

ANEXO 4.5.2. ACTA 1497.

PROVINCIA DE BUENOS AIRES

**LINEAMIENTOS ESTRATÉGICOS PROVINCIALES DE
CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN PRODUCTIVA**

INFORME

**TOMO II. NÚCLEOS PRODUCTIVOS ESTRATÉGICOS:
IDENTIFICACIÓN Y DIAGNÓSTICO**

SEPTIEMBRE 2019

CONTENIDOS GENERALES

A. INDUSTRIA 4.0.....	2
B.INDUSTRIAS CREATIVAS: <i>SOFTWARE</i>	25
C. BIOENERGÍA.....	42
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	62

A. INDUSTRIA 4.0

1. Introducción

En su sentido más amplio, el novedoso concepto de industria 4.0 refleja la transformación disruptiva que desde hace un tiempo está experimentando el paradigma productivo a nivel global. Si bien es usualmente reconocido que muchas de las tecnologías comprendidas en el modelo de la industria 4.0 no son completamente nuevas, habitualmente se entiende que la adopción difundida y la utilización combinada de las mismas está conduciendo al sistema económico a una nueva revolución tecnológica, cuyos alcances finales –en el plano productivo y también en el espacio de las relaciones sociales– son aún imposibles de establecer con exactitud.

El modelo industrial 4.0 se define a partir de la intensificación extrema de la digitalización del sector manufacturero, tanto en las actividades *intra* como *inter* fábrica. Ese proceso supone un salto en la adopción generalizada de distintos desarrollos y sistemas tecnológicos originados en el paradigma TIC, los cuales emergieron en los países desarrollados en la segunda mitad del siglo XX y se profundizaron a partir de la década de 1980. La capacidad de integrar estas tecnologías de forma sistémica al proceso productivo –y también a otros espacios de la gestión empresarial, incluyendo la administración de los recursos humanos y la vinculación con actores externos a la firma– es el elemento crítico de la metamorfosis productiva hacia el modelo de la industria 4.0.

La revolución en curso que supone la extrema digitalización de los procesos industriales ha sido posible gracias a la convergencia de tres ingredientes fundamentales: volúmenes enormes de datos aprovechables; un crecimiento sin precedentes en la capacidad de los sistemas informáticos para procesarlos; y un aumento formidable en la velocidad de la conectividad para transmitirlos. La combinación de estos elementos no sólo permite acortar los tiempos necesarios para introducir cambios que optimicen los procesos y los productos de cada empresa, sino que posibilita concebir modelos integrales de gestión de calidad y mejora continua basados en la explotación de un gran volumen de datos relevantes en tiempo real realizado por herramientas inteligentes asociadas a la línea de producción. Este grado de optimización de los procesos a partir del uso integrado de datos, sistemas inteligentes y bienes de capital automatizados conduce a niveles de flexibilización productiva y minimización de costos completamente inimaginables en los paradigmas anteriores.

Uno de los principales interrogantes que rodea al debate sobre la irrupción del paradigma de la industria 4.0 se refiere a los cambios esperables en el ámbito de las relaciones laborales. Una dimensión de esos cambios está referida a la necesaria capacitación de los recursos humanos de la empresa para lograr una absorción plena y efectiva de las tecnologías en juego. En efecto, las prácticas organizacionales del modelo de la industria 4.0 suponen una intensificación en la participación activa de los trabajadores para inducir procesos de aprendizaje y mejora continua. En este sentido, la asimilación de las tecnologías de la industria 4.0 implica también la consecución de un cambio en las estructuras organizacionales y las rutinas laborales vigentes a fin de optimizar la capacidad de gestión del conocimiento útil que circula al interior de la firma.

En lo que sigue, este capítulo discutirá el alcance de la transformación asociada al modelo de la industria 4.0 observado en el ámbito del sector manufacturero de la provincia de Buenos Aires. Este ejercicio analítico no resulta sencillo, en parte por la gran heterogeneidad productiva y tecnológica que caracteriza al tejido industrial bonaerense y en parte por la limitada existencia de información disponible. Sin embargo, el análisis realizado en este capítulo se benefició a partir del acceso a información novedosa surgida de dos fuentes de datos primarios que permiten evaluar

algunos aspectos del escenario tecnológico que caracteriza al tejido industrial de la provincia de Buenos Aires. Una de estas fuentes es la Encuesta Nacional de Dinámica de Empleo e Innovación 2010-2012 del ex Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva y el ex Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social de la Nación. La otra es la Clínica Tecnológica del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación de la provincia de Buenos Aires, un programa dirigido a diagnosticar problemáticas de índole tecnológica en las PyMEs bonaerenses, identificar demandas requeridas por las empresas y establecerlazos de vinculación con instituciones CyT.

Si bien los operativos estadísticos mencionados no fueron específicamente diseñados para examinar el grado de adopción de las distintas tecnologías que componen la industria 4.0, ambos ofrecen información relevante para avanzar en un primer diagnóstico de algunos de los planos involucrados. En este sentido, el análisis realizado permite identificar algunos hechos estilizados significativos. El primero de ellos es la virtual inexistencia de una adopción plena y articulada de las distintas tecnologías y prácticas organizacionales del modelo de la industria 4.0 en ningún segmento de la matriz industrial bonaerense. Este hecho coincide con los hallazgos recientes de algunas encuestas que buscaron evaluar la extensión del paradigma industrial 4.0 en la Argentina y también en otros países de tradición industrial de la región latinoamericana (UIA, CIPPEC, BID e INTAL, 2019; Boston Consulting Group, 2018). El segundo es que la incorporación y uso de algunas de las tecnologías críticas de la industria 4.0, como el *machine learning* y otras herramientas inteligentes asociadas a la transformación de los procesos productivos, exhiben una profunda heterogeneidad en la trama industrial de la provincia de Buenos Aires. Así, se observa un cuadro de mayor automatización y uso de nuevos sistemas inteligentes en el núcleo reducido de firmas que actúan como líderes tecnológicos de la provincia, mientras que el grueso de las empresas bonaerenses, particularmente las del segmento PyME, está aún alejado de estas prácticas de gestión. Este hecho tiende a reproducir las históricas brechas productivas y tecnológicas que han caracterizado el entramado industrial bonaerense. Finalmente, el tercer hecho estilizado que se observa es que, si bien el escalamiento tecnológico y organizacional hacia el modelo de gestión de la industria 4.0 constituye un desafío y aspiración manifiesta para la gran mayoría de las firmas, éstas enfrentan una serie de barreras relevantes que las limitan en este objetivo.

2. Orígenes y evolución de la industria 4.0 a nivel global y local

El término “industria 4.0” surge en Alemania hace aproximadamente una década y, debido a su rápida propagación entre los países desarrollados y emergentes, ha tendido a reemplazar al concepto de *advanced manufacturing* surgido previamente en los Estados Unidos. La industria 4.0, llamada también por algunos “Cuarta Revolución Industrial”, supone una nueva transformación radical del paradigma tecnoproductivo dominante.

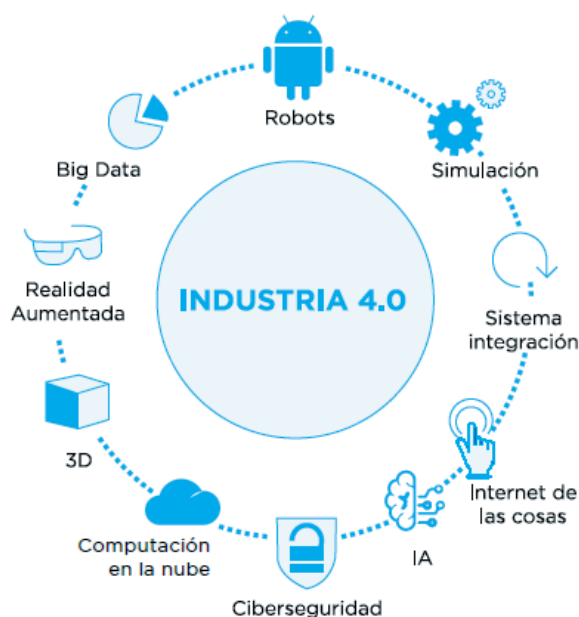
Las distintas tecnologías que se pueden definir como componentes de la transformación 4.0 tienen sus orígenes en distintos momentos del tiempo. La inteligencia artificial, el control numérico y el diseño de *software*, por ejemplo, surgen en los años '50 del siglo XX, mientras que los robots autónomos datan de la década del '70. Otros sistemas tecnológicos, en cambio, son más contemporáneos al paradigma de la industria 4.0, tales como el *internet de las cosas* (década de los '90), el *big data* (principios de los años 2000) o los llamados *blockchain* o cadena de bloques de datos (fines de los años 2000).

De esta forma, pese a que la aparición y uso aislado de algunas de estas herramientas comienza antes de la década del '80, lo que permite trazar la línea de partida del paradigma de la industria 4.0 es la incorporación de las mismas a la actividad productiva de forma difundida y

combinada. La particularidad que define al modelo industrial 4.0, entonces, se apoya en la convergencia temporal de una serie de tecnologías que, usadas de forma conjunta y articulada, conduce a transformaciones disruptivas en materia productiva. Los cambios de las tecnologías aplicadas a la producción están asociados a tres necesidades fundamentales que las empresas han enfrentado en los últimos años: i) atender demandas personalizadas y de ciclo corto en los mercados locales y globales; ii) generar economías de escala y de alcance simultáneamente ante una demanda flexible; y iii) lograr una mayor circulación y mejor control de la información y del conocimiento a lo largo de las cadenas globales de valor.

Como se dijo antes, la caracterización general más adecuada para definir de forma sintética el concepto de industria 4.0 es la digitalización del sector manufacturero. Dicho proceso de incorporación masiva y articulada de sistemas informáticos y herramientas inteligentes, como se mencionó, encuentra sus raíces en el desarrollo de las TICs de la llamada tercera Revolución Industrial, tecnologías que en las últimas décadas se han ido difundiendo, abaratando y adaptando paulatinamente para introducirse en la gestión y los procesos productivos del sector empresarial. Actualmente, los sistemas tecnológicos que conforman el modelo industrial 4.0 se pueden agrupar en tres grandes espacios, a pesar de que los límites entre ellos son difusos dado que la integración y combinación de tecnologías es una de las características distintivas de este modelo (Figura 1).

Figura 1. Pilares tecnológicos de la Industria 4.0



Fuente: Unión Industrial Argentina

En primer lugar, se pueden identificar las tecnologías de registro, almacenamiento, análisis y procesamiento de datos computarizados a gran escala. La irrupción de la computarización y la posterior aceleración y complejización de la capacidad de procesamiento, en conjunto con la generación masiva de datos útiles variados a partir de la generalización de los registros digitales, permiten ejecutar un análisis de los mismos a gran escala y en tiempo real. Este fenómeno,

resumido en el concepto de *big data*, cobra un rol fundamental en los procesos de toma de decisiones de las empresas que se posicionan como líderes tecnológicos, tanto en lo estrictamente relativo a la línea de producción como en materia de planificación comercial y otros espacios de gestión. A su vez, a través de la inteligencia artificial y el *machine learning*, las potencialidades que ofrece el *big data* pueden ser explotadas por los propios sistemas y máquinas utilizadas en la producción, lo que establece un proceso autónomo de aprendizaje y posibilita una creciente optimización de los procesos de gestión de una empresa. Asimismo, la explotación y análisis de los datos se realiza en *la nube*, es decir que éstos se almacenan y procesan a partir de servicios informáticos en línea, lo que permite optimizar la conectividad entre equipos –físicos y de recursos humanos– ubicados en cualquier punto del mundo en el que una empresa opere. En este contexto, la información se vuelve un recurso económico muy valioso para las empresas y su protección resulta vital, por lo que la *ciberseguridad* de datos adquiere una importancia creciente en el marco de las tecnologías 4.0 para resguardar los activos intangibles de información de cada organización.

En segundo término, las tecnologías 4.0 incluyen máquinas y herramientas inteligentes y flexibles, plenamente integradas al paradigma digital y con capacidades autónomas para procesar información y tomar decisiones. Por eso, uno de los rasgos característicos de la industria 4.0 es la integración virtual de diferentes sistemas ciberfísicos a partir del uso de *internet*. En este sentido, el denominado *internet de las cosas* (*IoT*, por sus siglas en inglés) y el *internet industrial de las cosas* (*IIoT*) constituyen tecnologías esenciales y con un impacto directo sobre el modelo productivo de la industria 4.0. El desarrollo del *IoT* y *IIoT* hacen posible la comunicación directa y multidimensional de las máquinas entre sí mismas, de éstas con las personas y también con los bienes finales elaborados. Esto facilita la toma de decisiones al transmitir la información recabada a partir de sensores y otras herramientas de control, lo que en combinación con el *big data* permite la fabricación de productos inteligentes que comuniquen directamente a consumidores con productores. Asimismo, el *IIoT* induce un salto disruptivo de conectividad dentro de las organizaciones industriales, permitiendo la generación y uso de datos respecto al desempeño de los bienes de capital, sus potenciales fallas o necesidades de mantenimiento y sus estándares de productividad en tiempo real. De esta forma, se optimiza la toma de decisiones al interior de la fábrica, permitiendo reducir –y en el límite eliminar– todo tipo de desperdicio surgido de las contingencias del proceso productivo (incluyendo tiempos muertos y paradas no programadas) y, a la vez, preservar la seguridad industrial con un monitoreo en tiempo real del estado de funcionamiento de la planta. Los robots y otras máquinas autónomas también forman parte de la transformación al interior de las industrias. La robótica permite un avance hacia las fábricas inteligentes, donde la conectividad y la automatización de tareas facilitan la gestión del proceso de producción. A esto se agrega el concepto de *manufactura aditiva*, que se acopla a la robótica para la fabricación de productos a partir de modelos virtuales, sin el uso de moldes preestablecidos.

En tercer lugar, el diseño y la organización productiva también se ven revolucionados a partir de las tecnologías de la información que se incorporan con el advenimiento de la industria 4.0. La digitalización permite simular la realidad a partir de representaciones de entornos virtuales, lo que posibilita pensar el funcionamiento y la configuración de las plantas productivas en su conjunto y mejorar el *layout* industrial de forma digital. De la misma forma, la realidad aumentada permite complementar el espacio de lo tangible con la proyección digital para facilitar el diseño de nuevos productos y la organización de los procesos industriales de forma flexible. En este sentido, la digitalización facilita y abarata la toma de decisiones al permitir el testeado virtual de forma previa.

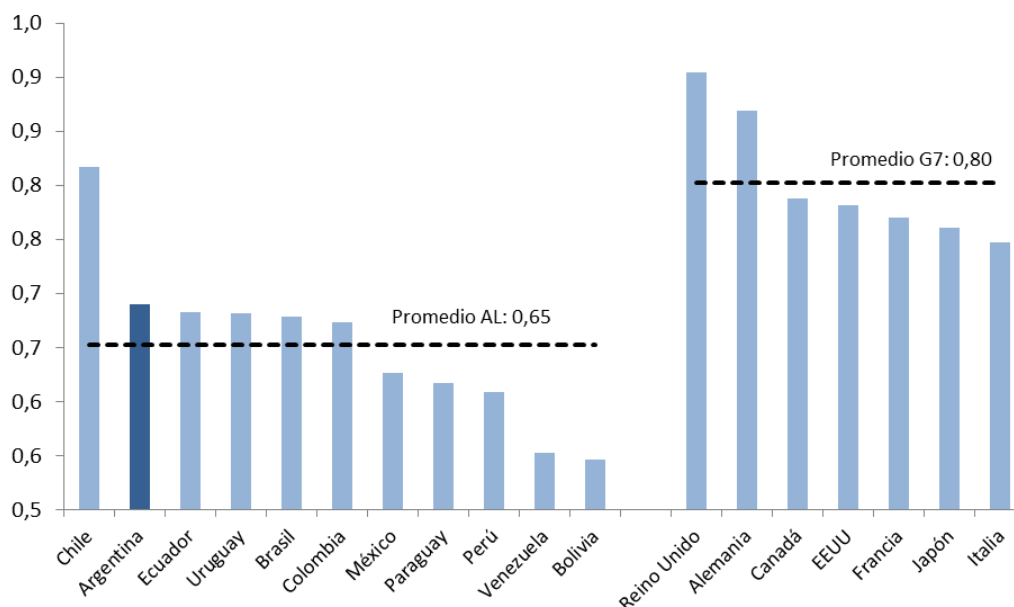
Si bien el modelo industrial 4.0 no está aún implementado de forma plena e integral en ninguna economía del mundo, la penetración de los sistemas tecnológicos previamente descriptos

en los países en desarrollo es mucho más limitado (y su adopción entre las empresas es mucho más heterogénea) que en las economías industriales más avanzadas. Para garantizar la provisión efectiva y el aprovechamiento pleno de las tecnologías involucradas, la difusión de estos sistemas requiere la existencia previa de ciertas capacidades sistémicas y no sólo de una decisión individual de adopción por parte de las empresas. Estas capacidades incluyen, entre otras, un umbral mínimo de infraestructura (incluyendo una conectividad digital estable y veloz), la existencia de canales fluidos para la vinculación interorganizacional y la vigencia de entornos macroeconómicos e institucionales relativamente estables. La limitada existencia de estos activos sistémicos en Latinoamérica ayuda a entender la razón por la que la incorporación de los sistemas tecnológicos característicos del modelo 4.0 se manifiesta como un proceso incompleto y desarticulado en la región. A su vez, la superación de estas deficiencias constituye un desafío urgente para impulsar procesos difundidos de aprendizaje productivo y tecnológico.

El panorama observado en la Argentina no escapa al contexto del escenario regional. Al respecto, resulta significativo observar los principales resultados de una encuesta reciente que se propuso determinar el alcance de la adopción actual –y el nivel esperado a futuro– de las nuevas tecnologías del modelo industrial 4.0 en el sector manufacturero argentino (UIA, CIPPEC, BID e INTAL, 2019). Un primer elemento significativo revelado por dicho estudio es que el grado de difusión de las tecnologías 4.0 en la industria argentina es todavía muy bajo (las utilizan menos del 10% de las firmas encuestadas y ni siquiera ese porcentaje de empresas lo hace de forma integrada); un segundo punto relevante y complementario del anterior es que en la mayoría de las empresas predominan las tecnologías de primera y segunda generación; y un tercer aspecto llamativo –y preocupante– es que más del 60% de las firmas industriales consultadas dice no estar tomando ninguna acción tendiente a incorporar tecnologías 4.0 (ibíd., pág. 27 y sgtes.). Estos hallazgos complementan los de otra encuesta reciente que identificó tendencias similares sobre el alcance de las tecnologías 4.0 en la matriz productiva argentina y encontró que dos de cada tres empresarios se manifestaba reactivo a invertir en dichas tecnologías por la incertidumbre derivada de un entorno de alta volatilidad económica (Boston Consulting Group, 2018).

Si bien no existen aún bases de datos con indicadores homogéneos que hagan posible comparar la adopción integral de las tecnologías 4.0 entre países, una manera indirecta y simple de aproximarse a las diferencias de alcance en la digitalización de la actividad productiva consiste en observar los resultados del índice de adopción digital de las empresas elaborado por el Banco Mundial. El indicador en cuestión varía entre un mínimo de 0 y un máximo de 1 y surge como el promedio simple de cuatro subcomponentes básicos: la proporción de empresas con página web en cada economía; la cantidad de servidores seguros; la velocidad media de descarga de datos; y el alcance de la cobertura 3G en cada país. El Gráfico 1 presenta los resultados del índice de adopción digital empresarial en Argentina y la región latinoamericana en relación al escenario existente en las economías avanzadas (representadas en la figura por el G7). Como se ve, pese a que nuestro país –con un coeficiente de 0,69 en el año 2016– figura en segundo lugar dentro del escenario regional, está aún lejos del promedio observado en los países desarrollados.

Gráfico 1. Índice de adopción digital de las empresas de América Latina y el G7 – Año 2016



Fuente: Banco Mundial

Finalmente, vale la pena poner estos resultados en un contexto más amplio. El alcance parcial y fragmentado de la digitalización productiva en la Argentina se enmarca en un entorno de escasa inversión innovativa realizada en la órbita empresarial, incluso si se lo analiza en relación a lo que sucede en otros países emergentes. De acuerdo a la información oficial compilada por la UNESCO, en la Argentina tan solo una quinta parte de la inversión total en I+D se realiza en el ámbito de las empresas (el grueso de la I+D en el país se lleva a cabo en la órbita estatal y en las Universidades). La proporción de I+D realizada en el espacio empresarial, en cambio, se ubica por encima del 50% en el promedio de los países emergentes y alcanza extremos superiores al 70% en economías como Tailandia, Hungría o China. Asimismo, si se observa la evolución de mediano plazo de este indicador no se encuentran perspectivas alentadoras. Durante los últimos 20 años, a diferencia de lo sucedido en otros países emergentes dinámicos en materia tecnológica, en la Argentina no se produjo un aumento sino una reducción (del 26% al 21%) en la participación empresarial dentro de la ejecución total del gasto en I+D a nivel nacional. Es evidente que esta inercia negativa debe ser alterada a fin de impulsar el desarrollo tecnológico del tejido empresarial y lograr una difusión gradual del paradigma productivo referenciado en la industria 4.0.

3. La industria 4.0 en el contexto provincial

En esta subsección se identifican algunos desafíos y limitaciones comunes que enfrentan las empresas que integran la trama productiva bonaerenses para avanzar en la adopción actual (o la capacidad de hacerlo a futuro) de los distintos sistemas tecnológicos y rutinas organizacionales que componen el paradigma de producción 4.0. En este informe, dicho diagnóstico se circunscribe a la producción industrial propiamente dicha, es decir, al sector manufacturero que elabora bienes tangibles; por sus características, dicho sector productivo se destaca en el mundo como uno de los principales centros gravitatorios para la adopción y el uso de las innovaciones tecnológicas 4.0.

