

LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL DE LA INDUSTRIA ARGENTINA: UN ESTUDIO EXPLORATORIO DEL SECTOR DE MAQUINARIA PARA ALIMENTOS^o

DIGITAL TRANSFORMATION OF THE ARGENTINE INDUSTRY: AN EXPLORATORY STUDY OF THE FOOD MACHINERY SECTOR

*Jeremías Lachman**

*Lilia Stubrin***

recibido: 14 octubre 2022 – aceptado: 8 mayo 2023

Resumen

El artículo analiza el proceso de transformación digital y de adopción de tecnologías 4.0 en el sector de maquinaria para alimentos en Argentina. A través de un abordaje de estudio de caso se analizan las dinámicas de incorporación de tecnologías digitales en este sector. Los resultados encuentran heterogeneidad en la transformación digital entre las empresas analizadas, y sugieren que la demanda es un factor crucial en alentar este proceso. Los resultados contribuyen a la literatura que ha comenzado a documentar la dinámica de construcción de capacidades digitales en el sector manufacturero en la región, y provee insumos para el diseño y la formulación de políticas orientadas a promover la industria 4.0 en países emergentes.

Palabras clave: transformación digital, innovación, maquinaria para alimentos, Argentina.

Códigos JEL: O12, O33, F61.

^o Lachman, J. & Stubrin, L. (2024). La transformación digital de la industria argentina: un estudio exploratorio del sector de maquinaria para alimentos. *Estudios económicos*, 41(82), pp. 5-30, DOI: 10.52292/j.estudecon.2024.3629

* Instituto Interdisciplinario de Economía Política de Buenos Aires, CONICET; Universidad de Buenos Aires, Argentina. ORCID <https://orcid.org/0000-0001-6154-9425>. Correo electrónico: jeremiaslachman@gmail.com

** Centro de Investigaciones para la Transformación (CENIT), CONICET, Universidad Nacional de San Martín, Argentina. ORCID <https://orcid.org/0000-0003-2661-1873>. Correo electrónico: lstubrin@unsam.edu.ar

Abstract

This article analysed the process of digital transformation and adoption of 4.0 technologies in the food machinery sector in Argentina. Through a case study approach, the dynamics of incorporating digital technology in this sector were studied. The results evidence heterogeneity in digital transformation among the companies analysed and suggest that demand is a crucial factor in encouraging this process. These findings contribute to the literature that has begun to document the dynamics of digital capability building in the manufacturing sector in the region and provide inputs for designing and formulating policies aimed at promoting Industry 4.0 in emerging countries.

Keywords: digital transformation, innovation, food machinery, Argentina

JEL codes: O12, O33, F61.

INTRODUCCIÓN

La transformación digital y las tecnologías 4.0 están impactando de forma transversal en todas las cadenas de valor. Este paradigma tecnológico en ciernes genera oportunidades y desafíos para todos los actores económicos, en particular para aquellos que, desde países en desarrollo, buscan ampliar su participación en los circuitos globales de comercio e inversión. Para el caso argentino, estudios recientes indican que el sector manufacturero ha iniciado la “travesía” de la transformación digital hacia el paradigma 4.0 y que este proceso se está dando con dos características sobresalientes: un importante rezago respecto a los grandes centros mundiales y un alto grado de heterogeneidad al interior del entramado industrial nacional (Albrieu et al., 2019; Erbes et al., 2019; Beltramino et al., 2022; Cretini & Stubrin, 2022; Motta et al., 2019). Un porcentaje minoritario de empresas con capacidades en tecnologías 4.0 cercanas a la frontera internacional coexisten con una mayoría de empresas que, o no han comenzado a utilizar tecnologías digitales, o lo hacen de manera rezagada. Este artículo contribuye a esta literatura aportando evidencia empírica novedosa del proceso de transformación digital que está atravesando el sector de maquinaria para alimentos en Argentina. Como sector productor de bienes de capital, este resulta de especial interés dado su potencial para propagar el cambio técnico a otras actividades productivas (Peirano, 2013; Peirano et al., 2017).

El universo de firmas productoras de maquinarias para la industria alimenticia en Argentina constituye un entramado productivo de larga data con importante potencial exportador y con un rol neurálgico para la competitividad del sector alimenticio. Este último, a su vez, está atravesando importantes transformaciones asociadas a la necesidad de atender una demanda mundial de alimentos en aumento y cumplir con requerimientos cada vez más estrictos en términos de estándares de calidad, sanitarios, medioambientales y de trazabilidad impuestos tanto por las grandes cadenas de valor globales, como por normativas de comercio más restrictivas (Tedesco, 2008; Crespi et al., 2017; Ardila et al., 2019).

Estudios recientes sobre el sector agroalimentario enfatizan cómo estas nuevas demandas generan importantes desafíos productivos y de innovación para las empresas alimenticias locales, los que se trasladan a lo largo de la cadena productiva e impactan en la necesidad de equipamiento acorde a las nuevas necesidades del mercado (Stubrin et al., 2022; Lachman et al., 2022, Bisang et al., 2022, Ghezzi et al., 2022). En este contexto, las empresas productoras de bienes de capital para la industria alimenticia se constituyen en el epicentro del cambio técnico del sector a partir del desarrollo y la incorporación de tecnología 4.0 en sus procesos produc-

tivos y en sus equipos como el uso de robots, la utilización de fabricación aditiva para la reproducción de partes y piezas, la simulación en entornos virtuales para el testeado de productos y/o la utilización de realidad aumentada, entre otros.

En este artículo analizamos el proceso de transformación digital del sector de equipamiento para la industria alimenticia en Argentina a partir de análisis de fuentes secundarias disponibles (bases de datos y estudios previos del sector) y un trabajo de campo en el que se realizaron entrevistas semiestructuradas a informantes clave pertenecientes a cámaras sectoriales, institutos tecnológicos nacionales y expertos de la industria, y 12 estudios de caso de empresas argentinas productoras de equipamiento para la industria de alimentos¹. El trabajo cualitativo permitió realizar una caracterización económica del sector en la Argentina, entender las dinámicas microeconómicas de adopción de tecnologías digitales en esta actividad a partir de casos de estudio seleccionados, e identificar los factores que están facilitando y obstaculizando esta transformación.

El artículo se organiza en las siguientes secciones: en la sección I se define el problema de estudio y se desarrolla el marco conceptual utilizado para explorarlo; en la sección II se provee un panorama de la evolución de la transformación digital en la producción de maquinaria para alimentos a nivel global; en la sección III se describen los datos y la metodología implementada; en la sección IV se analiza el proceso de transformación digital del sector; y finalmente se presentan las reflexiones finales del artículo.

I. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA Y MARCO CONCEPTUAL

En la última década, la creciente difusión y maduración de tecnologías como el Big Data, los robots autónomos, las simulaciones 3D, la internet de las cosas, la computación en la nube, la fabricación aditiva, la realidad aumentada y el blockchain, entre otras, y su aplicación al sistema productivo han permitido la emergencia de sistemas ciberfísicos de producción basados en la utilización de dispositivos interconectados entre sí de manera autónoma y automatizada a lo largo de la cadena de valor. Si bien la difusión de estas tecnologías es entendida por una parte de la literatura como la continuidad y la intensificación del paradigma tecno-organizativo de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) emergido en los

¹ El trabajo de campo se realizó en el marco del proyecto “Consultoría en Estimación de las características de la oferta y demanda de tecnologías para la transformación digital en tres cadenas de valor argentinas” financiado por el Banco Iberoamericano de Desarrollo.

años 70 (Brixner et al., 2020), otras voces desde la academia, el sector privado y la política pública interpretan que las nuevas tecnologías digitales han generado un cambio tecno-productivo disruptivo en el sistema de producción. De acuerdo a estos últimos, el sistema capitalista se encuentra comenzando a atravesar su cuarta revolución industrial, también denominada Industria 4.0 (BCG 2015; European Parliament, 2016; Schwab, 2016; Szalavetz, 2018; Basco et al., 2018; Reischauer, 2018; Strange & Zucchella, 2017).

