

La Industria 4.0 en perspectiva argentina: desafíos, obstáculos y escenarios posibles

Patricio Feldman y Ulises Girolimo

Programa de Investigaciones sobre la Sociedad de la Información, Instituto de Investigaciones Gino Germani, Facultad de Ciencias Sociales, Universidad de Buenos Aires - CONICET

patofeldman@gmail.com - ugirolimo@gmail.com

Resumen. El trabajo analiza las posibilidades de desarrollo de la Industria 4.0 (I4.0) en Argentina. Luego de considerar los factores internacionales, nacionales y estructurales/sistémicos que pueden operar como obstaculizadores, se proponen tres escenarios posibles sobre los que puede orientarse el desarrollo de la I4.0 en el país. A continuación, son articulados con distintos instrumentos de política pública que operan en cuatro niveles, y contribuyen a la concreción de dichos escenarios. Estos niveles son: a) macroeconómico, b) sectorial, c) sistema de ciencia, tecnología e innovación, y d) sistema nacional de innovación. El objetivo de este cruce es construir un mapa de opciones posibles para el desarrollo de la I4.0, a los fines de contar con un insumo que permita comprender a qué tipo de orientación estratégica aportan diferentes instrumentos de política pública. La propuesta se enmarca dentro de un debate teórico de carácter más amplio, sobre el cual el trabajo busca intervenir por medio de reflexionar sobre las características actuales del paradigma tecno-económico ligado a las TIC, y las posibilidades de desarrollo (o crecimiento de la dependencia estructural) que enfrentan países como Argentina en esta etapa del modo de desarrollo informacional.

Palabras Clave: Industria 4.0, Desarrollo Tecnológico, Políticas Públicas, Escenarios Prospectivos, Capitalismo Informacional.

Introducción

La siguiente ponencia forma parte del proyecto PICT 2018: “Tecnologías 4.0 para la Industria Argentina - Análisis y herramientas de I&D+i para la formulación de políticas y el desarrollo de la Industria 4.0”, que tiene como objetivo *construir el estado del arte de la investigación vinculada con la industria 4.0 en Argentina, en el periodo 2013-2020, y su vinculación con las Pequeñas y Medianas Empresas (PyMEs) industriales; y desarrollar instrumentos que permitan la formulación y optimización de las políticas públicas dirigidas a la investigación científico-tecnológica y su aplicación en sectores productivos relevantes.*

Este trabajo analiza las posibilidades de avance de la I4.0 en Argentina en términos de desafíos, obstáculos, escenarios posibles y políticas públicas necesarias para impulsar su desarrollo. Parte de considerar que la profundidad de las transformaciones producidas en los últimos años, como la creciente distinción entre países que realizan

actividades de creación de conocimiento y países que los reproducen [1], el desarrollo de nuevas habilidades requeridas en el mercado de trabajo, la disolución de los límites entre diferentes industrias facilitado por la convergencia de las tecnologías 4.0 [2], entre otros aspectos; justifica la necesidad de multiplicar los estudios sobre: a) los cambios socio-tecnológicos en curso, sus impactos económicos, políticos y sociales en países periféricos como Argentina; y b) las políticas públicas necesarias para impulsar una estrategia de desarrollo nacional en este contexto de evolución del paradigma tecno-económico actual [3] basado en las tecnologías informacionales.

La ponencia se divide en tres partes. En primer lugar, se aborda el debate conceptual respecto a la caracterización de la actual etapa del modo de desarrollo informacional [4], donde se intentan responder los siguientes interrogantes: ¿El proceso de desarrollo de la I4.0 configura una nueva revolución tecnológica o se trata de un cambio de trayectoria dentro del paradigma TIC aún vigente? ¿Qué características específicas presenta la segunda oleada del informacionalismo en curso?

Luego, se analizan los principales factores que obstaculizan el desarrollo de la I4.0 en Argentina, considerando elementos ligados al contexto internacional, nacional y al plano estructural-sistémico.

Por último, a pesar de las dificultades para analizar políticas públicas de promoción de la I4.0 en Argentina debido a lo incipiente del fenómeno, se incluye un análisis de escenarios futuros a partir de la construcción de un mapa de opciones posibles, sobre la base de la consideración de variables que condicionan su evolución, e instrumentos de política pública que inciden en la definición de un escenario u otro.

La segunda oleada informacional: ¿Revolución tecnológica o evolución del paradigma TIC vigente?