Como se anticipó en la introducción, la confección de esta sección tiene como principales soportes estadísticos (en términos cuantitativos y cualitativos) a la Encuesta Nacional de Dinámica de Empleo e Innovación 2010-2012 (en adelante, ENDEI), realizada por el ex Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva y el ex Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social de la Nación, y a la Clínica Tecnológica (ClinTEC) del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación de la Provincia de Buenos Aires. Formalmente, ninguno de los dos operativos posee representatividad muestral para el espacio de la Provincia de Buenos Aires, sino que deben ser entendidos como paneles de empresas ubicadas en territorio bonaerense. El panel de la ENDEI utilizado está integrado por 1202 empresas industriales de todos los sectores de actividad ubicadas en la provincia de Buenos Aires (985 de las cuales son PyMEs y 217 grandes). El panel de la ClinTEC está compuesto por 355 empresas (en su gran mayoría industriales) de 14 sectores productivos. Como se dijo antes, dada la limitada información disponible, ambos paneles constituyen una fuente de información muy valiosa para el objeto de estudio que aquí se analiza. La información examinada permitió elaborar un diagnóstico acerca de la difusión y el alcance de la tecnología novedosa en las firmas industriales de la provincia y las principales barreras para la penetración de las tecnologías 4.0 en la trama productiva provincial.

Como es sabido, la trama industrial bonaerense comprende una muy amplia gama de actividades, las cuales generalmente alcanzan una relevancia protagónica en el plano nacional. Sin embargo, se trata de un complejo industrial fuertemente heterogéneo, tanto en la comparación intersectorial como en la intrasectorial. Entre los distintos subsectores existentes se observan divergencias estructurales sustantivas en variables tales como el tamaño de las empresas, el nivel medio de productividad, el grado de inserción exportadora y la relación entre la presencia de empresas nacionales y transnacionales. A la vez, al interior de cada subsector industrial se observan grandes asimetrías en las rutinas productivas, tecnológicas y organizacionales vigentes, lo cual determina un panorama dispar en las potenciales capacidades de absorción de los sistemas tecnológicos característicos del modelo industrial 4.0.

A pesar de esto, y en un cierto nivel de generalidad, existen algunos desafíos y limitaciones comunes en relación a la absorción de tecnologías 4.0 por parte de las empresas industriales bonaerenses. Un primer aspecto reiterado entre los empresarios manufactureros de la provincia pasa por la necesidad de profundizar las soluciones tecnológicas que ofrece el espacio de las TICs. La introducción de herramientas provenientes de los sistemas tecnológicos del paradigma TIC no se encuentra limitada a la optimización de los procesos productivos. Los empresarios bonaerenses identifican un potencial aún mayor de la incorporación de TICs para ingresar a nuevos mercados, tanto locales como externos, y para incrementar su presencia en aquellos mercados en los que la firma ya opera. En el modelo 4.0, esto es posible no solo por un incremento de la productividad o un mayor control de los procesos internos a la empresa, sino también por el cumplimiento de las normativas y estándares exigidos a los productos u otras exigencias de la demanda, aspectos que cobran cada vez más relevancia en los patrones de consumo a nivel global y que exigen una mayor capacidad de adaptación por parte de los productores.

Las empresas bonaerenses también manifiestan que las tecnologías 4.0 ofrecen potencial para realizar otras transformaciones requeridas a nivel *intra-firma*. En tal sentido, se menciona el desafío de mejorar la calidad de los productos, elevar los estándares que definen a los procesos productivos y reducir los costos por distintas vías.

Por otro lado, también resulta destacable la funcionalidad que hallan en las herramientas de *software* para mejorar aspectos de organización administrativa y gestión financiera, tanto hacia

adentro de las propias empresas como en la relación con otras firmas e instituciones, a fin de facilitar la gestión, reducir tiempos muertos y optimizar planes futuros de producción.

Sin embargo, las empresas enfrentan distintas limitaciones que dificultan la introducción de los modos de producción 4.0. En particular, algunas de las soluciones TIC resultan costosas y se encuentran muchas veces fuera del alcance de las PyMEs. Por su mayor fragilidad y su menor holgura crediticia, las PyMEs sufren más los vaivenes económicos y tienen menores posibilidades de acceder al financiamiento necesario para adquirir soluciones tecnológicas modernas. Por otro lado, la propia forma de organización “micro” de muchas firmas industriales induce mayores dificultades para la adopción de soluciones TICs: dado que muchas PyMEs no cuentan con un área y con personal específicamente dedicado a las soluciones de informática y sistemas (sino que se manejan con operarios “polifuncionales” que ejercen éstas y otras tareas) las empresas bonaerenses de menor tamaño se suelen ver limitadas para avanzar en una incorporación integral de herramientas TICs que den soporte a la producción. Así, pese a la mayor flexibilidad potencial que otorgan las nuevas tecnologías, el superar una cierta escala mínima eficiente continua siendo un principio básico de supervivencia y desarrollo empresarial. De esta forma, existe el riesgo de que las diferencias sustanciales de tamaño profundice la brecha tecnológica al interior del sector productivo bonaerense y refuerce las desiguales capacidades para avanzar hacia el modelo 4.0.

Lo anterior queda particularmente expuesto cuando se analiza la tecnología utilizada en los procesos productivos por parte de las empresas de la provincia. La automatización de procesos es ejecutada sólo parcialmente y cerca de un 40% de las PyMEs bonaerenses no cuentan con tecnología de este tipo en ningún eslabón de la producción. Si bien no todos los procedimientos son automatizables, los productores manifiestan una necesidad de avanzar en un mayor grado de automatización en distintas etapas de sus procesos de producción, pero dichas necesidades se ven obstruidas por las problemáticas mencionadas anteriormente.

En particular, se observa que la utilización *software* para la gestión y la planificación de la producción es infrecuente y que los registros estadísticos —en las pocas firmas que los producen— suelen realizarse de forma manual, lo cual limita la circulación fluida de información útil al interior de las empresas y las ventajas de la automatización inteligente (se volverá sobre estos puntos más adelante). En general, las primeras aproximaciones por parte de las firmas bonaerenses al uso de herramientas de *software* para informatizar la gestión de la actividad económica suelen darse a través de la implementación de sistemas enlatados para tareas administrativas-contables y, en menor medida, para la gestión de pedidos e inventarios. Lo mismo se observa cuando se analizan las relaciones productivas *inter-firma*: éstas suelen apoyarse en métodos y registros manuales y la utilización de *software* para la integración de procesos entre proveedores y clientes es escasa.

Otra característica repetida consiste en que, en general, el parque informático de las empresas locales se encuentra relativamente desactualizado (la incidencia de este factor es mayor en algunos sectores, como el textil, y menor en otros, como el metalmecánico). Tal como se explicó anteriormente, los problemas de escala de las PyMEs representan una importante barrera a la actualización informática y la incorporación de tecnología 4.0 en las maquinarias y equipos utilizados. Un parque informático desactualizado, a su vez, limita las posibilidades de incorporar de forma masiva sensores o utilizar el *IIOT* para automatizar procesos y controlar el funcionamiento de las máquinas. Así, uno de los componentes clave de la lógica industrial 4.0 se encuentra muy poco difundido y más de la mitad de las empresas no lo identifica como una mejora prioritaria. El mantenimiento de las plantas productivas también revela un anacronismo, en tanto más de la mitad de las empresas no tiene planes de mantenimiento preventivo; entre las que sí lo tienen muy pocas usan *software* para brindar mayor precisión a dicho mantenimiento.

En cuanto a la calidad del producto, se observa en general que las industrias bonaerenses suelen llevar adelante procesos de control relativamente efectivos. La inspección de recepción de los insumos, de los procesos internos y de la producción final está generalizada. También lo está la trazabilidad a lo largo de las distintas etapas, aunque los métodos utilizados en algunos casos son informales. En tal sentido, se observa que tanto el control de calidad como la trazabilidad de las materias primas se suele realizar sin la asistencia de *software* específico, lo que se constituye en un déficit que la industria necesita superar para avanzar hacia prácticas de frontera tecnológica.

Por otro lado, el camino hacia el modelo 4.0 no implica tan solo transformaciones que se reflejan en el capital físico o las tecnologías “duras” de la firma, sino que también requiere una importante inversión en capital humano para que las distintas mejoras tecnológicas puedan ser absorbidas al máximo y adaptadas a las necesidades de cada empresa. En tal sentido, un factor clave a tener cuenta es la “capacitación digital” de los trabajadores. Las diferencias entre las firmas respecto a la realización habitual de capacitaciones de este tipo para su personal se constituye como un factor clave para comprender las heterogeneidades en las capacidades de integración al modelo industrial 4.0. A este respecto, el escenario industrial bonaerense presenta dos rasgos estilizados. El primero, nuevamente, nos conduce a trazar una distinción según el tamaño de las empresas: la organización de cursos para la capacitación digital del personal es relativamente habitual en las empresas de mayor tamaño y representa un diferencial (en relación al grueso de las PyMEs) que posteriormente otorga una mayor capacidad de adopción de las herramientas 4.0. El segundo se refiere a que se suele priorizar la formación digital del personal dedicado a las tareas de administración en desmedro del personal encargado de la gestión de la producción, lo cual se ve reflejado en los desiguales niveles de incorporación de *software* en los distintos espacios organizacionales al interior de las firmas (se retomarán estos puntos en la sección siguiente).

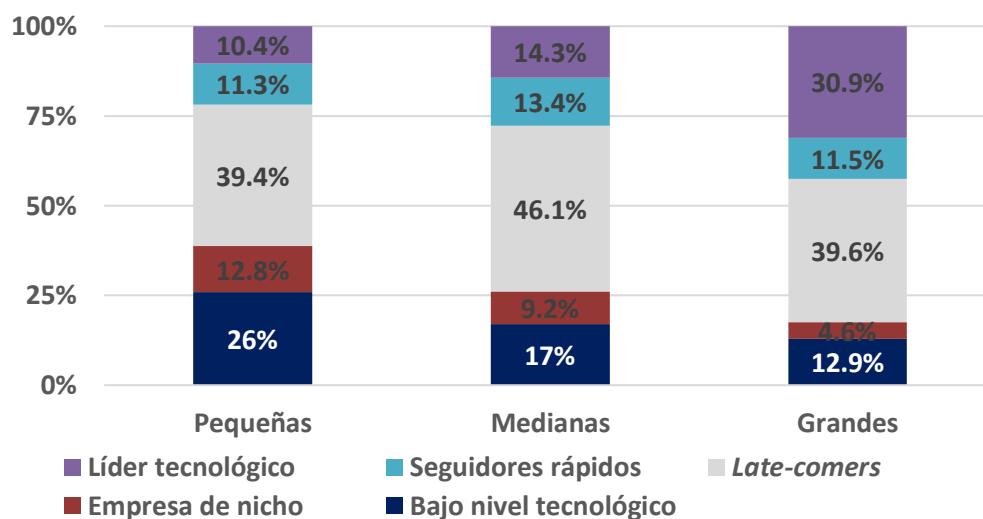
Vale la pena reforzar la importancia de los hallazgos mencionados previamente. Una de las principales ventajas involucradas en el modelo industrial 4.0 es la posibilidad de personalizar o particularizar las soluciones tecnológicas (*customized technologies*) y adaptarlas a las necesidades y rutinas organizacionales específicas de cada empresa. De esta manera, una parte central de la “formación 4.0” de los recursos humanos se debe realizar ineludiblemente dentro de los límites de la propia empresa. Dado que la formación digital de los trabajadores es una parte inherente al aprovechamiento efectivo de sistemas tecnológicos avanzados, la ausencia de planes habituales de este tipo de capacitación en una parte sustancial de la trama PyME bonaerense representa una barrera trascendente para inducir un salto tecnológico en la producción fabril de la provincia.

Finalmente, debe advertirse que la capacitación digital de los recursos humanos no debe ser interpretada como un flujo unidireccional de conocimiento en el que los trabajadores adoptan un rol de receptores pasivos. Por el contrario, una característica distintiva del paradigma 4.0 es el involucramiento activo de los trabajadores para inducir procesos de mejora continua. La participación activa de los recursos humanos y el uso de tecnologías avanzadas de gestión del conocimiento *intra-firma* estimula los saberes intangibles (*know-how*) de la empresa y las ganancias de productividad derivadas del *learning by doing*. Esto, a su vez, potencia la innovación incremental entre los líderes tecnológicos, mientras que lo contrario sucede con los productores más rezagados que desatienden la gestión del conocimiento al interior de la empresa. En el marco del modelo tecnológico 4.0 la gestión del conocimiento en cada una de sus etapas (generación de nueva información útil, almacenamiento y reutilización) es asistida por herramientas inteligentes. En este sentido, tal como se discutirá con mayor detalle en la subsección siguiente, se observa que el tejido industrial bonaerense presenta una limitación significativa en cuanto a la penetración de rutinas organizacionales y herramientas digitales modernas para gestionar el conocimiento *intra-firma*. Y, nuevamente, las diferencias entre empresas grandes y PyMEs son muy marcadas.

4. Información estadística

Tal como se dijo, la provincia de Buenos Aires cuenta con una estructura industrial amplia pero heterogénea, donde coexisten empresas de diferentes tamaños y capacidades tecnológicas y productivas muy dispares. Como revela el Gráfico 2, esta heterogeneidad se ve reflejada incluso en la percepción tecno-productiva que las empresas bonaerenses tienen sobre sí mismas.

Gráfico 2. Posición tecnológica con que se autoidentifican las empresas industriales bonaerenses. Años 2010-2012



Fuente: elaboración propia en base a ENDEI

De acuerdo a los resultados observados, sólo el 10% de las pequeñas firmas industriales de la provincia de Buenos Aires se identifica a sí mismas como líderes tecnológicos; esa proporción crece al 22% si se incluye además a los que se consideran seguidores rápidos en materia tecnológica. Estas dos categorías sumadas alcanzan una proporción del 27% entre las medianas y llega al 42% entre las grandes empresas (recuérdese que el 82% de las empresas incluidas en el panel de la ENDEI analizado son PyMEs). La mayor parte de los industriales bonaerenses –en los tres tramos de tamaño– se autoposiciona en un lugar intermedio en materia tecnológica; en efecto, aquellos que innovan tardíamente y deciden incorporar tecnologías una vez que las mismas están maduras (*late-comers*) representan casi el 40% entre las pequeñas empresas, el 46% entre las medianas y el 40% entre las grandes. A su vez, un dato significativo es que una de cada cuatro empresas industriales pequeñas de la provincia de Buenos Aires se autoidentifica como de bajo nivel tecnológico.

Por su parte, el Gráfico 3 presenta las principales barreras internas (i.e. específicas de las empresas) que las industrias bonaerenses señalaron como limitante para llevar adelante procesos de innovación tecnológica. Algo más del 36% de las firmas del panel considera que el alto costo de la innovación en productos o procesos es el principal factor que dificulta el avance tecnológico. En segundo lugar, casi un 23% sostiene que la falta de personal calificado constituye una barrera relevante para innovar, aspecto que refleja que la incorporación de tecnología no necesariamente persigue una sustitución inmediata de mano de obra, sino que los recursos humanos calificados

resultan complementarios de (y necesarios para) los procesos de innovación. Por su parte, algo más de una de cada cinco empresas manifiesta insuficiencias de escala mínima para que la innovación resulte provechosa, mientras que un porcentaje similar menciona que los retornos esperados de la inversión innovativa resultan demasiado largos para la firma. Ambos factores, como así también el primero de los mencionados, ponen de manifiesto la importancia de las líneas de financiamiento específicas para promover la innovación empresarial.

Gráfico 3. Barreras internas para la innovación identificadas por las empresas industriales bonaerenses. Años 2010-2012

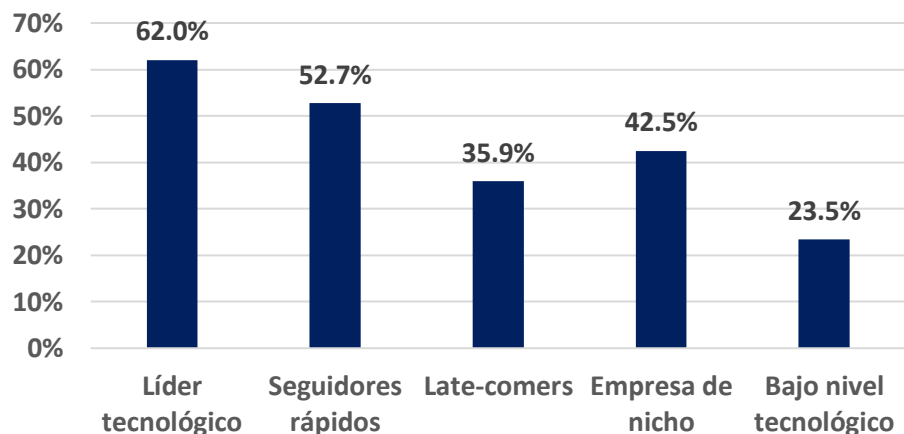


Fuente: elaboración propia en base a ENDEI

Un aspecto significativo es que existe una variación limitada en la identificación de estas barreras de acuerdo al tamaño o la posición innovadora autopercebida. Entre las diferencias más relevantes se observa que casi uno de cada cuatro de los líderes innovadores y las empresas de nicho encuentran una barrera importante en la falta de proveedores especializados, mientras que solo el 14% de las firmas seguidoras, tanto rápidas como *late-comers*, identifica en dicho aspecto una barrera a la innovación.

Cuando se considera si, en los hechos, las empresas realizaron o no innovaciones, surgen desigualdades significativas según tamaño y autopercepción de las firmas en materia tecnológica. Esto se ve particularmente reflejado en el alcance dispar que muestran las actividades de investigación y desarrollo (I+D) realizadas internamente por las empresas con el objetivo de generar o aplicar nuevos conocimientos (Gráfico 4). Como se ve, el 62% de las firmas que se autoperciben como líderes tecnológicas en su sector realiza actividades de I+D; esa proporción desciende en el resto de los segmentos hasta alcanzar un mínimo del 23% entre quienes se autodefinen como empresas de bajo nivel tecnológico.

Gráfico 4. Esfuerzos de innovación en I+D realizados por las empresas industriales bonaerenses según la posición tecnológica con que se autoidentifican. Años 2010-2012

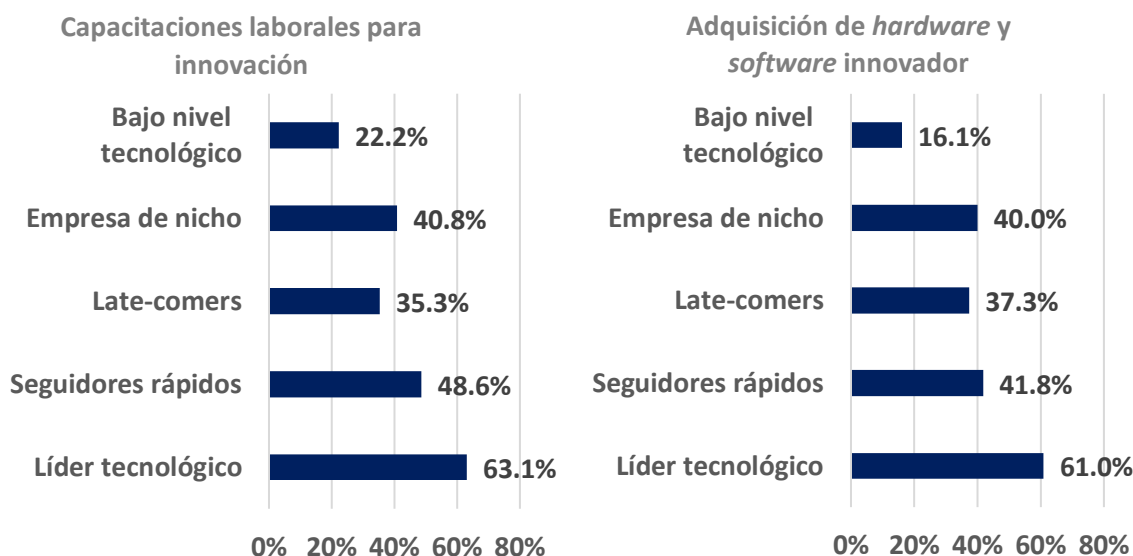


Fuente: elaboración propia en base a ENDEI

Tal como fuera dicho, dos aspectos específicos que resultan clave en el modelo industrial 4.0 son la capacitación del personal de la firma para la introducción de innovaciones tecnológicas y la incorporación de herramientas novedosas de *hardware* y *software* a la actividad productiva. El Gráfico 5 permite apreciar la disparidad que existe en ambos aspectos dentro del empresariado manufacturero bonaerense, disparidad que refleja la heterogeneidad productiva y tecnológica que fuera mencionada. Dentro del reducido grupo de empresas que se autodefinen como líderes tecnológicas, el 63% y el 61% realizó acciones innovativas para la capacitación tecnológica de su personal y para adquirir *hardware* o *software* novedoso, respectivamente. La participación de quienes realizaron estos esfuerzos de innovación se reduce significativamente en el resto de los grupos hasta alcanzar un mínimo del 22% y el 16%, respectivamente, entre las firmas que se autoidentifican como de bajo nivel tecnológico.

