parte de los actores de un territorio. Un SRI es la conjunción de actores heterogéneos y de sus interrelaciones que participan de la producción, difusión y utilización de conocimiento económicamente útil, anclados a una región específica, pero con interacciones con el resto del mundo (Asheim y Coenen, 2005; Niembro, 2015). Desde esta perspectiva, la innovación es el resultado de las interacciones llevadas a cabo por agentes cuyas capacidades, recursos y racionalidades suelen ser heterogéneas (Erbes y Suárez, 2016). Esta heterogeneidad de los agentes se manifiesta en su clase (firmas, cámaras empresariales, polos, parques industriales, instituciones cien-

tíficas y tecnológicas, instituciones educativas, instituciones gubernamentales, sindicatos, etc.) y en sus características individuales. Por lo tanto, además de reconocer a quienes los componen, es preciso identificar las capacidades tecnológicas e innovativas que tienen (Yoguel et al., 2009). En los sistemas de innovación, el desempeño agregado de los actores es más que la suma de las partes porque se obtienen resultados que no hubiesen obtenido las partes actuando individualmente.

Un aspecto clave para la interacción entre los agentes es la proximidad. Si bien la cercanía geográfica es relevante para la construcción de vínculos cooperativos, no basta para fomentar procesos innovativos por medio del aprendizaje vía interacción, ya que se requieren mecanismos adicionales que favorezcan la complementariedad entre los mismos (Fernández y Dundas, 2008; Niembro, 2015). Proximidad significa mucho más que colocación, dado que existen otras dimensiones, además de la geográfica, que son centrales para comprender el aprendizaje interactivo. Boschma (2005) identifica cinco proximidades que contribuyen a reducir la incertidumbre entre los actores y facilitan el aprendizaje conjunto y la innovación: cognitiva, organizacional, social, institucional y geográfica. Aunque la proximidad geográfica no sea una condición necesaria ni suficiente para que se produzca el aprendizaje, sí facilita el aprendizaje interactivo al fortalecer al resto de las dimensiones. Sin embargo, en el paradigma tecnológico actual, en el que las TIC tienen un rol determinante, otras formas de proximidad pueden suplir la inexistencia de la cercanía territorial.

Un componente fundamental de los sistemas de innovación es la interacción usuario-productor (Lundvall, 1992; Von Hippel, 1976). Una porción significativa de las innovaciones en el sistema capitalista se origina en entidades distintas a los usuarios finales, y para que una actividad innovadora tenga éxito es esencial comprender las necesidades de los usuarios. Las innovaciones surgen de la combinación entre la oportunidad técnica y las necesidades del usuario. Las relaciones entre usuario y productor abarcan tanto el intercambio de productos como el de información, e incluso pueden cooperar participando de un proyecto común.

Otro elemento contextual que incide en el desempeño innovador de las firmas es la estructura productiva, parte constitutiva y fundamental de los sistemas de innovación. La estructura establece un conjunto de interrelaciones entre usuarios y productores que son cruciales para el aprendizaje y condicionan el proceso de innovación. Los sectores productivos, por su parte, difieren en el rol que asumen para la innovación en el conjunto de la economía. Algunos sectores tienden a incidir más en la generación de innovaciones,

otros las difunden y otros las adoptan. Pavitt (1984) analiza el proceso de innovación desde una perspectiva sectorial y propone una taxonomía para clasificar a los sectores según el rol que desempeñan en la generación de innovaciones: sectores de escala intensiva, proveedores especializados, basados en la ciencia y dominados por proveedores. El enfoque de Pavitt, a su vez, destaca la importancia que tienen las relaciones verticales entre los sectores que componen una economía para la generación y difusión de conocimiento. Los sectores innovadores necesitan del intercambio con los demandantes de innovaciones para crear nuevo conocimiento.

Las empresas estudiadas en este trabajo pertenecen a la categoría de proveedores especializados, ya que realizan innovaciones de proceso para otras empresas y la principal fuente de innovación es la relación con sus clientes. Estas empresas se caracterizan por generar soluciones adaptadas a sus clientes, para lo cual es crucial el intercambio fluido de conocimiento complejo y tácito, que habitualmente requiere de proximidad física (Andreoni y Lopez Gomez, 2012; Meliciani y Savona, 2015).

Finalmente, la capacidad tecnológica e innovadora de cada sector depende del paradigma tecnológico correspondiente a determinado contexto histórico (Pérez, 2005) y la fase de la trayectoria tecnológica en la cual se encuentra una determinada industria (Dosi, 1982). Un paradigma tecnológico es un «modelo» y un «patrón» de solución de problemas tecnológicos seleccionados, basados en principios derivados de las ciencias naturales y en tecnologías materiales. Pérez (2005) retoma el concepto de paradigma tecnológico enfatizando el impacto en la transformación de toda la economía y refiere a paradigma tecnoeconómico y revoluciones tecnológicas. Las revoluciones son un conjunto interrelacionado de saltos tecnológicos radicales que conforman una gran constelación de tecnologías interdependientes capaces de transformar la economía e impulsar una oleada de desarrollo de largo plazo.

La trayectoria tecnológica es el patrón de actividad de resolución de problemas normal o la dirección sobre la base de un paradigma tecnológico. Presenta un conjunto de actividades de resolución de problemas y captura cambios continuos relacionados con el progreso tecnológico indicando la dirección del progreso tecnológico (Dosi, 1982). Debido a la influencia de las tecnologías anteriores sobre las posteriores, los cambios tecnológicos capturados por una trayectoria se caracterizan por la naturaleza dependiente de la trayectoria (Momeni y Rost, 2016; Kim et al., 2017; Verspagen, 2007). La característica acumulable del conocimiento dentro de una misma trayectoria hace que la probabilidad de una firma de innovar y ser competitiva se

vea condicionada por las innovaciones que obtuvo anteriormente (Malerba y Orsenigo, 1997).

Como se señala en la introducción, las tecnologías 4.0 se presentan como una nueva fase dentro del paradigma tecnológico dominado por las TIC. Los principales vectores tecnológicos 4.0 son: Inteligencia Artificial (IA), Internet de las Cosas (IoT, por sus siglas en inglés), Big Data Analytics (análisis de grandes volúmenes de datos), Machine Learning (aprendizaje automático), Blockchain, Computación en la Nube, Edge Computing (computación en el borde), Realidad Virtual, Realidad Aumentada, Impresión 3D y Robótica Avanzada. Esta nueva fase de crecimiento acelerado de la capacidad de generación, almacenamiento, procesamiento y transmisión de datos abre la posibilidad a aplicaciones cualitativamente diferentes de las observadas hasta el momento (Brixner et al., 2019), ya que permite la integración de dispositivos que debilitan los límites entre lo biológico, físico y digital, a partir de la posibilidad de conectar objetos a Internet y reorganizar la producción mediante nuevas tendencias vinculadas con la automatización, digitalización, plataformización, robotización y distanciamiento de la producción y el trabajo (Gendler y Girolimo, 2023).

4. Trayectorias empresariales de firmas desarrolladoras de tecnologías 4.0 en Santa Fe

4.1. Situar la investigación: la provincia de Santa Fe

Santa Fe está ubicada en el centro geográfico del país, siendo la tercera jurisdicción más poblada y la cuarta en cuanto al tamaño de su economía. Cuenta con una importante densidad empresarial, con un 9,1% de las firmas del país, concentra el 8,4% del empleo formal y evidencia un alto valor agregado de la producción, con un 8,1% del valor agregado bruto nacional en 2021 (CEPAL, 2024).

