

Características del proceso de difusión y adopción de tecnologías estratégicas de la Industria 4.0 en el sector industrial de la Provincia de Buenos Aires (Argentina)

Autores: Carattoli, Mariela*; Hoyos Maldonado, Daniel

Contacto: *mariela.carattoli@econ.unicen.edu.ar

País: Argentina

Resumen

El artículo presenta resultados de una investigación exploratoria, realizada entre 2021 y 2022, sobre 55 empresas industriales de la Provincia de Buenos Aires (Argentina), cuyo objetivo es analizar las características que adopta el proceso de difusión y adopción de tecnologías 4.0 en el sector industrial bonaerense. Según datos de ONUDI (2021), en Latinoamérica, sólo 1.2% de las empresas industriales emplean tecnologías 4.0. En Argentina, la medida de adopción es algo superior (3.0%), pero no obstante, la tecnología preponderante corresponde a la generación tecnológica 2.0. En particular dentro de la Provincia de Buenos Aires (que representa alrededor de un tercio del PIB de Argentina), una característica central del sector industrial es la elevada heterogeneidad, - en términos de escala productiva y de capacidades tecnológicas de las firmas así como a nivel intersectorial e intrasectorial - asociada a una mayoría de firmas que realiza nulos o escasos esfuerzos en I+D y una minoría situada en la frontera tecnológica. Esto tiene su correlato con los desiguales grados de penetración de las tecnologías 4.0 en la industria bonaerense. Los resultados muestran que 60% de las empresas encuestadas no conoce o conoce sólo superficialmente el concepto de Industria 4.0 y entre quienes lo conocen, sólo 38% tiene una estrategia digital en marcha. La principal acción desarrollada por las empresas es la inversión en capital fijo y los obstáculos fundamentales para implementar estrategias vinculadas a Industria 4.0, incluyen 1) falta de financiamiento; 2) carencia de recursos humanos calificados y 3) dificultades para la integración tecnológica con los procesos y tecnologías preexistentes. Finalmente, el 53% de las empresas no establece ningún vínculo con Universidades o Centros de I+D. Concluimos que en términos de trayectoria tecnológica, las tecnologías asociadas a la industria 4.0 en la Provincia de Buenos Aires, todavía se ubican en la fase inicial de la curva de adopción.

Palabras clave: Industria 4.0; Buenos Aires; transformación digital; tecnología.

1. Introducción

El concepto de Industria 4.0 se mencionó por primera vez en 2011 en Alemania, en el marco del desarrollo de un nuevo concepto de política económica, basada en estrategias de promoción de industrias de alta tecnología (Basco, Beliz, Coatz y Garnero, 2018).

Aunque a partir de allí se han elaborado múltiples definiciones sobre Industria 4.0, se puede decir que se trata de un proceso de transformación a partir de nuevas tecnologías con foco digital, que tienen el potencial de crear procesos productivos totalmente integrados y automatizados, permitiendo que diferentes sistemas interactúen, analizando grandes volúmenes de datos en tiempo real, para optimizar la producción, predecir fallas e integrar las cadenas de suministros (Basco et al., 2018; Fernandez Franco et al., 2022).

La implementación de estas tecnologías, entre las que se encuentran Inteligencia Artificial, Robótica, Big Data, Realidad Virtual e Internet de las cosas, está generando grandes transformaciones productivas, asociadas a la necesidad de satisfacer demandas personalizadas y de ciclo corto, generar economías de

escala y alcance en forma simultánea y lograr la generación, circulación y control de la información y el conocimiento en las cadenas globales de valor, con impactos significativos sobre la productividad (Yoguel et al., 2021).

En este marco, el trabajo se propone explorar, a partir de una investigación de tipo exploratoria, la situación en relación a la adopción de un conjunto de tecnologías estratégicas de la Industria 4.0, en el contexto específico del sector industrial de la Provincia de Buenos Aires (PBA), Argentina. Avanzar en el entendimiento de este tema es de particular importancia, ya que la PBA tiene un enorme potencial para generar procesos de transformación social y productiva con impacto a nivel nacional, dado que representa alrededor de un tercio del PIB de Argentina, 48% del valor agregado industrial (promedio de los últimos 5 años) y 45% de empresas industriales del país, además de concentrar 40% de la población total del país.

Luego de esta Introducción, se plantea la Metodología con la que fue realizada la investigación, algunos aspectos conceptuales relevantes para la interpretación de resultados, agrupados en la sección de Desarrollo, los Resultados obtenidos y las Conclusiones que se derivan de éstos hallazgos.

2. Metodología

Para avanzar en el cumplimiento de nuestro propósito general, de explorar la situación en relación a la adopción de un conjunto de tecnologías estratégicas de la Industria 4.0 en el contexto específico del sector industrial de la Provincia de Buenos Aires (PBA), se utilizó un enfoque de investigación exploratorio. El objetivo principal de la investigación exploratoria es generar nuevas ideas y conocimientos, y desarrollar una comprensión preliminar del tema de investigación. A menudo se utiliza en situaciones en las que, como en este caso, se sabe poco sobre un fenómeno en particular y se espera poder avanzar en identificar nuevas áreas de investigación, refinar las preguntas de investigación y guiar el desarrollo de estudios de investigación más enfocados sobre el tema en el futuro (Swedberg, 2020).

Para la recopilación de datos desarrollamos un cuestionario ad-hoc que fue administrado en forma online. Se utilizó para esto la base de datos SICYTAR (<https://sicytar.mincyt.gob.ar/buscar/#/>) para identificar empresas industriales que recibieron financiamiento para proyectos de modernización tecnológica entre 2009 y 2017 en Provincia de Buenos Aires (Argentina). Se completó la información de contacto de estas empresas a partir de búsquedas específicas en las páginas web de las empresas identificadas. Adicionalmente, la Asociación de Industriales Metalúrgicos de la República Argentina (ADIMRA), que reúne un abanico muy amplio de sectores industriales vinculados a la cadena de valor metalmeccánica, colaboró con el proyecto, enviando el cuestionario a sus asociados de forma directa y/o a través de las distintas Cámaras Regionales y Sectoriales que componen esta institución en la PBA, quienes también colaboraron activamente en la difusión del instrumento. Un total de 55 empresas industriales bonaerenses respondieron el cuestionario. La Tabla 1 indica la distribución geográfica de estas 55 empresas dentro del territorio bonaerense.