Más allá de las interpretaciones respecto al grado de continuidad con el pasado que representan las nuevas tecnologías digitales, su impacto en la velocidad y la eficiencia de los procesos productivos es ampliamente compartida, así como los desafíos que estas implican para la competitividad empresarial (BCG, 2015; European Parliament, 2016). El uso eficiente de las nuevas tecnologías digitales requiere de habilidades laborales, infraestructura, organización de la producción e incluso una cultura empresarial diferente a la prevaleciente antes de su irrupción. Por tanto, la agenda de transformación digital excede al ámbito estrictamente tecnológico, requiriendo cambios también de tipo social y empresarial (European Parliament, 2016).

Las empresas, en tanto epicentro de los procesos de innovación y cambio técnico, se encuentran en puntos de partida muy diferentes para abordar esta nueva agenda de transformación digital, con mayor amenaza para aquellas más rezagadas y de menor tamaño (BCG, 2015; Pérez González, 2018; Berger, 2016; McKinsey 2017). El estudio y documentación empírica del grado de digitalización de la industria manufacturera en América Latina señala que la mayor parte del empresariado ha entrado tarde a la era de la automatización y el uso de tecnologías digitales asociadas a la tercera revolución industrial, y que un conjunto menor de empresas está participando de lo que se denomina la Industria 4.0 (Casalet, 2018; Erbes et al., 2019; Motta et al., 2019; Albrieu et al., 2019). La literatura señala asimismo que el proceso de transformación digital a nivel de la firma no tiene características de un proceso binario de incorporación o no de tecnologías digitales, sino que debe entenderse como un proceso continuo en el cual estas tecnologías se incorporan de manera gradual en etapas sucesivas (Motta et al., 2019; Albrieu et al., 2019).

Los estudios sobre transformación digital de empresas manufactureras en América Latina encuentran desafíos tanto internos como externos a la firma. Entre aquellos internos a la empresa, de mayor relevancia en las empresas más retrasadas, se encuentran la falta de conocimiento de las nuevas tecnologías, la cultura de la empresa que se expresa en una resistencia al cambio e incluso el propio modelo de producción, fundamentalmente de las pequeñas y medianas empresas

(PyMEs), basada en un abanico productivo con baja escala y alta diversificación de producto. Estos factores se conjugan con factores de tipo externo como la falta de financiamiento para incorporar nueva tecnología digital, la baja infraestructura digital, la no adecuación de los marcos regulatorios, la insuficiencia en la oferta de tecnologías 4.0 adecuadas a las características productivas y la baja sofisticación de la demanda. Estos obstáculos se manifiestan, además, con diferente grado de intensidad de acuerdo a las características productivas y la morfología empresarial de cada sector en particular (Motta et al., 2019).

En este artículo contribuimos a los estudios empíricos sobre transformación digital en América Latina documentando este proceso para el sector de maquinaria para alimentos en Argentina. Anclamos el análisis en la literatura de innovación y en la literatura de CGV. La primera brinda herramientas conceptuales para comprender los procesos de adopción de tecnologías digitales como parte de la construcción de capacidades innovadoras y de gestión del cambio técnico en las firmas (Lall, 1992; Bell & Pavitt, 1995; Bell & Figueredo, 2012; Dutrenit, 2000), mientras que la segunda proporciona elementos analíticos para entender cómo la participación de empresas en las CGV genera oportunidades para el aprendizaje y la construcción de capacidades tecno-productivas en las mismas (Kaplinsky & Morris 2001; Gereffi et al. 2005; Pietrobelli & Rabelotti, 2011).

La literatura de innovación se centra particularmente en los esfuerzos internos de las empresas para expandir sus capacidades tecnológicas e innovativas y entender los procesos de aprendizaje asociados (Lall, 1992; Bell & Pavitt, 1995). Dado que la innovación es conceptualizada como un proceso esencialmente interactivo, esta literatura enfatiza el rol de los vínculos y las interacciones con otros actores (empresas, universidades, asociaciones empresarias y centros de investigación, entre otros) como elementos clave en el proceso de construcción de capacidades tecnológicas y de innovación de las empresas (Lundvall, 1992; Freeman, 1995; Nelson, 1993). Asimismo, señala la importancia de distinguir entre sectores y tecnologías para comprender la naturaleza del cambio técnico y el tipo de esfuerzos que las firmas necesitan realizar para innovar (Pavitt, 1984).

En el análisis específico de la adquisición de tecnologías digitales por parte de las firmas, Peerally et al. (2022) definen a las capacidades tecnológicas de las empresas en el marco de la cuarta revolución industrial como el conjunto de actividades y recursos humanos y organizativos (conocimientos, competencias, experiencias) que las empresas necesitan para generar y gestionar la digitalización mediante la adopción de tecnologías y procesos de las tecnologías 4.0 más complejos, así como para utilizarlos en la generación de nuevas tecnologías. Esta literatura enfa-

tiza el carácter acumulativo y gradual del proceso de transformación digital, desde la construcción de capacidades iniciales o fundacionales a otras más complejas para utilizar las tecnologías digitales de manera creativa y flexible en las empresas (Andreoni et al., 2021, Peerally et al., 2022).

De forma complementaria a la literatura de innovación, el cuerpo teórico de CGV nos permite comprender cómo y en qué medida la inserción internacional de las firmas proveedoras de maquinarias para alimentos en Argentina puede contribuir a generar oportunidades de aprendizaje para la transformación digital (Kaplinsky & Morris 2001; Gereffi et al., 2005; Pietrobelli & Rabelotti 2011). Las cadenas de valor son entendidas como el conjunto de actividades (diseño, producción, comercialización, distribución) que realizan las empresas desde la concepción de un producto hasta su comercialización. Estas actividades pueden ser realizadas enteramente por una sola empresa o estar divididas entre empresas diferentes. El enfoque de GCV está especialmente interesado en comprender las cadenas de valor que están divididas entre varias empresas y se extienden por amplias franjas de espacio geográfico. Esta literatura pone el acento en la importancia de las relaciones de poder dentro de las cadenas productivas globales como determinante de la emergencia de oportunidades de aprendizaje y construcción de capacidades que puedan tener las firmas que participan de las mismas (Gereffi et al., 2005).

En el caso de las cadenas de valor alimentarias, los supermercados tienen una gran influencia en todas las etapas de la CGV, desde la forma en que se produce hasta el procesamiento, almacenamiento y transporte de los productos (Dolan & Humphrey, 2004; Fernandez-Stark et al., 2011). Su poder se manifiesta en la imposición de normas y estándares que los proveedores de alimentos a los grandes supermercados deben cumplir para ser parte de la cadena, su capacidad de control y monitoreo acerca del cumplimiento de las normas introducidas y la capacidad de decidir sobre la inclusión o exclusión de empresas productoras de la cadena. Estas demandas se trasladan en la cadena de valor hacia atrás, impulsando el cambio técnico a los proveedores de materias primas y maquinarias para la producción de alimentos. Sin embargo, más allá de la relevancia de participar en las CGV para obtener información sobre el tipo y la calidad de los productos y las tecnologías que exigen los mercados mundiales, esta información debe combinarse con esfuerzos intrafirma de aprendizaje (Pietrobelli & Rabelotti, 2011).

II. LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL EN LA PRODUCCIÓN DE MAQUINARIA PARA ALIMENTOS

Las empresas productoras de maquinaria para la industria alimenticia a nivel mundial están experimentando importantes avances en su proceso de transformación digital, asociados a una mayor demanda por equipamiento inteligente por parte de sus clientes (por ejemplo, equipamiento para la detección anticipada de desperfectos técnicos o para la implementación de sistemas de trazabilidad), y a la búsqueda interna de las empresas por reducir costos, alcanzar mayores niveles de eficiencia operativa e incluso reducir el consumo energético y de agua potable ante regulaciones medioambientales cada vez más estrictas (García-García et al., 2017; Zhao et al., 2019; Saetta & Caldarelli, 2020).

La implementación de tecnologías 4.0 están permitiendo el viraje de las empresas productoras de equipamiento para la industria alimenticia hacia sistemas de producción modulares, compatibilizando la versatilidad con la estandarización. Entre las principales aplicaciones 4.0 en procesos en el segmento productivo analizado se han observado: i) el uso de robots para el traslado de piezas dentro de la planta, para la soldadura y/o montaje de piezas, ii) la identificación por radiofrecuencia para recopilar de forma autónoma y en tiempo real datos sobre el proceso de producción y así permitir, por ejemplo, la detección temprana de fallas, iii) la utilización de exoesqueletos, que potencia la calidad de las tareas dentro de las plantas reduciendo así la incidencia de lesiones u otros accidentes laborales, iv) el empleo de fabricación aditiva para la reproducción de partes y piezas, v) la simulación en entornos virtuales para el testeo y análisis de productos, vi) la utilización de realidad aumentada para anticipar y corregir posibles errores en la producción de bienes industriales, y vii) la implementación de sistemas de integración orientados a la transmisión de información en forma automática entre las diversas áreas de la empresa.

La aplicación de tecnologías 4.0 para el desarrollo de productos abarca un universo mucho más amplio, dado que las aplicaciones y nuevas funcionalidades que se pueden incorporar a los bienes de capital son muy diversas y variadas. Entre las principales funcionalidades se pueden destacar: i) el desarrollo de maquinaria y equipos interconectados e inteligentes, que permiten a los usuarios mejorar la productividad en planta a partir de procesos ingenieriles autónomos, ii) sistemas de realidad aumentada para servicios de venta y posventa, iii) sensores y otros dispositivos electrónicos interconectados para monitorear el funcionamiento y anticipar posibles fallas en equipos, iv) dispositivos electrónicos con aplicaciones en los sistemas de trazabilidad, y v) dispositivos autónomos que reducen el impacto ambiental de la industria –e. g., en términos del consumo energético, de agua,

tratamiento de efluentes, etc.—, facilitando así el cumplimiento de regulaciones locales y/o internacionales.

En este artículo exploramos a través de evidencia empírica novedosa qué tipos de tecnologías digitales están adoptando las empresas argentinas productoras de equipamiento para la industria alimenticia.

III. DATOS Y METODOLOGÍA

El análisis de la transformación digital de las empresas productoras de maquinarias para alimentos en Argentina se basó en un estudio exploratorio utilizando metodologías cualitativas. Un desafío para el análisis es que estas empresas productoras de bienes de capital no constituyen un sector plenamente definido. Algunas forman parte de cadenas de valor específicas, como las que proveen equipamiento a la industria láctea, cárnica o frutícola (los que llamamos “segmentos verticales”), mientras otras proveen equipamiento de uso transversal, como equipos de refrigeración o cintas transportadoras, a sectores alimenticios y no alimenticios (los que llamamos “segmentos horizontales”).

Para la identificación de las empresas y la caracterización del aglomerado productivo nos basamos en bases de datos y en entrevistas con informantes clave. Tuvimos acceso a una base de datos de 220 empresas productoras de maquinarias para alimentos en Argentina confeccionada por la Asociación de Proveedores de la Industria de la Alimentación (AdePIA) y la Asociación de Industriales Metalúrgicos de la República Argentina (ADIMRA). Utilizamos además estadísticas sectoriales del Observatorio de Empleo y Dinámica Empresarial y del Sistema Integrado Previsional Argentino (OEDE-SIPA)². A fines de entender cómo estaba ocurriendo el proceso de transformación digital entre empresas productoras de maquinaria para la industria alimenticia e identificar casos de firmas a estudiar en profundidad, realizamos entrevistas semiestructuradas a expertos del sector³.

² Se empleó el código CIU a 4 dígitos 2925 “Fabricación de maquinaria para la elaboración de alimentos, bebidas y tabaco”.

³ Se realizaron entrevistas a referentes del Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), a investigadores especializados del Grupo de Análisis Industrial de la Universidad de Mar del Plata y a referentes de las siguientes cámaras empresarias: AdePIA, ADIMRA, Unión Industrial Argentina (UIA), Cámara Argentina de Fabricantes y Proveedores de Equipamientos, Insumos y Servicios para la Cadena Láctea (CAFyPEL), Asociación de Industriales Metalúrgicos de Mendoza (ASINMET), Cámara de Fabricantes de Máquinas y Equipos para la Industria (CAFMEI), Cámara de Industriales Metalúrgicos de Rafaela (CIMR) y del Instituto Argentino del Envase (IAE).

En la tabla 1 se presenta el listado de los 12 casos de firmas estudiadas y sus principales características estructurales. En la selección de los casos se consideró además la inclusión de firmas que proveen equipamiento tanto en los subsegmentos de mercado verticales como horizontales. El trabajo de campo se realizó en el primer semestre del año 2022 en base a entrevistas semiestructuradas utilizando un cuestionario diseñado *ad hoc* que permitiera entender en mayor profundidad el estadio de transformación digital de las empresas, qué tipo de tecnologías digitales han adoptado en las distintas áreas funcionales de la firma y cómo gestionan la transformación digital. Todas las entrevistas fueron grabadas y luego transcritas para su interpretación.

Para el análisis de la transformación digital de las empresas estudiadas, utilizamos las categorías analíticas propuestas por Albrieu et al. (2019) en un trabajo empírico pionero en relevar y caracterizar la adopción de tecnologías 4.0 en la industria manufacturera argentina. Los autores proponen clasificar a las empresas en tres categorías para dar cuenta de la etapa en que se encuentran en su proceso de transformación digital:

- (i) los “cóndores” son empresas en las que predomina la adopción de tecnologías digitales avanzadas, mayormente de tercera generación y 4.0.