2.1 Del origen del informacionalismo a la irrupción de una nueva oleada informacional

La discusión respecto a considerar la etapa actual de desarrollo tecnológico como una nueva “revolución tecnológica” o un “cambio de trayectoria” dentro del paradigma tecno-económico vigente desde el último cuarto del siglo XX, conduce a un debate más amplio respecto al modo de desarrollo alcanzado en la actual etapa capitalista, caracterizada por Castells [5] como informacional. El eje del debate consiste en determinar si las transformaciones tecnológicas acontecidas en la última década habilitan a dejar atrás las especificidades del informacionalismo o implican algún tipo de transformación al interior del mismo. Dicho de otro modo: ¿en qué medida estas transformaciones modifican al informacionalismo?

Desde la óptica de Castells [5] -quien recupera los trabajos de autores *neoschumpeterianos* como Dosi, Freeman y Pérez- es necesario analizar de forma articulada, dos procesos convergentes que se produjeron en el último cuarto del siglo XX: la reestructuración económica acontecida luego de la crisis de mediados de los setenta y la revolución TIC que las transforma en materias primas, productos y procesos que ejercen consecuencias sobre los modos en los que produce, consume y se organiza la socie-

dad. Estos dos procesos posibilitaron el surgimiento de un nuevo modo de desarrollo, el informacional, que terminó de conformarse globalmente a comienzos del siglo XXI [6] [5] [4].

Cada modo de desarrollo es definido por el elemento fundamental que determina la productividad: en el agrario, el excedente se incrementa por medio de aumentar cuantitativamente el factor trabajo y capital; en el industrial, lo determinante son las nuevas fuentes de energía; en el informacional, la fuente de productividad está dada por la calidad del conocimiento y la información, que se transforman simultáneamente en materia prima y en producto [6]. El informacionalismo se caracteriza por una amplia utilización de información digital y tecnologías de comunicación basadas en microelectrónica, que permiten la difusión de formas de organización en red en los distintos dominios de la vida económica y social, e introducen flexibilidad y eficiencia a los procesos de gestión, producción, distribución e intercambio [4].

¿El desarrollo de las industrias 4.0, que para algunos autores conlleva al inicio de una nueva revolución industrial, implica una ruptura o una redefinición del paradigma vigente hasta el momento, centrado en las TIC? La respuesta no es sencilla y debido a lo reciente del uso convergente de las tecnologías 4.0, es probable que haya que esperar algunos años para poder tener una respuesta definitiva. Sin embargo, a partir del recorrido que se realiza en la sección siguiente se considera que si bien es posible identificar una nueva oleada informacional, que en ciertos casos profundiza y en otros redefine las tendencias iniciadas en el último cuarto del siglo XX, ésta no parece haber modificado los cimientos del informacionalismo. En otras palabras, los factores clave de producción continúan siendo los elementos de la microelectrónica y las tecnologías digitales que hacen posible el uso intensivo de la información a escala global [3], y -más allá de la incorporación de nuevos insumos clave como los robots o sensores- la novedad de la I4.0 consiste en la integración y convergencia de las tecnologías que la conforman [7].

En el Cuadro 1 se introducen las principales características de lo que podría denominarse *oleadas del desarrollo informacional*. El término oleada hace referencia a un proceso de irrupción y desarrollo de tecnologías específicas bajo la forma de innovaciones incrementales, que si bien producen cambios a nivel tecnológico, económico, social, político y cultural con impactos significativos en el sistema productivo mundial, no derrumban los cimientos del paradigma vigente.

	PRIMERA OLEADA	SEGUNDA OLEADA
Constelación de tecnologías	Microprocesador Computadora Fibra óptica Internet Biotecnología Nanotecnología Software	Sistemas integrados Inteligencia Artificial Robots autónomos <i>Cloud Computing</i> Internet de las Cosas Big Data Realidad virtual y aumentada Impresión 3D

Países dominantes	Estados Unidos Japón Corea del Sur	Estados Unidos Alemania China
Surgimiento	Último cuarto del siglo XX	Segundo lustro del siglo XXI
Elementos centrales	Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) Estructura de red	Sistemas Ciberfísicos Interoperabilidad Plataformas

Cuadro 1. Oleadas del desarrollo informacional

2.2 La tesis de la Cuarta revolución industrial

La irrupción de las tecnologías 4.0 y su correspondiente impacto en los procesos productivos ha llevado a considerar a numerosos autores que se está produciendo una Cuarta Revolución Industrial (4RI) [8] [9] [10] [11], cuya novedad sería permitir la transformación digital de la producción por medio de sistemas ciberfísicos (Fig. 1).