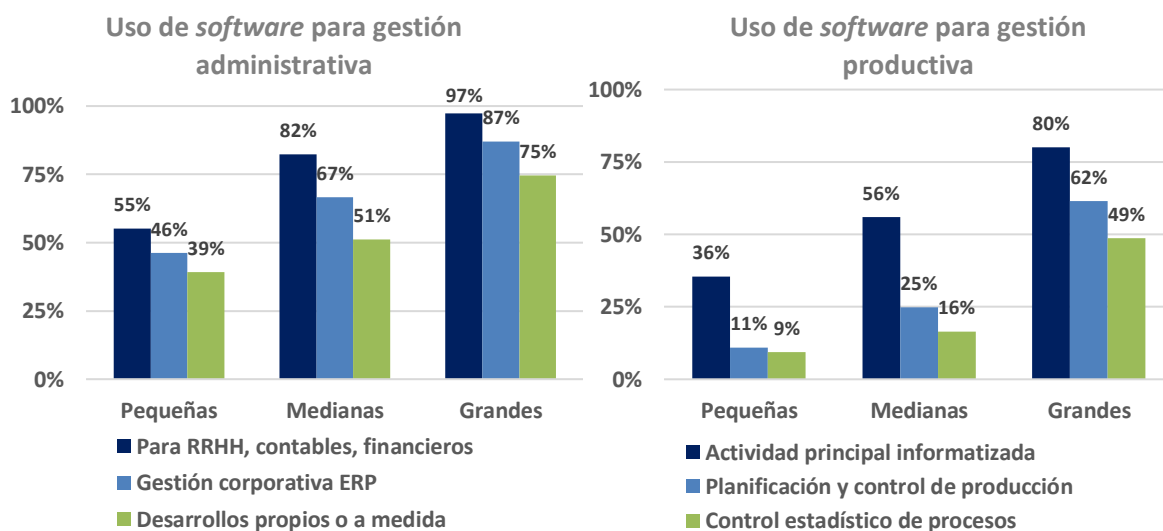
También existen diferencias respecto al tipo de *software* que las empresas adquieren y la intensidad con que lo utilizan, un punto de relevancia en el marco del modelo 4.0. Como se dijo en la sección anterior, el tipo de *software* más difundido entre las firmas bonaerenses está asociado a la gestión administrativa. El Gráfico 6 revela que un 55% de las pequeñas industrias de la provincia cuenta con *software* para gestión contable, financiera y de recursos humanos; además, un 39% tiene sistemas propios o realizado de acuerdo a sus necesidades. Para las empresas de mayor tamaño, por su parte, las herramientas de *software* administrativo son de uso virtualmente universal (97%) y tres de cada cuatro firmas cuentan con desarrollos a medida. Por su parte, el *software* para gestión ERP (*Enterprise Resource Planning*), programas de asistencia integral en la administración empresarial, están ausentes en más de la mitad de las empresas bonaerenses pequeñas; dos terceras partes de las firmas medianas cuentan con este tipo de *software* y, en el caso de las grandes, la cobertura es del 87%.

Gráfico 5. Esfuerzos de innovación en capacitación y en la adquisición de *hardware* y *software* realizados por las empresas industriales bonaerenses según la posición tecnológica con que se autoidentifican. Años 2010-2012



Fuente: elaboración propia en base a ENDEI

Gráfico 6. Adopción de sistemas de *software* para gestión administrativa y productiva en las empresas industriales bonaerenses según tamaño de las empresas. Años 2010-2012



Fuente: elaboración propia en base a ENDEI

El Gráfico 6 muestra que las mayores limitaciones (y las mayores heterogeneidades) en la utilización de *software* aparecen en una dimensión que, como se dijo antes, resulta crítica dentro del paradigma 4.0: el *software* que es aplicado específicamente al proceso productivo, incluyendo el control estadístico de las operaciones. Es allí donde se observan las mayores barreras para la plena informatización de las industrias de la provincia, muy especialmente en el segmento de las

PyMEs. Solamente el 36% de las empresas industriales pequeñas declara tener informatizada (al menos parcialmente) su principal actividad productiva, proporción que en el caso de las medianas es del 56%. Obsérvese que, incluso, dos de cada diez firmas industriales grandes no cuentan con una gestión informatizada de su línea central de producción.

Además, entre aquellas firmas que sí tienen informatizado su proceso de producción el porcentaje de cobertura de dicha informatización varía. En tres de cada cuatro firmas industriales grandes con su proceso productivo informatizado, el grado de informatización del mismo es superior al 50%. En cambio, en las PyMEs que declaran tener el proceso productivo parcialmente asistido y controlado por *software*, únicamente un 40% alcanza un grado semejante de cobertura informatizada. Para un 27% de las PyMEs industriales de la provincia con informatización parcial del proceso productivo, el grado de asistencia y control por *software* no llega a un cuarto de las tareas de producción.

Asimismo, las industrias bonaerenses exhiben particulares limitaciones en su capacidad de incorporar *software* para control estadístico de procesos y para planificar la producción, aspectos tecnológicos esenciales para avanzar en el modelo 4.0. Incluso entre las grandes empresas más de la mitad no utiliza *software* para llevar a cabo un análisis estadístico de su proceso productivo y un 38% no planifica ni controla la producción con *software* específico (Gráfico 6). Como es evidente, estas proporciones son mucho menores en el segmento de las PyMEs. Por caso, solo una de cada cuatro industrias bonaerenses de tamaño mediano y una de cada diez de tamaño pequeño planifican su producción a través de *software*. Y menos de un 10% de las industrias pequeñas realiza un control estadístico de sus procesos productivos con herramientas informáticas. Estas diferencias entre las empresas de distinto tamaño se reflejan, a su vez, en la existencia o no de áreas específicas dentro de las firmas que se dediquen a gestionar los sistemas de *software* y las TICs. Mientras que un 72% de las grandes empresas industriales cuentan con un área y recursos humanos destinados específicamente a estas tareas, entre las PyMEs bonaerenses esa proporción se reduce a solo el 15%.

Entonces, resumiendo lo que estos resultados nos muestran en relación a algunos de los estándares centrales del modelo 4.0, puede decirse que dentro del tejido industrial bonaerense se ha conformado una brecha tecnológica particularmente amplia en cuanto a la desigual inversión en formación de los recursos humanos para la innovación, o “capacitación digital”, y también en lo que hace a la adopción y uso dispar de *software* específico para la gestión, planificación y control del proceso productivo, incluyendo el monitoreo digital y análisis estadístico del mismo.

Como se ha venido discutiendo hasta aquí, uno de los puntos constitutivos del paradigma industrial 4.0 se vincula a que las empresas puedan ejecutar un salto exponencial en su capacidad de análisis y explotación de datos relativos al proceso productivo (también en sus vínculos con proveedores y clientes, a lo que nos referiremos más adelante). La necesidad de contar con datos precisos de la producción no es nueva (por caso, el método de producción toyotista de la década de 1970 acentuó este punto en relación a las prácticas vigentes hasta entonces), pero el grado de uso de la información que contempla el universo 4.0 no guarda proporción con nada conocido en el pasado.

Una de las formas principales, como se dijo en la sección 2, en las que esta información se genera está vinculada a la proliferación de sensores digitales en distintas etapas del proceso, a fin de transmitir una “huella” o “trazo digital” pormenorizado de cada paso del proceso productivo de la firma. Sin embargo, también es necesario maximizar el uso de “tecnologías blandas”, vinculadas a las rutinas organizacionales que definen las prácticas interactivas entre los equipos de trabajo y

las estrategias para generar, codificar y transmitir información útil para la empresa. Resulta por ello relevante examinar la capacidad de las empresas industriales bonaerenses para gestionar el conocimiento y la información al interior de la propia firma.

La ENDEI ofrece información al respecto al indagar sobre: i) las prácticas que se utilizan para generar conocimiento útil para la toma de decisiones; ii) la forma de sistematizar o codificar los conocimientos que circulan al interior de la organización; y iii) la capacidad para distribuirlos y compartirlos entre los equipos de trabajo. A continuación, los Cuadros 1, 2 y 3 resumen los resultados encontrados y permiten esbozar ciertas tendencias estilizadas.

Cuadro 1. Gestión interna de la generación de conocimiento en las empresas industriales bonaerenses. Años 2010-2012

Rutinas organizacionales implementadas para generar conocimientos dentro de la empresa	Tamaño de empresa	
	PyMES	Grandes
Se estimula a los RRRHH a desarrollar procesos de mejora continua	51,6%	65,9%
La empresa tiene una estructura organizacional flexible y adaptativa a diferentes proyectos	61,2%	69,1%
Se fomentan reuniones de trabajo colaborativas para proponer nuevas formas de hacer las cosas	50,5%	75,6%
Se usan herramientas informáticas colaborativas para generar conocimiento	13,8%	31,8%

Fuente: elaboración propia en base a ENDEI

Cuadro 2. Gestión interna de la codificación y almacenamiento de conocimiento en las empresas industriales bonaerenses. Años 2010-2012

Rutinas organizacionales implementadas para codificar y almacenar conocimientos en la empresa	Tamaño de empresa	
	PyMES	Grandes
Los procedimientos críticos están especificados (documentados) en manuales	44,6%	73,7%
Los manuales se actualizan acompañando los cambios en los procedimientos de trabajo	37,9%	63,8%
Se usa software específico para realizar el proceso de documentación de información	21,7%	63,0%
Se cuenta con una "biblioteca" de documentos, manuales, etc. relevantes para la actividad	35,4%	55,0%
Se cuenta con bases de conocimientos informatizados o sistemas expertos	19,3%	38,0%

Fuente: elaboración propia en base a ENDEI

Cuadro 3. Gestión interna de la difusión de conocimiento en las empresas industriales bonaerenses. Años 2010-2012

Rutinas organizacionales utilizadas para la difusión de conocimientos útiles para la toma de decisiones	Tamaño de empresa	
	PyMES	Grandes
Los empleados pueden contactar expertos internos y externos a la empresas para realizar consultas	49,7%	75,1%
Se elaboran informes periódicos con novedades que se distribuyen a todo el personal	16,4%	47,0%
Existen empleados que participan en varios equipos y actúan como enlace entre ellos	31,9%	62,2%
Se usan sistemas y herramientas informáticas inteligentes	5,9%	29,5%

Fuente: elaboración propia en base a ENDEI

En primer término, se observa que las prácticas organizacionales “blandas” en relación a la gestión del conocimiento al interior de las organizaciones exhiben una cierta difusión al interior de las empresas industriales bonaerenses, incluso en el segmento de las PyMEs. Por caso, cerca de la mitad de las pequeñas y medianas empresas industriales consultadas declaran que promueven entre sus trabajadores el desarrollo de procesos de mejora continua; que realizan encuentros periódicos de intercambio colaborativo para analizar y proponer mejoras en las forma de realizar las tareas; y que existen canales habituales de comunicación para que los empleados contacten a expertos internos y externos a la organización para recabar información. Esperablemente, en el caso de las empresas más grandes, la proporción de firmas que declara contar con este tipo de prácticas crece hasta ubicarse en un rango próximo al 65%-75%.

Sin embargo, la existencia de rutinas más formales para gestionar la creación, codificación y circulación de conocimientos novedosos para la firma es mucho menor. Por caso, solo el 38% de las PyMEs (el 64% en el caso de las empresas grandes) cuentan con manuales actualizados para documentar los cambios en los procedimientos de trabajo. Y menos de un 20% de las PyMEs (algo menos de la mitad de las grandes) elabora y circula de forma periódica informes con novedades relevantes de la empresa entre los empleados.

Finalmente, se observa que las tecnologías más modernas y sistematizadas que integran el paradigma 4.0 para gestionar el conocimiento de la organización –aquellas asociadas al uso de herramientas informáticas inteligentes– tienen un muy escaso grado de penetración en el tejido industrial bonaerense. Esperablemente, este hecho resulta particularmente notorio en el caso de las PyMEs. Más del 85% de estas empresas no cuenta con herramientas informáticas colaborativas para generar nuevo conocimiento útil para la organización. Más del 80% no usa sistemas expertos para codificar y almacenar experiencias novedosas en el ámbito del proceso productivo a fin de ser utilizadas en el futuro (un “sistema experto” es un *software* creado para reproducir el proceso secuencial de aprendizaje, razonamiento, decisión y acción de un experto humano). Debe tenerse en cuenta que, en la órbita de las tecnologías 4.0, y en particular en lo que hace a la inteligencia artificial, los sistemas expertos constituyen una pieza relevante. Otro ingrediente de la inteligencia artificial aplicada a procesos de producción son los sistemas o herramientas inteligentes (como los “almacenes de datos” o los agentes inteligentes de diagnóstico). De la información analizada, se desprende que solamente seis de cada cien PyMEs bonaerenses cuenta con este tipo de sistemas para la toma de decisiones.

El Cuadro 4 profundiza el análisis sobre la difusión de tecnologías 4.0 aplicadas a la gestión de conocimiento. Allí se observa la incidencia de los sistemas o herramientas informáticas para generar, codificar y difundir conocimiento e información al interior de las organizaciones de acuerdo al grado de desarrollo tecnológico autopercebido por cada empresa. En primer término se ve que, predeciblemente, la difusión de las herramientas informáticas de gestión del conocimiento es menor a medida que la autopercepción de la empresa se aleja de la posición de frontera. Sin embargo, el resultado más interesante consiste en que el grado de adopción de herramientas informáticas para gestionar el conocimiento de manera intraorganizacional es muy limitado aun en aquellas empresas que se perciben como líderes tecnológicos. Más del 55% de las firmas que se definen de esa forma carecen de *software* específico para documentar el conocimiento que se genera intraorganizacionalmente y una proporción similar no cuenta con sistemas expertos para codificar y procesar conocimiento. Asimismo, tres de cada cuatro empresas industriales que se consideran líderes tecnológicos no tienen sistemas o herramientas inteligentes –herramientas que, como se dijo, integran la inteligencia artificial aplicada a procesos– para analizar información conducente a la toma de decisiones.

Cuadro 4. Grado de adopción de sistemas y herramientas informáticas para la gestión del conocimiento entre las empresas industriales bonaerenses. Años 2010-2012

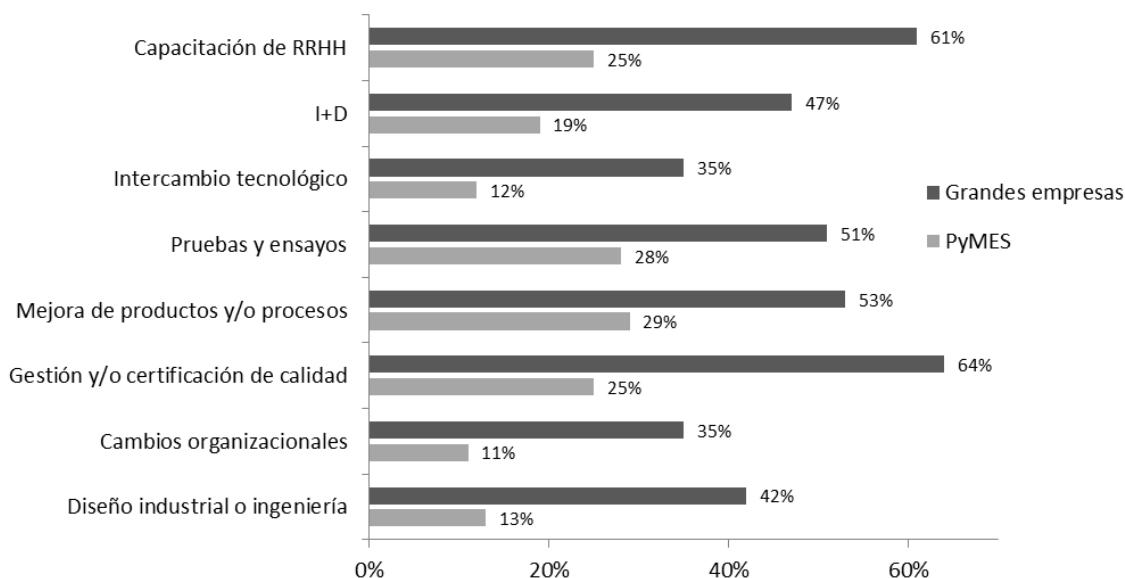
Sistemas o herramientas informáticas aplicadas a la gestión del conocimiento	Identificación tecnológica autopercebida				
	Líder tecnológico	Seguidores rápidos	Late-comers	Empresa de nicho	Bajo nivel tecnológico
Se usan herramientas informáticas colaborativas para generar conocimiento	29,7%	20,7%	16,9%	15,3%	8,0%
Se usa software específico para realizar el proceso de documentación de información	43,0%	33,0%	26,0%	24,1%	18,2%
Se cuenta con bases de conocimientos informatizadas o sistemas expertos	43,2%	24,3%	22,2%	23,1%	9,7%
Se usan herramientas informáticas inteligentes para difusión de conocimientos	25,5%	12,0%	7,6%	9,5%	4,2%

Fuente: elaboración propia en base a ENDEI

Finalmente, vale la pena considerar un último punto que no ha sido tratado hasta aquí. La difusión y asimilación de las tecnologías que componen el modelo 4.0 no implica solamente un cambio de rutinas al interior de las empresas, sino que también comprende un cambio en las relaciones sistémicas interactivas, las cuales se despliegan bajo una lógica de red. En este sentido, un aspecto significativo de las capacidades de desarrollo tecnológico e innovativo de las empresas está relacionado a sus conductas de interacción o vinculación con otros actores o agentes del ecosistema tecnológico en el que la firma se desenvuelve. Esta lógica asume que el aprendizaje por interacción constituye un componente importante del desarrollo tecnológico y, por tanto, entiende que un mayor uso de los canales interactivos entre los distintos agentes del sistema de ciencia, tecnología e innovación (CTI) promueve y acelera la transferencia de conocimientos. La literatura especializada internacional tiende a confirmar esta idea a partir de diversos análisis de casos; un mayor nivel de vinculación tecnológica entre los actores empresariales y el resto de las instituciones (públicas y privadas) del entorno CTI mejora las capacidades empresariales para desarrollar, adaptar y absorber tecnologías y métodos productivos u organizacionales novedosos.

Los resultados de la ENDEI ofrecen información relevante para analizar algunas tendencias de la conducta de vinculación de las industrias bonaerenses con otros actores del sistema CTI, incluyendo a empresas del mismo grupo (o la casa matriz), otras firmas, Cámaras empresariales, Universidades, instituciones públicas de CyT (nacionales y provinciales), y programas públicos de apoyo a la innovación. A su vez, los objetivos de la vinculación relevados son múltiples, incluyendo la realización de I+D, intercambio tecnológico, gestión de calidad, cambios organizacionales, o la capacitación de recursos humanos, entre otros.

Gráfico 7. Proporción de empresas industriales bonaerenses con vinculación tecnológica (según objetivo de la vinculación). Años 2010-2012



Fuente: elaboración propia en base a ENDEI

El Gráfico 7 sintetiza los resultados encontrados. En primer término, de manera esperable, se observa que las grandes empresas exhiben una incidencia muy superior –entre dos y tres veces mayor, según el propósito de la interacción– en sus conductas de vinculación que las PyMES de la provincia. De acuerdo a estos resultados, en ninguno de los objetivos considerados la proporción de PyMES industriales bonaerenses con una conducta de vinculación tecnológica efectiva superó el 30%. En particular, resulta notable el bajo nivel de vinculación de las PyMES en relación a aquellos objetivos tecnológicos más “duros”, tales como la realización de actividades de I+D (19%), diseño industrial o ingeniería (13%) e intercambio tecnológico (12%). Más de la mitad de las grandes empresas bonaerenses, en cambio, usaron canales de interacción con otros agentes CTI con fines de pruebas y ensayos (51%), mejora de productos y procesos (53%), capacitación (61%) y gestión de calidad (64%).

Finalmente, el Cuadro 5 expone el grado de vinculación entre las empresas industriales bonaerenses y las Universidades e instituciones y programas públicos de la órbita CyT. Según se desprende de la información presentada, la vinculación de las industrias bonaerenses con el sector público (nacional y/o provincial) con propósitos tecnológicos es muy limitada, en especial en las PyMES; excepto en la interacción con instituciones públicas CyT para realizar pruebas y ensayos, la incidencia de la vinculación entre las PyMES bonaerenses y los organismos o programas estatales es menor al 10% y, en la mayoría de los casos, menor al 5%. En aquellos rubros tecnológicos más “duros”, la proporción de PyMES vinculadas con instituciones o programas públicos alcanzó un

máximo del 4% (I+D con instituciones públicas de CyT). En las industrias de mayor tamaño los vínculos con el sector público son algo más intensos. Una de cada cuatro firmas grandes manifestó haber establecido un vínculo con Universidades a fin de realizar tareas de capacitación tecnológica de sus recursos humanos y una proporción similar lo hizo con instituciones públicas de CyT con el objetivo de realizar pruebas y ensayos. La vinculación entre empresas grandes y las instituciones o programas públicos alcanzó una proporción máxima del 12% (I+D con instituciones públicas de CyT).

Cuadro 5
Gado de vinculación tecnológica de las empresas industriales bonaerenses con Universidades e instituciones y programas públicos. Años 2010-2012

Objetivo de la vinculación	Vinculación con Universidades		Vinculación con instituciones públicas CyT		Vinculación con programas públicos	
	PyMES	Grandes	PyMES	Grandes	PyMES	Grandes
Capacitación de RRHH	5,0%	25,3%	5,2%	15,2%	1,6%	3,2%
I+D	3,8%	11,5%	4,1%	12,4%	0,9%	1,8%
Intercambio tecnológico	1,1%	3,7%	1,9%	6,9%	-	-
Pruebas y ensayos	3,5%	12,4%	10,0%	24,0%	-	-
Mejora de productos y/o procesos	2,4%	5,5%	5,2%	10,1%	-	-
Gestión y/o certificación de calidad	1,2%	4,1%	7,0%	15,2%	1,1%	2,3%
Cambios organizacionales	-	-	-	-	0,4%	-
Diseño industrial o ingeniería	1,5%	3,7%	1,6%	3,2%	-	-

Fuente: elaboración propia en base a ENDEI

Para concluir esta sección, una aclaración sobre las potenciales divergencias del cuadro de diagnóstico esbozado en esta sección entre los distintos espacios del territorio bonaerense. La información proveniente de la ENDEI no permitió realizar ningún tipo de corte de naturaleza geográfica. Por su parte, la información de la ClinTEC sí ofreció esa alternativa, pero al comparar los diagnósticos tecnológicos sobre las empresas ubicadas en el conurbano bonaerense con los correspondientes a las empresas del resto de la provincia no se encontraron diferencias concluyentes en aspectos tales como la valoración de las TICs por parte de las firmas, el grado de utilización de software para la gestión productiva, o el control de calidad de los procesos. Sin embargo, es indudable que se requiere contar con información primaria más detallada y representativa en esta materia para evaluar con mayor certeza las potenciales disparidades regionales –y también sectoriales– en el grado de adopción de soluciones digitales por parte de las industrias bonaerenses y la disposición manifestada para avanzar en ese camino.