Tabla 1. Casos seleccionados

Firma	Año de fundación	Ubicación (ciudad, provincia)	Subsector	Propiedad	Tamaño*	Export.	Principales regiones donde exporta
ABREU	1978	Mar del Plata, Buenos Aires	Cintas transportadoras	Independiente	Pequeña	No	-
Albion	1962	Godoy Cruz, Mendoza	Frutas y hortalizas	Grupo empresario	Pequeña	Sí	América Latina, Europa, Asia.
ARPAN	1974	Lobos, Buenos Aires	Panificados	Independiente	Pequeña	Sí	América Latina y el Caribe, América del Norte.
Bisignano	1952	Las Colonias, Santa Fe	Industria láctea	Independiente	Mediana	Sí	América Latina

Bombadur	1972	Avellaneda, Buenos Aires	Bombas para equipos de refrigeración	Independiente	Pequeña	Sí	América Latina
Chiacchiera	1935	San Lorenzo, Santa Fe	Industria cárnica	Independiente	Pequeña	Sí	América Latina
De Blasi	1996	Maipú, Mendoza	Frutas y hortalizas	Independiente	Mediana	Sí	América Latina y América del Norte
HL Rodriguez	1980	Lomas de Zamora, Buenos Aires	Industria cárnica	Independiente	Pequeña	No	-
IMA TECMAR	1994	Mar del Plata, Buenos Aires	Envasado	Grupo empresario	Mediana	Sí	América Latina, América del Norte y Europa
Orengia y Conforti	1952	Mar del Plata, Buenos Aires	Envasado (centralmente bebidas)	Independiente	Pequeña	Sí	América Latina
Prodol	1973	Escobar, Buenos Aires	Frutas y hortalizas	Independiente	Mediana	Sí	América Latina
VMC Refrigeración S.A	1961	Rafaela, Santa Fe	Refrigeración	Independiente	Mediana	Sí	América Latina

Fuente: elaboración propia. * Se utilizó la clasificación por tamaño de la Secretaría de Empleo de Nación Argentina: empresas pequeñas (entre 6 y 50 trabajadores), empresas medianas (entre 51 y 200 trabajadores) y empresas grandes (más de 200 trabajadores).

- (ii) los “alpinistas” son firmas que poseen un grado de adopción intermedio de tecnologías digitales en las que predominan aquellas de segunda y tercera generación. Aquellas firmas que, aunque aún no hayan adoptado tecnologías 4.0, están llevando acciones concretas de construcción de capacidades e inversión en equipamiento para converger en los próximos años a tecnologías más próximas a la frontera son consideradas alpinistas.
- (iii) los “trekkers” son firmas que sólo utilizan tecnologías digitales más básicas (de primera y segunda generación) y que no están planificando acciones para incorporar nuevas tecnologías. En general, este tipo de empresas no conoce las opciones tecnológicas en digitalización ni sabe cómo emprender el camino hacia la transformación digital.

Los casos estudiados fueron asignados conceptualmente a las categorías de “cóndores” y “alpinistas” dado que todas las empresas bajo análisis ya han comenzado un proceso de transformación digital.

IV. LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL EN EMPRESAS PRODUCTORAS DE MAQUINARIA PARA ALIMENTOS EN ARGENTINA: ANÁLISIS DE CASOS

En esta sección, a través del análisis de 12 casos de estudio, se analiza el proceso de transformación digital que se está produciendo en empresas de maquinaria para alimentos en Argentina.

IV.1. Caracterización de la transformación digital en los casos de estudio

El proceso de transformación digital de las firmas analizadas en el sector de maquinaria para alimentos se ha dado de manera secuencial, iniciándose en el área de administración y finanzas, y extendiéndose a otras áreas funcionales de las empresas (producción, IyD, ventas y compras). El área de producción es en todos los casos de estudio aquella que ha concentrado la mayor inversión y esfuerzos de transformación digital. Sin embargo, una mirada atenta al proceso de incorporación de tecnologías digitales por área funcional en los casos estudiados permite identificar la granularidad del proceso de digitalización y entender cómo se está llevando a cabo entre las empresas más avanzadas y las más rezagadas.

Utilizando las categorías analíticas de Albrieu et al. (2019), diferenciamos las firmas analizadas en dos grupos: los “cóndores”, que se distinguen por una incorporación más temprana de herramientas digitales y la construcción de capacidades digitales en un abanico más complejo y diverso de tecnologías en las distintas áreas funcionales de las empresas; y los “alpinistas”, que se encuentran en estadios inferiores respecto a sus capacidades e infraestructura en tecnologías digitales en las distintas áreas funcionales de las firmas, pero que realizan esfuerzos para progresar en el camino de la digitalización. En el resto de esta sección analizamos el proceso de incorporación de tecnologías digitales por parte de las firmas analizadas en las distintas áreas funcionales (ver tabla 2).

En el área de producción, las empresas analizadas han incorporado robots (o maquinaria con gran cantidad de funciones automatizables) y metodologías de mejora continua como KAIZEN o software específicos. El uso de robots, que se ha dado más tempranamente entre los cóndores estudiados, se ha basado en la adop-

ción de centros de mecanizado CNC o cortadoras láser CNC. Estos permiten a las firmas desarrollar maquinaria a medida (según la demanda del cliente), productos que componen el grueso de la demanda del sector. En contrapartida, no se han difundido entre las empresas analizadas robots colaborativos u otro tipo de equipos con mayor grado de autonomía, dado que son más frecuentemente utilizados para la producción seriada, la cual no es de uso extendido en este sector.

La incorporación de metodologías KAIZEN de mejora continua y el uso de software específicos está mucho más difundida entre los cóndores que entre los alpinistas analizados. En particular, softwares como MRP, MRP II y CAPP permiten a las firmas programar el proceso productivo y llevar un mejor control de los inventarios. Asimismo, la metodología KAIZEN, considerada central para la competitividad del negocio por todas las firmas estudiadas, ha sido incorporada sólo por aquellas clasificadas como cóndores. Si bien la implementación de estos procesos productivos no implica grandes costos, al menos en términos relativos a otras inversiones, por lo general sí requieren procesos de aprendizaje y la adecuación de rutinas. El abordaje de estos desafíos se vuelve más crítico en empresas que cuentan con estructuras organizativas menos adaptadas al uso de herramientas de base digital.

Tabla 2. Adopción de tecnologías 4.0 por parte de 12 casos de estudio de empresas productoras de maquinaria para alimentos en Argentina

Área funcional	Adopción de tecnologías digitales	
	Cóndores	Alpinistas
Producción	Softwares específicos, robots (<i>i. e.</i> , maquinaria de CNC), y metodologías KAIZEN	Softwares específicos, robots ocasionalmente, y metodologías de mejora continua parcialmente
Producto final	Sensores y dispositivos de PLC, equipos para mantenimiento predictivo, dispositivos de automatización de procesos	Sensores y dispositivos de PLC
I+D	Software para el diseño de piezas y/o maquinas, simulación virtuales e impresión 3D (de modo experimental)	Software para el diseño de piezas y/o maquinas

Comercialización y ventas	Software especializado y servicios externos de <i>business analytics</i> (de forma reciente y experimental)	Software especializado (poca adopción)
Posventa	Servicios de mantenimiento predictivo	-
Administración y finanzas	Software especializado y crecientemente integrado con otras unidades funcionales del negocio	Software especializado
Cadena de valor	Software especializado (poco difundido)	-

Fuente: elaboración propia.

En términos de incorporación de tecnologías 4.0 a los productos finales, sólo los cóncores utilizan sensores para el mantenimiento predictivo de equipos y para la automatización de determinados procesos. Asimismo, este tipo de empresas equipan sus maquinarias con dispositivos llamados “controladores lógicos programables” (o PLC por sus siglas en inglés), los cuales habilitan a las empresas del sector a programar el funcionamiento del equipo y, en algunos casos, también a monitorear de forma autónoma su correcto funcionamiento. Estos dispositivos, que combinan hardware y software, permiten transformar los equipos desarrollados por estas empresas en componentes IoT crecientemente interconectados, facilitando así, por ejemplo, los servicios de mantenimiento predictivo. En la mayoría de los casos, los sensores, PLC y el software que complementa a estos equipos son adquiridos de proveedores internacionales especializados (como Siemens, Festo, SMC Corporation y Allen Bradley). Sin embargo, algunos cóncores han desarrollado incluso su propio equipamiento con funcionalidades automatizables a partir de tecnologías 4.0.