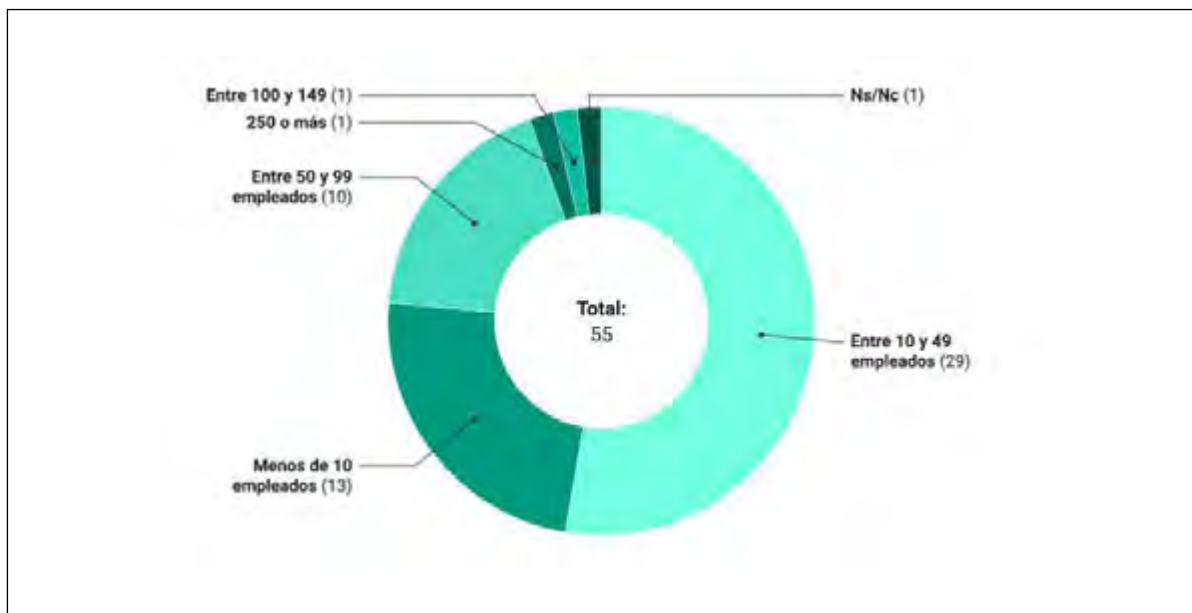
TABLA 1. Ubicación geográfica de las empresas encuestadas

Ciudad	Cant.	Ciudad	Cant.	Ciudad	Cant.	Ciudad	Cant.
25 de Mayo	1	Carlos Casares	1	Mar del Plata	5	Tandil	7
9 de Julio	4	Carmen de Areco	2	Moreno	1	Tres Arroyos	1
Arrecifes	1	Chivilcoy	2	Olavarría	1	Tres Arroyos	1
Arribeños	1	Colón	3	Pedro Luro	1	Victoria	1
Bahía Blanca	2	Ferré	2	Pinamar	1	Villa Lynch	1
Balcarce	1	Gral. San Martín	1	Ramallo	1	Villa Martelli	1
Bolívar	1	Ituzaingó	1	Rauch	1	Cañuelas	1
Bragado	1	La Plata	1	Rojas	2	Luján	1
Brandsen	1	Lincoln	1	San Andrés	1		

Fuente: Elaboración propia.

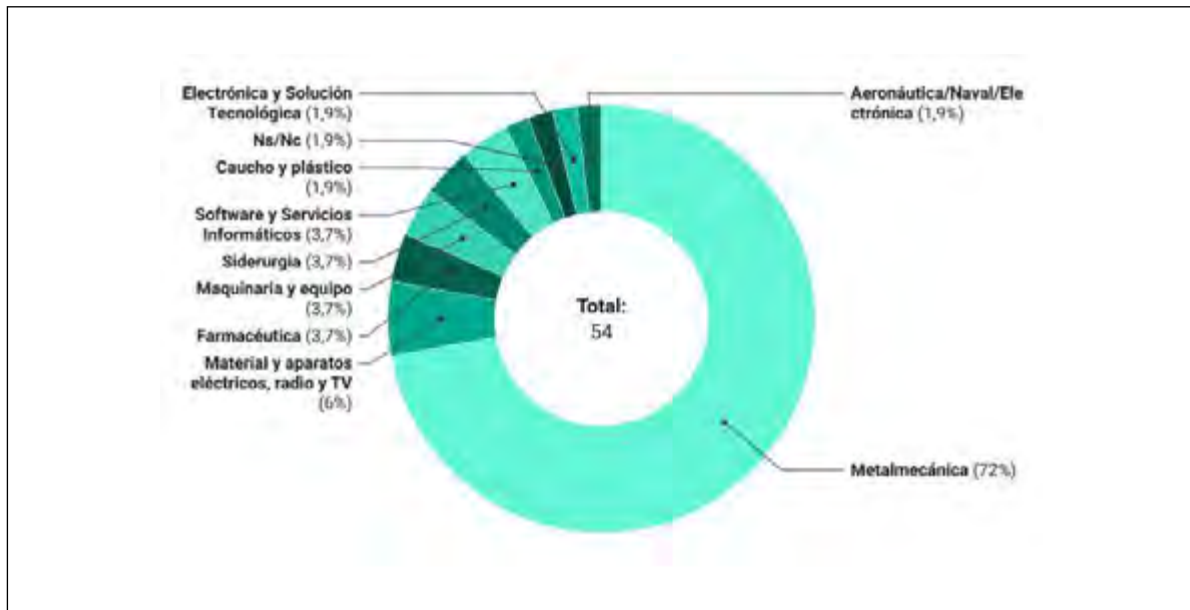
En el Gráfico 1 y 2 se identifica el sector de actividad y el tamaño de las empresas que respondieron el cuestionario respectivamente.

GRÁFICO 1. Sector de actividad



Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICO 2. Tamaño de las empresas encuestadas



Fuente: Elaboración propia.

3. Desarrollo

3.1. Características destacadas del sector industrial de la Provincia de Buenos Aires

Una característica central del sector industrial bonaerense, que también se reproduce a nivel nacional, es la elevada heterogeneidad, tanto en términos de escala productiva como de capacidades tecnológicas de las firmas, que se observa tanto a nivel inter sectorial como al interior de cada sector (intra sectorial), asociada a una mayoría de firmas que realiza nulos o escasos esfuerzos en materia de innovación y desarrollo y una minoría que se sitúa en la frontera internacional (Bartis, 2020; Keogan, Calá y Belmartino, 2020). Así, el desafío es que mientras un pequeño número de empresas con altos niveles de productividad y buen perfil techno-productivo, se insertan competitivamente en cadenas mundiales de valor, la mayor parte de las empresas, en general Pymes, cuentan con niveles relativamente bajos de productividad y capacidad de absorción del conocimiento generado en el sistema científico-tecnológico y una dinámica innovadora que depende en gran medida de los proveedores de bienes y equipos ubicados en países desarrollados (Anlló y Peirano, 2005; Llisterri y Pietrobelli, 2011).

En PBA, la participación privada en la financiación de actividades de I+D es de 34%. Este indicador aun cuando se ubica por encima del promedio nacional de financiación privada de I+D, continúa siendo bajo, comparado con las ratios internacionales (aún los de los países de la región). En especial, la producción industrial, demuestra debilidades no sólo en la inversión en I+D que realiza, sino también en diseño e ingeniería de procesos y productos. La mayor parte de los esfuerzos innovativos de las firmas, con excepción de algunos casos exitosos en sectores específicos (como biotecnología, industria intensiva en diseño, etc.) están orientados a la compra de tecnologías incorporadas en maquinaria y equipos, con niveles bajos de innovación de procesos y productos (Bernat, 2020; Anlló y Peirano, 2005). Esto por supuesto tiene su correlato con los desiguales grados de penetración de las tecnologías asociadas a la industria 4.0 en la industria bonaerense.