5. Principales problemáticas identificadas

Sobre la base de la bibliografía secundaria consultada y, esencialmente, del análisis de la información primaria proveniente de la ClinTEC y la ENDEI, se identifican a continuación una serie de áreas con potencial para intervenir desde la órbita CTI provincial en función de promover una difusión gradual del paradigma 4.0 entre las empresas industriales de la provincia. La identificación propuesta no debe ser interpretada como única y definitiva, sino como un punto de partida desde el cual sea posible proyectar nuevos espacios de intervención efectivos.

5.1 Ausencia de visión estratégica respecto a las potencialidades de las tecnologías 4.0

Un primer obstáculo de índole general que atenta contra la difusión de las tecnologías digitales que caracterizan al modelo industrial 4.0 pasa por la inexistencia de una definida visión empresarial estratégica respecto a las enormes potencialidades que estas tecnologías involucran y, a la vez, del riesgo que supone retrasar su incorporación al tejido productivo local. El modelo 4.0 es un proceso en marcha e imparable. En el marco de la creciente fragmentación productiva que caracteriza a las cadenas globales de valor es de esperar que, de manera cada vez más intensa y extendida, los clientes corporativos de las industrias bonaerenses (sean éstos locales o de otros países) exijan la utilización de *software* y/o plataformas digitales para hacer pedidos, garantizar la trazabilidad de los productos, realizar gestiones de pagos on-line, etc. Los proveedores de algunas cadenas de valor que no logren producir y gestionar sus procesos bajo la lógica del paradigma 4.0 muy probablemente enfrentarán crecientes dificultades para integrarse a las mismas.

Este cuadro de situación no es inesperado ni privativo de nuestro país, en tanto la conformación de un consenso alrededor del paradigma 4.0 es una tendencia muy reciente –y todavía inconclusa– aun dentro del empresariado de las principales potencias industriales del mundo. Pero en el escenario local se suma una dificultad adicional dada la histórica inestabilidad del entorno macroeconómico; este hecho introduce comprensibles reticencias empresariales en relación a la necesidad (o posibilidad) de invertir en estas tecnologías; recuérdese que, según un estudio reciente ya citado, más del 60% de los empresarios nacionales dijo no estar tomando ninguna acción para adoptar tecnologías 4.0.

En este contexto, los empresarios PyME de la provincia de Buenos Aires se enfrentan al desafío de gestionar una producción cada vez más flexible, caracterizada por la elaboración de productos con un ciclo de vida corto, el abastecimiento de demandas puntuales (*customerización*) e intermitentes (por la caída de muchas barreras de entrada a los distintos negocios y también porque el *e-commerce* corre las fronteras de los mercados para el empresariado local pero también los obliga a competir con un mayor número de empresas). Asimismo, enfrentan el reto de jerarquizar tecnologías en un contexto de cambio tecnológico permanente; gestionar y analizar información novedosa; y mejorar su capacidad para entender las necesidades de los clientes y poder ofrecer soluciones adecuadas a medida. Es evidente que todo esto obliga al desarrollo de nuevas habilidades gerenciales blandas en función de transitar de manera gradual un pasaje hacia la conformación de “empresarios 4.0”.

En este sentido puede resultar conveniente, como medida de índole transversal, articular estrategias de intervención conjunta entre las distintas instancias gubernamentales de la provincia y las instituciones CTI a fin de promover entre el empresariado industrial bonaerense la difusión de información sobre las tecnologías y rutinas organizacionales que componen el paradigma de la industria 4.0, incluyendo su enorme potencialidad para incrementar la productividad y mejorar los procesos integrales de gestión.

La difusión sugerida debería también desarticular esa falsa noción de que el modelo de la industria 4.0 requiere adoptar todas las tecnologías de frontera (y las prácticas organizacionales asociadas a ellas) de forma simultánea, un objetivo que, en lo inmediato, resulta completamente inalcanzable para la enorme mayoría de las empresas. Vale la pena promover el “paradigma simple” de la industria 4.0, esto es, divulgar la posibilidad de convertir gradualmente procesos tradicionales en inteligentes y también mostrar que muchas soluciones 4.0. pueden ser desarrolladas por la propia empresa sin requerir altas inversiones.

Finalmente, también debería difundirse la importancia de adoptar gradualmente modelos de negocios que ubican al cliente o usuario en el centro de la escena, lo cual requiere construir canales ágiles para garantizar una comunicación “en tiempo real” –o lo más próximo a esa meta–

con ellos. Esto no solo conlleva a repensar el modo de producir lo mismo que actualmente se produce, sino que conduce a dotar de mayores funcionalidades a los productos tradicionales (promoviendo el pasaje a una generación de productos inteligentes/plataformas). Este escenario involucra obviamente desafíos muy complejos, pero también es importante remarcar que se abren para los *first-movers* oportunidades novedosas de negocios y nuevos mercados potenciales.

5.2 Déficit en la utilización de *software* aplicado ala gestión empresarial

La incorporación generalizada de *software* y herramientas inteligentes para sistematizar y facilitar la gestión organizacional de las empresas es uno de los primeros pasos para avanzar hacia el modelo industrial 4.0. Como se discutió en este informe, existe un fuerte déficit en el uso integral de *software* y sistemas inteligentes en el tejido industrial bonaerense, sobre todo en lo relativo a la gestión del proceso productivo, su planificación y su control estadístico. La asistencia de las instituciones CTI a las empresas provinciales, fundamentalmente a las del segmento PyME, respecto a las estrategias más adecuadas para que éstas reduzcan gradualmente el déficit de *software* con el que operan representa un desafío prioritario en función de promover la transición 4.0.

La Argentina y la provincia de Buenos Aires cuentan con un sector productor de *software* y servicios informáticos de muy alto desarrollo y probadas capacidades de abastecimiento a empresas nacionales y transnacionales, un activo muy relevante para avanzar en el desafío aquí mencionado. Las instituciones CTI locales pueden jugar un rol articulador fundamental entre dicho sector y las pequeñas y medianas industrias bonaerenses a fin de evaluar y establecer el diseño específico de *software* más apropiado para cada una de las diversas realidades productivas y tecnológicas que caracterizan a los múltiples sectores de actividad industrial de la provincia y a las distintas firmas al interior de esos sectores. Se destaca, en este punto, la potencialidad de utilizar las capacidades de identificación de demandas y realización de diagnósticos tecnológicos con los que cuenta la ClinTEC del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (véase sección 4.2 del Tomo IV de este informe).

5.3 Insuficiencia de “formación digital” en los recursos humanos de las empresas

Tal como se discutió a lo largo de este informe, la adopción de soluciones tecnológicas asociadas al modelo 4.0 no se agota en la necesidad de incorporar elementos de tecnología “dura”, como sistemas, herramientas y máquinas inteligentes. Una absorción tecnológica plena y una adecuada adaptación de la tecnología novedosa a las necesidades de cada empresa requiere establecer prácticas habituales de capacitación digital de los recursos humanos de la organización.

En la actualidad, el tejido industrial bonaerense exhibe una brecha manifiesta alrededor de este factor clave. Un reducido núcleo de empresas dinámicas en materia tecnológica parece consciente de la relevancia de la capacitación digital o innovativa en el marco de la transformación 4.0. Casi dos terceras partes de los líderes tecnológicos provinciales desarrollaron capacitaciones laborales de este tipo y más del 60% de las grandes empresas realizaron vinculación tecnológica a fin de capacitar a sus trabajadores. Sin embargo, el grueso de las firmas industriales bonaerenses no realizó ninguna acción concreta en este sentido.

Existe un amplio espacio para desarrollar una estrategia de asistencia desde el entorno de las instituciones CTI locales a fin de atender el déficit de capacitación digital descripto. Téngase en cuenta, como se dijo en el informe, que tan solo un 5% de las PyMEs industriales de la provincia emprendieron acciones de vinculación tecnológica con Universidades o con instituciones públicas CyT para capacitar a sus recursos humanos.

Por otro lado, y desde una óptica de más largo plazo, existen también desafíos de formación de los recursos humanos que trascienden lo estrictamente referido a las habilidades digitales. La absorción plena del modelo 4.0 requiere trabajadores polivalentes, que apliquen el pensamiento lateral, sepan cómo lidiar con problemas complejos y cuenten con capacidades adecuadas para comunicarse y gestionar el conocimiento adquirido en sus funciones. Avanzar en este camino de formación integral de “trabajadores 4.0” requiere un involucramiento amplio de las instituciones educativas y de formación laboral, en términos de replanteo de contenidos, métodos pedagógicos y experiencias formativas. Como es obvio, no se trata de un desafío sobre el que se pueda operar en plazos inmediatos, pero es necesario comenzar a recorrer los caminos que posibiliten iniciar estas transformaciones.

5.4 Escasa difusión en el uso de sensores digitales dentro del proceso productivo

La informatización, automatización y optimización de los procesos productivos es uno de los ejes del modelo 4.0. Al contar con tecnología para generar, almacenar, procesar y utilizar de forma constante datos en tiempo real, el paradigma 4.0 permite lograr estándares de producción mucho más eficiente que en el pasado. Esta estrategia requiere un cambio disruptivo en materia de incorporación y utilización de sensores inteligentes. Como se dijo, los sensores digitales en distintas etapas del proceso posibilitan contar con una “huella digital” de cada paso del proceso productivo de la firma, lo que permite minimizar los desperdicios, desacoples, tiempos muertos productivos y los problemas de seguridad industrial. A su vez, estos sensores pueden encontrarse interconectados, habilitando la inteligencia artificial aplicada a procesos y el llamado *IIoT*, factores que inducen un salto inédito de la conectividad y automatización en las empresas industriales.

Sin embargo, como se vio, los sensores, herramientas y sistemas inteligentes de monitoreo y medición constante del proceso productivo se encuentran escasamente difundidos a lo largo del tejido industrial bonaerense. Incluso entre el reducido núcleo de empresas autopercebidas como líderes tecnológicos el 75% no cuenta con herramientas inteligentes de análisis de información conducente a la toma de decisiones.

En este sentido, el asesoramiento desde el ecosistema CTI en materia de diseño e incorporación gradual de sensores inteligentes a las empresas se constituye como un desafío muy relevante para promover el modelo 4.0 en la matriz industrial bonaerense. Uno de los elementos a considerar en este punto –retomando lo expresado en el punto 5.1 sobre la necesidad de rebatir ciertos preconceptos que rodean al paradigma 4.0– consiste en desarmar la falsa noción del “todo o nada” y enfatizar la factibilidad de promover una automatización progresiva de procesos, lo cual –además– no siempre requiere inversiones cuantiosas en robótica (existen, por caso, soluciones de calidad de producto y análisis de imágenes de piezas a partir del uso de inteligencia artificial que son relativamente fáciles de programar).

Un aspecto adicional a considerar en este punto está vinculado a la evaluación de la cadena de proveedores especializados en los insumos necesarios para avanzar en el terreno aquí discutido (sensores digitales, servidores de almacenamiento de datos, robots y otras maquinarias automatizadas, servicios de *ciberseguridad* y desarrollos específicos de inteligencia artificial, entre otros). En tal sentido, resultaría deseable explorar estrategias de desarrollo de una cadena de proveedores locales –en los segmentos que se consideren factibles– de forma tal de evitar la dependencia exclusiva del abastecimiento externo, un factor que podría demorar la adopción de tecnologías por los mayores costos de transacción asociados al asesoramiento, implementación y adaptación a medida de las soluciones tecnológicas ofrecidas.

5.5 Déficit en dimensiones organizacionales *intra e interfirma*

A lo largo de este informe se identificaron déficits en dos dimensiones organizacionales relevantes en el marco del paradigma 4.0. Por un lado, las industrias provinciales manifiestan capacidades limitadas para gestionar el conocimiento al interior de la propia organización. Por otro lado, también se observan dificultades importantes en las relaciones sistémicas interactivas de estas empresas con agentes externos del entorno CTI a fin de mejorar de manera incremental y progresiva sus capacidades tecnológicas (estas relaciones interactivas podrían dar respuesta a las necesidades de asistencia técnica por parte de las empresas para escoger y jerarquizar tecnologías novedosas y dinámicas, validar modelos y prototipos, hacer ensayos, capacitar recursos humanos, entre muchas otras).

En relación al primer punto resulta destacable que incluso en aquellas firmas que se ven a sí mismas como líderes tecnológicos la adopción de herramientas informáticas inteligentes para gestionar el conocimiento intraorganizacional es poco frecuente, siendo en cambio más comunes las rutinas menos formales o sistematizadas. En relación al segundo punto, se observa una escasa utilización por parte de las empresas provinciales de los canales de vinculación tecnológica para interactuar con otros agentes del entorno CTI. En particular, el 70% de las PyMEs industriales manifiesta no haberse vinculado con ningún actor externo con fines tecnológicos. Dado que, como se dijo antes, está establecido que el aprendizaje por interacción induce el desarrollo tecnológico de las empresas, el déficit en el uso fluido de los canales interactivos del sistema CTI provincial representa un problema para la difusión de las tecnologías 4.0.

Ambos aspectos requieren una alteración de las rutinas organizacionales predominantes al interior de las empresas industriales de la provincia. Incluso es posible establecer un vínculo entre ambas dimensiones, en el sentido de que un mayor grado de interacción de las empresas con agentes tecnológicos externos puede poner de manifiesto la necesidad de mejorar las prácticas organizacionales internas para almacenar y difundir la información y el *know how* útil para la toma de decisiones.

En este sentido, la consolidada trama bonaerense de instituciones CTI, en el marco de decisiones de política pública que lo hagan posible, puede desempeñar un rol importante a fin de promover lazos mucho más activos de vinculación tecnológica entre las empresas industriales de la provincia. En la sección 4 del Tomo IV de este informe se volverá sobre este punto en relación a las posibilidades de escalar el programa ClinTEC del MCTI de la provincia para asistir en la reversión del déficit de vinculación mencionado y también para aportar información que permita enfrentar otras de las insuficiencias tecnológicas manifestadas en los puntos previos.

B. INDUSTRIAS CREATIVAS: SOFTWARE

1. Introducción

Las industrias creativas suelen ser definidas como aquellas actividades económicas que utilizan de manera especialmente intensiva el capital intelectual y el talento como principales insumos para ser llevadas a cabo. Así, las industrias creativas comprenden una gama muy variada de disciplinas, incluyendo la edición (musical, editorial, audiovisual), las artes escénicas y visuales, el diseño bajo múltiples formas (gráfico, interactivo, industrial, dirigido a la moda y los accesorios), los servicios de arquitectura, la producción de piezas publicitarias, la elaboración de *software*, entre otras. En este informe se hará exclusivamente foco en la industria del *software* y los servicios informáticos en el ámbito de la provincia de Buenos Aires.

La producción de *software* se caracteriza por vincularse de forma transversal con todo el entramado productivo de una economía y, a la vez, por contar con un importante potencial para la transformación disruptiva de dicho entramado en términos de productividad, agregación de valor, y proyección a los mercados globales. Al mismo tiempo, los diferentes desarrollos y aplicaciones surgidos del sector de *software* han ido penetrando de forma cada vez más intensa y difundida en el ámbito de los hogares, reconfigurando distintos aspectos de las relaciones entre las personas y, también, entre las personas y las cosas. La difusión extensiva de la telefonía móvil e inteligente, el uso de internet, redes sociales y aplicaciones, y la creciente expansión de las actividades *on-line* se han convertido en elementos característicos de la *economía digital* (CEPAL, 2013).

Los desarrollos informáticos cobraron una aceleración notable en el mundo en las últimas décadas, en el marco del –así llamado– paradigma TIC. En nuestro país, el sector de *software* y servicios informáticos creció de forma muy dinámica en los últimos 15 o 20 años y alcanzó un desempeño notable en términos de empleo, surgimiento de empresas y dinamismo exportador. Por su parte, en el espacio de la provincia de Buenos Aires, la segunda jurisdicción tras la CABA en cuanto a la relevancia de la actividad en el agregado nacional, el sector se caracteriza por presentar un universo de unas mil empresas de diversa escala, estando algo más de la mitad ubicadas en el conurbano y el resto en el interior de la provincia de Buenos Aires (muchas de ellas agrupadas alrededor de alguno de los *clusters* o polos IT con los que cuenta la provincia).

En general, los recursos de *hardware* utilizados por el sector de *software* en la provincia de Buenos Aires y en el resto del país encuentran su origen en el mercado externo (es el caso de las computadoras y/o de sus componentes centrales, los sistemas operativos y los servidores para almacenamiento de datos, entre otros). Sin embargo, el elemento distintivo que se constituye como el principal insumo crítico para esta actividad son los recursos humanos, dado que el costo de producción física de un paquete de *software* –incluyendo las necesidades de infraestructura– es insignificante en relación al costo que supone su desarrollo en términos de tiempo y creatividad empleado por parte de los programadores y desarrolladores.

La mayoría de los programadores de *software* que actúan en las empresas ubicadas en territorio bonaerense se forman en las múltiples Universidades de la propia provincia (también en la Universidad de Buenos Aires, de larga tradición en carreras vinculadas a sistemas) y cuentan con muy buenas capacidades y habilidades cognitivas, lo cual dota a las empresas locales de un activo estratégico en relación a sus competidoras de otros países emergentes. De todas formas, la programación –por lo menos, en los segmentos de menor complejidad relativa– se caracteriza de manera especialmente intensa por la relevancia de los mecanismos de *learning by doing*, por lo

que también existen trabajadores en el sector sin formación universitaria formal (o sin haber alcanzado la completitud de en dicha formación). Como se analizará a lo largo de este informe, existe en esta actividad una marcada escasez de recursos humanos (en sus distintos grados de calificación), por lo que la demanda de trabajadores supera con creces la oferta existente y la competencia por los mismos constituye un problema relevante para las empresas del sector.

La industria doméstica de *software* se ubica cerca de la frontera tecnológica internacional. Si bien no se suelen observar a nivel local grandes desarrollos de I+D sectorial (por caso, a partir de soluciones novedosas a problemas matemáticos que tengan aplicación al campo informático), la capacidad de desarrollar *software de aplicación* y ofrecer soluciones en el campo de los servicios informáticos de las empresas argentinas del rubro es reconocida internacionalmente. Las firmas locales suelen estar especializadas en la elaboración de lo que se denomina *software factory* (la programación a medida de una solución específica requerida por el cliente), pero también existen firmas que realizan desarrollos autónomos para ofrecerlos en el mercado (*empresas de producto*). A la vez, las empresas locales de *software* se mueven en múltiples segmentos, pero en los últimos años comenzó a observarse una incipiente especialización en los desarrollos vinculados a *agrotech* y *fintech*.

Como se dijo, el sector cuenta con un alto nivel de desarrollo en relación a otros países emergentes, lo cual se encuentra fundamentalmente asentado en el talento y creatividad de los recursos humanos locales para ofrecer soluciones adecuadas en tiempos más cortos que la competencia (en este sentido, una hora de programación nacional alcanza valores más elevados en el mercado internacional que la de otros países competidores). Sin embargo, también existen problemas difundidos que limitan la productividad del sector, entre los que se destacan las insuficiencias de conectividad digital, incluyendo una baja y/o intermitente señal de conexión a internet, escasa velocidad de la prestación y frecuentes cortes del suministro eléctrico.

2. Orígenes y evolución de la actividad

El origen de la actividad informática en la Argentina se remonta, al menos, a la década de 1950. Los profesionales pioneros que se interesaron en este campo –por entonces completamente incipiente– no imaginaban el rol protagónico y masivo que las computadoras alcanzarían a tener en los distintos procesos empresariales, sino que esperaban que éstas pudieran resolver algunos cálculos matemáticos complejos con aplicaciones científicas específicas (CESSI, 2014, p. 14).

A partir de entonces el desarrollo de la actividad informática en nuestro país nunca detuvo su marcha, pero es indudable que en las últimas tres décadas experimentó una gran aceleración en cuanto a la transformación exhibida en sus prestaciones y, sobre todo, a su masificación. La combinación de la reducción del tamaño de los equipos, la mayor capacidad (y velocidad) de procesamiento y almacenamiento de la información, la difusión de la conectividad en red y el abaratamiento comercial de las computadoras y sus accesorios potenciaron de forma inédita al sector en nuestro país, tal como ocurrió en la mayoría de las economías del mundo.

A partir de la década de 1990 se observa una mayor confluencia en el desarrollo de las telecomunicaciones y de las tecnologías de la información, lo cual dio origen al surgimiento de nuevas empresas de alta tecnología a nivel nacional que comienzan progresivamente a difundir el uso de estas tecnologías novedosas de forma transversal a la matriz productiva.

En este marco, comienza a desarrollarse el sector de *software* y servicios informáticos, en un principio traccionado fundamentalmente por la demanda del sector financiero y algunos otros

sectores seguidores, pero rápidamente extendido al resto de las actividades económicas. Inicialmente, las empresas del sector tuvieron un sesgo hacia el mercado interno y concentraron sus capacidades en el abastecimiento del empresariado doméstico. Si bien existían antecedentes importantes –por caso, en la órbita de la Facultad de Ciencias Exactas de la UBA–, por aquellos años comenzaron a surgir nuevas carreras terciarias y universitarias para formar profesionales en informática y sistemas. Asimismo, en 1990 se crea la Cámara de Empresas de *Software* y Servicios Informáticos (CESSI), que reemplazó a la Cámara de Empresas de Software (CES), primera asociación empresarial sectorial de nuestro país fundada ocho años antes. Actualmente, la CESSI nuclea a unas 800 empresas y entidades dedicadas al desarrollo, producción, comercialización e implementación de *software* y otros servicios conexos en la Argentina.

Tras la crisis económica de inicios de milenio y la fuerte devaluación de la moneda que siguió al abandono del plan de Convertibilidad, la actividad se reconfiguró y comenzó a exhibir un mayor perfil exportador sobre la base de sus capacidades previas. Este desarrollo, a su vez, tuvo otro de sus pilares en la política de promoción sectorial, que incluyó el establecimiento de fondos nacionales como el FONTAR y el FONSOFT y la *Ley de Software* del año 2004, que otorgó importantes beneficios fiscales a las empresas del sector y estimuló el aumento de las ventas al exterior. Estos instrumentos públicos de promoción sectorial también parecen haber sido exitosos en términos de estimular la conducta innovadora de las firmas, impulsando el desarrollo y llegada de nuevos productos y servicios al mercado (Pereira et al. 2016, ofrecen evidencia econométrica respecto a este punto).