En el área de IyD, tanto cóncores como alpinistas analizados han incorporado software especializado para el diseño digital de partes y/o nuevo equipamiento (*e. g.*, SolidWorks, CAD-CAM, CAD 3D Inventor, entre otros). Sin embargo, los cóncores utilizan un set de herramientas digitales más diversificado y cercano a la frontera tecnológica. Por ejemplo, emplean simulaciones virtuales y/o impresión 3D para probar y validar aspectos técnicos antes de empezar a trabajar físicamente con algún material. Otra diferencia entre este grupo de empresas y los alpinistas es el *know-how* adquirido a partir de la experiencia acumulada en la utilización de estas tecnologías, que les permite utilizar herramientas digitales de un modo más integral.

En ventas, los cóndores estudiados se diferencian por la incorporación de softwares llamados de Gestión de Relaciones con el Cliente (CRM por las siglas en inglés), orientados a la gestión y/o administración de la relación con los clientes. Estas herramientas digitales permiten una mejor configuración de las características del pedido, mejorar los tiempos de respuesta a los clientes a través de funciones de *chatbots*, organizar mejor las tareas del área comercial y facilitar el seguimiento de la venta desde que se concretó la transacción hasta el momento de la entrega. Dos firmas avanzadas en su digitalización tienen prevista la incorporación de un sistema de realidad virtual para codiseñar los equipos con los clientes.

En el área de administración y finanzas la incorporación de tecnologías digitales o de herramientas 4.0 consiste centralmente en la adopción de software. Las empresas alpinistas se han orientado a incorporar tecnología digital para apoyar la gestión de alguna tarea administrativa puntual como la contabilidad, mientras que entre aquellas definidas como cóndores la digitalización se ha focalizado también en integrar las áreas funcionales del negocio. Softwares del tipo *Enterprise Resource Planning* (ERP) constituyen herramientas en la nube que integran todas las funcionalidades empresariales, desde ventas, facturación, pagos y compras, hasta inventarios y control de producción, e impactan significativamente en la competitividad del negocio.

En suma, la evidencia empírica para las empresas productoras de maquinaria para alimentos analizadas que comenzaron un proceso de transformación digital indica que los avances locales son heterogéneos. Por un lado, se destacan ciertos casos más cercanos a la frontera internacional (*e. g.*, firmas que ofrecen equipos con funcionalidades automatizables, o con sensores para la recolección de datos a lo largo del proceso de producción) en los que la transformación digital se está produciendo de manera integral a la firma y con un abanico tecnológico más sofisticado con un componente creciente de tecnologías 4.0. Por otro lado, se encuentran los casos que están dando sus primeros pasos en este paradigma tecno-productivo, concentrando los esfuerzos en ciertas áreas de la empresa con tecnologías algunos peldaños por debajo de la frontera sectorial.

IV.2. Estilización de los factores que contribuyen a explicar la heterogeneidad en la transformación digital entre los casos analizados

En este apartado, nos centraremos en estilizar los factores que explican por qué hay cóndores y alpinistas, a partir de los casos analizados. Es decir, qué explica la divergencia en el abanico de tecnologías utilizadas y la profundidad de la

transformación digital entre los dos grupos de firmas productoras de equipamiento para el sector alimenticio en Argentina.

La evidencia empírica recolectada señala que mejorar la eficiencia operativa y, por ende, la competitividad del negocio alienta la incorporación de tecnologías digitales en todas las empresas estudiadas. Estas advierten que pueden ahorrar costos y mejorar la calidad de sus productos a partir de la adopción de tecnologías digitales como robots autónomos (*e. g.*, equipamiento de control numérico computarizado), sensores u otros dispositivos que permiten la interoperabilidad de equipos en planta o los softwares aplicados a las diversas áreas funcionales del negocio, entre otras herramientas digitales. Sin embargo, un elemento diferenciador opera como un traccionador adicional de la transformación digital entre cóndores: el rol de la demanda. Las empresas productoras de equipamiento para la industria alimenticia clasificadas como cóndores poseen en su mayoría clientes (tanto locales como internacionales) insertos en las CGV que demandan equipamiento con tecnologías que les permitan cumplir con estándares de calidad y/o certificación de procesos (*e. g.* trazabilidad, buenas prácticas de manufactura), requeridos para competir a escala global. Por ejemplo, equipamiento que les permita automatizar procesos para obtener menores costos de producción, generar información cuantitativa que contribuya al proceso de análisis técnico y/o generar alertas ante eventuales fallas o desperfectos técnicos para alcanzar productos con calidad internacional a precios competitivos. Para el desarrollo competitivo de equipamiento con este tipo de características, las empresas productoras de equipos analizadas han tenido que realizar inversiones y construir capacidades en tecnologías digitales tanto de proceso como de producto. Por tanto, cualquiera sea el subsector específico de equipamiento del que se trate, son los clientes de las firmas estudiadas los que, en última instancia, resultan decisivos para la motivación de incorporar este tipo de tecnologías.

Los casos de Ingeniería Prodol y Alfonso Chiachiera SRL, la primera clasificada como cóndor y la segunda como alpinista, permiten ilustrar la relevancia de la demanda y la inserción de las firmas en las CGV como traccionadoras.

Ingeniería Prodol es una empresa productora y exportadora de maquinaria de empaque de frutas y hortalizas. Esta empresa puede entenderse como un cóndor, en términos de su proceso de digitalización. Se trata de una empresa familiar fundada en 1972 de capitales argentinos basada en desarrollos metalúrgicos. Esta fue adquiriendo complementariamente a lo largo de los años capacidades también en electrónica las cuales forman hoy parte de su núcleo tecno-productivo.

Los empaques son centrales para poder atender las demandas específicas de los compradores globales de frutas y hortalizas frescas. Dado que se trata de productos perecederos, el empaque, eslabón central entre la producción primaria y la comercialización, debe garantizar que la mercadería llegue a destino en buenas condiciones. Típicamente, las frutas y hortalizas frescas ingresan al proceso de empaque, provenientes de los campos, y se lleva a cabo el proceso de clasificación, lavado, control de calidad y acondicionamiento para su venta –esto es, el encerado, empaquetado y etiquetado–. Asimismo, en las plantas de empaque se inician los tratamientos para garantizar que la fruta/hortaliza llegue a destino con la frescura y el frío demandado por cada mercado. Con este objetivo los galpones de empaque están equipados con plantas de frío, centrales para la conservación y para lograr el color óptimo en la fruta. Para el caso de mercados internacionales exigentes –como la Unión Europea, Estados Unidos o China–, las empacadoras deben realizar tareas como identificación y segmentación de calidades según los criterios establecidos por sus clientes –principalmente, tamaño de la fruta/hortaliza, color e inclusive sabor–.

Aunque esta actividad ha sido históricamente mano de obra intensiva, en los últimos diez años ha habido un fuerte recambio tecnológico con el desarrollo de equipos que automatizan el proceso de identificación y segmentación de la fruta en el proceso de empaque. Por ejemplo, la cinta transportadora de fruta puede equiparse con sensores y brazos mecánicos que realizan el proceso de selección. Las empresas que operan en la frontera tecnológica también cuentan con software para configurar el armado de un *batch* siguiendo criterios específicos –e. g. no más de un 5% de fruta menor de cierto tamaño y con un determinado color–. En este eslabón de la cadena, las empresas también llevan a cabo los procesos de control en materia sanitaria y fitosanitaria, de forma tal de poder cumplir con los requerimientos cada vez más estrictos de las principales plazas comerciales. Disponer de estas capacidades operativas no solo es importante para que una firma pueda ingresar y permanecer en mercados exigentes, sino que también para poder complementar de forma eficiente dichas plazas con otras de menor exigencia.