3.2. Desafíos en relación con las posibilidades de adopción de tecnologías 4.0

La información secundaria relacionada con el grado de madurez tecnológica de las empresas industriales que operan específicamente en PBA, para enfrentar los desafíos que supone la transformación digital hacia un modelo de industria 4.0, es muy escasa. Algunos trabajos previos han analizado la situación a nivel nacional. La mayor parte de estos informes coinciden en señalar que la penetración del modelo de industria 4.0 es aún limitada en Argentina y su adopción entre las empresas es muy heterogénea y parcial (Albrieu *et al.*, 2019; Fernandez Franco *et al.*, 2022). De acuerdo a Albrieu *et al.* (2019), casi la mitad de las firmas encuestadas se caracteriza por poseer tecnologías de primera y segunda generación y por no estar llevando a cabo acciones para avanzar hacia el modelo de industria 4.0; 45% de las firmas poseen tecnologías intermedias y se muestran dinámicas en términos de desarrollar acciones que las acerquen al modelo de industria 4.0 y sólo un 6% de las firmas industriales posee tecnologías de última generación en alguna área funcional, y están tomando acciones para acercarse al modelo de industria 4.0. También destaca que aunque las empresas encuestadas confían que en la próxima década podrán cerrar la brecha que las separa de la frontera tecnológica, lo cierto es que en promedio, se encuentran lejos de alcanzar este objetivo y muchas no están tomando ni siquiera acciones concretas para alcanzarlo. Otro trabajo realizado por Boston Consulting Group en 2018, coincide con estos resultados, señalando que aunque existe interés por parte de los empresarios argentinos por adoptar tecnologías de la industria 4.0, solo 30% de las empresas encuestadas está dispuesta a invertir en ellas, evidenciando un gap entre la teoría y la práctica, entre la intención de acelerar los procesos de digitalización internos y la falta de una estrategia clara para hacerlo.

En términos específicos para la PBA, Bartis (2020) señala que, aunque la mayoría de las empresas aceptan la importancia de las tecnologías digitales, son muy pocas las que reconocen de forma clara el potencial que supone la adopción integral de las diversas tecnologías 4.0 y los riesgos asociados a no hacerlo. En especial cuando se indaga acerca de la gestión y el control de los procesos productivos, casi el 50% de las empresas considera que la potencialidad de las soluciones digitales para mejorar el área de producción de la organización es nula o escasa.

Estos datos son alarmantes si tenemos en cuenta que los mayores aportes de innovación a nivel país se concentran en las provincias centrales, incluyendo PBA, que aglutina aproximadamente el 40% de la población del país, más de un tercio del producto bruto interno nacional, el 48% del valor agregado industrial del país y el 45% de empresas industriales del país, y que por lo tanto adquiere una gran singularidad y un enorme potencial para generar procesos de transformación social y productiva con impacto a nivel nacional.

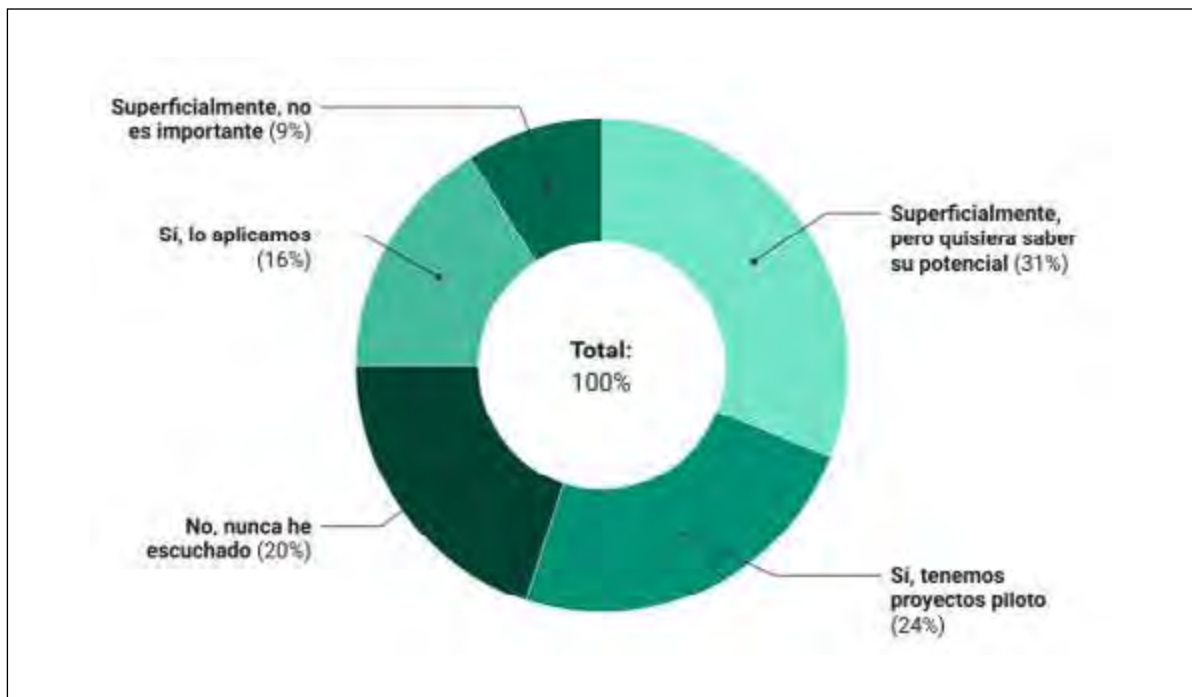
4. Resultados, discusión y análisis

Para enriquecer la información secundaria disponible, realizamos un relevamiento sobre 55 empresas industriales bonaerenses, a fin de obtener una visión exploratoria acerca de la realidad del sector industrial bonaerense en torno al proceso de difusión y adopción de tecnologías específicas de la industria 4.0. Aunque no es posible a partir de la metodología empleada, sacar conclusiones concluyentes acerca del estado de situación de la industria bonaerense en su conjunto, a continuación se muestran los principales resultados obtenidos de este relevamiento.

4.1. Grado de conocimiento del concepto Industria 4.0

En primer lugar, indagamos acerca del grado de conocimiento que tienen las empresas industriales consultadas, con relación al concepto de industria 4.0. De las respuestas obtenidas se desprende que las empresas industriales consultadas de la PBA, tienen un nivel bajo de conocimiento de la Industria 4.0. De hecho, como muestra el Gráfico 3, 60% manifiestan tener un nivel nulo o superficial de conocimiento acerca del concepto de Industria 4.0. Dentro de este 60%, 20% desconoce totalmente el concepto o nunca ha escuchado nada al respecto, 9% conoce superficialmente el concepto, pero considera que es irrelevante para su organización, mientras 31%, aunque conoce superficialmente el concepto de Industria 4.0, está interesado en saber el potencial que ésta tiene para su empresa. Por su parte, del 36% de las empresas consultadas que conoce el concepto de Industria 4.0, 20% tiene algún tipo de proyecto piloto en curso y 16% está aplicando las tecnologías de la Industria 4.0 en su organización.