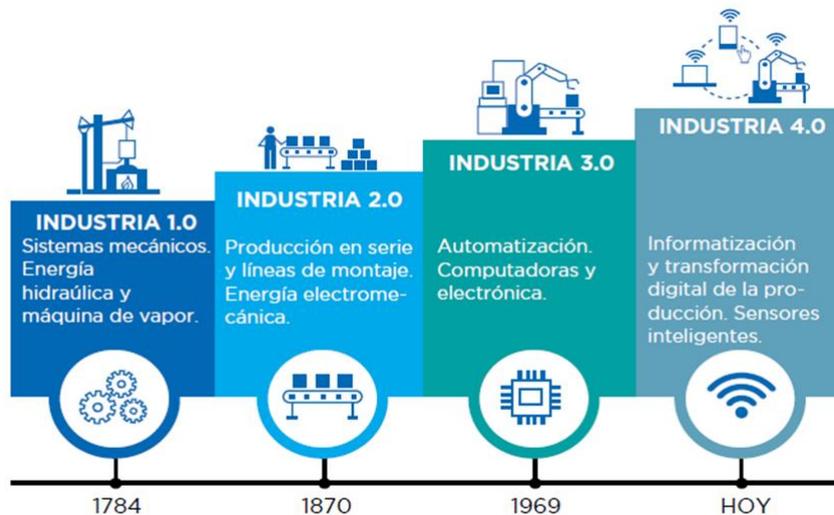


Fig. 1. Evolución de las revoluciones industriales. Fuente: Basco *et al* [12]

Distintos autores coinciden en señalar que el término *Industria 4.0* emergió a comienzos de la década de 2010 en Alemania, acuñado por un grupo de especialistas convocados por el gobierno para elaborar un programa de mejora de la productividad en la industria manufacturera [13] [12]. El objetivo principal consistió en posicionar a la industria alemana como referente internacional en la oferta y demanda de tecnologías digitales aplicadas a la producción [14]. Posteriormente, en el marco del 46° Foro

Económico Mundial, Schwab [9] acuñó el término *Cuarta Revolución Industrial* para referirse al surgimiento de una nueva revolución tecnológica que tiene como elemento distintivo la transición hacia los nuevos sistemas ciberfísicos.

A pesar de que la literatura tienda a igualar ambos términos -I4.0 y 4RI- es preciso señalar que mientras el primero adopta un enfoque evolucionista respecto al cambio tecnológico [14] [7], quienes recuperan el segundo tienden a considerar que la convergencia de tecnologías que operan sobre la base de la revolución digital anterior, posibilitan la transición hacia una nueva revolución tecnológica que atraviesa a todos los países e industrias de forma inédita [9] [8].

2.3 ¿De qué hablamos cuando hablamos de tecnologías 4.0?

La irrupción de las tecnologías 4.0 estaría contribuyendo a producir cambios disruptivos a nivel económico, social y productivo. En el Cuadro 2 se exponen las principales características de cada tecnología, así como el año de surgimiento (no se trata de la aparición del término o concepto, sino de los primeros desarrollos lanzados al mercado), sus dispositivos y componentes, y las empresas pioneras en desarrollarlas.

Tecnología	Características	Dispositivos/ Componentes	Empresas pioneras	Surgimiento
<i>Internet de las Cosas</i>	Comunicación multidireccional entre máquinas, objetos, y personas, a través de sensores e Internet. Permite recoger información del entorno para mejorar la toma de decisiones a nivel productivo y comercial.	Sensores, redes, codificadores y decodificadores, y Software	Cisco IBM Intel GE Google Microsoft Salesforce Oracle Amazon	2008 2009
<i>Inteligencia Artificial</i>	Algoritmos que permiten el procesamiento de información a través del aprendizaje automático. Adquieren capacidades cognitivas similares a las redes neuronales humanas: visión, lenguaje, comprensión, decisión en base a datos.	Software y Algoritmos matemáticos	Amazon Google Microsoft Huawei Apple	1997

<i>Computación en la Nube</i>	Almacenar grandes volúmenes de datos generados durante el proceso productivo de forma remota y reducir costos evitando adquirir servidores, licencias y personal especializado para mantenimiento.	Servidores	Microsoft Amazon Google Storage IBM Salesforce SAP	1999
<i>Big Data</i>	Análisis de grandes volúmenes de datos. Reduce ineficiencias del proceso productivo, anticipa fallas en equipos y dar mejores respuestas a situaciones emergentes e imprevistas. Permite tomar decisiones en tiempo real para mejorar la eficiencia productiva y definir modelos de negocios basados en comportamientos de clientes.	Base de datos y Software	IBM Microsoft SAP Amazon Google HP	2004
<i>Sistemas de integración</i>	Integran tecnologías operacionales con tecnologías informacionales. Por medio de plataformas digitales, hacen posible la conexión de la unidad productiva con otros actores de la cadena de valor.	Sistemas de control basados en red, Software y sistemas operativos	Siemens Deloitte IBM	2014
<i>Impresión 3D</i>	Posibilita la fabricación de piezas a partir de la superposición de capas de distintos materiales sobre la base de un diseño moldeado de forma virtual. De esta forma, es posible producir formas geométricas personalizadas en lotes pequeños o series cortas.	Impresoras y Software	Voxeljet Stratasys 3dsystems Solidscape LC Printing Machine Factory Limited	2006