Ingeniería Prodol es un claro ejemplo de una empresa que pudo desarrollar capacidades tecnológicas internas de modo tal de ofrecer a sus clientes equipos que respondan a estas demandas. El grado de automatización que poseen las máquinas desarrolladas por Ingeniería Prodol la ubican en un segmento de las cinco empresas más competitivas a nivel mundial. La firma comercializa su producción tanto en el mercado interno (60%) como en el externo (40%) a un conjunto de clientes en gran parte estable y con relación de mediano-largo plazo, realizando la totalidad de su producción en la localidad de Escobar, provincia de Buenos Aires. Tiene además dos sucursales comerciales en Brasil y Chile. En la empresa trabajan 1000 personas

de las cuales 12 se dedican al área de IyD para el diseño de nuevas máquinas emparadoras. En la actualidad la firma está desarrollando un proyecto que le permitirá determinar la presencia de enfermedades en fruta, a partir de sensores especiales y un sistema basado en el uso de inteligencia artificial. De esta manera, podrá ofrecer a sus clientes un servicio de avanzada a escala internacional.

La empresa analizada incluso desarrolla tecnología a partir del pedido de los propios clientes. Un ejemplo es el desarrollo para la empresa Patagonian Fruit, compañía líder en exportación de fruta fresca localizada en la Patagonia, una máquina empacadora innovadora para el proceso de preselección de fruta que demandó una inversión de 4 millones de dólares. La innovación consistió en generar una instancia de preselección de la fruta que se recibe de las chacras mediante un proceso automatizado que genera un estado de acondicionamiento intermedio en el que la fruta se clasifica por calidad y calibre. Este proceso permitió elevar la productividad del proceso de empaque de peras y manzanas de 120/130 kg por hora hombre a 260/270 kg por hora hombre.

Alfonso Chiacchiera SRL es una empresa argentina con casi 90 años de trayectoria en la fabricación de maquinaria y equipos especializados para la industria de alimentos, focalizada en el segmento de carnes, en particular en instalaciones para frigoríficos. La empresa de más de 40 empleados, ubicada en la localidad de San Lorenzo, Santa Fe.

La empresa constituye un caso singular, al haber podido desarrollar capacidades ligadas a la transformación digital y a la incorporación de tecnologías 4.0 de modo tal de poder mantener una cartera de productos actualizados lo que le permitía competir en la región de América Latina. Por ejemplo, cuenta con un departamento técnico formado por personal calificado para el diseño y formulación de proyectos a partir de equipos CAD/CAM, a través de los cuales se idean nuevos productos. A su vez, en el área funcional del negocio centrado en la producción, la empresa desde hace 20 fue adquiriendo diversas maquinarias de control numérico computarizado (*e. g.*, centro de mecanizado, serruchos, cortadoras a plasmas y corte a láser), de modo tal de obtener piezas de alta calidad.

Asimismo, y centralmente a partir del pedido de un cliente específico, la empresa pudo incorporar a algunos de sus productos máquinas con PLC (Programmable Logic Controller, por sus siglas en inglés), que opera de forma análoga a una computadora que permite controlar y/o automatizar determinados procesos productivos. Sin embargo, desde la empresa manifiestan que, a pesar de contar con esta tecnología, la amplia mayoría de sus clientes no demanda equipos con la

incorporación de dispositivos de PLC, dado que no requieren alcanzar estándares de competitividad tan elevados. Por tanto, la intermitencia en la demanda de este tipo de dispositivos, así como otras tecnologías digitales, ejercen un efecto que no favorece el mayor avance en la digitalización en la firma. Cabe destacar que la firma supo tener hace aproximadamente diez años atrás cerca del 50% de sus ingresos a partir de exportaciones. Sin embargo, ahora estos rozan el 20%.

Los dos casos anteriores muestran la importancia del rol de los clientes como traccionadores de la digitalización de las firmas productoras de maquinaria para alimentos. La inserción de los mismos en CGV alienta el *upgrading tecnológico* de las empresas proveedoras, en este caso en materia de adopción de tecnologías digitales. Las firmas identificadas como cóndor, que están más avanzadas en su proceso de digitalización en todas las áreas funcionales de las mismas y poseen capacidades en un abanico más diversificado y sofisticado de tecnologías, son aquellas que tienen una mayor proporción de clientes de este tipo.

Las motivaciones que alientan la transformación digital de las firmas se enfrentan, sin embargo, a obstáculos tanto internos como externos a las firmas. En las doce empresas productoras de maquinaria para alimentos analizadas en este artículo la gestión del cambio técnico hacia una mayor transformación digital es en general un proceso no planificado y de tipo errático. Las firmas estudiadas carecen de un equipo de trabajo formalizado y especializado en transformación digital y tecnologías 4.0 al interior de las mismas, que concentre el conocimiento y guíe la transformación digital de la firma. Por el contrario, la gestión de este proceso es generalmente llevada a cabo por un empleado del área de producción o de Investigación y Desarrollo (IyD), sin dedicación exclusiva a la tarea, que posee un interés particular en el tema o un perfil profesional afín, que debe enfrentar cuadros gerenciales con bajas competencias y conocimiento en temáticas de digitalización. En tanto, la transformación digital se va produciendo de manera *ad hoc*, en pasos discretos y no necesariamente coordinados, condicionada por factores coyunturales como el presupuesto anual disponible, las perspectivas de mercado y/o el cambio en la demanda de los clientes.

A las bajas capacidades internas construidas para gestionar el cambio técnico, tanto cóndores como alpinistas deben enfrentar desafíos externos tales como:

- Un entorno macroeconómico inestable e incierto que dificulta la inversión en tecnologías que requieren altas tasas de inversión y que tienen largos retornos. Tanto las empresas entrevistadas como los representantes de las cámaras empresariales y otros informantes clave del sector consultados indi-

caron que el contexto macroeconómico incierto y la alta inflación generan “problemas del día a día” que dificultan la planeación de mediano plazo y generan grandes desincentivos para el avance de proyectos como los que implica la transformación digital. Ello repercute en que la transformación digital no ocurra de acuerdo a un plan definido, sino a partir de compras de tecnologías digitales decididas de manera ad hoc en función del presupuesto anual, la demanda de clientes y/o las perspectivas de mercado.

- La falta de financiamiento para la adquisición de tecnologías digitales y 4.0. El ritmo de la transformación digital depende de los recursos propios de las empresas, lo que es identificado como un obstáculo para avanzar de manera más acelerada en los procesos de digitalización.
- La escasez de recursos humanos con capacidades en nuevas tecnologías digitales. Tanto en áreas técnicas para puestos en planta como en cargos administrativos y de gestión en las diversas áreas funcionales del negocio, las empresas se enfrentan a una gran escasez de trabajadores con los conocimientos necesarios para abordar los desafíos del nuevo paradigma productivo. Ello se materializa tanto en la falta de personal que desarrolle soluciones basadas en tecnologías 4.0 –e. g., inteligencia artificial, big data, IoT–, como en personal que posea capacidades para el manejo de herramientas menos complejas como el software especializado para tareas de I+D. La falta de consultores especializados que ayuden a las empresas a realizar diagnósticos y diseñar estrategias de implementación de tecnologías digitales también ha sido señalado como un obstáculo de relevancia por todos los casos analizados.

Estos obstáculos de tipo meso y macroeconómicos actúan como condicionantes externos del ritmo y la profundidad de la transformación digital que cada empresa individualmente puede implementar, dados su propios recursos y capacidades tecnológicas y de gestión del cambio técnico.