GRÁFICO 3. Grado de conocimiento acerca de Industria 4.0

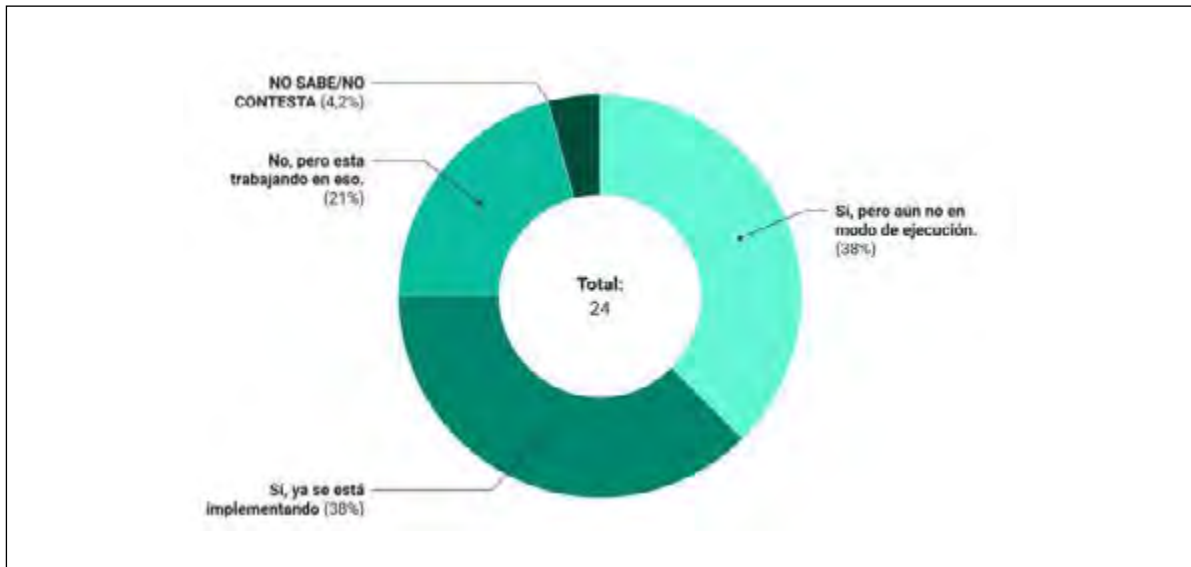


Fuente: Elaboración propia.

4.2. Estrategia de transformación digital

Con relación a la existencia de una estrategia de digitalización en las empresas, como vemos en el Gráfico 4, 76% mencionan contar con una estrategia de digitalización. La mitad de estas empresas (38%) se encuentran en etapas de implementación de sus estrategias digitales y la otra mitad se encuentra en etapa de formulación. Sólo 21% de las empresas encuestadas indican no contar con ninguna estrategia de digitalización, aunque todas mencionan estar trabajando en su desarrollo.

GRÁFICO 4. Estrategia de transformación digital

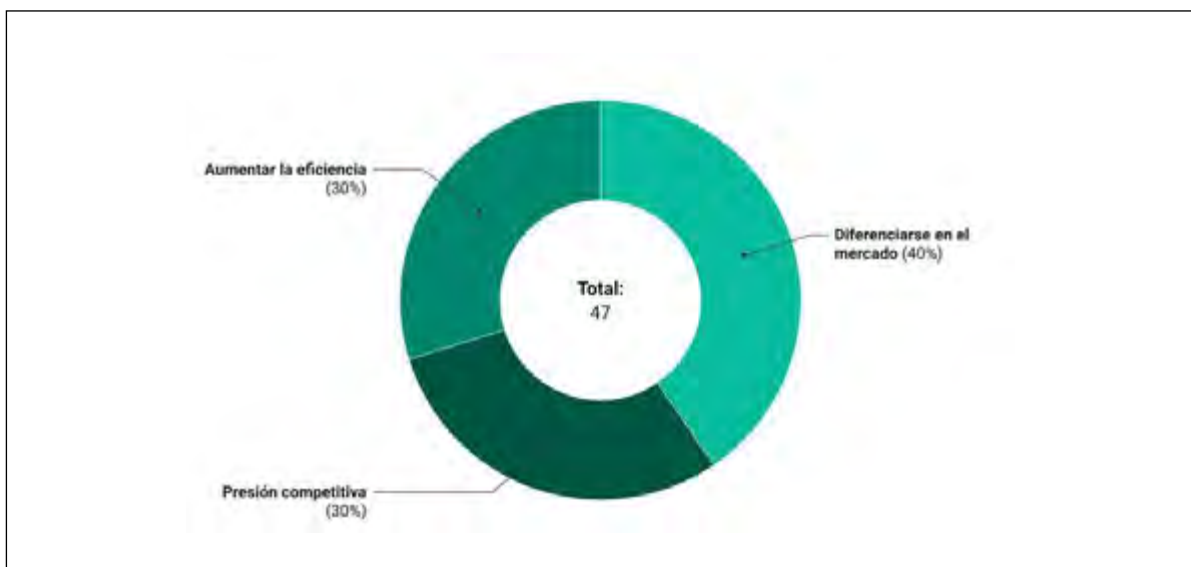


Fuente: Elaboración propia.

4.3. Motivación de las empresas para incorporar tecnologías de la industria 4.0

Respecto de las razones que impulsan a las empresas bonaerenses consultadas a iniciar procesos de transformación digital e incorporar tecnologías de la industria 4.0, como muestra el Gráfico 5, encontramos que 40% lo hace para diferenciarse en el mercado, 30% en respuesta a presiones competitivas de sus principales competidores y 30% para mejorar la eficiencia interna. Ninguna de las empresas encuestadas consideró incorporar tecnologías de la industria 4.0 como consecuencia de un requerimiento de sus proveedores, pudiendo esto estar indicando la débil integración de estas Pymes en el marco de Cadenas Globales de Valor que promuevan procesos de *upgrading*.