<i>Realidad virtual y aumentada</i>	Representación virtual del funcionamiento conjunto de máquinas, procesos y personas en tiempo real. Permite ahorrar costos en los procesos de aprendizaje, desplazando este ámbito al entorno virtual. Facilita la complementariedad del entorno real con objetos digitales, mejorando los sistemas de simulación y modelado.	Headsets y dispositivos específicos para capturar objetos tridimensionales	Apple Google Microsoft 3Dconnexion Facebook HTC Samsung	2000-2003
<i>Robots autónomos</i>	Máquinas inteligentes que automatizan tareas previamente desarrolladas por humanos. En la 4RI se busca incrementar la robótica colaborativa que es capaz de interactuar con humanos en un espacio de trabajo compartido.	Robots, Software y Algoritmos matemáticos	Epson Google Yaskawa Kuka	1971

Cuadro 2. Principales características de las tecnologías 4.0 aplicadas a la industria. Fuente: elaboración propia en base a [12] [7] [15]

2.4 ¿Revolución tecnológica o cambio de trayectoria?

Quienes consideran a las tecnologías 4.0 como la manifestación de una nueva revolución tecnológica en curso tienden a utilizar los siguientes argumentos:

- La construcción de una nueva infraestructura y soporte tecnológico capaz de sostener el funcionamiento de los sistemas ciberfísicos de producción posibilitaría, en los términos de Brynjolfsson y McAfee [16], la conformación de una *red digital común*, una *neurored mundial* [17] que conecta a personas y artefactos, y permitiría almacenar un volumen extraordinario de datos. Como indica Schwab [9], una característica particular de la 4RI sería la conformación de un sistema mundial integrado que aglutinaría a todos los países e industrias.
- El desarrollo de las tecnologías 4.0, estaría produciendo una fuerte interdependencia de los diferentes sistemas tecnológicos e inauguraría una nueva oleada de desarrollo [3] sobre la base del impulso a una *productividad extrema* [17]. Se trata de grandes cambios culturales, sociales, tecnológicos que modifican de forma estructural la ideología, las instituciones gubernamentales, la cultura, etc. El paso de la automatización de la producción a los sistemas ciberfísicos inteligentes supondría

no sólo digitalizar procesos sino generar interconexión vertical y horizontal en el conjunto de las cadenas de producción.

Por el otro lado, diversos autores [15] [7] [6] [14] señalan que el conjunto de tecnologías 4.0 y sus impactos en los procesos productivos no estarían generando necesariamente una ruptura respecto al paradigma TIC, sino que marcan una evolución del mismo. No descarta la posibilidad de despliegue de una nueva revolución tecnológica, sino que considera que no existen todavía elementos suficientes para describir los actuales cambios tecnológicos bajo esa categoría. Se destacan dos ideas-fuerza que permiten sostener esta posición:

- La I4.0 estaría generando un *cambio de trayectoria* pero no necesariamente de paradigma. No existirían elementos suficientes para sostener que se ha superado el mayor nivel alcanzado en el sendero tecnológico del paradigma TIC, tanto en términos económicos, como institucionales, socio-tecnológicos, y organizacionales. Esto quiere decir que *se podría considerar a las tecnologías 4.0 como un conjunto de innovaciones incrementales que impulsan una ola de expansión del paradigma preexistente, más que la aparición de una innovación radical inicial sobre la cual se desarrolla un nuevo espacio de innovación* [3]
- No se revelaría una modificación sustancial del *factor clave* de producción, entendido como un insumo o conjunto de insumos capaces de ejercer una influencia determinante en el comportamiento de la estructura de costos relativos. Si el *bit* constituye el factor clave del paradigma TIC, por el momento no podría afirmarse que está siendo reemplazado; como podría ser a futuro por medio del *qubit*, que constituye la unidad de referencia de la computación cuántica y podría generar un profundo cambio paradigmático.

El debate entre la *evolución* o *revolución* del paradigma *tecno-económico* [3], resulta relevante a los fines de analizar qué lugar ocupa (o podría ocupar) América Latina, y Argentina, en este nuevo contexto: ¿Existe una oportunidad de desarrollo o se multiplican las limitaciones para romper la dependencia tecnológica estructural respecto a las economías centrales? Este interrogante deberá ser analizado en investigaciones futuras.