El crecimiento del número de empresas productoras de *software* resulta notable. Hacia el trienio 2000-2002 existían en el país unas dos mil empresas registradas; actualmente el número de firmas existentes ronda las cinco mil. El éxito sectorial en materia exportadora es igualmente sorprendente. En 2005, desde la Argentina se exportaba poco más US\$ 200 millones en concepto de *software* y el resultado de la balanza comercial sectorial era apenas positivo. Seis años más tarde, en 2011, las exportaciones superaron los US\$ 1500 millones y el superávit sectorial superó los US\$ 1000 millones. Desde entonces las exportaciones sufrieron una cierta oscilación y las importaciones ganaron terreno, pero de todas formas el sector siguió exhibiendo un resultado comercial estructuralmente superavitario, nunca menor a los US\$ 500 millones anuales.

3. El complejo en el contexto provincial

Tal como sucede a nivel nacional, el sector productor de *software* y servicios informáticos bonaerense es sumamente dinámico y ha ganado vinculación con el resto de la trama productiva local. Los productos, servicios y aplicaciones desarrollados por el sector provén a firmas de muy distinta escala y diversas actividades económicas.

Como es sabido, la revolución tecnológica articulada alrededor del paradigma TIC introdujo importantes cambios en los procesos de producción y las conductas empresariales. Estos cambios –que, por supuesto, se siguen manifestando– han sido posibles, como se dijo antes, como una consecuencia combinada del incremento significativo en la potencia de los procesadores computacionales, la aparición incesante de nuevos desarrollos y aplicaciones, la inédita capacidad de interconectividad digital en red y el gradual abaratamiento relativo de los equipos y accesorios informáticos.

En este marco de cambios acelerados, el uso intensivo de programas y aplicaciones de *software* y herramientas inteligentes representa hoy para las empresas uno de los elementos clave para ganar capacidad competitiva a partir de la digitalización de procesos y actividades, lo cual

incluye el procesamiento, la sistematización y la disposición de datos aplicados a la producción y otros espacios de la gestión empresarial (véase en este mismo trabajo el análisis sobre el alcance y las limitaciones del modelo industrial 4.0 en la provincia de Buenos Aires).

Muchas de las empresas de *software* de la provincia tienden a localizarse en distritos en los que existen Universidades que ofrecen carreras vinculadas a las actividades informáticas, con el objetivo de facilitar la captación de recursos humanos calificados (aun cuando los mismos no hayan culminado sus estudios formales).

En general, las empresas del sector en la provincia no cuentan con una infraestructura considerable, dado que no es un factor necesario para llevar adelante las actividades diarias. Muchas veces, incluso, las empresas del rubro carecen de inmuebles propios, en tanto es común que alquilen oficinas comerciales pequeñas para ser utilizadas como espacio de trabajo.

Otra característica común que define la conducta de muchas firmas sectoriales de la provincia es que las mismas exhiben una tendencia a nuclearse alrededor de diferentes *clusters* o polos tecnológicos para explotar beneficios de aglomeración creativa, articulación de información y representación sectorial –y también, obviamente, para gozar de beneficios fiscales, en los casos en que la legislación lo contempla. En la provincia de Buenos Aires existen hoy cinco polos principales, ubicados en Tandil, Mar del Plata, Bahía Blanca, La Plata y Junín (se volverá sobre esto más adelante).

3.1. Características de la actividad y mercado de destino

Como se dijo, la provisión de *software* y servicios informáticos se constituye hoy como una necesidad relevante de virtualmente toda actividad económica. En la Argentina, y en la provincia de Buenos Aires en particular, este sector presenta muy buenas capacidades para atender a las demandas de la matriz productiva doméstica, el Estado y el sector de los hogares; también cuenta con probadas capacidades de exportar sus servicios al mundo.

En el marco de una aceleración del cambio tecnológico aplicado a los procesos productivos y la gestión empresarial –referenciada a veces como *Cuarta Revolución Industrial*– el sector de *software* bonaerense cuenta con un alto potencial para aportar soluciones transformadoras a la matriz productiva de la provincia. Pensando en las necesidades actuales y futuras de dicha matriz productiva –la cual, como se sabe, en la provincia de Buenos Aires es particularmente diversificada en términos sectoriales y heterogénea en cuanto a sus capacidades tecnológicas– la existencia de proveedores locales de *software* y servicios conexos constituye una clara ventaja en términos de posibilidades de asesoramiento personalizado y adaptación a medida que posibilita la cercanía de proveedores de insumos complejos. Como se discutió en este mismo documento, más allá de las limitaciones y dificultades actuales del entramado bonaerense para adoptar las tecnologías y prácticas que definen el modelo de la industria 4.0, la presencia local de un sector consolidado de *software* es un elemento auspicioso frente al desafío de promover el proceso de integración de la actividad económica provincial a los estándares del paradigma TIC y la industria 4.0.

En concordancia con este potencial, la industria argentina del *software* encuentra su principal mercado en las demandas que surgen del entramado productivo doméstico (en los últimos 10 años, el mercado interno explicó, en promedio, el 60% de la facturación total de las firmas del sector y el 40% restante corresponde a las exportaciones). A nivel provincial, las firmas del sector de origen bonaerense –en general PyMEs o microempresas– coexisten y compiten tanto con empresas nacionales más grandes como con empresas de origen extranjero y también con un

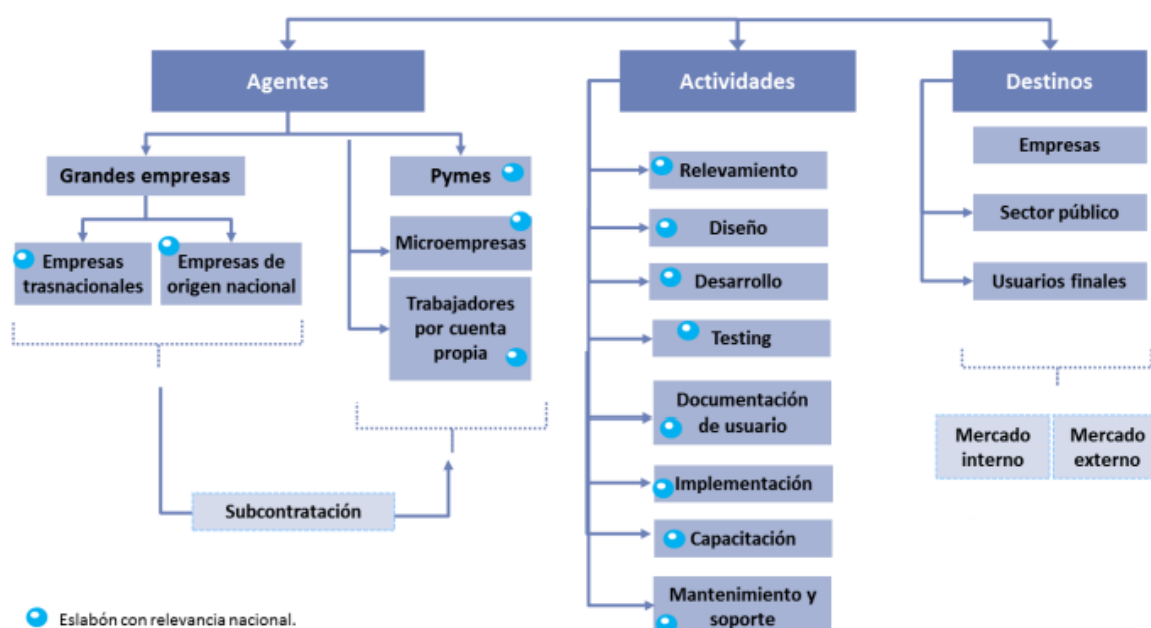
número relevante de trabajadores por cuenta propia (ver caracterización de agentes en la Figura 1). A su vez, casi el 45% de las firmas bonaerenses de *software* exhibió en 2017 una inserción internacional de sus servicios (Informe Plataforma de Innovación, 2017, p.16).

La comercialización local del *software* y servicios conexos está muchas veces a cargo de los propios empresarios, al menos entre las firmas pequeñas que son una parte considerable del universo total. En este sentido, es un déficit relativamente común la utilización de una parte del mismo plantel de personal que desarrolla *software* para llevar a cabo las gestiones de promoción, *marketing* y ventas.

Este déficit impacta en la dificultad que muchas veces encuentran las firmas del sector para “romper el cerco” entre las empresas de otros sectores de actividad económica que se encuentran escasamente integradas al paradigma digital. El desconocimiento o rechazo respecto a las mejoras de gestión y el potencial salto en los beneficios derivados de la integración de herramientas tecnológicas inteligentes a la actividad económica, conlleva cierta reticencia por parte de muchos empresarios bonaerenses para incorporar *software* de forma generalizada a sus procesos y funciones de gestión.

La dificultad mencionada no solo emerge del contacto con empresas o entidades representantes del propio sector de *software*. También la ClinTEC –un programa del MCTI de la provincia de Buenos Aires dirigido a diagnosticar problemáticas de índole tecnológica en las PyMEs bonaerenses, identificar demandas y establecer lazos de vinculación con instituciones CyT– ha registrado resistencias y dificultades difundidas entre las empresas industriales para reconocer las ventajas de la informatización y la digitalización de procesos y gestiones (véase, en este mismo documento, la discusión sobre esta problemática y sobre potenciales acciones de intervención de política pública en el sectorial de industria 4.0 y en el Tomo IV del mismo sector). En este sentido, de acuerdo a los manifestado por fuentes del sector de *software*, resulta muchas veces más fácil insistir en explotar los lazos comerciales con empresas que ya comenzaron a incorporar tecnología digital a sus procesos, aunque la competencia en dicho segmento del mercado suele ser muy intensa.

Figura 1. Diagrama de funcionamiento de la cadena de *software*



Fuente: Ministerio de Hacienda de la Nación.

La elaboración y provisión de *software* apoyada en una relación de demanda preliminar por parte de terceras empresas –relación que suele recibir el nombre de *desarrollo de software* o *software factory*– es la modalidad bajo la que se lleva a cabo la mayor parte de la producción de *software* en la provincia de Buenos Aires y, también, a nivel nacional (Informe Plataforma de Innovación, 2017; OPSSI, 2019). De esta forma se generan desarrollos y productos de *software* a medida de las necesidades de la empresa demandante. Estos proyectos suelen comprender un período limitado de tiempo –de alrededor de seis meses en promedio– e incluyen una revisión de calidad o *testing* previo del programa y, posteriormente, un servicio de posventa realizado por la misma empresa. Normalmente, los servicios de apoyo posventa suelen incluir en el mismo *software* desarrollada la identificación automática de fallas, una emisión instantánea al proveedor y una solución posterior realizada de forma virtual y remota por parte del proveedor.

La producción bajo el régimen de *software factory* implica para las empresas que lo practican la necesidad de conseguir constantemente nuevos clientes y proyectos para continuar en el negocio, lo que genera una cierta inestabilidad en los flujos de ingresos e intensifica las necesidades de contar con instrumentos de crédito para financiar capital de trabajo, un aspecto manifestado por casi dos de cada tres empresas del sector (OPSSI, 2019, p. 13).

Las firmas dedicadas a este tipo de desarrollos suelen exhibir una cierta especialización vertical en el mercado, concentrándose mayormente en un nicho principal y vinculándose de esta forma con distintas empresas dentro del mismo sector. Si bien no puede decirse que exista una especialización específica y definida por parte del sector informático argentino en un campo o actividad concreta, en la provincia de Buenos Aires se destacan ciertas ventajas y facilidades para la provisión de *software* y servicios informáticos en los rubros *fintech* y *agrotech*, lo cual no quita que las empresas informáticas bonaerenses han mostrado capacidades en abastecer la demanda de muchos otros sectores.

Por otra parte, una porción menor del universo de las firmas del sector –en general, aunque no excluyentemente, más grandes y con mayor capacidad financiera– cuenta también con la capacidad de generar desarrollos por fuera de la lógica del *software factory*, a los cuales se los suele denominar *productos propios* y, a las empresas que los elaboran, *empresas de producto* (lógicamente, el desarrollo de productos propios y la lógica del *softwarefactory* no son categorías excluyentes). Los productos propios estandarizados, a diferencia de la programación de soluciones a medida, suelen requerir una fuerte inversión inicial que se amortiza a medida que progresa en el mercado la venta del paquete de *software* desarrollado. Estos proyectos también requieren un mayor esfuerzo inicial de comercialización, aunque –en caso de ser exitosos– tienden a asegurar ingresos más estables durante un tiempo más prolongado que los contratos a pedido. El mercado provincial para los productos de este tipo es considerable, dado que dentro del sector industrial bonaerense más de la mitad de las firmas utilizan productos *enlatados*, pero debe tenerse en cuenta que la competencia con las soluciones desarrolladas en el exterior y comercializadas a escala internacional es muy intensa.

Finalmente, el acceso de las empresas locales de la actividad a los mercados externos está determinada por una serie de factores. En primer término, y como aspecto favorable de carácter estructural, la producción argentina de *software* es considerada internacionalmente como de alta calidad. Los recursos humanos nacionales del sector cuentan con un diferencial reconocido en los mercados externos, donde se entiende que, gracias a su talento, creatividad y alta velocidad de trabajo en relación a la competencia, los desarrolladores de *software* locales pueden responder de manera eficaz frente a la demanda de soluciones de distinto tipo, incluso las que involucran retos de programación complejos. Este reconocimiento se suele expresar en el hecho de que, dentro del rango correspondiente al tipo de desarrollo del que se trate, el valor medio en dólares de la hora de programación argentina en el mercado internacional es superior al que se paga a otros países (por ejemplo, India). Como es evidente, este factor constituye un activo estratégico muy relevante para las empresas locales en materia de expansión potencial de mercados. En segundo término, la competitividad cambiaria también juega un rol relevante. Por amplia diferencia, la mayor parte de los costos de este sector están asociados a la remuneración de los recursos humanos (según la información de OPSSI, el 72% de los costos empresariales totales en 2018 respondieron, de forma directa o indirecta, a la remuneración de los recursos humanos). De esta forma, la competitividad cambiaria redundaría en la posibilidad, para aquellas empresas que exportan, de realizar mejores ofertas de remuneración en moneda local a los desarrolladores y de expandir la oferta de servicios en el mercado externo. Un tercer elemento que ha sido considerado habitualmente favorable en términos de su capacidad de alentar la internacionalización del sector nacional de *software* se vincula al huso horario de la Argentina, el cual ayuda a trabajar en proyectos con Estados Unidos y Europa, dos de los principales polos tecnológicos a nivel mundial (lo mismo ha sido señalado en relación a otras características culturales semejantes, incluyendo un mayor dominio del inglés técnico en relación a otros países emergentes no occidentales). Por último, para las empresas más pequeñas la colaboración con firmas de mayor tamaño es, en ocasiones, un vehículo de acceso a proyectos internacionales.

3.2. Recursos utilizados por el sector

Tal como fuera mencionado anteriormente, el sector de servicios informáticos y *software* presenta una escasa necesidad relativa de infraestructura y de recursos físicos para desempeñar sus tareas, en tanto se trata de una actividad que se sustenta de manera especialmente intensiva en activos inmateriales, como la creatividad y el capital intelectual.

El principal insumo físico del sector son las computadoras y equipos informáticos utilizados para la programación. En menor medida, también deben mencionarse los sensores y maquinarias inteligentes que integran el *stock* de bienes de capital de las empresas de terceros sectores de actividad que, a través del desarrollo y aplicación de software específico, puedan ser integradas gradualmente al paradigma digital actualmente en desarrollo. En su gran mayoría, estos recursos tangibles –o sus componentes principales– provienen de la importación y son vendidos en el país por empresas dedicadas al rubro (en algunos casos, también por emprendimientos de servicios informáticos diversificados).

Asimismo, dado que la generación y el almacenamiento de información para su posterior utilización es una de las claves del funcionamiento del paradigma TIC, la conservación de datos resulta una necesidad fundamental para las empresas de *software* y para los demandantes de sus servicios. Esto requiere contar con servidores de almacenamiento, aunque de forma creciente la mayor velocidad de transmisión de la información ha permitido deslocalizar el recurso y resignar el uso de servidores de existencia física en cada empresa. Así, en una tendencia similar a la observada entre los usuarios finales en los hogares, se están difundiendo crecientemente diversas alternativas de servicios de almacenamiento *en la nube* los que se accede a través de protocolos de red. Estos servicios de almacenamiento se suelen contratar en el exterior –principalmente en Canadá–, en tanto las empresas locales encuentran mayores beneficios en materia de seguridad y estabilidad de los sistemas eléctricos e informáticos.

Un aspecto reiterado en las entrevistas con las empresas de software y sus representantes sectoriales es la necesidad de contar con una provisión segura y estable en materia de servicios de energía eléctrica y de conectividad comunicacional, en particular, en lo que hace a la provisión de internet. Por el lado del recurso energético, la existencia de red eléctrica en todo el país implica que existen escasas limitaciones para la instalación de empresas de este tipo en cualquier punto del país, pero la inestabilidad que ha mostrado el servicio en los últimos años resulta un problema relevante. Por su parte, la relevancia de contar con una conectividad comunicacional adecuada resulta crítica. El servicio de acceso a internet se obtiene a partir de diversos prestadores locales; muchas empresas –en las zonas de cobertura que lo permiten, porque en ciertas localidades existen oferentes únicos– deciden contratar múltiples proveedores para minimizar los riesgos de interrupción o baja velocidad de conexión del servicio, algo que –según manifiestan– resulta habitual y dificulta el desarrollo de la actividad, sobre todo en los vínculos con el mercado internacional.

Finalmente, como ya se expresó antes, el insumo crítico de la actividad está conformado por sus recursos humanos y, como fue indicado, los desarrolladores y programadores argentinos cuentan con un importante talento reconocido a nivel internacional. Los recursos humanos que integran el sector de *software* se forman normalmente en las Universidades locales y en muchas ocasiones los estudiantes son contratados por las empresas de forma previa a la finalización de sus carreras, lo cual puede representar una limitación para avanzar en los posteriores desarrollos que requieren conocimientos teóricos más complejos.

La competencia por los recursos humanos y la escasez de los mismos suele ser uno de los principales problemas que surge de los contactos con representantes sectoriales. De acuerdo a fuentes de la actividad, en 2018 cerca de la mitad de los 10 mil nuevos puestos demandados por las empresas de *software* y servicios conexos a nivel nacional no pudieron ser cubiertos por escasez de la oferta. No se trató de un déficit puntual: el nivel de demanda insatisfecha de trabajo ha sido cercano al 50% también en años anteriores. Este cuadro deriva en dificultades habituales por parte de las empresas locales para retener a sus trabajadores y evitar la rotación hacia otras

firmas, muchas de las cuales son extranjeras y ofrecen la posibilidad de trabajar bajo la modalidad *home office*. De acuerdo al OPSSI (2019, p. 15), durante el último quinquenio la tasa media de rotación anual del personal superó el 25% entre las firmas nacionales del sector.

Frente a esta situación, muchas empresas suelen esforzarse en ofrecer propuestas integrales de contratación que sean atractivas para sus empleados y complementen el aspecto remunerativo, a fin de promover un sentido de pertenencia que les ayude a conservar el talento de sus trabajadores. Debido a la escasez estructural de mano de obra sectorial, los trabajadores del sector obtienen remuneraciones considerablemente más altas que las del promedio de la economía y, su vez, los niveles de formalización suelen ser mucho mayores (próximos al 90%, de acuerdo al OPSSI).

3.3. Localización de las empresas

Dado que el capital humano es el principal recurso necesario para el desarrollo de la actividad, las empresas bonaerenses dedicadas a ofrecer productos y servicios informáticos se encuentran mayoritariamente localizadas cerca de las Universidades de la provincia. En este sentido, se radican en las grandes urbes, donde además existe mayor infraestructura para la provisión de servicios de *internet* de mayor calidad. En 2017 existían unas mil empresas dedicadas a las actividades informáticas en la provincia de Buenos Aires. Algo más de la mitad de las mismas estaban ubicadas en el conurbano bonaerense y el resto en el interior de la provincia (esta proporción relativamente equilibrada no varió significativamente en los últimos 15 años).

Dado que, como se dijo, las firmas del sector no cuentan con requisitos especiales en materia de localización (téngase en cuenta que, a diferencia de la gran mayoría de las actividades, la elaboración de *software* es una actividad limpia, silenciosa, con escasas existencias de capital físico y que no requiere acarrear grandes volúmenes de insumos ni productos finales) las mismas no suelen ubicarse en grandes superficies, sino que rentan departamentos comerciales a través de contratos de alquiler. A su vez, en muchas empresas del sector –y esta tendencia parece ser mayor en el caso de las grandes– ha ido ganando terreno la coexistencia de los empleados que trabajan en las oficinas propias con los que lo hacen en forma remota desde su hogar u otra localización.

A lo largo del territorio bonaerense se han ido conformado en los últimos años 5 polos relevantes de localización alrededor de los cuales muchas empresas del sector se encuentran articuladas (estos polos no implican la existencia física de un parque o distrito tecnológico de límites precisos, aunque han existido iniciativas de avanzar en ese sentido). Los *clusters* o polos IT a los que nos referimos son el de La Plata; Bahía Blanca; Tandil; Mar del Plata y Junín. El proceso por el cual se configuró cada uno de los polos mencionados ha sido dispar –convivieron iniciativas privadas, universitarias, estatales y mixtas. A su vez, alrededor de varios de estos polos se observó en general la formación de una Cámara sectorial específica de la localidad, junto a una fuerte vinculación con los gobiernos municipales respectivos y con las Universidades del territorio que cuentan con oferta formativa y capacidades de investigación en las temáticas afines a informática y sistemas. En el caso de Tandil, incluso, la sinergia positiva entre todos estos actores condujo a la formulación del *Plan Estratégico de Software y Servicios Informáticos 2015-2023* (PESSIT Tandil).