GRÁFICO 5. Motivaciones detrás de la incorporación de tecnologías de la Industria 4.0

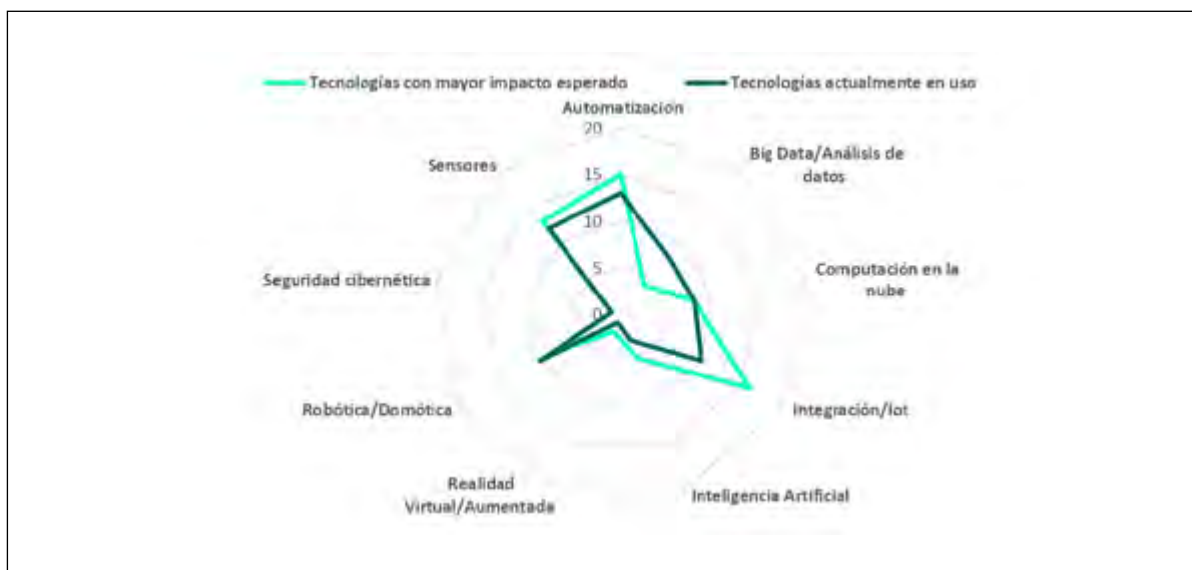


Fuente: Elaboración propia.

4.4. Tecnologías habilitadoras con mayor potencial y en uso

También se indagó acerca de las tecnologías habilitadoras de la Industria 4.0, que las empresas visualizan con mayor potencial de impacto sobre su competitividad de mediano/largo plazo y acerca de las tecnologías de la Industria 4.0, que las empresas ya han comenzado a incorporar en la actualidad. Los resultados, que se muestran en el Gráfico 6, indican que los sistemas de automatización, internet de las cosas (IoT), el uso de sensores y la robotización son tanto las tecnologías consideradas con mayor potencial de impacto en el sector, como las que tienen mayor grado de adopción en la actualidad. Son por tanto menos valoradas tecnologías como inteligencia artificial (IA), big data, computación en la nube y realidad virtual/aumentada.

GRÁFICO 6. Tecnologías de la Industria 4.0 con mayor impacto esperado y en uso

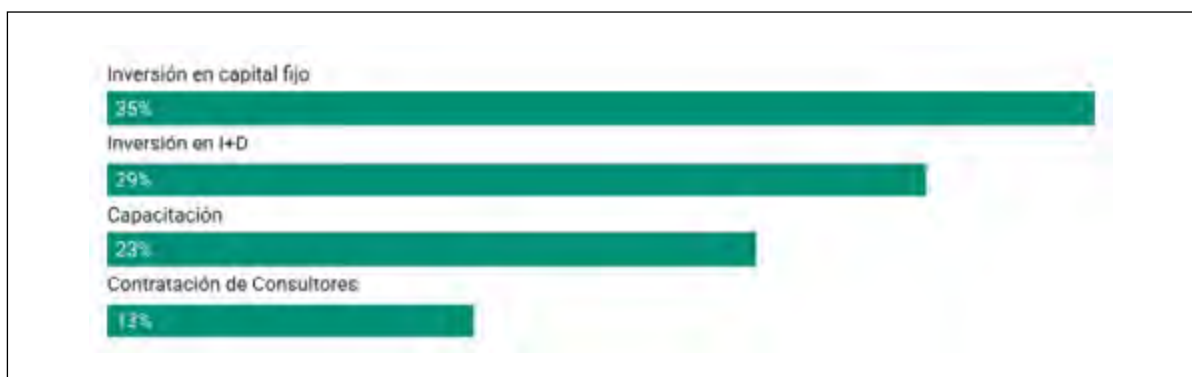


Fuente: Elaboración propia.

4.5. Principales acciones realizadas

Con relación al tipo de acciones que han realizado las empresas encuestadas, en pos de avanzar en sus procesos de transformación digital, se evidencia claramente que han priorizado la inversión en capital fijo, aunque muchas también indican realizar esfuerzos propios de I+D y capacitación (Gráfico 7).

Gráfico 7. Acciones desarrolladas

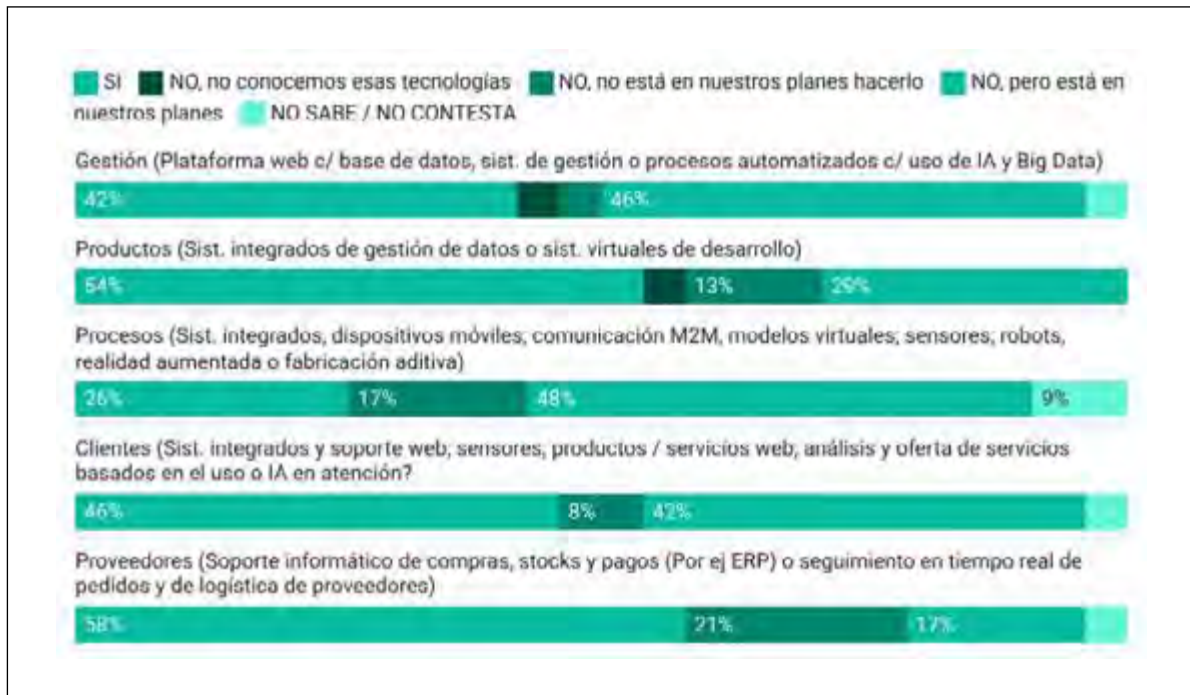


Fuente: Elaboración propia.