Un rasgo distintivo de la economía provincial está dado por el cultivo de cereales y oleaginosas producidos con tecnología de punta, a partir de los cuales se llevan a cabo procesados industriales que se destinan a la exportación. Además de contar con una base agroindustrial de gran envergadura, la provincia cuenta con una base industrial diversificada, compuesta en su mayoría por pequeñas y medianas empresas (Lachman y López, 2019; Castagna et al., 2019; Trucco, 2022). La manufactura se compone de múltiples actividades, como las industrias alimenticia (compuesta principalmente por la industria láctea, frigorífica y aceitera), metalmecánica, petroquímica, farmacéutica, de maquinaria agrícola y autopartista. En los últimos años, han cobrado relevancia actividades vinculadas con la economía del conocimiento, como la

biotecnología y los servicios informáticos, surgidas en estrecha relación con las capacidades científico-tecnológicas y la oferta universitaria de la provincia (CEPAL, 2024).

Santa Fe es una provincia dual. Mientras que en el sur y el centro se encuentra la mayor parte de la población y las condiciones del suelo, relieve y clima son altamente propicias para las actividades agropecuarias, además de tener una intensa actividad industrial y de servicios, en el norte la densidad poblacional es muy baja, y se concentra en la actividad ganadera, algunas actividades agropecuarias como el cultivo de caña de azúcar, algodón y girasol, la apicultura y una importante actividad vinculada con la maquinaria agrícola, la producción de muebles y frigoríficos (CEPAL, 2024).

Adicionalmente, la provincia dispone de un sistema científico-tecnológico extendido en el territorio a partir de la presencia de universidades nacionales en Rosario, Santa Fe y Rafaela, centros universitarios o facultades en otras ciudades como Venado Tuerto, Esperanza y Reconquista, institutos dependientes del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) y una presencia extendida del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) y el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) (Hynes et al., 2020). Con relación a las actividades de investigación, la provincia cuenta con 1.025 investigadores, lo que la ubica en cuarto lugar a nivel nacional, de los cuales 411 pertenecen a las Ciencias Agrarias, las ingenierías y los Materiales; 271 a las Ciencias Biológicas y de la Salud, 174 a las Ciencias Exactas y Naturales, 128 a las Ciencias Sociales y Humanidades, y 41 al área de Tecnología. En términos de actividades de Vinculación Tecnológica, la provincia se ubica en tercer lugar (5,3 %) en cuanto a la distribución de la facturación por provincia⁴.

Además, cuenta con instituciones que nuclean actores de diversa naturaleza y tienen como finalidad el desarrollo de capacidades innovativas mediante la interacción entre el sector científico y empresarial: el Polo Tecnológico Rosario (PTR), el Parque Tecnológico Litoral Centro (PTLC), el Cluster TIC Santa Fe, el Centro Comercial e Industrial de Rafaela y la Región, donde se ubica la Cámara de Empresas de Desarrollo Informático de Rafaela y la Región (CEDI) y el Polo Tecnológico Esperanza. Estas instituciones desarrollan distintos tipos de actividades, como cursos de capacitación, jornadas de difusión de experiencias, difusión de programas de asistencia, prestación de servicios administrativos, legales, económicos, nexos con el sistema científico-tecnológico, y en algunos casos disponen de espacios de *coworking* e incubación de empresas. Exceptuando al Cluster TIC de Santa Fe que nuclea sólo a empresas de software, aglutinan empresas que desarrollan actividades diversas

(biotecnología, servicios electrónicos y de comunicaciones, diseño y servicios de ingeniería industrial, entre otras) (Cassini y Girolimo, 2023).

4.2. Oferta privada de bienes y servicios 4.0 en la provincia de Santa Fe

El relevamiento realizado permite cuantificar en forma aproximada la oferta privada de bienes y servicios 4.0 en la provincia de Santa Fe. Los datos obtenidos son aproximados porque se basan en la información disponible en los sitios web de las firmas y en entrevistas a instituciones y empresas. Mediante esta operatoria, se identificaron 53 empresas que ofrecen bienes y servicios 4.0. El vector tecnológico más frecuente en la oferta es el IoT, seguido de cerca por la IA, el Big Data y la Automatización, presentes en aproximadamente la cuarta parte de esas empresas. Algo menos frecuente es la oferta de los vectores Cloud Computing, Robótica, Machine Learning, Data Analytics, Ciberseguridad y Realidad Virtual, ofrecidas por cerca de la décima parte de esas empresas.

La mitad de las empresas son proveedoras de software y servicios informáticos, mientras que alrededor del 40% ofrecen soluciones que combinan la provisión de servicios de ingeniería, componentes electrónicos y software. Las restantes empresas son del sector de maquinaria agrícola, que incorporan sensorización y automatización en las máquinas para mejorar las prácticas agrícolas, y del sector de biotecnología, que utilizan inteligencia artificial para el análisis de resultados de pruebas biológicas.

La localización de las empresas oferentes de tecnologías 4.0 se concentra fuertemente en la ciudad de Rosario (más del 70%). Las restantes se ubican en la ciudad de Santa Fe (aproximadamente, el 10%) y en otras ciudades con capacidad industrial como Rafaela, Las Parejas y Reconquista.

4.3. El perfil de las firmas que componen el estudio de casos múltiples

En esta sección se presentan las características generales de las cinco empresas que componen el estudio de casos múltiples, así como los vectores tecnológicos 4.0 que desarrollan (Tabla 1). El conjunto de los casos seleccionados se destaca por la variedad de las actividades a las que se dedican y porque brindan soluciones a diferentes sectores: petróleo y gas, salud, manufactura y agrícola. Son empresas que emplean desde diez a más de cuatrocientos trabajadores, cuyas soluciones involucran la combinación de hardware y software, excepto una de las compañías, que se focaliza en la provisión de software. En todos los casos se utilizan hardware y software de desarrollo propio, en ocasiones combinados con desarrollos de terceros. Se trata de empresas jóvenes (hasta veinticinco años de vida), pero con cierto grado de madurez (más de doce años en el mercado).

Tabla 1. Características principales de las empresas que conforman los estudios de caso. Santa Fe, 2024

Firma	Actividad	Cantidad de empleados (aproximada)	Años de existencia (2024)	Perfil	Perfil de clientes	Departamento
1	Telemetría	20	15	Bienes y servicios	Locales	Rosario
2	SSI	180	25	Servicios	Exporta	Santa Fe
3	IoT	10	13	Bienes y servicios	Locales	Rosario
4	BioTech	420	18	Bienes	Exporta	Rosario
5	AgTech	35	12	Bienes y servicios	Exporta y locales	Santa Fe

Fuente: Elaboración propia.

A continuación se describen las actividades realizadas por cada una de las empresas y los modos en los que se utilizan las tecnologías que desarrollan. La Tabla 2 indica los vectores tecnológicos 4.0 sobre los que montan sus desarrollos las cinco firmas que componen la muestra:

1. Empresa pequeña cuyo principal producto consiste en soluciones basadas en telemetría para productos y maquinarias del sector agropecuario y de petróleo y gas. Desarrolla los dispositivos (módems) y el software requerido, los instala en las máquinas y realiza mantenimiento. Utiliza IoT para la interconectividad de los equipamientos, lo que permite el seguimiento de flujos de insumos y productos, el funcionamiento y la detección de fallas. Con respecto a los datos relevados mediante los equipos, se entregan para que sean analizados por los clientes. Sin embargo, provee algunos servicios de *back office*, como órdenes de mantenimiento, orientados a trabajar con estadísticas. En los últimos años, se volcó a proveer a tres grandes clientes petroleros, motivo por el cual se abrió una sucursal en la provincia de Neuquén, donde se encuentra la mitad del personal de la firma. Paralelamente, de manera reciente, comenzó a prestar servicios de desarrollo de software (como *software factory*), como *back up* de negocios. Esta estrategia se basa en la experiencia acumulada durante varios años en el desarrollo de software y el objetivo es volcarse a desarrollos que tengan que ver con los sectores en los que se desempeña la firma.