Obstáculos para el desarrollo de la I4.0 en Argentina

En relación a los factores que obstaculizan el desarrollo de la I4.0 en Argentina, se pueden mencionar aquellos ligados al contexto internacional, al contexto nacional, y a aspectos estructurales-sistémicos. Los factores internacionales refieren a tendencias observadas a nivel mundial que condicionan las posibilidades de desarrollo y competitividad de la I4.0 en el país. Los factores asociados al contexto nacional, se vinculan con particularidades del sistema nacional de innovación y sus características institucionales, políticas, económicas y culturales. Por último, los factores estructurales-sistémicos se refieren a las condiciones específicas de los sectores productivos aso-

ciados a las tecnologías 4.0 y de aquéllos capaces de incorporar de forma intensiva estas tecnologías en sus procesos productivos.

Contexto internacional	Contexto nacional	Estructural-sistémico
<p>Tendencia global a la relocalización de las cadenas productivas (<i>reshoring</i>) en el país o región de origen. Descentralización de la producción bajo el modelo de manufactura distribuida que altera la composición tradicional de las cadenas globales de valor. Producción en proximidad al cliente y de forma personalizada. A los productos manufacturados se les añade la posibilidad de vender servicios y configurar de esta forma un <i>producto-plataforma</i>. Nuevas habilidades requeridas por la I4.0 que profundizan la brecha de conocimiento entre economías centrales y periféricas. Nuevas habilidades híbridas (<i>soft</i> y <i>hard</i>) y multidisciplinarias.</p>	<p>Capacidad tecnológica media. Contexto macroeconómico desfavorable. Inestabilidad político/institucional. Necesidad de importación de equipamiento 4.0 y altos costos para su adquisición. Baja adopción de tecnologías 4.0 con énfasis en el sector de bienes. Bajo acceso a financiamiento y capital de riesgo. Debilidades en la infraestructura tecnológica y la conectividad. Déficit de formación de habilidades en educación formal en relación a requerimientos del sector productivo.</p>	<p>Déficit de capital humano. Baja articulación con el sistema de ciencia y tecnología. Débiles capacidades para desarrollar procesos de transferencia. Dificultades estatales para sostener de forma prolongada el financiamiento para actividades de ciencia y tecnología. Inserción dependiente en las cadenas globales de valor.</p>

Cuadro 3. Factores que limitan el desarrollo de la I4.0 en Argentina. Fuente: elaboración propia en base a Brixner [7]

Las factores que limitan el desarrollo de la I4.0 en Argentina refieren a condiciones multicausales que requieren esfuerzos estatales sostenidos en el tiempo, recursos humanos y financieros estables y con perspectiva de crecimiento gradual, lo que implica que no sólo se trata de implementar un programa económico sostenible que garantice un contexto macroeconómico favorable para el desarrollo de los sectores ligados a la I4.0 o condiciones externas positivas, sino que además es indispensable el diseño de un plan estratégico de desarrollo de la I4.0 basado, al menos, en cuatro ejes:

- Un enfoque multisectorial y multiactoral: las tecnologías 4.0 tienen como característica principal además de la convergencia, la transversalidad entre sectores productivos (primario, secundario, y terciario). Esa misma transversalidad debería ver-

se representada en la diversidad de actores sociales que intervienen en este proceso: empresas de distinto tamaño, universidades y/o centros de investigación, gobiernos en sus distintos niveles territoriales, y organizaciones de la sociedad civil involucradas en el desarrollo socio-tecnológico nacional.

- Promover políticas focalizadas en simultáneo con líneas de acción tendientes a modificar la matriz productiva: si bien es recomendable definir áreas específicas para el desarrollo científico-tecnológico, se requiere evitar replicar un modelo de derrame de las capacidades tecnológicas. No sólo se requiere incentivar a los *drivers*, sino también estimular a la incorporación de tecnologías 4.0 en el sector Pyme.
- Articular instrumentos de política pública heterogéneos y complementarios: incubadoras de start-ups, subsidios en I+D, fortalecimiento del sector de CyT, formación de clusters y entornos innovadores, inyección de la demanda para sectores tecnológicos estratégicos (economía del espacio, energías renovables, etc.), conformación de redes de colaboración público-privadas, implementación de proyectos de cooperación internacional, entre otras. Se requiere necesariamente un alto grado de coordinación y articulación interministerial y una instancia institucional de trabajo conjunto entre diversos actores sociales.
- Promover mecanismos de transferencia de conocimiento: reforzar el vínculo entre industria y universidad para que el conocimiento generado en la academia pueda contribuir a mejorar los procesos productivos. Se trata de crear capacidades, aprovechar las existentes, y generar sinergias positivas que permitan desarrollar ventajosas innovativas. El desarrollo de estos vínculos alimentan, a través de la participación activa del Estado, la conformación de entornos innovadores en distintas regiones del territorio nacional.