4.6. Incorporación de tecnologías específicas de la industria 4.0 en procesos claves

También se indagó acerca del tipo de tecnologías específicas que utilizan las empresas en distintos procesos de su negocio (Gráfico 8), tales como: a) la gestión integral de la empresa; b) el desarrollo de productos; c) la gestión del proceso productivo; d) la gestión de la relación con sus clientes; y e) la gestión de la relación con proveedores.

GRÁFICO 8. Uso de tecnologías específicas en distintos procesos



Fuente: Elaboración propia.

En relación con la *gestión integral del negocio* consultamos si utilizaban actualmente alguna de las siguientes herramientas: a) Plataforma web con bases de datos (Ej. ERPs avanzados, data warehouse y business intelligence); b) Sistemas de gestión empresarial en plataforma web o c) procesos de negocio automatizados con apoyo de IA y Big Data.

Los resultados muestran que 42% de las empresas consultadas utiliza alguna de estas tecnologías en la gestión de su negocio. Del 56% que no utiliza ninguna de estas tecnologías, 46% no las utiliza, pero tiene planificado incorporarlas, 4% no conoce estas tecnologías, 4% no las utiliza y no tiene planificado incorporarlas y 4% no contesta la pregunta.

En relación con el *proceso de desarrollo de nuevos productos* preguntamos si utilizaban algunas de las siguientes tecnologías: a) sistemas integrados de gestión de datos del producto (Ej.: PDM - Product Data Management, PLM - Product Lifecycle Management, Prototipado rápido), o b) sistemas virtuales de desarrollo (Ej.: Realidad Virtual, Simulación).

Encontramos que 54% de las empresas consultadas utiliza alguna de estas tecnologías para el desarrollo de nuevos productos/servicios. Del 46% que no utiliza ninguna de estas tecnologías, 29% no las utiliza, pero tiene planificado incorporarlas, 4% no conoce estas tecnologías y 13% no las utiliza y no tiene planificado incorporarlas.

En cuanto a la *gestión de los procesos productivos*, consultamos si utilizaban algunas de las siguientes tecnologías: a) sistemas integrados de ejecución de procesos (Ej.: MES - Manufacturing Execution System; AGV - vehículos de guiado automático; código QR); b) dispositivos móviles en el control de producción; comunicación M2M (de máquina a máquina); c) modelos virtuales para los procesos (gemelos digitales); d) sensores con recopilación de datos y ajustes en tiempo real o e) Robots colaborativos; realidad aumentada o fabricación aditiva.

En este caso encontramos que sólo 26% de las empresas contaban con alguna de estas tecnologías en la gestión de sus procesos productivos. Del 74% que no utiliza ninguna de estas tecnologías, 48% tiene planificado incorporarlas en el futuro, 17% no tiene planificado incorporar estas tecnologías para la gestión de sus procesos productivos y 9% no sabe o no contesta la pregunta.

En relación con la *gestión de la relación con clientes/consumidores*, preguntamos a las empresas si utilizaban algunas de las siguientes tecnologías: a) sistemas integrados y soporte basado en internet (Ej.: CRM; soporte para las ventas con dispositivos móviles; integración con redes sociales; data analytics); b) sensores para la recolección de datos de productos/servicios; c) Productos/servicios conectados en Internet o d) análisis y oferta de servicios basados en el uso de IA en la atención.

En este caso encontramos que el 46% utiliza alguna de estas tecnologías en la gestión de la relación con sus clientes. Del 64% que no utiliza ninguna de estas tecnologías, el 42% tiene planificado incorporarlas en el futuro próximo, el 8% no piensa incorporar estas tecnologías y el 4% no sabe o no contesta la pregunta.

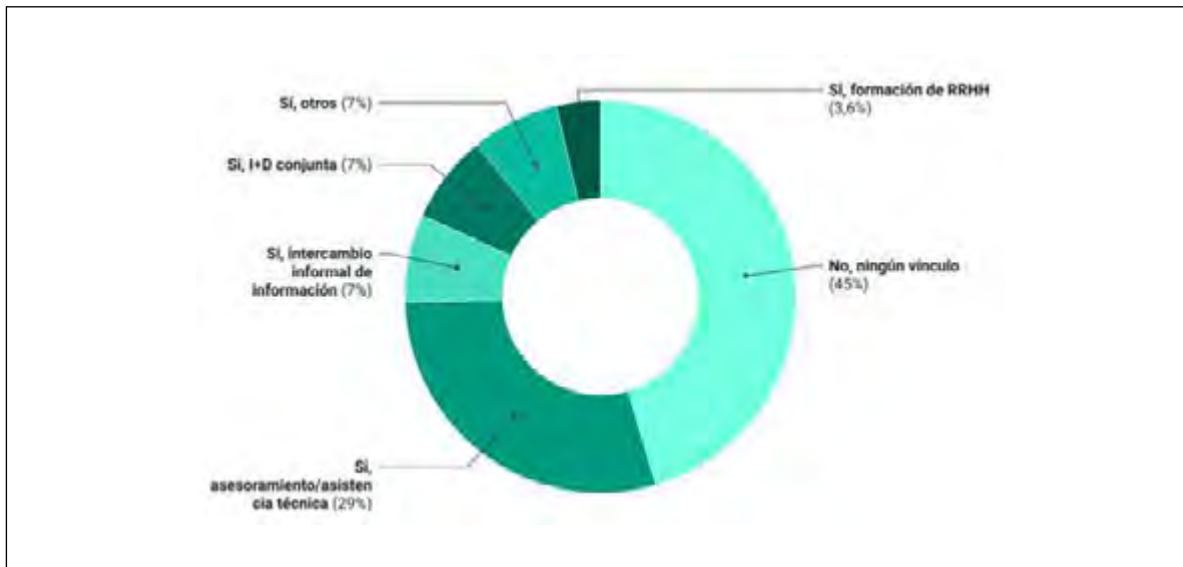
Finalmente, en la *gestión de la relación con proveedores*, consultamos a las empresas si utilizaban alguna de las siguientes tecnologías: a) soporte informático para los procesos de compra, stock y pagos (por ej., ERP) o b) seguimiento en tiempo real de pedidos y de la logística de proveedores.

Las respuestas indican que 58% utiliza estas tecnologías. Entre quienes no utilizan estas tecnologías (42%), 17% tienen pensado incorporarlas y 21% no. 4% no sabe o no contesta la pregunta.

4.7. Vinculación de las empresas con el Sistema de Ciencia y Tecnología

Como vemos en el Gráfico 9, 45% de las empresas consultadas indica no tener ningún tipo de vínculo con el Sistema Científico y Tecnológico (nacional o provincial). Entre quienes se vinculan con el SCyT, sólo 6% mencionan vinculaciones de mediano/largo plazo con fines de investigación y desarrollo conjunto. 29% se vinculan para recibir asesoramiento o asistencia técnica, 6% para intercambiar información de manera informal y 2% para formación y/o capacitación.