2. Empresa grande de servicios informáticos desarrollados a medida del cliente. Cuenta con veinticinco años de experiencia y tiene un perfil fuertemente orientado hacia el exterior, al punto que cuenta con oficinas comerciales en Miami. El proceso de internacionalización de la firma se inició en Europa, pero luego de la crisis de 2008 se volcaron al mercado estadounidense por la mayor proximidad horaria con Argentina. Además, cuenta con clientes en Canadá, Centroamérica y Europa. En cuanto a sus desarrollos, utilizan IA para el análisis automatizado de imágenes para clientes del sector de salud (detección de patologías) y alimentos (estado de conservación). También utiliza IA, Machine Learning y Big Data Analytics para el procesamiento de grandes volúmenes de información de sus clientes con el objetivo de analizar patrones, mejorar tiempos de respuesta y establecer predicciones. Actualmente cuenta con más de 180 *software engineers* en el país, distribuidos en distintas provincias como Santa Fe, Córdoba, Tucumán, Entre Ríos, Santa Cruz y Tierra del Fuego, entre otras.
3. Empresa pequeña que integra tres unidades de negocios. La primera comercializa hardware de código abierto importado y también de desarrollo y fabricación propia. La segunda ofrece soluciones que integran software y hardware para el control de procesos de producción industriales. Cuentan con una plataforma propia orientada a monitorear equipos para el relevamiento de consumo de energía, flujo de producción y otras variables y la alerta temprana ante fallas. Utiliza IA para el reconocimiento de imágenes del proceso productivo, IoT para la interconexión de los equipos de producción y Edge Computing para el procesamiento descentralizado de la información generada por los equipos. La tercera ofrece servicios de marketing no tradicional como juegos, experiencias de realidad virtual u holografía que utilizan realidad aumentada y gemelos digitales. Tiene diversos clientes, entre los que predominan las pymes nacionales, así como también cuenta con experiencia de trabajo con clientes del exterior, como México, Colombia y Puerto Rico.
4. Empresa grande de biotecnología focalizada en la producción de pruebas reactivas. Cuenta con doce áreas productivas, de las cuales siete producen semielaborados y cinco convergen en productos terminados. En cuanto a su producción, exporta el 95 % a más de setenta países. Cuenta con oficinas en China, Estados Unidos, México y Uruguay, y un *holding* en España. Con respecto a las tecnologías 4.0, utiliza IA en el producto para el reconocimiento automático del resultado de las pruebas. También IA, IoT y Big Data para el monitoreo de su proceso productivo con desarrollo tecnológico propio. La

firma tiene una concepción de la producción vertical, por lo que la mayor parte de los semielaborados que convergen en el producto terminado son producidos internamente. A su vez, se destaca por los esfuerzos innovativos que realiza, ya sea en el desarrollo de productos nuevos o mejoras de los ya existentes; por ejemplo, la digitalización de estos en virtud de lograr una mayor trazabilidad, tanto en la mejora de la experiencia de usuario como en una mayor eficiencia productiva. Una particularidad de la empresa es que el perfil del personal es altamente calificado y especializado, e insume un gran esfuerzo el proceso de entrenamiento, dado que no hay en el mercado otra firma de la cual pueda absorber trabajadores.

5. Empresa mediana que ofrece soluciones para el sector agrario. Nació mediante una incubación en un parque tecnológico ubicado en la ciudad de Santa Fe, y actualmente cuenta con oficinas fuera de la institución. Desarrolló un producto que incluye el monitoreo y la geolocalización en tiempo real para sembradoras y pulverizadoras para optimizar la siembra y la aplicación de fitosanitarios. La empresa desarrolla hardware, firmware y software. En su producto utiliza IoT, Big Data Analytics y Cloud Computing para la recolección y procesamiento de información que permite mejorar la práctica agraria en tiempo real. El área de desarrollo de software también utiliza IA. El producto tiene distintas versiones y se realizan actualizaciones y mejoras de forma continua. Sus clientes son principalmente de Argentina y Brasil, aunque cuenta con presencia en otros países de la región. Se destaca por contar con vínculos con instituciones del sistema científico-tecnológico nacional, ya sea en proyectos de investigación como mediante la solicitud de asesorías técnicas para superar obstáculos en la producción y desarrollo de sus productos.

Tabla 2. Vectores tecnológicos 4.0 desarrollados por las empresas que conforman los estudios de caso. Santa Fe, 2024

Vector	Firma				
	1. Telemetría	2. SSI	3. IoT	4. BioTech	5. AgTech
Inteligencia Artificial		Sí	Sí	Sí	Sí
Internet de las Cosas	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Big Data		Sí	Sí	Sí	Sí
Machine Learning		Sí			
Cloud Computing				Sí	Sí
Edge Computing			Sí		
Realidad virtual			Sí		
Realidad aumentada			Sí		
Impresión 3D			Sí		

Fuente: Elaboración propia.

4.4. Resumen de los factores facilitadores y obstaculizadores de la constitución de las empresas como desarrolladoras de productos 4.0

En la Tabla 3 se presentan los facilitadores y obstaculizadores que incidieron en las trayectorias de las firmas en su constitución como desarrolladoras de productos 4.0. Los mismos fueron clasificados de acuerdo a las categorías propuestas en el marco teórico (sección 3). Como se desprende de la siguiente tabla, la mayoría de ellos corresponden a la dimensión externa de las compañías, lo cual muestra la importancia del entorno para su desempeño innovador.

Tabla 3. Factores facilitadores y obstaculizadores de los desarrollos tecnológicos 4.0 de las empresas que conforman los estudios de caso. Santa Fe, 2024

Dimensión	Factor	Facilitador	Obstaculizador
Interna	Capacidades de aprendizaje	Alto nivel de formación técnica de socios fundadores	
	Dotación de recursos productivos		Alta rotación e incentivos para trabajar en el exterior Dificultad para contratar perfiles especializados
Externa	SRI	Apoyo estatal para el desarrollo de productos	Tiempos y ejecución de las políticas públicas
		Vínculos para la contratación de RRHH calificados	Falta de regulaciones específicas
	Usuario productor	Tracción de la demanda	
		Entorno empresarial local-regional	
Estructura productiva		Falta de proveedores locales Demanda local inestable	

Fuente: Elaboración propia.

En los próximos dos apartados se explican en detalle cada uno de los facilitadores y obstaculizadores identificados.

4.5. Factores facilitadores para la constitución de las firmas como desarrolladoras de productos 4.0

Entre las empresas analizadas se identificaron múltiples factores que oficiaron como facilitadores en su incursión como proveedoras de productos 4.0. En la Tabla 4 se sistematizan estos elementos, indicando cuáles de ellos se verifican en cada una de las firmas estudiadas.

Tabla 4. Facilitadores para desarrollar tecnologías 4.0 identificados por las firmas

Dimensión	Categoría	Facilitador	Firma				
			1. Telemetría	2. SSI	3. IoT	4. BioTech	5. AgTech
Interna	Capacidades de aprendizaje	Formación técnica de fundadores y liderazgo en procesos de innovación tecnológica internamente	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Interna	Dotación de recursos productivos	Disponibilidad de trabajadores calificados en el campo de la informática		Sí			
Externa	SRI	Apoyo estatal para el desarrollo de productos	Sí		Sí	Sí	Sí
Externa	SRI	Vínculos para la contratación de RRHH calificados		Sí	Sí	Sí	Sí
Externa	Interacción usuario-productor	Tracción de la demanda	Sí	Sí		Sí	
Externa	Interacción usuario-productor	Entorno empresarial local-regional	Sí				
Externa	Estructura productiva	-					

Fuente: Elaboración propia.