En general, de acuerdo a las entrevistas sectoriales llevadas a cabo, se observa que las empresas y Cámaras de estos polos IT se suelen vincular con la Universidad local a los fines de promover la mayor formación y la más rápida captación de los recursos humanos para la actividad. Sin embargo, la relación con las Universidades a fines de realizar actividades de I+D o promover la

utilización de conocimientos científicos para avanzar en aplicaciones y desarrollos de *software* más complejos es menos habitual. En algunos casos, este hecho ha sido atribuido a las rigideces –y los tiempos excesivos– que rodean a los mecanismos formales de vinculación y establecimiento de relaciones comerciales por parte de las Universidades. Pero también ha surgido entre los actores consultados –de ambos espacios– la necesidad de promover ese acercamiento a través de una mayor difusión sobre las soluciones potenciales que pueden ofrecer los científicos e investigadores de las Universidades a las empresas del rubro. Esto último puede resultar especialmente relevante si, en el marco de una agenda de política pública que lo haga posible, se impulsa desde la provincia de Buenos Aires el desafío estratégico de superar a mediano plazo la especialización sectorial en *software factory* que actualmente predomina para introducir desarrollos más complejos y de mayor valor agregado.

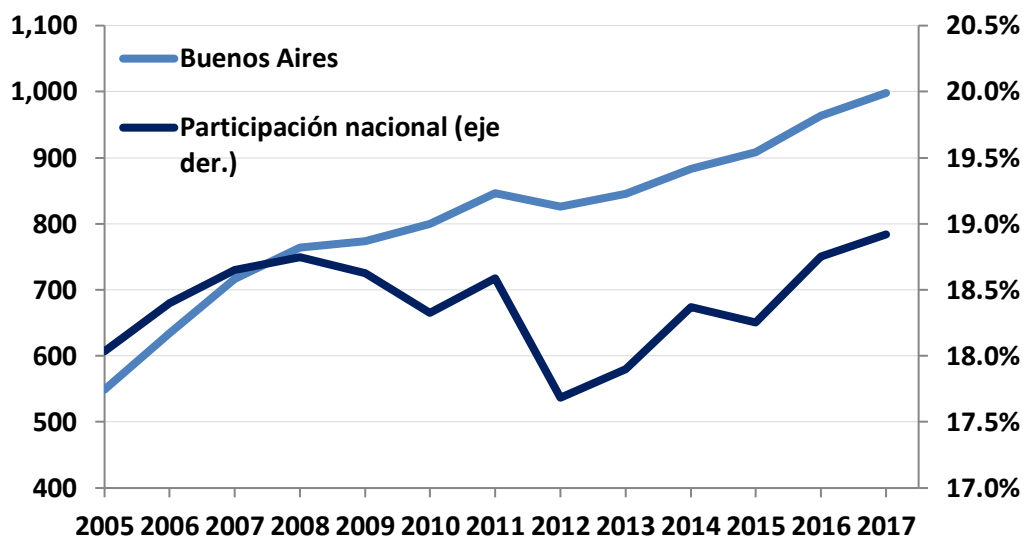
4. Información cuantitativa

El sector de *software* y de servicios informáticos es una de las actividades que ha mostrado un mayor dinamismo en las últimas décadas a nivel nacional. La provincia de Buenos Aires no resulta una excepción, observándose en los últimos años un gran crecimiento en el número de empresas y en el total de personas empleadas por la actividad.

En el año 2017, existían exactamente 998 empresas registradas en la provincia que se dedicaban a actividades de informática (OEDE, 2019). Esto representa un 82% más que el número de firmas existentes en el año 2005 (Gráfico 1). De esta forma, el número de empresas a nivel provincial se incrementó a un ritmo anual promedio de 5,1%.

El rápido ritmo de creación de empresas de *software* en territorio bonaerense llevó a un incremento de la participación de Buenos Aires dentro del total nacional, la cual –con algunas oscilaciones– pasó del 18% en 2005 a casi el 19% en 2017. Buenos Aires es la segunda jurisdicción con más empresas dentro de la actividad informática, por detrás de la Ciudad de Buenos Aires que cuenta con más del 60% del total nacional.

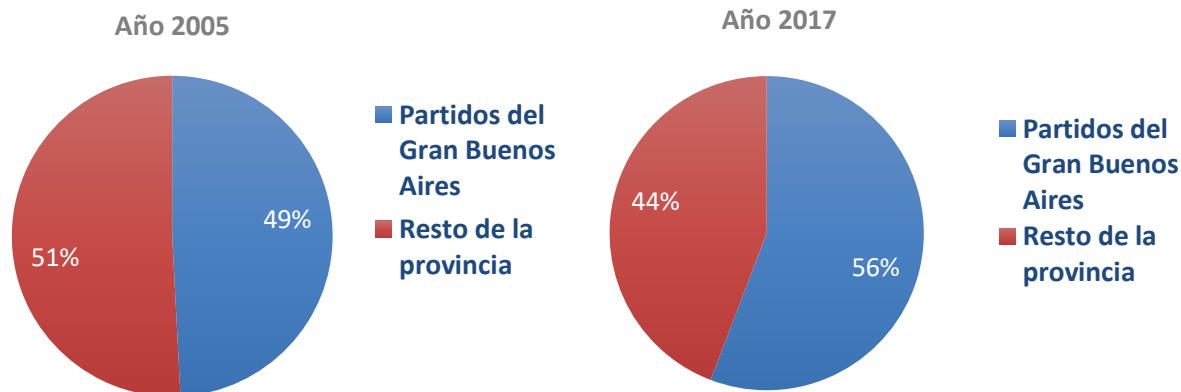
Gráfico 1. Cantidad de empresas de actividades informáticas en la provincia de Buenos Aires y participación sobre el total nacional. Años 2005-2017



Fuente: elaboración propia en base al OEDE (Ministerio de Producción y Trabajo de la Nación)

La distribución territorial de las firmas informáticas dentro de la provincia de Buenos Aires se ha visto lentamente modificada a lo largo del período analizado. Mientras que en el año 2005 los 24 partidos del Gran Buenos Aires concentraban 270 empresas, un 49% del total, en 2017 se observaba que esta región apenas superaba la mitad de las empresas de la provincia: con 557 empresas, concentraba el 56% del total bonaerense (Gráfico 2).

Gráfico 2. Distribución de las empresas dedicadas a actividades informáticas en la provincia de Buenos Aires (% del total). Años 2005 y 2017.

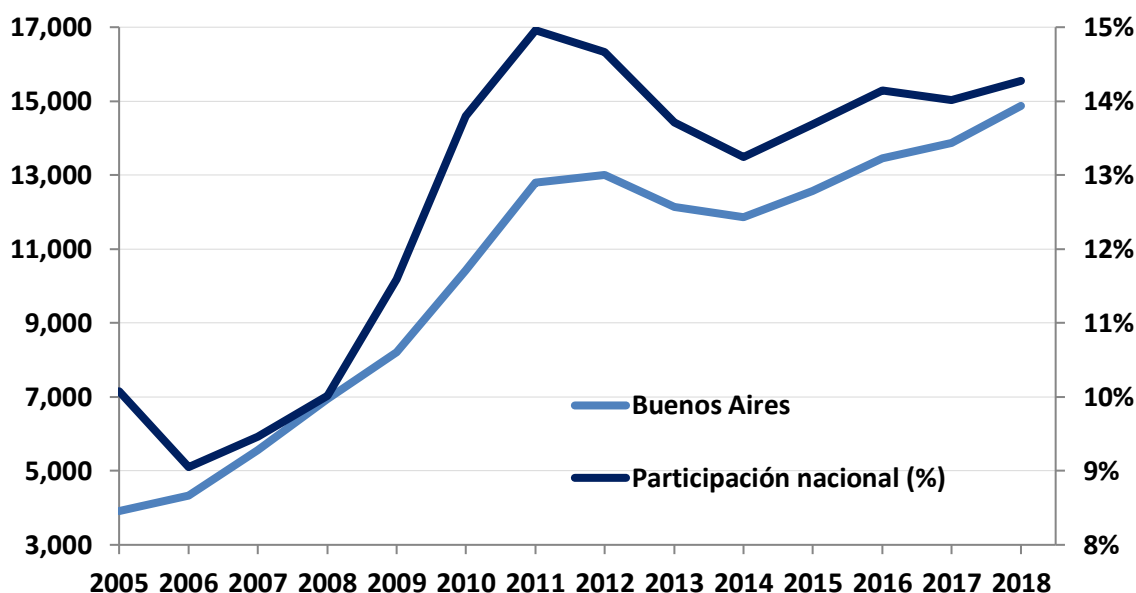


Fuente: elaboración propia en base al OEDE (Ministerio de Producción y Trabajo de la Nación)

Por el lado del empleo se observa una expansión notable. En el año 2005 se registraban en la provincia 3.914 trabajadores dedicados a las actividades informáticas, mientras que en 2018

alcanzaban un total de 14.872, lo cual representa un crecimiento acumulado del 280% o una tasa de crecimiento promedio anual cercana al 11%, muy superior a la media nacional de la actividad que fue del 6,2%. De esta manera, la participación de la provincia de Buenos Aires dentro del nivel de empleo nacional del sector pasó de 10% en 2005 a 14,3% en 2018.

Gráfico 3. Nivel de empleo en actividades informáticas en la provincia de Buenos Aires y participación sobre el total nacional. Años 2005-2018.



Fuente: elaboración propia en base al OEDE (Ministerio de Producción y Trabajo de la Nación)

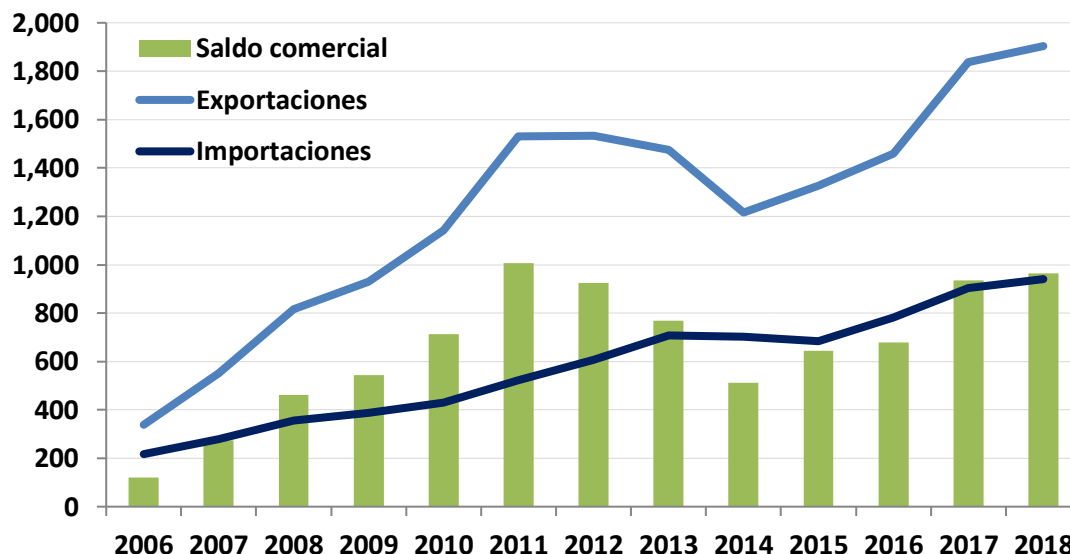
En cuanto a la distribución territorial del empleo del sector a nivel provincial, se observa que existe una concentración mayor en los partidos del Gran Buenos Aires que lo observado en materia de empresas. Sin embargo, a lo largo de los años esa participación decreció: en 2005, dos tercios de los trabajadores del sector se desempeñaban en el conurbano, mientras que en el año 2018 dicha participación era del 61%.

Como se dijo antes, el sector nacional del *software* cuenta con una importante inserción en los mercados externos, la cual ha redundado en un superávit comercial estructural en los últimos 15 años. Si bien la información del comercio exterior no se encuentra desagregada a nivel provincial, la tendencia nacional resulta sin dudas representativa de lo ocurrido en los principales polos jurisdiccionales del país.

El Gráfico 4 ilustra las tendencias principales del comercio internacional sectorial. De acuerdo a las estadísticas del Balance de Pagos publicada por el INDEC, las exportaciones de *software* y servicios informáticos en 2005 alcanzaban los US\$ 338 millones, mientras que las importaciones acumulaban US\$ 217, de forma tal que el superávit resultaba incipiente. A lo largo de la siguiente década el dinamismo de las exportaciones fue mucho más marcado que el de las importaciones y el saldo externo alcanzó un punto de US\$ 1.006 millones en 2011. A partir de allí y hasta 2018, las importaciones sectoriales crecieron a un ritmo más elevado que las exportaciones, pero no lo suficiente como para revertir el resultado superavitario. En 2018, las ventas al exterior

alcanzaron los US\$ 1.903 millones, el punto más alto de la serie, mientras que las importaciones totalizaron US\$ 940 millones.

Gráfico 4. Exportaciones, importaciones y saldo comercial de servicios informáticos (en US\$ millones). Argentina - 2006-2018.

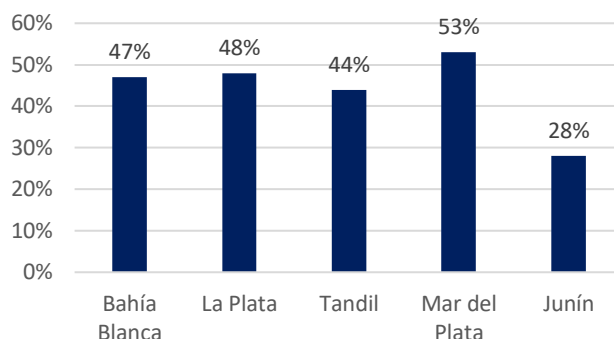


Fuente: elaboración propia en base a INDEC

El comercio exterior del sector no se encuentra altamente concentrado en pocas firmas de gran tamaño como sucede otras actividades. Si bien las grandes empresas representan una parte importante de las exportaciones, un gran número de pequeños emprendedores también logran internacionalizar los productos y servicios informáticos que ofrecen.

Esto se corrobora cuando se analiza la información relativa a los Polos IT de la provincia. El 44% de las empresas del sector realizó en 2017 ventas al exterior, mientras que otro 13% no lo hacía pero planeaba insertarse en el mercado externo en el corto plazo (Informe Plataforma de Innovación, 2017). Cuando se desagrega dicho análisis para cada uno de los cinco Polos IT relevados, se observa que el de la ciudad de Mar del Plata es el que cuenta con mayor inserción externa de sus empresas: el 59% de las firmas realizan exportaciones. Los *clusters* ubicados en Tandil, La Plata y Bahía Blanca también cuentan con al menos un 40% de firmas que realizan ventas al exterior. Pero incluso en el Polo IT más pequeño de la provincia, ubicado en la localidad de Junín, el 22% de las empresas manifestó haber exportado una parte de sus servicios en 2017.

Gráfico 5. Empresas exportadoras dentro de los Polos IT de la provincia de Buenos Aires (% del total). Año 2017.



Fuente: elaboración propia en base a Informe Plataforma de Innovación (MCTI PBA)

Otra característica relativamente común de los Polos IT de la provincia es la existencia de una escasa vinculación con las universidades locales para realizar convenios de investigación, I+D, desarrollo de productos u otro tipo de acuerdos de largo plazo. Si bien cerca de las mitad de las empresas de los polos provinciales IT manifestó tener algún tipo de convenio con Universidades, en dos terceras partes de los casos dichos convenios estaban dirigidos a pasantías para estudiantes o prácticas profesionales.

En materia de convenios con Universidades, el polo de Mar del Plata cuenta con una proporción mayor a la media de firmas vinculadas (53%), mientras que Junín registra el nivel más bajo de articulación (28%). Bahía Blanca, por su parte, se destaca por contar con el mayor porcentaje de convenios para pasantías: 86% de las empresas de este Polo que se vinculan con universidades lo hacen para obtener recursos humanos bajo este tipo de contratación.

5. Análisis tecnológico

Dada la naturaleza del sector analizado, la descripción de las diversas características de la actividad informática realizada en secciones precedentes de este informe nos han llevado ya a referirnos a los elementos centrales de naturaleza tecnológica que definen al sector. En lo que sigue se retoman y ordenan esos elementos.

La provisión de servicios informáticos y *software* es una actividad trabajo-intensiva. En tal sentido, el recurso determinante respecto de la calidad de los servicios ofrecidos se deriva de la capacidad de los trabajadores utilizados. Dicha capacidad posiciona a la Argentina y a la provincia de Buenos Aires en un lugar destacado dentro del escenario sectorial global. Sin embargo, el déficit de una cantidad adecuada de recursos humanos para atender las necesidades del sector devino crónico y, sin duda, constituye la limitante principal manifestada por el sector.

El déficit mencionado lleva el foco de atención al sistema educativo. Indudablemente, la capacidad de los trabajadores del sector –la combinación del talento, creatividad y habilidades cognitivas con las que cuentan– se juega, en parte, en la formación recibida. En ese sentido, es destacable que más de un 75% de los trabajadores del sector cuenta con algún nivel de formación terciaria o universitaria. Sin embargo, en los últimos años la presión de la demanda empresarial para conseguir nuevos programadores creció muy por encima del flujo de egresados en las

carreras orientadas a estas actividades, lo cual derivó en que la interrupción o abandono definitivo de los estudios para saltar al mercado de trabajo sea una tendencia cada vez más generalizada.

En los hechos, el salto mencionado ha sido factible porque, a diferencia de lo que sucede en otras disciplinas, no se requiere ni legal ni formalmente una especificidad educativa especial para ejercer, pero fundamentalmente porque las tareas del sector –o al menos, algunas tareas del sector– tienen un alto componente de aprendizaje logrado por la práctica o *learning by doing*. Esta capacitación “en el terreno”, obtenida de manera gradual en el propio puesto de trabajo, termina siendo determinante para una serie de tareas de programación. En este sentido, una solicitud recurrente de muchos representantes del sector es que el sistema educativo adecúe las carreras “largas” tradicionales y se establezcan tecnicaturas y diplomaturas cortas (de uno o dos años de duración) en las Universidades nacionales. En el mismo sentido, también insisten en la necesidad de articular desde el Estado –en sus distintos niveles– campañas de difusión temprana (por caso, en colegios primarios y secundarios) para promover una mayor matrícula de estudiantes en las carreras afines a sistemas y, más en general, para romper con el “tabú” que muchas veces parece rodear a la actividad –dificultad excesiva, necesidad de contar con grandes capacidades abstractas y matemáticas– y que funciona como una barrera que desalienta la entrada de más trabajadores.

Sin embargo, también resulta atendible la posición expresada por otros actores vinculados al desarrollo del sector a nivel provincial, como los investigadores de algunas de las Universidades articuladas alrededor de los polos IT existentes, que mostraron dudas respecto a lo anterior y remarcaron los límites del supuesto “aprendizaje por la práctica” mencionado anteriormente. En este sentido, remarcaron las capacidades completamente diferentes para lidiar y resolver problemas complejos de tipo matemático y computacional de –por caso– un Ingeniero Informático con formación de posgrado, en relación a un programador sin educación formal o con formación básica en la materia. Respecto a este punto, debe tenerse en cuenta que el tipo de desarrollos de *software* en los que un país se especializa no parece independiente de las estrategias formativas de sus recursos humanos.

En cualquier caso, parece claro que no se trata de pensar ambas opciones como alternativas excluyentes entre sí; las tradicionales carreras “largas” que componen la oferta universitaria local podrían coexistir con nuevas alternativas de formación más cortas y flexibles que permitan formar más velozmente recursos humanos con competencias iniciales o básicas para nutrir una parte de las necesidades del sector.

En otro plano, un fenómeno que caracteriza a las empresas de *software* nacionales y provinciales es el predominio de las microempresas; en 2016, casi tres de cada cuatro firmas contaba con menos de 10 ocupados (OPSSI, 2019, p. 4). Este fenómeno conduce a que, a nivel intraorganizacional, se observe una escasa partición de tareas al interior de las firmas. Los mismos trabajadores y los dueños de las empresas suelen desarrollar de forma indistinta toda la gama de tareas necesarias, incluyendo los espacios vinculados al *marketing* y la comercialización externa de sus servicios.

En materia de vinculación con el entorno CTI se observan evidencias mixtas. Muchas empresas articuladas alrededor de los 5 polos IT con los que cuenta la provincia suelen tener, de forma directa o a través de sus Cámaras locales, lazos de contacto fluido con las Universidades del territorio en el que operan. Sin embargo, como se vio en la sección previa, esos lazos no están generalmente dirigidos a explotar las capacidades de I+D o asesoramiento tecnológico de los centros o institutos de investigación en materia informática para la resolución de problemas, sino a establecer pasantías o prácticas profesionales de recursos humanos. En general, las empresas de *software* suelen recurrir a otro tipo de alternativas informales –consultas a colegas, búsquedas en

internet—para buscar soluciones y resolver algunas de las dificultades técnicas que se presentan en el desarrollo de la actividad.

Las herramientas e insumos “físicos” utilizados para la programación, los servicios digitales y el almacenamiento de datos, por su parte, son en su gran mayoría extranjeros. Esto incluye la mayoría del *hardware* que se utiliza y también los *software* de sistemas operativos, aunque en ocasiones también se recurre a herramientas de código libre. Un insumo intangible crítico que utiliza el sector de *software* se refiere a la conectividad digital. En este sentido, alcanzar mejores prestaciones en la conectividad a internet dentro del territorio bonaerense (y vale el punto para el resto del país) resultaría de una fundamental importancia.

Finalmente, cabe destacar que se observa un uso limitado de certificaciones de calidad dentro del sector. En general, la obtención de estas certificaciones —normas ISO o también de tipo CMM/CMMI, que son específicas del sector y están destinadas a la evaluación de procesos para el desarrollo, mantenimiento y operación de sistemas de *software*— es costosa, por lo que las PyMEs del sector no suelen recurrir a ellas. No se evidencia hasta ahora que la ausencia de dichas normativas representen una barrera a la entrada en el sector, aunque podría llegar a constituir un obstáculo a futuro, sobre todo en el plano externo y en el marco de ciertas cadenas de valor global comandadas por corporaciones transnacionales que estén en condiciones de exigir estas normas.