REFLEXIONES FINALES

El artículo contribuye con evidencia empírica novedosa a entender mejor la conformación del entramado de empresas productoras de maquinaria para la industria de alimentos en Argentina y el proceso de transformación digital que están llevando a cabo. Los resultados indican que la incorporación de tecnologías digitales se está desarrollando con un alto nivel de heterogeneidad al interior del entramado

productivo, tal como se ha evidenciado para otras actividades manufactureras en Argentina y la región (Albrieu et al., 2019; Erbes et al., 2019; Beltramo et al., 2022; Cretini & Stubrin, 2022; Motta et al., 2019), y que el proceso de adquisición de tecnologías se produce de manera secuencial como parte de un proceso acumulativo de capacidades tecnológicas en las firmas (Motta et al., 2019; Albrieu et al., 2019; Peerally et al, 2022).

Los resultados encontrados permiten reflexionar acerca de aspectos relevantes a considerar en el diseño de iniciativas públicas que busquen promover la transformación digital en el sector manufacturero en general, y en el sector de maquinaria para alimentos, en particular, en países de la región. La evidencia señala que resulta relevante comprender la especificidad de la transformación digital asociada a las características sectoriales. Es decir, qué tipo de inversiones en tecnología y en recursos humanos, por ejemplo, son relevantes para promover la competitividad de cada actividad productiva, de acuerdo al tipo de empresas que la componen y su entorno competitivo. Se hace necesario entender asimismo cuáles son los factores que motivan o traccionan la transformación digital en cada actividad. En el caso de la maquinaria para alimentos, los clientes tienen un rol central en el impulso hacia la digitalización. Resultados en esta misma dirección fueron encontrados recientemente por Delera et al. (2022), Basco et al. (2018), Motta et al. (2019) y Albrieu et al. (2019) para empresas manufactureras localizadas en Argentina y en otros países en desarrollo.

Estos resultados señalan la necesidad de diseñar políticas que atiendan la heterogeneidad sectorial en el proceso de digitalización, considerando tanto las barreras internas como externas a la digitalización. En el sector de maquinaria para alimentos, las empresas entendidas como cóndores poseen los incentivos para avanzar en su proceso de digitalización, por lo que las políticas en este segmento deben estar más orientadas a facilitar ese proceso a través de políticas que reduzcan mayormente las barreras externas. Por ejemplo, a través de canales de financiamiento o mejoras en el acceso a capacitaciones en tecnologías digitales. Sin embargo, para el caso de las firmas alpinistas, las políticas mencionadas pueden resultar insuficientes para promover la mayor digitalización de las firmas. El desafío para este tipo de firmas es evitar que la brecha tecnológica con los cóndores se ensanche, perdiendo competitividad internacional. El diseño de esquemas de incentivos para la digitalización puede ser una herramienta útil, aunque no la única. Entendemos que la política pública está llamada a jugar un rol decisivo en evitar dinámicas no virtuosas en las cuales se profundice la heterogeneidad encontrada entre cóndores y alpinistas, con los primeros subiendo la escalera de la digitaliza-

ción de la mano de sus clientes, y los segundos estancándose tecnológicamente y perdiendo competitividad relativa.

REFERENCIAS

- Andreoni, A., Chang, H. & Labrunie, M. (2021). *Natura non facit saltus: challenges and opportunities for digital industrialisation across developing countries. Eur. J. Dev. Res.* 33(2), 330-370. <https://doi.org/10.1057/s41287-020-00355-z>.
- Albrieu, R., Basco, A., Brest López, C., De Azevedo, B., Peirano, F., Rapetti, M. & Vienni, G. (2019). *Travesía 4.0: Hacia la transformación industrial argentina*. Inter-American Development Bank. Disponible en: <https://publications.iadb.org/es/travesia-40-hacia-la-transformacion-industrial-argentina>
- Ardila, S., Ghezzi, P., Reardon, T. & Stein, E. H. (2019). *Modern Agri-Food Markets: Fertile Ground for Public-Private Cooperation*. In Moreira, M. M., Stein, E. H. eds. *Trading Promises for Results: What Global Integration Can Do for Latin America and the Caribbean*. Inter-American Development Bank.
- Basco, A., Beliz, G., Coatz, D. & Garnero, P. (2018). *Industria 4.0: Fabricando El Futuro*. Inter-American Development Bank. Disponible en: <https://publications.iadb.org/publications/spanish/viewer/Industria-40-Fabricando-el-Futuro.pdf>
- Bell, M. & Pavitt, K., (1995). *The development of technological capabilities*. In: I.U. Haque, ed. *Trade, technology and international competitiveness*. Washington, DC: The World Bank, 157-211.
- Bell, M. & Figueiredo, P. N. (2012). *Innovation capability building and learning mechanisms in latecomer firms: recent empirical contributions and implications for research. Canadian Journal of Development Studies/Revue Canadienne D'études Du Développement*, 33(1), 14-40. doi: 10.1080/02255189.2012.677168
- Beltramino, N. S., Valdez-Juaréz, L. E., Ingaramo, J. M., Beltramino, N. A. & Gazzaniga, L. C. (2022). *La transformación digital y el desarrollo sostenible en las PyMES argentinas*. Presentado en la 27° Reunión Anual Red Pymes Mercosur, 428.
- Bisang, R., Lachman, J., López, A., Pereyra, M. & Tacsir, E. (2022). *Reinserción internacional y apertura de nuevos mercados de la cadena bovina en Argentina y Uruguay: Nuevas formas de institucionalidad y esquemas de cooperación público-privados*. Nota Técnica N° IDB-TN-2249. Disponi-

- ble en: <https://publications.iadb.org/es/reinsercion-internacional-y-apertura-de-nuevos-mercados-de-la-cadena-bovina-en-argentina-y-uruguay>
- Brixner, C., Isaak, P., Mochi, S., Ozono, M., Suárez, D. & Yoguel, G. (2020). Back to the future. Is industry 4.0 a new tecno-organizational paradigm? Implications for Latin American countries. *Economics of Innovation and New Technology*, 29(7), 705-719.
- BCG. (2015). Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries. The Boston Consulting Group, disponible en: https://www.bcg.com/publications/2015/engineered_products_project_business_industry_4_future_productivity_growth_manufacturing_industries
- Berger, R. (2016). España 4.0: El reto de la transformación digital de la economía. Siemens, Madrid. Disponible en: <https://docplayer.es/16088239-Espana-4-0-el-reto-de-la-transformacion-digital-de-la-economia-mayo-2016-con-el-patrocinio-de.html>
- Casalet, M. (2018). La digitalización industrial: un camino hacia la gobernanza colaborativa. Estudios de casos, CEPAL, Santiago de Chile. Disponible en: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/44266/1/S1800941_es.pdf
- Crespi, G., Katz, J. & Olivari, J. (2017). Innovation, natural resource-based activities and growth in emerging economies: the formation and role of knowledge intensive service firms. *Innovation and Development*, 8(1), 79-101. doi :10.1080/2157930x.2017.1377387
- Cretini I. & Stubrin L. (2022). Transformación digital en las PyMES: un análisis exploratorio de empresas proveedoras del sector petróleo y gas en Argentina. Presentado en la 27ª Reunión Anual Red Pymes Mercosur, 428.
- Dolan, C. & Humphrey, J. (2004). Changing Governance Patterns in the Trade in Fresh Vegetables between Africa and the United Kingdom. *Environment and Planning A*, 36(3), 491-509. doi: 10.1068/a35281
- Fernandez-Stark, K., Bamber, P. & Gereffi, G. (2011). The Fruits and vegetables global value chain. *Economic Upgrading and Workforce Development*. Durham, NC: Duke CGGC.
- Dutrénit, G. (2000). *Learning and knowledge management in the firm. From knowledge accumulation to strategic capabilities*. Cheltenham: Edward Elgar.
- Erbes, A., Gutman, G., Lavarello, P. & 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), Santiago de Chile: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- European Parliament (2016). Industry 4.0. Bruselas, Bélgica: European Parliament's Committee on Industry, Research and Energy (ITRE). Policy Department A: Economic and Scientific Policy. Disponible en: <https://>