Con relación a la dimensión interna de las firmas, se evidenciaron elevadas capacidades de aprendizaje motorizadas por la alta formación técnica (ingenieros, programadores, biólogos, etc.) de los socios fundadores y actuales presidentes. Los casos estudiados coinciden en que las empresas tienen una estrategia definida por sus socios y su personal jerárquico de búsqueda permanente de avances tecnológicos. Incluso en las empresas de menor tamaño, son sus socios quienes realizan la vigilancia tecnológica que les permite conocer las oportunidades de innovación y decidir qué tecnologías desarrollar. De este modo, pueden liderar el desarrollo tecnológico dado que son los profesionales más capacitados de las empresas.

Las firmas tienen incorporadas rutinas de búsqueda e innovación por lo que continuamente exploran el ambiente y experimentan para lograr avances tecnológicos. El desarrollo de tecnologías digitales es más probable cuando las firmas conocen en profundidad cuáles son las características de las nuevas tecnologías y sus potenciales aplicaciones. A su vez, esta estrategia empresarial las posiciona en la frontera tecnológica y les permite avanzar en el

desarrollo de los vectores 4.0. Las empresas analizadas ya contaban con un desarrollo acumulativo de capacidades en las tecnologías de digitalización 3.0, lo que sirvió como base para el avance en el sendero del desarrollo tecnológico vinculado con el paradigma 4.0.

Otro aspecto clave es la dotación de recursos productivos con los que cuentan las firmas. En el caso de las actividades analizadas, la disponibilidad de trabajadores formados en programación y electrónica, con formación y experiencia en los vectores 4.0, es una condición determinante para sus trayectorias empresariales.

Si bien todas las empresas analizadas cuentan con una dotación de trabajadores altamente calificados, la firma especializada en el desarrollo de software manifiesta que este factor opera como un facilitador para su constitución como proveedora de servicios que integran herramientas de Big Data e inteligencia artificial. Como rasgo general, se observa que todas las firmas analizadas requieren de profesionales formados en una carrera universitaria, principalmente en ingeniería electrónica y sistemas o licenciatura en computación, pero de forma creciente contratan trabajadores con trayectorias formativas más cortas, como egresados de escuelas técnicas o tecnicaturas universitarias.

Este último aspecto está ligado a un elemento que opera en una dimensión externa o contextual a las firmas, que tiene que ver con las características del SRI en el que se desenvuelven. En este marco, las empresas valoran positivamente el esfuerzo de las universidades públicas y privadas por ajustar la oferta educativa a las demandas del sector privado, como por ejemplo la creación de carreras cortas con sólida formación técnica. Por ejemplo, la Universidad Nacional de Rosario (UNR) creó en 2022 la Tecnicatura en Inteligencia Artificial, cuyos estudiantes ya han sido contratados por dos de las cinco empresas entrevistadas gracias a sus conocimientos en programación e IA. Del trabajo de campo se desprende que cuatro de las cinco empresas analizadas se vinculan con las universidades y escuelas técnicas mediante convenios de pasantías y de inserción laboral de graduados, y las instituciones educativas también se reúnen con las empresas para conocer sus demandas y orientar sus planes de estudio.

Otro elemento que refiere a las dinámicas de funcionamiento del SRI responde al acceso a instrumentos de política pública por parte de las compañías, en particular la política de Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI). Del trabajo realizado se desprende que cuatro de las cinco empresas recibieron apoyo estatal para el desarrollo de alguno de sus productos. Las iniciativas estatales se verifican bajo la forma de Aportes No reembolsables y/o financiamiento

en condiciones más favorables que las de mercado y/o asistencia técnica, utilizándose principalmente para el desarrollo del prototipo o la adquisición de equipamiento. Incluso la empresa especializada en *agtech* nació de desarrollos tecnológicos e investigaciones que comenzaron en una universidad nacional y el CONICET.

Los instrumentos provienen tanto de organismos estatales nacionales, como la Agencia de I+D+i y la cartera de desarrollo productivo o ciencia y tecnología, y a nivel provincial de la Agencia Santafesina de Ciencia, Tecnología e Innovación (ASaCTel). De hecho, en las entrevistas se destaca la promulgación de la Ley Provincial n.º 13.742, que establece un mínimo del presupuesto anual que debe ser destinado a ciencia, tecnología e innovación.

La interacción entre usuario-productor es otro aspecto determinante de las trayectorias innovativas de las firmas, ya que, como se señala en la sección 3, la literatura especializada indica la importancia de comprender las necesidades de los usuarios por parte de agentes que cuentan con capacidades técnicas para hacerlo. A partir del trabajo realizado, se observa que en tres compañías el desarrollo de tecnologías 4.0 fue impulsado por clientes exigentes que solicitaron o valoraron las soluciones que estas tecnologías ofrecen. La demanda es un factor crucial tanto para la viabilidad económica del desarrollo tecnológico como para el aprendizaje conjunto con el usuario. Entre usuarios y proveedores existe un intercambio bidireccional de información para el desarrollo de soluciones. En el caso de la empresa de SSI, el desarrollo de IA para el reconocimiento de imágenes fue solicitado por uno de sus clientes. La empresa de biotecnología, que abastece a clientes del sector salud en decenas de países sujetos a estrictas regulaciones sanitarias, encontró su motivación para desarrollar soluciones basadas en inteligencia artificial en la necesidad de mantener factores de diferenciación y competitividad en mercados internacionales con competidores globales. Por último, la empresa de telemetría se vio motivada por la demanda de clientes del sector de petróleo y gas que exigen altos estándares de calidad.

Finalmente, el desarrollo de las tecnologías 4.0 se ve facilitado por un entorno empresarial industrial e informático que apoya a las empresas en el abastecimiento de insumos, soluciones y trabajadores. Algunas empresas recurren a proveedores industriales locales para obtener componentes e incluso para subcontratar parte del proceso productivo. Además, contratan a empresas de SSI para desarrollar parte del software que utilizan. A través del contacto entre empresarios, suelen contratar temporalmente a trabajadores de otras empresas que están momentáneamente sin ocupación, a la espera de que comience un nuevo proyecto específico.

4.6. Elementos obstaculizadores para el desarrollo de productos 4.0

Por otro lado, las firmas analizadas enfrentaron diversos obstáculos que debieron superar para constituirse como desarrolladoras de tecnologías 4.0. En la Tabla 5 se presentan los obstaculizadores hallados por cada una de las firmas, que se destacan por una mayor dispersión respecto de lo observado en el análisis de los facilitadores.

Tabla 5. Obstaculizadores para desarrollar tecnologías 4.0 identificados por las firmas

Dimensión	Categoría	Obstaculizador	Firma				
			1. Telemetría	2. SSI	3. IoT	4. BioTech	5. AgTech
Interna	Capacidades de aprendizaje	-					
Interna	Dotación de recursos productivos	Alta rotación e incentivos para trabajar en el exterior	Sí		Sí	Sí	
Interna	Dotación de recursos productivos	Dificultad para contratar perfiles especializados				Sí	
Externa	SRI	Tiempos y ejecución de las políticas públicas				Sí	
Externa	SRI	Falta de regulaciones específicas					Sí
Externa	Interacción usuario-productor	-					
Externa	Estructura productiva	Falta de proveedores locales				Sí	Sí
Externa	Estructura productiva	Demanda local inestable			Sí		Sí

Fuente: Elaboración propia.

Antes de exponer los resultados, es preciso señalar como elemento saliente del trabajo de campo a la alta jerarquización que establecieron los entrevistados respecto a la situación macroeconómica del país como un elemento condicionante de sus trayectorias como proveedoras de bienes y servicios 4.0. Se hace referencia a la alta inflación exhibida por la economía argentina, la fluctuación del tipo de cambio y las restricciones para importar insumos provenientes del exterior, situación que se ve acentuada ante la falta de proveedores locales. Esta problemática incide sobre múltiples categorías de las analizadas, destacándose la dotación de recursos productivos (dimensión interna) y las características de la estructura productiva (dimensión externa).