6. Principales problemáticas identificadas

Sobre la base de la información secundaria relevada y las entrevistas con expertos, funcionarios e informantes sectoriales clave, a continuación, se listan aquellas áreas identificadas con potencial para intervenir desde el entorno CTI sobre el sector analizado. Estas áreas de acción no deben ser interpretadas como únicas y definitivas, sino como un punto de partida desde el cual es posible escalar y especificar nuevos espacios futuros de intervención.

6.1. Escasez crónica de mano de obra y dificultades para retener personal

Como se discutió a lo largo de este informe, la principal dificultad que enfrenta el sector de *software* en la provincia de Buenos Aires —y en el país— es la escasez recurrente de mano de obra, producto del crecimiento de la actividad a un ritmo mayor al de la formación de nuevos recursos humanos. De esta forma, se contratan estudiantes para suplir estas ausencias (lo cual, a su vez, atenta contra la trayectoria educativa de una parte de quienes eligen la programación como espacio de desempeño laboral); se incrementa la competencia entre empresas de distinto tamaño y origen por la contratación del personal; y se enfrentan elevadas tasas de rotación laboral que perjudican el desarrollo de los proyectos de más largo plazo y debilitan la acumulación de capacidades inmateriales en las firmas.

6.2. Funcionamiento precario de los servicios de infraestructura básicos para el sector

Una segunda dificultad de consideración que enfrenta el sector está vinculada con el deficiente suministro de los insumos intangibles vitales para el normal desarrollo de la actividad: el servicio de energía eléctrica y, en especial, la provisión de una conexión segura, rápida y estable a internet. Como es obvio, el sector experimenta una dependencia absoluta respecto a estos servicios para funcionar. En el caso del suministro de electricidad, a diferencia de las empresas de otros sectores de actividad emplazadas en parques industriales o de una escala lo suficientemente grande como para poseer generadores propios de emergencia, la mayoría de las empresas de *software* ha

enfrentado en los últimos años la misma inestabilidad en el servicio que la mayoría de los hogares de la provincia y el país. En el caso de internet, muchas de las empresas del sector recurren a contratar más de un proveedor para cubrirse frente a cortes potenciales en el suministro o un mal funcionamiento de la conexión. Sin embargo, estas estrategias no siempre solucionan el problema y, a su vez, está limitada territorialmente a las localidades que cuentan con más de un proveedor para el servicio (en general, las grandes ciudades de la provincia).

6.3. Ausencia de visión estratégica difundida en empresas de terceros sectores respecto a las potencialidades de incorporar soluciones informáticas

Como se analizó en este mismo trabajo –en la sección dedicada al análisis de la industria 4.0 en la provincia de Buenos Aires– una dificultad general que atenta contra la difusión de las soluciones informáticas y las tecnologías digitales pasa por la inexistencia de una definida visión empresarial estratégica respecto a las enormes potencialidades que estos desarrollos involucran y, a la vez, del riesgo que supone retrasar su incorporación.

Existe una combinación de desconocimiento y reticencia entre parte considerable de las empresas industriales –y de otros sectores de actividad– frente a la opción de incorporar de forma masiva soluciones informáticas a los procesos productivos y otros espacios de la gestión corporativa.

Como se discutió en el informe sectorial respectivo, este fenómeno representa un riesgo cierto para el avance del paradigma 4.0 en el tejido industrial bonaerense, pero también implica un límite importante, en lo que al sector productor de *software* compete, para la demanda potencial de servicios digitales en el mercado doméstico.

6.4. Limitada vinculación con el entorno académico en materia de investigación

De acuerdo a la información analizada, los lazos de vinculación del sector productor de *software* de la provincia con las Universidades del entorno local son relativamente estrechos en lo que hace a una búsqueda de alternativas de formación más rápida de los recursos humanos para la actividad informática y en lo referido a los convenios de pasantías y prácticas profesionales. La vinculación con las Universidades dirigida a realizar actividades de I+D, otros convenios de investigación o colaboración para desarrollo de productos es mucho menos frecuente.

Este factor ha generado un cuadro de cierta subutilización parcial de las capacidades de las Universidades del territorio cercano a los polos IT y muchas de las empresas del sector, en tanto no se aprovecha de forma plena la generación de nuevos conocimientos en el ámbito científico y la posibilidad de aplicarlos a desarrollos informáticos novedosos.

C. BIOENERGÍA

1. Introducción

La bioeconomía puede ser definida como un paradigma articulado alrededor de la producción y el consumo sustentable de bienes y servicios a través del uso y la transformación de recursos biológicos. En distintos países avanzados, este paradigma ha ido ganando importancia en los últimos años como marco para concebir e implementar diferentes políticas públicas de desarrollo productivo y energético en el contexto de un abandono paulatino de los combustibles fósiles; en América Latina, sin embargo, su difusión ha sido mucho menor (Rodríguez, Mondaini y Hitschfeld, 2017, p. 9).

Para una provincia como Buenos Aires, con una significativa capacidad de generación de biomasa, el paradigma de la bioeconomía ofrece una importante oportunidad para el desarrollo. La provincia cuenta con una notable dotación de recursos naturales y una enorme capacidad de producción de bienes agroindustriales, a la vez que existen muchos otros sectores que utilizan recursos biológicos para la elaboración de bienes y servicios. En este contexto, la bioeconomía ofrece excelentes posibilidades para maximizar la circularidad de ciertos procesos y avanzar en la introducción de nuevas formas de producir y consumir que promuevan un desarrollo productivo y social más sustentable.

El paradigma de la bioeconomía, que nace en el último cuarto del siglo XX, incluye como uno de sus componentes fundamentales el desarrollo gradual de una matriz bioenergética.¹ Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO a partir de ahora, por sus siglas en inglés), la bioenergía es aquella energía derivada de los biocombustibles, los cuales son a su vez definidos como combustibles que surgen directa o indirectamente de la biomasa, material de origen biológico que excluye el integrado en formaciones geológicas o transformado en fósiles (FAO, 2019b).

En tal sentido, el estudio de la bioenergía se constituye en un sistema heterogéneo, caracterizado por la multidimensionalidad, en tanto atraviesa la actividad forestal, la producción agrícola y pecuaria, distintos eslabones de la transformación y la comercialización de estos productos y también del eventual aprovechamiento de los desechos del consumo urbano. A su vez, el análisis de la factibilidad de producir bioenergía requiere una adecuación a las alternativas y necesidades de cada uno de los sectores o eslabones involucrados, como productores de biomasa y como potenciales usuarios de bioenergía.

En este marco, el desarrollo de las bioenergías en la provincia de Buenos Aires presenta interesantes perspectivas, no sólo por los considerables recursos de biomasa útil que presenta la provincia sino también por las capacidades en biotecnología con las que cuenta. Sin embargo, el grado de desarrollo de la actividad bioenergética bonaerense resulta muy dispar: mientras que desde hace una década se encuentra en franca expansión la producción de biodiesel, la generación de energía a partir de biomasa seca se presenta relativamente rezagada y únicamente existen cuatro plantas que aprovechan este recurso. En el caso del biogás, por su parte, se observa una subexplotación del potencial instalado en la provincia, en tanto un importante número de

¹El uso primigenio del concepto de *bioeconomía* suele ser atribuido al economista polaco Nicholas Georgescu-Roegen (1975), quien en un artículo seminal sobre el tema enfatizó el origen biológico de los procesos económicos y esbozó un programa de acción global de orientación bioeconómica.

biodigestores que son actualmente utilizados como herramienta de tratamiento de efluentes, no aprovechan el biogás que se genera. De esta forma, existe un amplio margen de acción para avanzar en la construcción de una matriz bioenergética dentro del territorio bonaerense.

2. Orígenes y evolución de la bioenergía

Las energías renovables son utilizadas por las personas desde los comienzos de la vida en sociedad, siendo el ejemplo más obvio la generación de energía calórica a partir de biomasa natural seca, principalmente madera. A partir de la Revolución Industrial el esquema global de producción energética mutó hacia una matriz basada en los recursos combustibles fósiles. Según datos del Banco Mundial, en la actualidad cerca del 80% del total de energía consumida a nivel mundial procede de este tipo de combustibles.

El giro gradual hacia la generación de energía de base renovable para abastecer a gran escala a la producción y el consumo tiene su origen tras la primera crisis del petróleo en la década de 1970. Los países con matrices productivas energo-intensivas comenzaron a replantearse tras este acontecimiento las posibles alternativas de sustitución de las fuentes fósiles y también comenzaron a llevar adelante políticas estatales para fomentar una mayor racionalidad en el uso de la energía. A su vez, en las últimas décadas creció notablemente el entendimiento y la difusión del impacto ambiental del uso acumulado de energías fósiles. La ONU ha expresado que el cambio climático constituye el mayor desafío de nuestro tiempo y ha determinado que el dióxido de carbono (CO₂) —el más abundante de los gases de efecto invernadero— es el resultado de la quema de combustibles fósiles en los últimos dos siglos, lo cual torna crítica la necesidad de encontrar alternativas energéticas más limpias.

De esta forma, se consolidaron las tecnologías de energía renovable de primera generación (dentro de las cuales se incluye la producción a partir de biomasa seca) e impulsó una segunda oleada de tecnologías de energías renovables, entre las que se cuentan las bioenergías modernas, fundamentalmente el bioetanol y el biodiesel. La difusión de estas energías aún se encuentra en crecimiento, en paralelo a la lenta sustitución de los recursos fósiles, mientras que múltiples nuevas tecnologías que constituyen la tercera oleada se encuentran en desarrollo. Estas últimas apuntan, fundamentalmente, a la producción a partir de residuos agroganaderos (donde se incluye la producción de biogás, tecnología más avanzada hasta el momento dentro de esta oleada) y de recursos no producidos en el campo, de forma tal de no demandar alimentos para generar energía.

La introducción de estas tecnologías a la matriz productiva y energética en la región y fundamentalmente en Argentina ha sido relativamente limitada hasta entrado el siglo XXI. Durante la década de 1990 se incrementaron en el país las investigaciones académicas y científicas relacionadas a las energías renovables. Si bien por entonces las metas de política energética no incluyeron la adopción de energías limpias por parte de la matriz productiva local, se sentaron las bases para comenzar a delinear futuras acciones en esa dirección.

A fines del año 2006 se sancionó la Ley 26.190, la cual declaró de interés nacional la generación de energía eléctrica a partir del uso de fuentes de energía renovables, la investigación tecnológica y la fabricación de equipos con esa finalidad y estableció un régimen de fomento para estas actividades. Nueve años más tarde se promulgó la Ley 27.191, modificatoria de la anterior, que estableció el objetivo de lograr una mayor contribución de las fuentes renovables de energía hasta alcanzar el veinte por ciento del consumo de energía eléctrica nacional hacia fines de 2025. Por su parte, el Programa RenovAr de Ministerio de Energía y CAMMESA en 2106 y la Ley 27.424

de 2017 buscaron impulsar y establecer las condiciones necesarias para inyectar a la red nacional de distribución eléctrica los eventuales excedentes de energía de origen renovable con destino de autoconsumo.

3. La bioenergía en el contexto provincial

La provincia de Buenos Aires cuenta a lo largo de todo su territorio con importantes recursos naturales que la convierten en una potencia agroecológica nacional e internacional. Estas condiciones locales constituyen un factor fundamental para el desarrollo bioeconómico y, en particular, para la exploración de alternativas bioenergéticas.

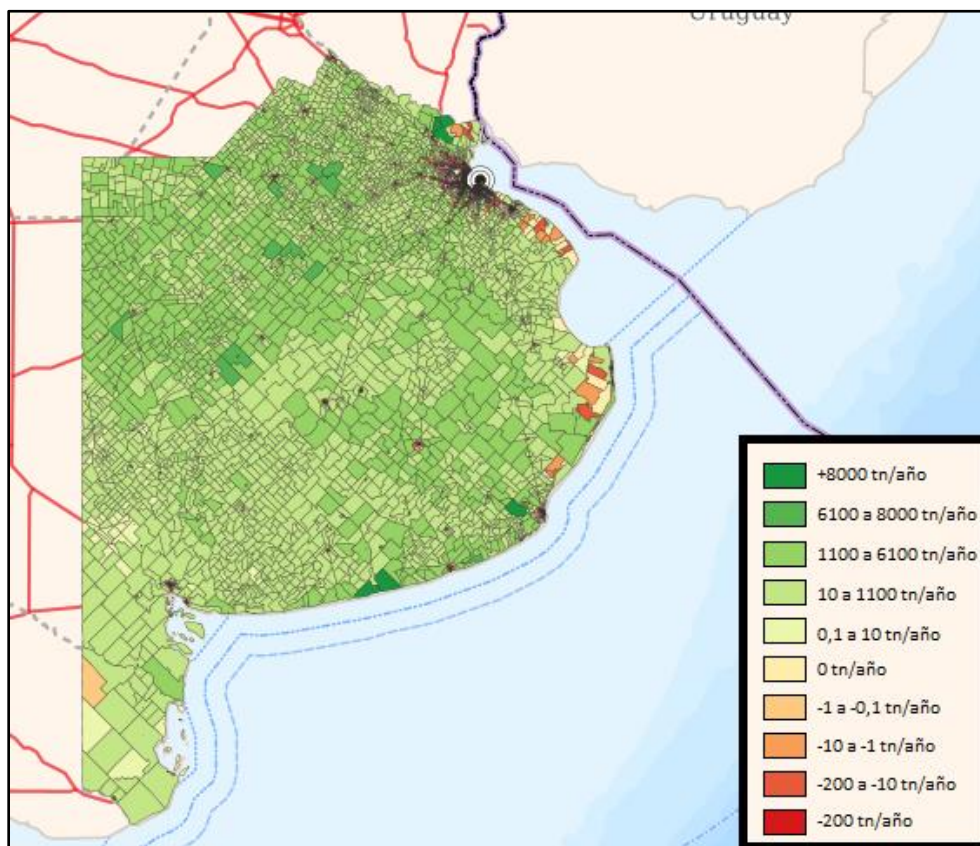
Los recursos naturales y la matriz productiva de la provincia de Buenos Aires dan lugar a un nicho de elevado potencial en el ámbito de las bioenergías. Sin embargo, la evidencia disponible señala que ese potencial se encuentra subexplotado. En tal sentido, el foco de este informe sectorial se dirige al análisis de los potenciales usos de la producción agroganadera y sus residuos para la generación de energía, así como también de los eslabones proveedores de insumos y servicios para estas actividades.

Como se dijo antes, la transición desde una economía fósil hacia un nuevo paradigma social bioeconómico representa un reto social compartido. Dotar de mayor sustentabilidad a la actividad económica, priorizar la reutilización de recursos y residuos y, en general, construir sistemas circulares de producción es un imperativo de la época. En este sentido, la maximización del uso de los recursos biológicos a lo largo de distintas instancias de las rutinas productivas y de los hábitos de consumo constituye un desafío y, a la vez, una oportunidad de desarrollo.

Dadas sus condiciones agroecológicas, Buenos Aires cuenta con múltiples recursos y líneas de producción que dan lugar a un balance de biomasa altamente positivo a lo largo de prácticamente todo el territorio provincial. En particular, se identifican dos polos geográficos donde existe mayor concentración de sobreoferta de biomasa: uno localizado al norte y noroeste, donde se ubica la zona núcleo agrícola; y otro radicado al sudeste, con condiciones agroecológicas también favorables para estas explotaciones.

Mapa 1. Balance de biomasa producida en la provincia de Buenos Aires

2015-2018

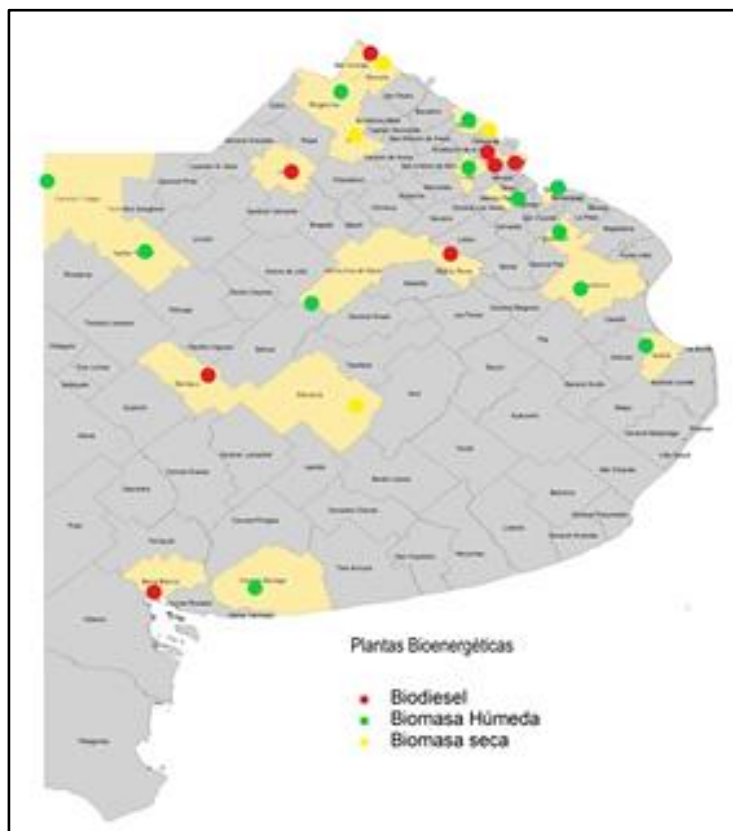


Fuente: Secretaría de Energía de la Nación

La provincia cuenta con múltiples potencialidades para avanzar en la generación de energías renovables a partir de fuentes biológicas. Buenos Aires cuenta con una importante producción directa o indirecta de biomasa, tanto seca como húmeda, en la actividad agrícola (fundamentalmente en el cultivo de la soja y del maíz, de los cuales se pueden aprovechar tanto los residuos como los propios granos); en la producción ganadera y cría de animales de granja, una fuente de desechos que pueden ser reutilizados para producir energía; y también en los recursos provenientes de la cadena maderera (mayoritariamente, en los eslabones industriales localizados en la provincia).

Cada una de estas actividades ofrecen alternativas para la producción de energía y pueden ayudar a mejorar la sustentabilidad de la matriz energética bonaerense. La biomasa seca se puede utilizar para obtener energía calórica o eléctrica de forma directa; la biomasa húmeda puede transformarse —a partir de procesos de biodigestión— en biogás; los granos y otros componentes de la soja y el maíz permiten elaborar biodiesel y bioetanol; y existen además proyectos incipientes para la producción de biocombustible a partir de algas.

Mapa 2. Establecimientos bioenergéticos en actividad en la provincia de Buenos Aires



Fuente: Observatorio de Bioeconomía y Datos Estratégicos de la Provincia de Buenos Aires

Actualmente existen 28 establecimientos bioenergéticos activos en la provincia de Buenos Aires, los cuales se encuentran repartidos a lo largo de todo el territorio provincial. Sin embargo, se observa una relativa concentración en el área metropolitana de Buenos Aires, donde se encuentra la mayor demanda de energía y las principales plantas productoras de aceite de soja. Además, también se encuentran plantas bioenergéticas a partir de biomasa seca en el norte, cerca de las plantaciones forestales del Delta bonaerense, y distintos biodigestores a lo largo de toda la provincia que generan biogás a partir de biomasa húmeda (Observatorio de Bioeconomía de la provincia de Buenos Aires).

Además, se encuentran en construcción otras 12 plantas, mayoritariamente para la producción de biogás, mientras que existen otros 9 proyectos en etapas previas (Ibíd.). De esta forma, el sector bioenergético de la provincia de Buenos Aires se encuentra en expansión. La promoción de energías renovables a partir de los distintos subproductos de las cadenas agroalimentarias de la provincia es un componente fundamental del desarrollo futuro de estas actividades y puede ayudar a promover un cambio relevante en el consumo energético bonaerense.

Como se observa en la experiencia internacional, las políticas públicas y las iniciativas de promoción por parte del Estado resultan de especial importancia a la hora de promover la difusión de las bioenergías. En ese sentido, en 2016 el Ministerio de Agroindustria de la provincia lanzó un Plan Provincial de Bioeconomía con el objeto de detectar oportunidades de innovación, fomentar su captación y aplicación en el sector productivo y promover modelos de negocios rentables y con

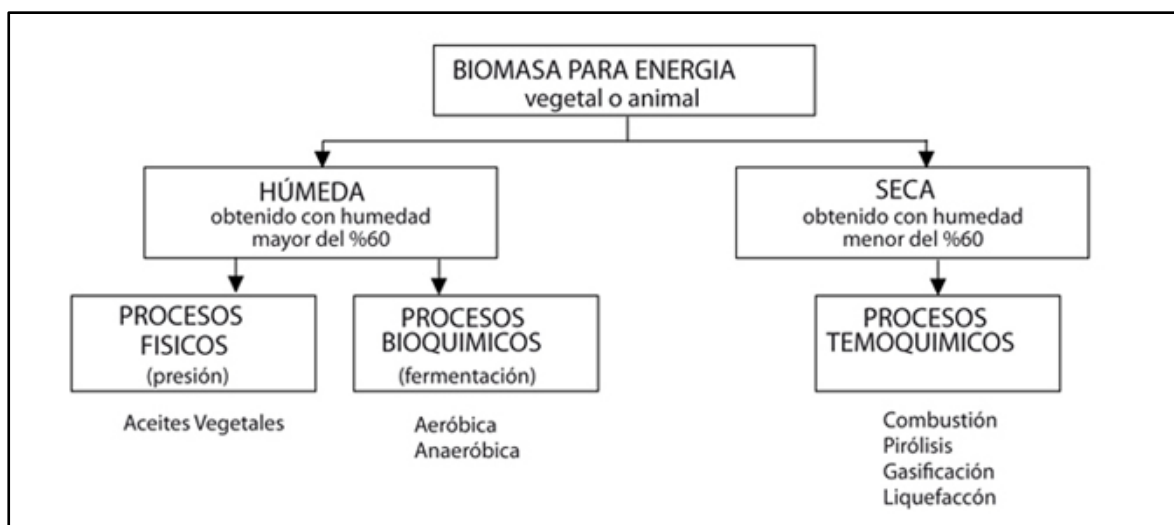
externalidades ambientales positivas a nivel local. Entre las metas que se encuentran explicitadas en el plan se incluye el compromiso de identificar cuencas biomásicas para la producción bioenergética a fin de promover una producción agropecuaria sustentable y una industrialización inteligente; así, el plan se propone fortalecer y desarrollar la matriz productiva agroindustrial bonaerense a través de su diversificación, mitigar el déficit energético, sanear el medioambiente, introducir prácticas agropecuarias sustentables y solucionar el acceso a energía en localidades o asentamientos aislados.