GRÁFICO 9. Vinculación con Universidades/Centros de Investigación y Desarrollo



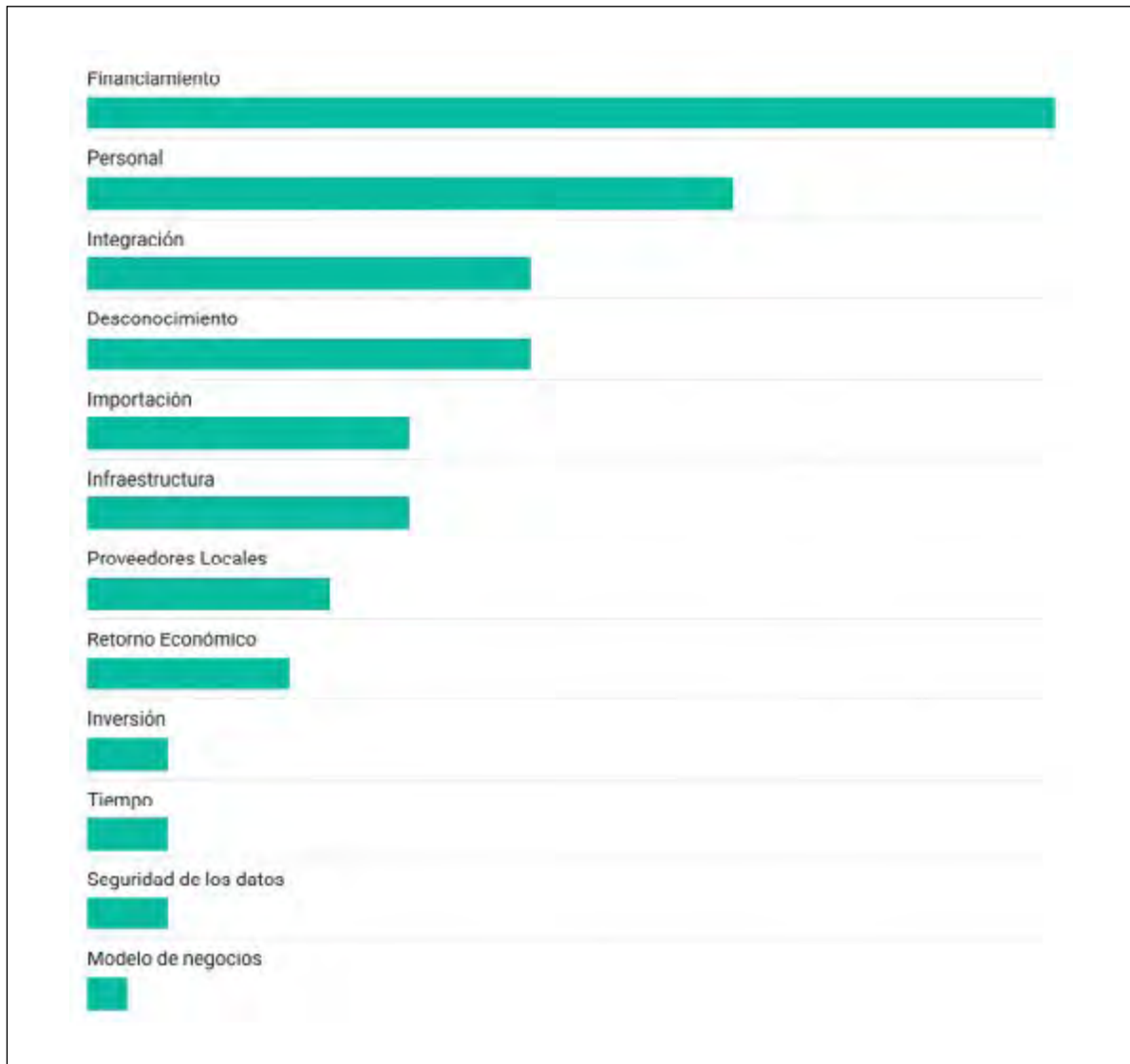
Fuente: Elaboración propia.

4.8. Desafíos en la adopción de tecnologías específicas de la industria 4.0

Trabajos previos identifican diversos desafíos que suponen los procesos de adopción de las tecnologías 4.0 en el contexto latinoamericano y nacional, incluyendo falta de personal calificado o más precisamente altos costos del personal calificado necesario, incertidumbre económica, resistencia al cambio y a la innovación, oferta limitada de proveedores locales de las nuevas tecnologías y precios elevados de algunas tecnologías (Motta et al., 2019; Fernández Franco et al., 2022)

En este caso consultamos a las empresas industriales de la PBA, acerca de cuáles son los principales desafíos, restricciones y obstáculos que encuentran a la hora de pensar en sus propios procesos de transformación hacia un modelo de Industria 4.0. Los resultados, que se muestran en el Gráfico 10, indican que la falta de financiamiento para la adquisición de tecnologías, la falta de personal calificado, la dificultad para integrar las nuevas tecnologías con la infraestructura y los procesos actuales de la empresa y el desconocimiento acerca de las tecnologías a incorporar, representan, para estas empresas, los principales problemas a superar.

GRÁFICO 10. Desafíos que enfrentan las empresas en la adopción de tecnologías 4.0



Fuente: Elaboración propia.

5. Conclusiones

En el presente documento se analiza, a partir de un estudio exploratorio, el estado de situación de un conjunto de tecnologías estratégicas de la industria 4.0 en el ámbito de la provincia de Buenos Aires. Una característica central del sector industrial bonaerense es la elevada heterogeneidad, inter e intra sectorial, en términos de escala productiva y de capacidades tecnológicas de las firmas, asociada a una mayoría de firmas que realiza nulos o escasos esfuerzos en I+D y una minoría situada en la frontera tecnológica. Esto tiene su correlato con los desiguales grados de penetración de las tecnologías 4.0 en la industria bonaerense.

Los resultados muestran que 60% de las empresas encuestadas no conoce o conoce sólo superficialmente el concepto de Industria 4.0 y entre quienes lo conocen, sólo 38% tiene una estrategia digital en marcha. La principal acción desarrollada por las empresas es la inversión en capital fijo. Los bajos niveles de adopción parecen estar asociados, fundamentalmente, al desconocimiento de las firmas sobre los alcances de estas tecnologías, la incertidumbre sobre su real impacto económico o la carencia de recursos

complementarios (humanos y financieros) necesarios para su puesta en marcha y operación, así como dificultades para la integración tecnológica con los procesos y tecnologías preexistentes.

Contar con acceso a financiamiento a largo plazo a tasas razonables resulta indispensable para planificar el camino hacia la transformación digital en el marco de una industria madura, con una alta proporción de pequeñas y medianas empresas que se encuentran muy lejos de la frontera tecnológica y que tienen que realizar grandes inversiones en máquinas y equipos, pero también en asistencia técnica y consultoría para redefinir procesos, productos e incluso modelos de negocio que en muchos casos aun responden al modelo de Industria 3.0 o incluso 2.0.