Estas problemáticas son relativamente transversales a las firmas analizadas, aunque se acentúan en el caso de las empresas que venden bienes físicos. Por el contrario, en el caso de la firma especializada en prestar servicios de *outsourcing* vinculados con el software y los servicios informáticos, las dificultades que encuentra no refieren a la importación de insumos, sino a la alta inflación y la brecha cambiaria entre las múltiples cotizaciones y su volatilidad, lo que le dificulta prever sus costos.

La situación se agrava en tanto que el escenario global de la industria del software muestra cierta contracción a partir del período pospandemia y el incremento en los *commodities* en el marco del conflicto bélico entre Rusia y Ucrania. De este modo, la firma manifiesta una merma en la demanda de sus clientes globales que conduce a una imposibilidad de realizar ajustes en sus valores de venta por una eventual pérdida de competitividad.

En el caso de las empresas que se orientan al mercado local, se observa una contracción en la demanda de bienes y servicios como consecuencia de la incertidumbre político-económica durante el período en el que se efectuó el trabajo de campo. De forma complementaria, representantes de instituciones que nuclean a las firmas analizadas⁵ señalan una débil tracción del sistema productivo respecto de los bienes y servicios vinculados con las tecnologías 4.0, que responde a la necesidad de sensibilizar a las empresas potencialmente adoptantes, a la ausencia de perfiles capaces de liderar una estrategia de cambio tecnológico y organizacional al interior de dichas firmas y a la inestabilidad macroeconómica que desalienta grandes inversiones.

Respecto a los obstaculizadores encontrados, un factor recurrente en el ámbito interno de las firmas es la disponibilidad de recursos humanos. Uno de los principales problemas que se mencionan es la alta rotación de los trabajadores del sector del software, lo que implica un gran esfuerzo de formación y/o la capacitación constante por parte de las firmas. En este marco, los incentivos existentes para que los trabajadores lo hagan para el exterior son elevados (posibilidad de cobrar su salario en dólares, mayor flexibilidad horaria y trabajo remoto), y esto repercute esencialmente en las firmas que requieren perfiles especializados, en general, formados internamente.

Para sortear estas dificultades, algunas empresas desarrollan distintas estrategias, como la contratación temporaria de trabajadores que se desempeñan en otras firmas con las que tienen vínculos previos, mencionado en la sección anterior, o de extrabajadores de la propia firma que se desempeñan en otra o de manera *freelance*. Algunas empresas, por el contrario, no han experimentado esta situación en los últimos meses, desde su perspectiva porque pospandemia se produjo una caída en la industria del software a nivel global

y porque el acortamiento de la brecha cambiaria desde diciembre de 2023 generó mayores incentivos para que un creciente número de trabajadores opten por acceder a un trabajo estable en relación de dependencia en el país.

Con relación a los obstaculizadores externos, se destacan las características del SRI. Como se mencionó en la sección anterior, si bien los entrevistados valoraron positivamente los instrumentos de política de CTI a los que accedieron, también mencionaron limitaciones en la efectividad de las políticas públicas vinculadas a problemas ocasionados por la diferencia de *velocidades institucionales*. Por un lado, el dinamismo del desarrollo tecnológico en los campos en los que se desempeñan las firmas lleva a que estas no puedan esperar los procesos de evaluación de los proyectos presentados en las distintas líneas de financiamiento. Por el otro, los circuitos administrativos desde que son adjudicadas como beneficiarias hasta que finalmente reciben los fondos suelen ser extensos, por lo que en un contexto de alta inflación pierden poder adquisitivo. Además, una de las empresas pone de manifiesto que los clientes, mediante su producto, pueden contribuir a la reducción de la huella de carbono y podrían obtener certificaciones para obtener bonos verdes, pero no existen regulaciones al respecto. Se manifiesta un problema de baja proximidad institucional entre los agentes que dificulta una articulación virtuosa.

Por último, las características de la estructura productiva local y nacional, caracterizada por su especialización primaria, escasa densidad empresarial y baja integración de los eslabonamientos productivos locales, generan dificultades adicionales para las empresas desarrolladoras de tecnologías, como la falta de proveedores locales y la demanda local inestable. Este aspecto manifiesta el carácter sistémico de la generación, el uso y la difusión de conocimiento en una economía, que requiere de mayor articulación entre los distintos sectores económicos.

4.7. El desarrollo de vínculos con agentes del sistema nacional, regional y local de innovación, y su rol en la constitución de las firmas como oferentes de productos 4.0

Como se señaló, el desarrollo acumulativo de capacidades tecnológicas, imprescindible para la innovación productiva, reviste un carácter fuertemente interactivo y sistémico. Las empresas analizadas lograron constituirse en proveedores especializados de tecnologías 4.0, habiendo aprovechado condiciones internas y externas a las firmas (sistematizadas como *facilitadores*) y habiendo superado distintos obstáculos, pero también gracias al desarrollo de vínculos con otros agentes del sistema local, regional y/o nacional de innovación: usuarios-clientes, sistema productivo local-regional, instituciones facilitadoras de

apoyo a la producción⁶, instituciones académicas y Estado. En la Tabla 6 se sistematiza la incidencia que tienen los vínculos desarrollados por las firmas con los agentes señalados.

Tabla 6. Incidencia de los vínculos desarrollados con agentes del sistema local, regional y nacional de innovación

Tipo de agente	Incidencia del vínculo	Firma				
		1. Telemetría	2. SSI	3. IoT	4. BioTech	5. AgTech
Usuario-Cliente	Clientes globales que requieren estándares de calidad y certificaciones	Sí	Sí		Sí	Sí
	Clientes globales que requieren bienes y servicios de alto nivel		Sí			
	Clientes locales y nacionales de sectores relevantes para la economía local y/o nacional	Sí				Sí
Instituciones científico- tecnológicas	Servicios tecnológicos de alto nivel y participación en proyectos de I+D para el desarrollo de productos			Sí	Sí	Sí
Instituciones universitarias	Convenios para la contratación de profesionales y la realización de pasantías		Sí	Sí	Sí	Sí
	Vínculos informales para realizar charlas y opinar sobre diseños curriculares		Sí	Sí	Sí	
Instituciones de apoyo a la producción	Son socias de las instituciones y canalizan demandas sectoriales	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
	Facilitan el desarrollo de productos mediante la asociatividad			Sí		
	Fueron incubadas en dichas instituciones					Sí
Estado nacional y/o provincial	Financiamiento para el desarrollo de nuevos productos	Sí		Sí	Sí	Sí
	Financiamiento para montar áreas funcionales en la empresa					Sí
	Tracción de la demanda de productos de alta tecnología	Sí		Sí		

Fuente: Elaboración propia.

Con relación a la interacción de los proveedores con usuarios-clientes, en el caso de las empresas exportadoras se observa que la necesidad de cumplir con ciertos estándares de calidad y certificaciones constituye un factor que incentiva y estimula la innovación y el desarrollo de capacidades tecnológicas.

Por su parte, las firmas que desarrollan productos alineados con sectores relevantes para los entramados productivos regionales y nacionales en los que se desempeñan también extraen aprendizajes y mejoras en el desarrollo de sus productos por medio de la vinculación con clientes y con otros proveedores especializados en bienes y/o servicios complementarios. Este es el caso de la empresa de *agtech* (en Santa Fe) y la de telemetría (en Neuquén). En cambio, la empresa de biotecnología encuentra casi nula demanda local para sus soluciones, por tratarse de productos de frontera que no son requeridos por el sistema productivo local. La falta de proximidad cognitiva con los agentes del aparato productivo local dificulta encontrar clientes en el mercado interno.