- [www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/570007/IPOL_STU\(2016\)570007_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/570007/IPOL_STU(2016)570007_EN.pdf)
- Freeman, C. (1995). The 'national system of innovation' in historical perspective. *Cambridge Journal of Economics*, 19, 5-24. <https://doi.org/10.1093/oxford-journals.cje.a035309>
- García-García, G., Woolley, E. & Rahimifard, S. (2017). Optimising Industrial Food Waste Management. *Procedia Manufacturing*, 8, 432-439. doi:10.1016/j.promfg.2017.02.055
- Gereffi, G., Humphrey, J. & Sturgeon, T. (2005). The governance of global value chains. *Review of International Political Economy*, 12(1), 78-104. doi:10.1080/09692290500049805
- Ghezzi P., Hallak J. C., Stein E., Ordoñez R. & Salazar L. (2022). Competir en la agroindustria: Estrategias empresariales y políticas para los desafíos del siglo XXI. BID, Washington. Disponible en: <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Competir-en-la-agroindustria-Estrategias-empresariales-y-politicas-publicas-para-los-desafios-del-siglo-XXI.pdf>
- Kaplinsky, R. & Morris, M. (2001). A Handbook for Value Chain Research. Institute of Development Studies, University of Sussex, Brighton, UK. Disponible en: http://asiandrivers.open.ac.uk/documents/Value_chain_Handbook_RKMM_Nov_2001.pdf
- Lachman, J., Tacsir, E. & Pereyra, M. (2022). Public-private cooperation and the provision of public goods for lemons and citrus exports from Argentina and Uruguay, *Journal of Agribusiness in Developing and Emerging Economies*, Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print. <https://doi.org/10.1108/JADEE-11-2021-0274>
- Lall, S. (1992). Technological capabilities and industrialization. *World Development*, 20(2), 165-186. doi:10.1016/0305-750x(92)90097-f
- Lundvall B. (1992). *National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*. Frances Pinter, London.
- McKinsey (2017). La reinención digital: una oportunidad para España. COTEC/McKinsey. disponible en: <https://cotec.es/proyecto/reinencion-digital-una-oportunidad-para-espaa/2d3cae47-db79-4340-a277-7256d6261c53>
- Motta, J., Moreno, H. & Ascúa, R. (2019). Industria 4.0 en mipymes manufactureras de la Argentina. Documentos de Proyectos (LC/TS.2019/93). Santiago de Chile: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Navarro, J. C. (2018). El imperativo de la transformación digital. Una agenda del BID para la ciencia y la innovación empresarial en la nueva revolución industrial. Banco Interamericano de Desarrollo. Disponible en: <https://publications.iadb.org/publications/spanish/viewer/El-imperativo-de-la-trans>

- formaci%C3%B3n-digital-Una-agenda-del-BID-para-la-ciencia-y-la-innovaci%C3%B3n-empresarial-en-la-nueva-revoluci%C3%B3n-industrial.pdf
- Nelson, R. (1993). *National Innovation Systems: A Comparative Analysis*. Oxford: Oxford University Press.
- Reischauer, G. (2018). Industry 4.0 as Policy-Driven Discourse to Institutionalize Innovation Systems in Manufacturing. *Technological Forecasting and Social Change*, 132, 26-33. doi: 10.1016/J.TECHFORE.2018.02.012.
- Saetta, S. & Caldarelli, V. (2020). How to increase the sustainability of the agri-food supply chain through innovations in 4.0 perspective: a first case study analysis. *Procedia Manufacturing*, 42, 333-336. doi: 10.1016/j.promfg.2020.02.083
- Schwab, K. (2016). La cuarta revolución industrial. Debate, México. Disponible en: <https://economiapoliticafeunam.files.wordpress.com/2020/05/klaus-schwab-la-4c2b0-rev.-industrial-2.pdf>
- Strange, R. & Zucchella, A. (2017). Industry 4.0, Global Value Chains and International Business. *Multinational Business Review*, 25(3), 174-184. doi:10.1108/MBR-05-2017-0028.
- Stubrin, L. I., Marin, A., Yeyati Preiss, L. & Palacín Roitberg, R. (2022). How to successfully compete in modern export fruit markets? Lessons from a leading export producer in Argentina, *Journal of Agribusiness in Developing and Emerging Economies*, Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print. <https://doi.org/10.1108/JADEE-11-2021-0298>
- Szalavetz, A. (2018). Industry 4.0 and Capability Development in Manufacturing Subsidiaries. *Technological Forecasting and Social Change*, 145, 384-395. doi: 10.1016/J.TECHFORE.2018.06.027
- Pavitt, K. (1984). Sectoral patterns of technical change: Towards a taxonomy and a theory. *Research Policy*, 13(6), 343-373. doi: 10.1016/0048-7333(84)90018-0
- Peerallya, J., Santiago, F., De Fuentes, C. & Moghavvemi, S. (2022). Towards a firm-level technological capability framework to endorse and actualize the Fourth Industrial Revolution in developing countries. *Research Policy*, 51(10). <https://doi.org/10.1016/j.respol.2022.104563>
- Peirano, F. (2013). El complejo productivo de bienes de capital. En Stumpo, G. y D. Rivas (comps.), *La industria argentina frente a los nuevos desafíos y oportunidades del siglo XXI (LC/L.3637)*, Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), mayo.
- Periano F., Carregal C. & Periano M. Alejandro (2017). El complejo productivo de bienes de capital: entre el carácter estratégico, la expansión y los límites estructurales. En Abeles M., Cimoli M. y Lavarello P. “Manufactura y cam-

- bio estructural. Aportes para pensar la política industrial en Argentina”, CEPAL.
- Pérez González, D., Solana-González, P. & Trigueros Preciado, S. (2018). Economía del dato y transformación digital en pymes industriales: retos y oportunidades. *Revista de Economía Industrial*, (409), 37-45.
- Pietrobelli, C. & Rabellotti, R. (2011). Global Value Chains Meet Innovation Systems: Are There Learning Opportunities for Developing Countries? *World Development*, 39(7), 1261-1269. DOI: 10.1016/j.worlddev.2010.05.01
- Tedesco, L. F. (2008). La contribución de la agroindustria a la estrategia de desarrollo económico. Un análisis de sus eslabonamientos y multiplicadores. *Estudios económicos*, 25(50), 75-114. <https://doi.org/10.52292/j.estu-decon.2008.805>
- Zhao, G., Liu, S., Lopez, C., Lu, H., Elgueta, S., Chen, H. & Boshkoska, B. M. (2019). Blockchain technology in agri-food value chain management: A synthesis of applications, challenges and future research directions. *Computers in Industry*, 109, 83-99. DOI: 10.1016/j.compind.2019.04.002

© 2024 por los autores; licencia no exclusiva otorgada a la revista Estudios económicos. Este artículo es de acceso abierto y distribuido bajo los términos y condiciones de una licencia Atribución-No Comercial 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0) de Creative Commons. Para ver una copia de esta licencia, visite <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>