Existe también un importante déficit de talento en áreas específicas, especialmente en el campo de la tecnología informática, donde la demanda de talento supera ampliamente a la oferta, lo que ralentiza y limita el desarrollo de oportunidades vinculadas a la reconversión tecnológica de las empresas. En algunas especialidades profesionales necesarias para el desarrollo de la industria 4.0, las empresas locales compiten con las empresas internacionales por los recursos humanos, con claras desventajas de costos.

También se evidencia una clara dificultad para integrar las nuevas tecnologías con la infraestructura y los procesos actuales de las empresas, asociada a una percepción muy negativa por parte de las empresas en relación al costo y el tiempo que supondría migrar de los sistemas existentes en la empresa a los nuevos. En este sentido es importante tener presente que muchas empresas todavía no disponen de una buena gestión a nivel de procesos, ni de métricas de fabricación fiables y en tiempo real, ni mucho menos de funciones de trazabilidad. Todo esto dificulta el camino hacia la transformación digital, porque las empresas se encuentran en estadios de desarrollo en términos de su gestión interna, que están muy alejados de las necesidades que supone la incorporación de tecnologías de la industria 4.0.

También encontramos como un desafío importante para avanzar en la adopción de tecnologías de la industria 4.0, el desconocimiento de muchas empresas, en especial las Pymes, sobre el tipo de tecnologías a incorporar y el modo de utilizarlas en beneficio de la empresa. En este sentido la compra de tecnología no asegura su apropiación por parte de las empresas. Se requieren enormes esfuerzos de adaptación y aprendizaje organizacional, así como adecuaciones a nivel de gestión y de procesos, para alcanzar un uso óptimo de los equipos físicos incorporados. En relación a estos dos últimos desafíos (desconocimiento y dificultad para integrar) encontramos que es valorado el rol de los consultores integradores, que se ocupan específicamente de esta labor de adaptación de equipos a las condiciones de operación reales de las empresas, con capacidad de conectar a las Pymes con la tecnología necesaria y proponer metodologías que permitan la integración de los sistemas existentes con las nuevas tecnologías. El costo de estos servicios, que muchas veces demanda la conformación de equipos multidisciplinares, suele resultar muy costoso para las Pymes individuales y por lo tanto constituye una barrera para avanzar en los procesos de adopción de tecnologías de la industria 4.0.

Finalmente, encontramos que la articulación de las empresas encuestadas con el sistema científico tecnológico es muy baja y se limita a actividades de bajo contenido tecnológico, siendo un aspecto adicional a tener en cuenta a la hora de entender los desafíos que supone la adopción de tecnologías de la industria 4.0 en el territorio bonaerense.

Concluimos que respecto a la adopción de las tecnologías 4.0 a nivel industrial en el territorio bonaerense, los resultados exploratorios obtenidos, son consistentes con los de estudios previos en Argentina. En términos de trayectoria tecnológica, las tecnologías asociadas a la industria 4.0 en la PBA, todavía parecen ubicarse en la fase inicial de la curva de adopción, siendo posible identificar casos destacados de empresas,

en general grandes empresas o Pymes dinámicas con perfil exportador, que comienzan a adoptar tecnologías de la industria 4.0, pero sin que exista aún un proceso masivo o generalizado de adopción de estas tecnologías en la industria.

Referencias bibliográficas

- Albrieu, R., Basco, A. I., Brest López, C., De Azevedo, B., Peirano, F., Rapetti, M. y Vienni, G. (2019). *Travesía 4.0: hacia la transformación industrial argentina*.
- Anlló, G. y Peirano, F. (2005). *Una mirada a los sistemas nacionales de innovación en el Mercosur: análisis y reflexiones a partir de los casos de Argentina y Uruguay*. CEPAL.
- Bartis, G. H. (2020). Las tecnologías de la industria 4.0 en la provincia de Buenos Aires y algunas propuestas para promoverlas. *Propuestas para el Desarrollo*, (IV), 93-115.
- Basco, A. I., Beliz, G., Coatz, D. y Garnero, P. (2018). *Industria 4.0: fabricando el futuro* (Vol. 647). Inter-American Development Bank.
- Bernat, G. (2020). *Contenido tecnológico de las exportaciones argentinas: ¿Contiene más I+ D+ i un dólar de soja que un dólar de autos?* (No. 4312). Asociación Argentina de Economía Política.
- Feldman, P. y Girolimo, U. (2020). *La Industria 4.0 en perspectiva argentina: desafíos, obstáculos y escenarios posibles*. VII Simposio Argentino sobre Tecnología y Sociedad (STS 2020) - JAIIO 49 (Modalidad virtual).
- Franco, S. F., Graña, J. M., Rikap, C. y Robert, V. (2022). *Industria 4.0 como sistema tecnológico*.
- Horváth, D. y Szabó, R.Z. (2019) Driving forces and barriers of Industry 4.0: Do multinational and small and medium-sized companies have equal opportunities? *Technological Forecasting & Social Change*, 146, 119-132.
- Keogan, L., Calá, C. D. y Belmartino, A. (2020). Perfiles sectoriales de especialización productiva en las provincias argentinas: distribución intersectorial del empleo entre 1996 y 2014. *Regional and Sectoral Economic Studies*, 20(1), 59-80.
- Llisterri, J. J. y Pietrobelli, C. (2011). *Los sistemas regionales de innovación en América Latina*.
- Maisiri, W., Darwish, H. y Van Dyk, L. (2019). An investigation of industry 4.0 skills requirements. *South African Journal of Industrial Engineering*, 30(3), 90-105.
- Nieponice, G., Rivera, R., Tfelti, A. y Drewanz J. (2018). *Acelerando el desarrollo de Industria 4.0 en Argentina*. Boston Consulting Group.
- Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial – ONUDI (2021). *Informe sobre el Desarrollo Industrial 2022. El futuro de la industrialización en un mundo post –pandémico*. Versión española.
- Raj, A., Dwivedi, G., Sharma, A., de Sousa Jabbour, A. B. L. y Rajak, S. (2020). Barriers to the adoption of industry 4.0 technologies in the manufacturing sector: An inter-country comparative perspective. *International Journal of Production Economics*, 224, 107546.
- Siemens (2018). *Estudio de digitalización en Argentina*. <https://new.siemens.com/ar/es/compania/areas-te-maticas/digitalizacion.html>
- Swedberg, R. (2020). *Exploratory research. The production of knowledge: Enhancing progress in social science* (pp. 17-41).
- Yoguel, G., Chanders, V. y Mochi, S. (2021). *Innovación por coproducción en industria 4.0: un estudio de caso de inteligencia artificial aplicadas a imágenes médicas*. CIECTI. <http://www.ciecti.org.ar/wpcontent/uploads/2021/04/DT23- Vo5. pdf>