La articulación con instituciones del sistema científico-tecnológico también juega un rol importante para algunas de las empresas estudiadas. Del trabajo de campo se desprende que los vínculos más frecuentes ocurren con las universidades y se expresan principalmente mediante la firma de convenios tanto para contratar profesionales como para realizar prácticas profesionalizantes. Esto se verifica en cuatro de las cinco empresas analizadas, y es valorado positivamente por estas. También existen articulaciones para prestar servicios tecnológicos de alto nivel (STAN) por parte de institutos del CONICET y el desarrollo de proyectos de I+D junto con institutos de investigación. Estas estrategias son utilizadas por tres de las cinco firmas estudiadas. Además, existen vínculos de carácter informal con las universidades, ya sea para realizar charlas con estudiantes acerca de información actualizada de los sectores en los que se desempeñan como para participar del diseño curricular de nuevas carreras. Estos vínculos en ocasiones se canalizan mediante instituciones de apoyo a la producción a las que pertenecen las firmas, como polos y parques tecnológicos.

Con relación a este último aspecto, un factor transversal que exhiben las firmas analizadas es que son socias de este tipo de instituciones. Además de abordar problemáticas sectoriales concretas, como la necesidad de incrementar la formación y captación de perfiles profesionales descritas previamente, en algunos casos esto también les permite trabajar en el desarrollo de nuevos productos. En uno de los casos estudiados, por ejemplo, se produjo la asociación entre empresas que forman parte del Polo Tecnológico de Rosario para llevar a cabo la digitalización del Concejo Deliberante de dicha ciudad. A su vez, estas instituciones operan frecuentemente como unidades de vinculación

tecnológica, y desempeñan un rol importante en facilitar la articulación entre las empresas e instituciones de ciencia y tecnología. Por último, la empresa de *agtech*, por caso, mantuvo vínculos desde sus inicios con el parque tecnológico de su localidad en tanto que fue incubada allí.

Otro elemento que se destaca con respecto a los vínculos con agentes del sistema nacional y regional de innovación, como se señaló en la sección anterior, es que cuatro de las cinco empresas analizadas fueron beneficiarias de distintos instrumentos de política de CTI. La relación con los distintos niveles del Estado les permitió acceder a financiamiento para desarrollar nuevos productos, en general mediante una política nacional como el Fondo Tecnológico Nacional (FONTAR), el Fondo Argentino Sectorial (FONARSEC) y otros aportes no reembolsables, y en uno de los casos para poner en marcha un laboratorio. El Estado también operó traccionando la demanda de productos de alta tecnología (tótems para la detección de COVID-19, pantallas táctiles para espacios educativos-culturales, entre otros).

Por último, se destaca la relevancia de los vínculos de carácter informal desarrollados por los actores con distintos agentes del SRI. Se hace referencia a lazos de comunicación que no necesariamente son formalizados por la celebración de convenios o la realización de proyectos conjuntos, sino que refieren a interacciones que los agentes tienen con su entorno; y que les permiten, por ejemplo, realizar acuerdos con otras empresas para la contratación de profesionales en proyectos específicos, efectuar charlas junto con instituciones educativas para tener presencia en la localidad y la región y conocer nuevos proveedores locales, provinciales y nacionales.

5. Conclusiones

El presente trabajo se propuso analizar la oferta de bienes y servicios asociados con las tecnologías 4.0 en la provincia de Santa Fe, a partir de un relevamiento de las firmas oferentes y un estudio de casos múltiples basado en cinco empresas especializadas en actividades diversas, que encontraron obstáculos y facilitadores internos y externos a las organizaciones, pero lograron conformar una cartera de productos basados en las tecnologías en cuestión.

Del trabajo empírico se desprende que los vectores tecnológicos 4.0 más recurrentes en la cartera de productos ofrecidos por las firmas analizadas son IoT (100%), IA (80%) y Big Data (80%). Tanto los factores facilitadores como obstaculizadores del desarrollo de estas tecnologías son predominantemente externos a las empresas, lo cual se condice con el carácter sistémico de la innovación destacado por la literatura especializada.

Entre los factores que facilitaron la constitución de las firmas como *desarrolladoras* de bienes y servicios 4.0 sobresalen elementos internos, como las capacidades funcionales iniciales y la incorporación de rutinas de búsqueda de conocimientos e innovación. En todos los casos, mostraron capacidades digitales elevadas, lo que constituyó una base relevante para el desarrollo de nuevas tecnologías. La disponibilidad de trabajadores altamente calificados constituye un recurso productivo fundamental para avanzar en el desarrollo de estas tecnologías, motivo por el cual desarrollan estrechos vínculos con instituciones académicas.

Sin embargo, los facilitadores más frecuentemente encontrados son externos. El aprendizaje entre usuarios-proveedores cumplió un rol importante ya que propicia el intercambio bidireccional de información para el desarrollo o la adaptación de productos. En algunos casos, estos intercambios se producen con clientes globales que tienen elevados estándares de calidad, y en otros por la demanda del mercado interno en sectores productivos de rentas altas como la extracción de petróleo y gas, y el agro. Estas vinculaciones fueron posibles cuando hubo proximidades cognitivas entre las empresas, mientras que las firmas que se encontraban más alejadas cognitivamente respecto a su entorno no establecieron vínculos con el entramado productivo local. Por último, exceptuando en la firma proveedora de servicios informáticos para el exterior, el resto de las empresas muestra una estrecha vinculación con el Estado nacional y provincial en las fases iniciales del desarrollo de productos.

En cuanto a los obstaculizadores, a nivel interno se destacan dificultades para contratar y retener recursos humanos calificados. Si bien las empresas entrevistadas cuentan con personal altamente calificado en tecnologías digitales e ingenieriles como uno de sus principales recursos productivos, al mismo tiempo es una preocupación permanente cómo sostener esta dotación y ampliarla cuando lo necesitan. En la provincia existen instituciones educativas públicas y privadas que forman personal con las calificaciones requeridas, pero las empresas enfrentan una fuerte competencia para contratarlos, tanto doméstica como del exterior.

A nivel externo, se destacan aspectos del SRI relacionados con las políticas públicas, en particular ciertas debilidades asociadas con los tiempos de ejecución y la falta de adecuación de las regulaciones. Al mismo tiempo, las características de la estructura productiva local imponen límites para encontrar clientes y proveedores locales. También es un fuerte obstáculo la situación macroeconómica del país, especialmente volátil durante el período en el que fue realizado el trabajo de campo. Los factores macroeconómicos no habían sido contemplados en el marco teórico, centrado en la literatura

de la economía de la innovación. Sin embargo, los resultados muestran que el impacto positivo de la política de CTI para impulsar el desarrollo tecnológico de las firmas –cuatro de las cinco empresas recibieron financiamiento para desarrollar productos en sus fases iniciales– se ve perjudicado por el contexto macroeconómico.

Con respecto a las interacciones de las empresas con otros agentes, los vínculos con las instituciones académicas, científicas y tecnológicas más frecuentes son de carácter formal y se producen para facilitar la contratación de perfiles profesionales requeridos, aunque también se verifican articulaciones que implican la provisión de servicios de alto nivel y el desarrollo de proyectos de I+D, que en ciertos casos se viabilizan mediante instituciones como Polos Tecnológicos y Parques Científico-Tecnológicos que actúan como Unidades de Vinculación Tecnológica, lo que muestra la importancia de las proximidades geográficas y cognitivas entre los agentes.