Políticas públicas para el desarrollo de la I4.0 en Argentina: un mapa de opciones posibles

Existen limitaciones para analizar las políticas para el desarrollo de la I4.0 en Argentina por tres motivos: a) se encuentran en una etapa embrionaria de “diagnóstico” respecto a las capacidades de incorporación de tecnologías 4.0 en el sistema productivo; b) a finales del 2019 se registró un cambio de gestión gubernamental por lo que las políticas aún no están explícitamente planteadas; y c) se trata de cambios socio-tecnológicos y tecno-económicos recientes que suelen demorar en cristalizarse en políticas públicas específicas. Además, dada la compleja situación socio-económica del país, el desafío de la I4.0 se encuentra solapado por la crisis de deuda y los altos niveles de pobreza y exclusión social como problemáticas inmediatas a resolver.

A pesar de esta complejidad, se plantean tres escenarios posibles para el impulso y desarrollo de la I4.0 en el futuro. Se trata de construir un mapa de opciones partiendo de tres supuestos: a) no hay posibilidad de desarrollar la I4.0 sin un plan nacional estratégico orientado a ese objetivo que incluya a múltiples actores intervinientes; b) el desarrollo de la I4.0 se encuentra fuertemente condicionado por el contexto macroeconómico (devaluaciones sistemáticas, recesiones recurrentes, altas tasas de in-

terés, inflación, virajes radicales en las políticas económicas, endeudamiento externo, etc.); c) el impulso a la I4.0 se encuentra íntimamente ligado al fortalecimiento del sistema de ciencia y tecnología (CyT) y los procesos de transferencia de conocimiento al sector productivo, así como también a la mejora de la infraestructura tecnológica.

La construcción de los escenarios futuros parten del cruce entre cuatro variables que se interpretan como de extrema relevancia respecto a las posibilidades de desarrollo de la I4.0 en el corto y mediano plazo: a) programa económico implementado en los próximos cuatro años; b) grado de adopción de las tecnologías 4.0 en el sistema productivo; c) fortalecimiento del sistema de CyT y formación de capital humano en habilidades 4.0 *soft* y *hard*; d) capacidades de la infraestructura tecnológica y la conectividad. El Cuadro 4 describe los escenarios posibles para el desarrollo de la I4.0 en Argentina.

Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
Permanecer rezagado respecto a las nuevas tendencias tecnológicas globales. Implica un nivel bajo de digitalización del aparato industrial y la profundización de una tendencia a la primarización de la economía. Configuración de un enclave desconectado del sistema socio-productivo local que se inserta en los eslabones inferiores de las cadenas de valor global. Consolidación de una industria poco competitiva con capacidades tecnológicas reducidas. Probabilidad de desarrollar una parte del sector servicios intensivos en conocimiento bajo la forma de <i>enclave</i> .	Avanzar en la digitalización del aparato industrial que llevaría al país a la posición de “adoptante” de tecnologías 4.0. Se impulsa el desarrollo de algunos <i>drivers</i> como industria automotriz, agroindustria, economía del espacio, química, etc. Este proceso genera un “efecto tracción” sobre el aparato científico-tecnológico que eleva las capacidades tecnológicas del país y estimula la adopción de un perfil exportador diversificado con mayor presencia de bienes y servicios intensivos en conocimiento.	Avanzar de forma intensiva y sostenida en la digitalización de la industria con énfasis en ciertas ramas con capacidades tecnológicas, lo que genera un efecto virtuoso que potencia la aparición de “nichos de desarrollo” en torno a las tecnologías 4.0. Se pasa de ser adoptante a un desarrollador para campos específicos como agroindustria, automotriz, economía del espacio, industria farmacéutica, etc. Mayor probabilidad que los desarrollos se impulsen de forma transversal entre sectores económicos (primario, secundario y terciario).

Cuadro 4. Escenarios posibles para el desarrollo de la I4.0

La materialización de escenarios no se trata de una relación lineal y directa entre las variables identificadas. Por el contrario, son procesos a construir, en los cuales las políticas públicas tendrán un carácter trascendental. Por esta razón, resulta productivo

establecer un cruce entre los escenarios “posibles” y las “potenciales” políticas diseñadas e implementadas.

Los escenarios responden a los instrumentos de política pública utilizados. Cada paquete de políticas públicas es analizado sobre la base de cuatro niveles que tienen una incidencia relevante sobre las posibilidades de desarrollo de la I4.0: a) contexto macroeconómico, b) políticas sectoriales o focalizadas; c) sistema de CyT; y d) sistema nacional de innovación. Estos cuatro niveles contemplan los factores estructurales y de contexto nacional -indicados en el Cuadro 3- que actúan como limitaciones al desarrollo de la I4.0 en Argentina (Cuadro 5).