Los resultados del trabajo aportan elementos para diseñar mejoras en las políticas públicas que procuren ampliar el desarrollo de bienes y servicios 4.0. En primer lugar, se requieren instrumentos que promuevan la demanda local de estas tecnologías por parte de las empresas locales a fin de multiplicar las oportunidades de vinculación entre usuario y productor. El atraso de las empresas locales en la adopción de tecnologías digitales reduce la demanda de los vectores 4.0. La realización de campañas de sensibilización respecto de las ventajas que ofrecen estas tecnologías y la gestión de financiamiento para su adopción podrían contribuir en dicho sentido. Para la sensibilización, pueden desempeñar un rol clave las instituciones intermedias como cámaras y polos, que han desarrollado un vínculo de proximidad y confianza con las empresas. En segundo lugar, se requiere afianzar aún más los vínculos entre las empresas y las instituciones de ciencia y tecnología. En este sentido, existen múltiples instrumentos de política vigente que promueven esta asociatividad, pero se verifica un problema de diferentes velocidades institucionales que compromete seriamente su efectividad. Los desacoples en los tiempos se vuelven particularmente dañinos en contextos de amplia inestabilidad macroeconómica.

Notas

1. El Edge Computing o computación en el borde se refiere a la prestación de servicios y provisión de recursos informáticos que se llevan a cabo en o próximo a las fuentes de datos. Esto lo diferencia de la Computación en la Nube, donde los servicios se concentran en centros de datos remotos. El Edge Computing permite recopilar y analizar datos de forma directa en dispositivos como routers o sensores, y responder con rapidez ante eventos críticos. [«« VOLVER](#)
2. Para una descripción de cada uno de los vectores tecnológicos 4.0 véase Brixner et al. (2019). [«« VOLVER](#)
3. Según Zukerfeld (2008), los bienes informacionales utilizan como insumo clave a la información digital (ID). El autor identifica tres tipos ideales: los BI1 son hechos de pura ID, los BI2 son los que transmiten, procesan o almacenan ID, y los BI3 son aquellos en los cuales la ID es un insumo decisivo pero que carece de las características de los anteriores. [«« VOLVER](#)
4. CONICET en Cifras: <https://cifras.conicet.gov.ar/> Fecha de consulta: 10/3/2024. [«« VOLVER](#)
5. Se hace referencia al Polo Tecnológico Rosario, el Parque Científico Tecnológico Litoral Centro, el Centro Industrial Las Parejas y el Cluster CEDI de Rafaela. [«« volver](#)
6. Se hace referencia a polos, parques y clusters tecnológicos, así como también a cámaras empresarias que velan por los intereses de las firmas. [«« VOLVER](#)

Referencias bibliográficas

- ADLER, P.S. y Clark, K.B. (1991). Behind the Learning Curve: A Sketch of the Learning Process. *Management Science*, 37(3), 267-281. <https://doi.org/10.1287/mnsc.37.3.267>
- ALBRIEU, R.; Basco, A.; Brest López, C.; De Acevedo, B.; Peirano, F.; Rapetti, M. y Vienni, G. (2019). *Travesía 4.0: hacia la transformación industrial argentina*. BID-INTAL.
- AMIN, A. y Thrift, N. (1995). Institutional issues for the European Regions: from markets and plans to socioeconomics and power of association. *Economy and Society*, 24(1), 41-66. <https://doi.org/10.1080/03085149500000002>
- ANDREONI, A. (2014). Structural learning: Embedding discoveries and the dynamics of production. *Structural Change and Economic Dynamics*, 29, 58-74. <https://doi.org/10.1016/j.strueco.2013.09.003>
- ANDREONI, A. y Lopez Gomez, C. (2012). Can we live on services? Exploring manufacturing-services interfaces and their implications for industrial policy design. DRUID Academy Conference 2012.
- ASHEIM, B.T. y Coenen, L. (2005). Knowledge bases and regional innovation systems: Comparing Nordic clusters. *Research Policy*, 34, 1173-1190.

- BALDWIN, R. (2016). *The Great Convergence: Information Technology and the New Globalization*. Harvard University.
- BASCO, A.; Beliz, G.; Coatz, D. y Garnero, P. (2018). *Industria 4.0: fabricando el futuro*. BID-INTAL.
- BAXTER, P. y Jack, S. (2008). Qualitative case study methodology: Study design and implementation for novice researchers. *The Qualitative Report*, 13(4), 544-559.
- BLANC, R.; Lepratte, L.; Rodríguez, M.A. y Rodríguez, D. (2023). La Industria 4.0 barreras e impacto en su implementación en pymes. En J.G. Vélez, H. Morero, C.J. Pereira Mocho, S. Roittier (comps.), *Libro de resúmenes de la XXVIII Reunión anual Red Pymes Mercosur*. Asociación Civil Red Pymes Mercosur.
- BOSCHMA, R. (2005). Proximity and innovation: A critical assessment. *Regional Studies*, 39(1), 61-74.
- BRIXNER, C.; Isaak, P.; Mochi, S.; Ozono, M. y Yoguel, G. (2019). *Industria 4.0: ¿intensificación del paradigma TIC o nuevo paradigma tecnoorganizacional?* CIECTI.
- CASALET, M. (2018). La digitalización industrial: un camino hacia la gobernanza colaborativa. Estudios de casos. *Documentos de Proyectos* (LC/TS.2018/95). CEPAL.
- CASSINI, L. y Girolimo, U. (2023). El sistema santafesino de innovación y su rol en el desarrollo de bienes y servicios 4.0: desafíos y oportunidades en la etapa actual. En J.G. Vélez, H. Morero, C.J. Pereira Mocho, S. Roittier (comps.), *Libro de resúmenes de la XXVIII Reunión anual Red Pymes Mercosur*. Asociación Civil Red Pymes Mercosur.
- CASTAGNA, A.; Woelflin, M.L. y Raposo, I. (2019). Desarrollo productivo en el Gran Rosario. Cambios estructurales e impactos en el territorio. En M.F. Ghilardi y J.A. Blanco (coords.). *Experiencia Santa Fe: transformación productiva e inclusión social: logros y desafíos en el contexto nacional global*. UNR Editora.
- CASTELLS, M. (1995). *La ciudad informacional: tecnologías de la información, reestructuración económica y proceso urbano-regional*. Alianza Editorial.
- CASTELLS, M. (1999). *La era de la información. Economía, sociedad y cultura*. Vol. 1. Siglo XXI.
- CEPAL (2024). Capacidades productivas y tecnológicas en la provincia de Santa Fe: desafíos y oportunidades para su fortalecimiento productivo. Equipo de trabajo de la oficina de la CEPAL en la Argentina, la Secretaría de Industria y Desarrollo Productivo de la Argentina y el Ministerio de Producción, Ciencia y Tecnología de la provincia de Santa Fe. *Documentos de Proyectos* (LC/TS.2024/8-LC/BUE/TS.2023/12). <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/3ea3423f-4b86-4356-901b-0121e696a9a8/content>
- CHUNG, M. y Kim, J. (2016). The Internet Information and Technology Research Directions based on the Fourth Industrial Revolution. *KSII Transactions on Internet and Information Systems Journal*, 10(3). DOI 10.3837/tiis.2016.03.020
- COHEN, W. y Levinthal, D. (1989). Innovation and learning: the two faces of R&D. *The Economic Journal*, 99(397), 569-596.
- DOSI, G. (1982). Technological paradigms and technological trajectories. A suggested interpretation of the determinants and directions of technical change. *Re-*