Nivel	Políticas orientadas al escenario 1	Políticas orientadas al escenario 2	Políticas orientadas al escenario 3
Macro-económico	Programa económico de austeridad: reducción del gasto público y contracción del mercado interno. Tipo de cambio alto. Tasas de interés altas. Pago de la deuda externa sin quita ni reperfilamiento.	Programa económico de expansión: equilibrio fiscal y aumento de la demanda agregada. Tipo de cambio competitivo. Baja tasas de interés y crédito para el sector productivo. Reestructuración y reperfilamiento de la deuda externa.	Programa económico de expansión: incremento del gasto público y aumento de la demanda agregada. Tipo de cambio competitivo. Baja tasas de interés y crédito para el sector productivo. Fuerte quita y reperfilamiento de la deuda externa.
Sectorial	Régimen de promoción de la economía del conocimiento. Incentivos al emprendedorismo (fondos semilla, reducción de trabas burocráticas, creación de incubadoras públicas, etc.).	Régimen de promoción de la economía del conocimiento. Líneas de financiamiento para start-ups en I4.0. Políticas de transferencia tecnológica (convenios de cooperación, proyectos conjuntos, etc.).	Régimen de promoción de la economía del conocimiento con incentivos a la I4.0. Consortios público/privados. Políticas de transferencia tecnológica. Créditos blandos para sectores que incorporen tecnologías 4.0.
Ciencia y Tecnología	Reducción de financiamiento en I+D. Achicamiento del sector de CyT (menos presupuestos para universidades)	Incremento en las líneas de financiamiento para I+D en áreas estratégicas de la I4.0. Políticas focalizadas a áreas estratégicas (jerarquización de la forma-	-Incremento en las líneas de financiamiento para I+D en áreas estratégicas de la I4.0. Políticas focalizadas en áreas estratégicas

	des, centros de investigación, CONICET, etc; y menos cantidad de ingresos de becarios, investigadores y personal de apoyo).	ción de capital humano, subsidios para la formación de científicos en el exterior, etc.). Estabilidad del sector de CyT (Actualización presupuestaria y mantenimiento de la cantidad de becarios, investigadores y personal de apoyo).	(formación de capital humano). Actualización del plan Argentina Innovadora 2020 orientado al desarrollo de la I4.0. Crecimiento del sector de CyT (Aumento del presupuesto e incremento en la cantidad de investigadores, becarios, personal de apoyo, etc.).
Sistema nacional de Innovación	Incentivo a la <i>clustering</i> del sector servicios intensivos en conocimiento.	Fortalecimiento de polos y parques tecnológicos existentes.	Nuevos polos y parques tecnológicos y creación de parques industriales orientados a la I4.0.

Cuadro 5. Políticas orientadas al desarrollo de la I4.0 según escenario

Conclusiones

El recorrido trazado procuró reflexionar sobre los desafíos, obstáculos, escenarios y políticas públicas para el desarrollo de la I4.0 en Argentina. En primer lugar, se analizaron las características del paradigma tecno-económico ligado a las TIC. Se considera que el despliegue de las tecnologías 4.0 no implica necesariamente una nueva revolución tecnológica, sino una transformación que no rompe con el paradigma vigente, en tanto los factores clave de producción continúan siendo las tecnologías digitales. Esta afirmación no debe soslayar las grandes transformaciones socio-económicas, institucionales y culturales, que traen aparejadas la irrupción de las tecnologías 4.0. Se considera que este debate es productivo para comprender el rol que ocupan los países de América Latina en general, y Argentina en particular, en la división internacional del trabajo; y las posibilidades que abren estas transformaciones para el inicio de un sendero de desarrollo y cambio estructural.

El trabajo realiza una caracterización de los factores que limitan el desarrollo de la I4.0 a partir de considerar tres ejes: i) el contexto internacional, ii) el contexto nacional, y iii) los factores estructurales/sistémicos. Como se desprende del análisis realizado, estas limitaciones son multicausales dado que operan en diferentes planos, por lo tanto, su abordaje exige que las políticas públicas contemplen esa complejidad a partir de recuperar cuatro lineamientos estratégicos: i) contar con un enfoque multi-sectorial que contemple la multiplicidad de actores que intervienen a lo largo del pro-

ceso de desarrollo de la I4.0; ii) diseñar políticas focalizadas que sean articuladas con una perspectiva estratégica que promueva tanto la oferta como la demanda de las I4.0; iii) implementar paquetes de políticas complementarias y transversales a las distintas carteras ministeriales, y iv) promover mecanismos de transferencia que fortalezca los lazos universidad-sector público-empresas.