- search Policy, 11(3), 147-162. [https://doi.org/10.1016/0048-7333\(82\)90016-6](https://doi.org/10.1016/0048-7333(82)90016-6)
- ELFRING, T. y Baven, G. (1994). Outsourcing technical services: Stages of development. *Long Range Planning*, 27(5), 42-51. [https://doi.org/10.1016/0024-6301\(94\)90226-7](https://doi.org/10.1016/0024-6301(94)90226-7)
- ERBES, A. y Suárez, D. (comps.). (2016). Repensando el desarrollo latinoamericano. Una discusión desde los sistemas de innovación. Ediciones UNGS.
- ERBES, A.; Gutman, G.; Lavarello, P. y Robert, V. (2019). Industria 4.0: oportunidades y desafíos para el desarrollo productivo de la provincia de Santa Fe. *Documentos de Proyectos* (LC/TS.2019/80). CEPAL.
- FELDMAN, P. y Girolimo, U. (2021). La industria 4.0 en perspectiva latinoamericana: limitaciones, oportunidades y desafíos para su desarrollo. *Revista Perspectivas de Políticas Públicas*, 10(20), 459-491.
- FERNÁNDEZ, V. y Dundas, M.V. (2008). Innovación, territorio y aglomeración: discutiendo sus vínculos y limitaciones desde una perspectiva multiescalar y multidimensional del desarrollo. *Revista Redes*, 14(27), 191-218.
- GALLIANO, A. (2020). ¿Por qué el capitalismo puede soñar y nosotros no?: Breve manual de las ideas de izquierda para pensar el futuro. Siglo XXI Editores.
- GENDLER, M.A. y Girolimo, U. (2023). El futuro es hoy. *La Perla del Oeste*, 9, 10-13.
- GIROLIMO, U. y Feldman, P. (2020). El Estado y el sector del software en Argentina entre 2003-2018: nuevos desafíos para el desarrollo de tecnologías 4.0. *Argumentos: Revista de Crítica Social*, 22, 113-152.
- GUTIÉRREZ, M.C.; Della Torre, M.; Gentinetta, R.; Costamagna, M. y Contreras, L. (2023). La industria 4.0 en pymes situadas en países en desarrollo. Un análisis comparativo de motivaciones. En J.G. Vélez, H. Morero, C.J. Pereira Mocho, S. Roittier (comps.), *Libro de resúmenes de la XXVIII Reunión anual Red Pymes Mercosur*. Asociación Civil Red Pymes Mercosur.
- HYNES, E.R.; Trucco, I.T.; Locher, M.V.; Donnet, M.L. y Cappadoro, A.J. (2020). Esquemas de gobernanza federal en sistemas de ciencia, tecnología e innovación: El caso de la provincia de Santa Fe y su política ministerial entre 2017-2019. *Asociación Argentina para el Progreso de las Ciencias; Ciencia e Investigación*, 70(2), 58-73.
- KIM, D.H.; Lee, H. y Kwak, J. (2017). Standards as a driving force that influences emerging technological trajectories in the converging world of the Internet and things: An investigation of the M2M/IoT patent network. *Research Policy*, 46(7), 1234-1254.
- LACHMAN, J. y López, A. (2019). Oportunidades y desafíos para desarrollar nuevos encadenamientos productivos en el agro argentino: el caso de las empresas de agricultura de precisión en la provincia de Santa Fe. En Ghilardi, M.F. y Blanco, J.A. (coords.), *Experiencia Santa Fe: transformación productiva e inclusión social: logros y desafíos en el contexto nacional global*. UNR Editora.
- LUGONES, G.; Gutti, P. y Le Clech, N. (2007). Indicadores de capacidades tecnológicas en América Latina. CEPAL, *Serie Estudios y Perspectivas*, 89.
- LUNDVALL, B.A. (1992). *National systems of innovation: towards a theory of innovation and interactive learning*. Pinter.
- MALERBA, F. y Orsenigo, L. (1997). Technological Regimes and Sectoral Patterns of

- Innovative Activities. *Industrial and Corporate Change*, 6(1), 83-118. <https://doi.org/10.1093/icc/6.1.83>
- MANUFACTURING USA (2017). *Manufacturing USA*. www.manufacturingusa.com/
- MELICIANI, V. y Savona, M. (2015). The determinants of regional specialization in business services: Agglomeration economies, vertical linkages and innovation. *Journal of Economic Geography*, 15(2), 387-416. <https://doi.org/10.1093/jeg/lbt038>
- MOMENI, A. y Rost, K. (2016). Identification and monitoring of possible disruptive technologies by patent-development paths and topic modeling. *Technological Forecasting and Social Change*, 104, 16-29.
- MOTTA, J., Morero, H. y Ascúa, R. (2019). Industria 4.0 en mipymes manufactureras de la Argentina. *Documentos de Proyectos (LC/TS.2019/93)*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- NIEMBRO, A. (2015). Innovación y desigualdades regionales de desarrollo: Hacia una (re) visión integradora. *Redes – Revista de Estudios Sociales de Ciencia*, 21(41), 111-140.
- NONAKA, I. y Takeuchi, H. (1995). *La organización creadora de conocimiento. Cómo las empresas japonesas crean la dinámica de la innovación*. Oxford University Press.
- PAVITT, K. (1984). Sectoral patterns of technical change: Towards a taxonomy and a theory. *Research Policy*, 13(6), 343-373. [https://doi.org/10.1016/0048-7333\(84\)90018-0](https://doi.org/10.1016/0048-7333(84)90018-0)
- PENROSE, E.T. ([1959] 2009). *The Theory of the Growth of the Firm*. Oxford University Press.
- PÉREZ, C. (2005). Revoluciones tecnológicas y paradigmas tecnoeconómicos. *Tecnología y Construcción*, 21(1), 77-86.
- RAMÍREZ GALLEGOS, R. y Sztulwark, S. (2018). América Latina: De la inmovilidad estructural al cambio en la matriz cognitiva. *Revista Estado y Políticas Públicas*, 6(10), 21-38.
- SCHROEDER, W. (2016). *La estrategia alemana Industria 4.0: el capitalismo renano en la era de la digitalización*. Friedrich-Ebert-Stiftung. <https://bit.ly/386RsyD>
- SCHWAB, K. (2016). *The Fourth Industrial Revolution*. Publishing Group.
- SRNICEK, N. (2018). *Capitalismo de plataformas*. Caja Negra.
- TRUCCO, I. (2022). Subsistemas Industriales Localizados. Consideraciones teórico-metodológicas y estudio del caso de la Provincia de Santa Fe. *H-Industria, Revista de Historia de la Industria y el Desarrollo de América Latina*, 16(51), 147-172.
- VELA PEÓN, F. (2001). *Un acto metodológico básico de la investigación social: la entrevista*. Porrúa.
- VERSPAGEN, B. (2007). Mapping technological trajectories as patent citation networks: A study on the history of fuel cell research. *Advances in Complex Systems*, 10(01), 93-115.
- VON HIPPEL, E. (1976). The dominant role of users in the scientific instrument innovation process. *Research Policy*, 5(3), 212-239. [https://doi.org/10.1016/0048-7333\(76\)90028-7](https://doi.org/10.1016/0048-7333(76)90028-7)
- WINTER, S.G. y Nelson, R.R. (1982). *An Evolutionary Theory of Economic Change*. University of Illinois at Urbana-Champaign's Academy for Entrepreneurial Leadership Historical Research Reference in Entrepreneurship. <https://ssrn.com/abstract=1496211>
- YIN, R. (1994). *Case Study Research. Design and Methods*. Sage.

- YOGUEL, G.; Borello, J. y Erbes, A. (2009). Argentina: cómo estudiar y actuar sobre los sistemas locales de innovación. *Revista CEPAL*, 99, 65-82.
- ZHANG, X.; Peek, W.; Pikas, B. y Lee, T. (2016). The Transformation and Upgrading of the Chinese Manufacturing Industry: Based on German Industry 4.0. *Journal of Applied Business and Economics*, 18(5), 97-105.
- ZUKERFELD, M. (2008). Capitalismo cognitivo, trabajo informacional y un poco de música. *Revista Nómadas*, 28, 52-65.
- ZUKERFELD, M. (2020). Bits, plataformas y autómatas. Las tendencias del trabajo en el capitalismo informacional. *Revista Latinoamericana de Antropología del Trabajo*, 7, 1-50.