Por último, se incluye un análisis de escenarios futuros que surge del cruce entre los factores que obstaculizan el desarrollo de la I.40 en Argentina, las variables que tienen un mayor impacto sobre estos procesos, y los distintos instrumentos de política pública que se pueden implementar. No se trata de “futurológica” sino de imaginar un mapa de opciones posibles que parte del supuesto que en países periféricos, como Argentina, el desarrollo de la I4.0 requiere necesariamente el diseño e implementación de una política que sea capaz de atender la complejidad y diversidad de áreas de intervención, y contemple la participación de diversos actores sociales. Se identificaron tres escenarios que se pueden caracterizar de la siguiente forma: a) débil desarrollo de la I.40-enclave informacional; b) desarrollo medio de la I.40-adoptante; y c) desarrollo medio de la I4.0-”nichos sectoriales” de desarrollo.

La caracterización de los escenarios descritos requiere la profundización del estudio de las variables que inciden y condicionan estos procesos, a los fines de perfeccionar los insumos útiles para el diseño, implementación y evaluación de las políticas públicas para la promoción de la I4.0. Se trata, en definitiva, de impulsar la investigación prospectiva con base en mejores indicadores y modelos, no para “predecir” el futuro, sino para intervenir adecuadamente en el presente.

Referencias

1. Sztulwark, S.: La condición periférica en el nuevo capitalismo. *Problemas del Desarrollo, Revista Latinoamericana de Economía* 51(200) (2019)
2. Casalet, M.: La digitalización industrial: un camino hacia la gobernanza colaborativa. *Estudios de casos. Documentos de Proyectos (LC/TS.2018/95)*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Santiago (2018).
3. Pérez, C.: Technological revolutions and techno-economic paradigms. *Cambridge Journal of Economics*, 34(1) (2010).
4. Castells, M. y Himanen, P.: *Reconceptualizar el desarrollo en la era global de la información*. Fondo de Cultura Económica, Buenos Aires (2016).
5. Castells, M.: *La era de la información. Economía, sociedad, y cultura*. Vol.1, 2 y 3. Editorial Alianza, Madrid (2001).
6. Castells, M.: *La ciudad informacional: tecnologías de la información, reestructuración económica y el proceso urbano-regional*. Editorial Alianza, Madrid (1995).
7. Brixner C., Isaak, P., Mochi, S., Ozono, M. y Yoguel, G.: *Industria 4.0: ¿intensificación del paradigma TIC o nuevo paradigma tecnoorganizacional?*. CIECTI, Buenos Aires (2019).
8. Chung, M. y Kim, J.: The Internet Information and Technology Research Directions based on the Fourth Industrial Revolution, *KSII Transactions on Internet and Information Systems Journal*, 10 (3) (2016).
9. Schwab, K.: *The Fourth Industrial Revolution*. Publishing Group, New York (2016).

10. Kagermann, H., Helbig, J., Hellinger, A. y Wahlster, W.: Recommendations for implementing the strategic initiative industrie 4.0. Securing the future of German manufacturing industry. Final Report of the Industry 4.0. Forschungsunion, Berlín (2013).
11. Klingenberg, C. y Do Vale Antunes Jr, J. A.: Industry 4.0: What Makes it Revolution, *Inspiring Operations Management*, 1(5) (2017).
12. Basco, A., Beliz, G., Coatz, D. y Garnero, P.: Industria 4.0: fabricando el futuro. BID-INTAL, Buenos Aires (2018).
13. Albrieu, R; Basco, A. I; Brest Lopez, C; Acevedo, B; Peirano, F; Rapetti, M; y Vienni, G.: Travesía 4.0:hacia la transformación industrial argentina, BID-INTAL, Buenos Aires (2019).
14. Schroeder, W.: La estrategia alemana Industria 4.0: el capitalismo renano en la era de la digitalización. Friedrich-Ebert-Stiftung, Madrid (2016).
15. Baum, G.: Hacia una nueva ola en la revolución de las tecnologías de la información y las comunicaciones. Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, Buenos Aires (2015).
16. Brynjolfsson, E; y McAfee, A.: La Segunda Era de las Máquinas. Trabajo, progreso y prosperidad en una época de brillantes tecnologías. Editorial Temas, Buenos Aires (2016).
17. Rifkin, J.: La sociedad del coste marginal cero. El internet de las cosas, procomún colaborativo y el eclipse del capitalismo. Editorial Paidós (2014).
18. Sánchez Martín, F., Millán Rodríguez F., Salvador Bayarri J., Palou Redorta J., Rodríguez Escovar F., Esquena Fernández S., Villavicencio Mavrich, H.: Historia de la robótica: de Arquitas de Tarento al robot Da Vinci. *Actas Urol Esp.* 31(2) (2007).