3.1. Biomasa seca

Como se dijo, la provincia de Buenos Aires cuenta con distintas fuentes de biomasa, las cuales suelen ser clasificadas de acuerdo a su grado de humedad (Diagrama 1). De esta forma, se distingue la biomasa seca de la biomasa húmeda, radicando la diferencia entre ambas en su grado de humedad y en que la obtención de energía demanda un proceso distinto en cada caso: por un lado, con procesos de combustión directa de biomasa seca se genera energía que puede ser tanto eléctrica como térmica; por otro, los materiales húmedos requieren un proceso de conversión previa.

Se considera biomasa seca a aquella que cuenta con un grado de humedad menor al 60%, lo que permite que mediante procesos termoquímicos de combustión se genere energía de forma directa a partir de estos recursos. Esta energía se puede aprovechar en forma calórica, permitiendo reemplazar combustibles fósiles, o también se puede extraer energía eléctrica en instalaciones de gran escala a partir de turbinas propulsadas por vapor de agua generado en el proceso de combustión.

Diagrama 1. Transformación de biomasa en energía



Fuente: Probiomasa

Distintos residuos o subproductos de varias cadenas agroindustriales de la provincia pueden aprovecharse como biomasa seca para generar bioenergía. Estos se pueden distinguir entre oferta directa o indirecta, según su origen: aquellos provenientes directamente del campo

se consideran oferta directa de biomasa seca, mientras que los productos y residuos de la industria maderera o de procesamiento de granos se constituyen como oferta indirecta.

Dentro de la oferta directa, uno de los principales recursos cuantificados por parte de la FAO en su reciente *Análisis Espacial del Balance Energético Derivado de Biomasa en la Provincia de Buenos Aires* (en adelante, FAO 2018) consiste en las formaciones arbóreas naturales existentes en la provincia que no se encuentran protegidas. Dichos espacios, sin embargo, son múltiples pequeñas formaciones de escasa superficie y que no se explotan activamente de forma productiva.

Por fuera de este recurso, los marlos provenientes de la producción agrícola de maíz constituyen la principal fuente directa de biomasa seca en Buenos Aires (Ibíd.). Las explotaciones de este cultivo en la provincia son abundantes, principalmente en la zona núcleo del norte de la provincia, aunque también existe un espacio productivo importante en el sudeste bonaerense. Según el método de cosecha utilizado, estos marlos pueden quedar en el campo o levantarse con la cosechadora, en cuyo caso se pueden aprovechar como combustible. Sin embargo, los marlos tienen una baja densidad, lo que redundaría en un alto costo de transporte para su aprovechamiento. De esta forma, su transformación en energía debería ocurrir cerca de las explotaciones primarias, aunque también se podrían *pelletizar* para reducir su tamaño y costo de transporte, tal que posteriormente se genere energía a partir de estos pellets. A este respecto, téngase en cuenta que, en 2018, la Facultad Regional Venado Tuerto (Santa Fe) de la Universidad Tecnológica Nacional patentó un sistema para *pelletizar* marlos de maíz que reduce entre siete y diez veces el volumen del marlo y está trabajando en una adaptación de la maquinaria respectiva para que pueda ser llevada a los campos y evitar así el costo de transporte de los marlos antes de ser *pelletizados* (UTN FRVT, 2018).

Finalmente, existen otros orígenes directos de menor volumen en la provincia de Buenos Aires que podrían ser aprovechados para la generación de energía, provenientes de las plantaciones forestales y frutales del Bajo Delta bonaerense o de la poda urbana. Su participación dentro de la oferta directa de biomasa seca de la provincia, sin embargo, resulta muy baja (Ibíd.).

Por el lado de la oferta indirecta, existen tres fuentes principales de biomasa seca: la industria maderera, los semilleros y las aceiteras. La mayor parte de los aserraderos de la provincia de Buenos Aires está localizada en el Delta del Paraná y en el Gran Buenos Aires, cerca de las plantaciones forestales y del principal núcleo de demanda del país. Aproximadamente un 45% de la madera procesada por los aserraderos de la provincia acaba en residuos, de forma tal que existe un importante excedente de biomasa no aprovechado en este sector y que podría ser usado como combustible para generar energía (Ibíd.).

Por el lado de la producción de semillas, también cabe destacar el rol del cultivo de maíz como una de las fuentes indirectas de biomasa seca. Cuando se produce con destino de semillero, el maíz se cosecha entero, de forma tal que durante el proceso de industrialización en que se quitan los granos aproximadamente la mitad de las espigas deriva en residuos: el marlo, la chala, el tallo y la panoja no se utilizan y suelen ser desechados o, en el mejor de los casos, aprovechados como alimento animal, abono o relleno de campos. La quema como combustible es escasa, pese a que podrían ser aprovechados para generar energía.

Finalmente, la industria aceitera también es una gran generadora de residuos secos que pueden aprovecharse como biomasa para producir energía. Dentro de la provincia de Buenos Aires, destacan fundamentalmente las cáscaras de las semillas de girasol y de soja. Estos elementos tienen un bajo grado de humedad y pueden quemarse de manera directa para producir

energía. Además, existen grandes ventajas para su aprovechamiento a gran escala, puesto que estos residuos se generan de manera concentrada en las plantas, acumulándose fácilmente.

La demanda de estos recursos, por su parte, se divide entre cinco tipos de actores: el sector residencial, el sector industrial, el Estado a partir de las escuelas rurales, el sector comercial y el autoconsumo. El aprovechamiento de todos estos tipos de biomasa seca dentro de la provincia de Buenos Aires, sin embargo, resulta muy escaso. De acuerdo al balance entre la oferta y la demanda de biomasa seca para la provincia de Buenos Aires realizado por la FAO, apenas un 1% de estos recursos efectivamente se aprovecha para producir energía calórica o eléctrica (Ibíd.).

3.2. Biomasa húmeda

En cuanto a la biomasa húmeda, la cual se caracteriza por un componente de humedad mayor al 60%, se puede usar para generar energía de dos maneras diferentes. Existen distintos residuos o incluso productos de la actividad agrícola que pueden utilizarse para la elaboración de aceites y biocombustibles y que pueden reemplazar a los combustibles fósiles líquidos para la generación de energía calórica o eléctrica vía combustión. Por otro lado, también se pueden reutilizar desechos mediante procesos de biodigestión, provenientes de distintos sectores económicos principalmente pecuarios, para producir biogás.

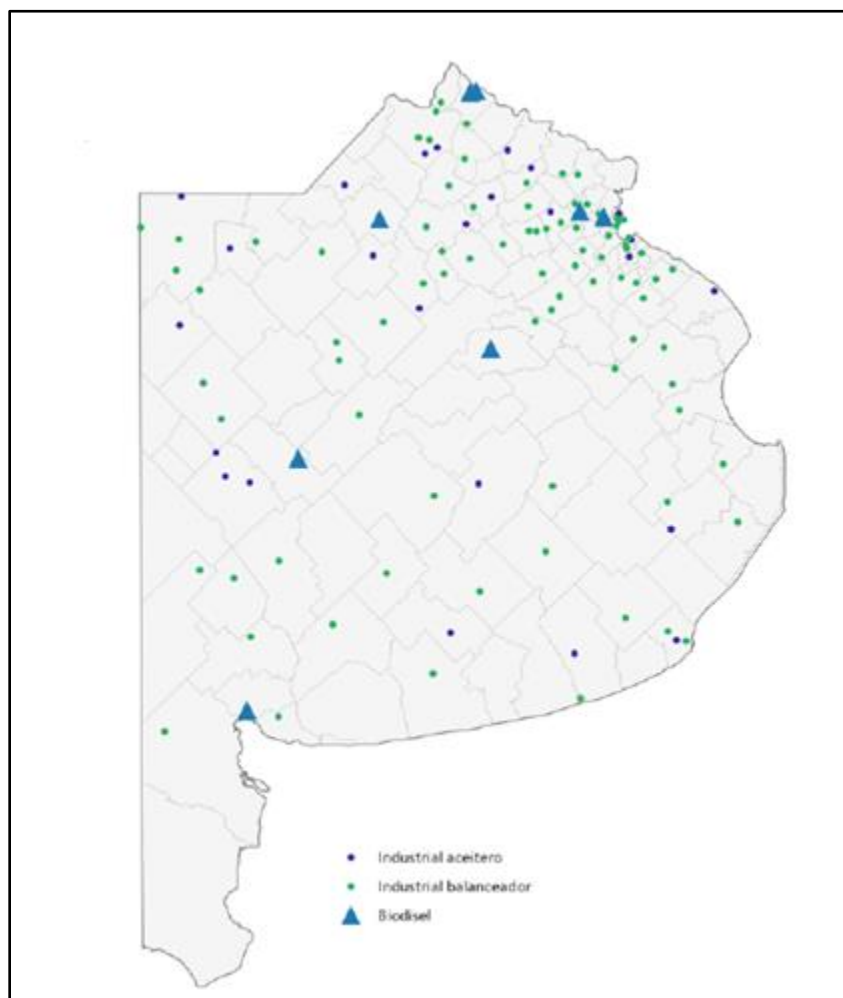
Una de las ventajas de la producción de biogás y biocombustibles respecto del uso de biomasa seca proviene del hecho de que su fraccionamiento, almacenamiento y traslado resulta mucho más sencillo y menos costoso que para la biomasa seca. De esta forma, mientras que la biomasa seca en general requiere que la generación de energía se lleve a cabo en las cercanías de las explotaciones que generan este tipo de recursos, los combustibles producidos a partir de biomasa húmeda pueden almacenarse, transportarse con mayor facilidad.

Como es sabido, la Argentina se posiciona como uno de los principales productores y exportadores de biodiesel a nivel mundial. Sin embargo, pese a que Buenos Aires contaba en 2017 con un 31% de la explotación nacional de soja y lidera el ranking provincial, la mayor parte de la producción de biodiesel no se encuentra localizada allí sino en la provincia de Santa Fe (Ministerio de Hacienda, 2017).

El principal insumo para la elaboración de biodiesel es el aceite vegetal, entre los cuales se usa mayormente el de soja, aunque –con rendimientos menores– también se puede derivar del girasol, del sorgo, del olivo o del maíz. El núcleo de producción de biodiesel en Argentina se ubica en la provincia de Santa Fe, donde se localiza el polo de *cracking* de granos más grande del mundo: la provincia litoraleña concentraba en 2016 el 87% de la producción nacional de aceite de soja y el 79% de la capacidad productiva de este biocombustible (INTA).

Mapa 2. Establecimientos aceiteros y productores de biodiesel en la provincia de Buenos Aires

2018



Fuente: Ministerio de Hacienda de la Nación

Buenos Aires cuenta con 137 industrias aceiteras y 11 establecimientos para la producción de biodiesel (Ministerio de Hacienda y Observatorio en Bioeconomía). Estos se encuentran concentrados mayoritariamente en el norte de la provincia, cerca de la zona núcleo agrícola. Sin embargo, tienen una capacidad de procesamiento significativamente menor a la de las plantas santafesinas.

De la misma manera, Buenos Aires tiene un importante potencial para la producción de bioetanol a partir de maíz, pero no existen plantas instaladas en la provincia. Actualmente, la elaboración de bioetanol con este cultivo se concentra en Córdoba y Santa Fe (a nivel nacional se produce un volumen equivalente de bioetanol proveniente del maíz en relación al proveniente del bagazo de la caña de azúcar, pero este último cuenta con costos de producción más bajos).

La demanda de biodiesel y bioetanol encuentra un límite en el mercado interno, a su vez, por la reglamentación existente para el corte de biocombustibles en gasoil y naftas. De acuerdo a la normativa actual, el corte para las naftas con bioetanol es del 12%, mientras que para el gasoil

el corte con biodiesel es del 10%. Esto impone un límite sobre la demanda de biocombustibles en el país, generando una dependencia de los mercados externos, los cuales –a su vez– han mostrado en los últimos años importantes limitaciones comerciales para el ingreso al biodiesel argentino por las trabas impuestas por la Unión Europea y los Estados Unidos.

Cabe destacar que también existen desarrollos tecnológicos en la provincia de Buenos Aires para la producción de biocombustibles a partir de algas, aunque se encuentran en estado incipiente. De poder avanzar en su desarrollo, esta fuente contaría con dos ventajas frente a la soja o el maíz: por un lado, no se utilizarían alimentos para elaborar combustibles; por otro, no competiría por el uso del suelo con el resto de las actividades agropecuarias.

Por otro lado, también existen métodos diferentes para reutilizar la biomasa húmeda generada fundamentalmente en las actividades ganaderas. El principal de esos métodos se lleva a cabo a partir de un proceso bioquímico, donde se necesitan reactores anaeróbicos o biodigestores para llevar adelante un proceso de descomposición de la materia orgánica. Este proceso de digestión genera gases, denominado biogás, que posteriormente se utiliza para consumo. A su vez, el residuo de la materia orgánica, al que se llama digerido, se puede reutilizar posteriormente como biofertilizante en la producción agrícola, de forma tal que los desechos se aprovechan completamente y generan un círculo virtuoso sustentable ambientalmente.

El proceso de biodigestión anaeróbica permite, de esta forma, agregar valor a los efluentes de las actividades pecuarias de la provincia, cuya disposición habitualmente se realiza de manera inadecuada y puede contaminar suelos, cursos de agua y aire. En este sentido, ofrece una alternativa para mejorar el cumplimiento de las normas sanitarias y ambientales en la producción ganadera local de manera rentable. Este esquema resulta aplicable fundamentalmente para sistemas productivos intensivos, tales como ganadería bovina en *feedlot*, algunos tambos y los establecimientos porcinos y avícolas, así como también a los frigoríficos. Incluso, se puede utilizar residuos urbanos para generar biogás. De acuerdo a estimaciones realizadas por el Ministerio de Agroindustria de la provincia, y sin incluir esta última posible fuente de biomasa húmeda, Buenos Aires cuenta con una oferta potencial aproximada de biogás equivalente a 170.700 toneladas de petróleo por año (Ministerio de Agricultura de la provincia de Buenos Aires). FAO también cuenta con estimaciones realizadas para el potencial de generación de biogás en la provincia, de acuerdo a un relevamiento realizado por el organismo internacional en el año 2018, el cual indica que existiría capacidad para generar cerca de 206.000 toneladas equivalentes de petróleo por año (FAO, 2018).

Sin embargo, existen únicamente 13 plantas repartidas a lo largo de la provincia que procesan biomasa húmeda, las cuales mayoritariamente son de pequeña escala y utilizadas por las empresas para generar energía de autoconsumo (Observatorio de Bioeconomía). De esta forma, el potencial se encuentra ampliamente subexplotado. Con otros 11 biodigestores en construcción, resulta evidente que la actividad cuenta con un gran potencial que requiere de incentivos para profundizar la integración de este eslabón con los sectores productivos (Observatorio de Bioeconomía).

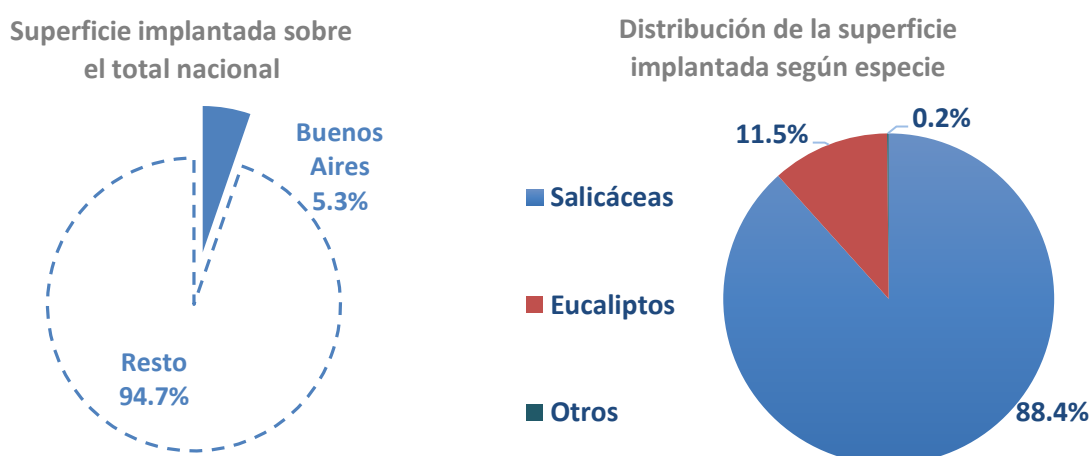
En este sentido, el gobierno provincial –a través del Ministerio de Agroindustria– ha llevado adelante a partir de 2018 un programa para instalar biodigestores en escuelas rurales y agrotécnicas que permiten abastecer de energía a estos establecimientos y a poblaciones cercanas a las mismas. El proyecto está alineado con el Plan de Bioeconomía del mismo Ministerio y tiene por objetivo dar a conocer el uso de este tipo de tecnología, para que tenga mayor difusión y se genere interés en su adopción por parte de explotaciones rurales bonaerenses.

4. Información estadística

Tal como se dijo, la provincia de Buenos Aires cuenta con una gran cantidad de recursos que podrían ser aprovechados como biomasa para la generación de bioenergía. Por un lado, Buenos Aires cuenta con una producción forestal que podría resultar fuente importante de biomasa seca, pesa a que la superficie implantada resulta relativamente escasa en comparación con el resto de las provincias. De acuerdo a las estadísticas relevadas por el Ministerio de Agroindustria de la Nación, en el año 2016 la superficie forestal de Buenos Aires alcanzaba las 68.014 hectáreas, representando un 5,3% del total de las explotaciones a nivel nacional.

A su vez, se observa que un 88,4% de la superficie implantada consiste en salicáceas, mientras que únicamente un 11,5% se encuentran forestados coneucaliptus. Esto constituye una dificultad para el aprovechamiento de la madera y los residuos provenientes del sector para la generación de energía, en tanto el uso de madera de salicáceas como biomasa seca aún se encuentra en fase experimental, desconociéndose su potencial rendimiento.

Gráfico 1. Participación de la superficie implantada de la provincia de Buenos Aires dentro del total nacional y distribución de la superficie forestal provincial según especie. Año 2016.



Fuente: elaboración propia en base al Ministerio de Agroindustria de la Nación

Como se dijo antes, la madera proveniente de la actividad forestal, sin embargo, resulta solo uno de los posibles recursos que pueden utilizarse como biomasa seca. De hecho, de acuerdo al relevamiento de la FAO para la provincia de Buenos Aires representa únicamente el 2% del total de la oferta directa de este tipo de biomasa (FAO, 2018).

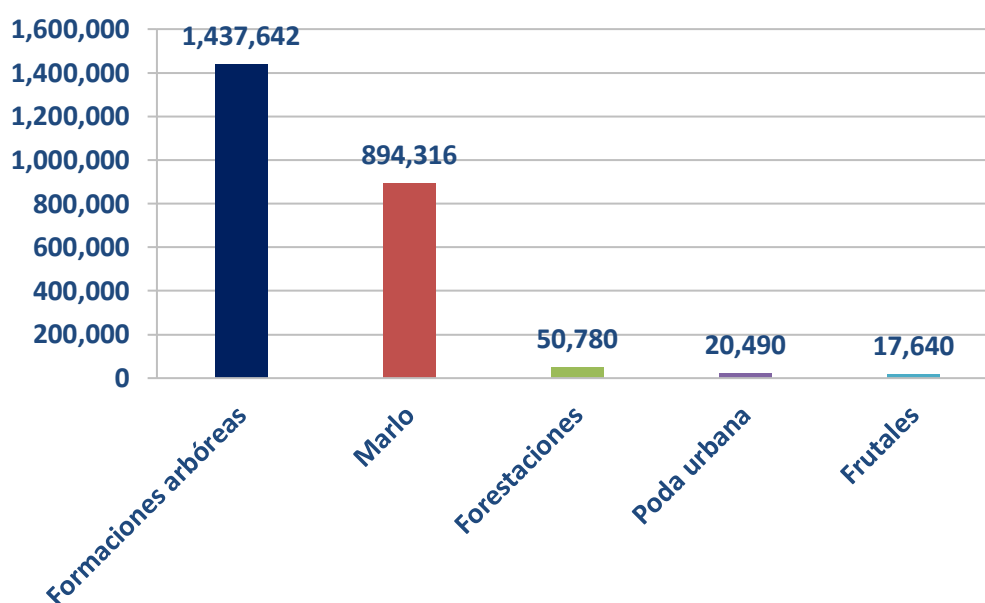
Las fuentes que más biomasa seca generan en Buenos Aires, de acuerdo a dicha evaluación, la madera de formaciones arbóreas de la provincia constituye el mayor recurso disponible, con casi un 60% del total. Sin embargo, la localización de estas formaciones naturales resulta dispersa y no se explotan activamente, de forma tal que su aprovechamiento para generar energía puede resultar más costoso que otras fuentes (Ibíd.).

En segundo lugar, se encuentran los marlos secos que son removidos durante el proceso de cosecha de maíz. De acuerdo a la FAO, en la provincia de Buenos Aires se producen anualmente 894.316 toneladas de marlos que son desechados en el propio campo y podrían utilizarse como biomasa seca para producir energía térmica o eléctrica (Ibíd.). Dicha oferta se encuentra

concentrada territorialmente en la zona norte y noroeste de la provincia, donde se encuentran las mayores plantaciones de maíz de la provincia, y en menor cuantía en los departamentos de la costa sur provincial.

Otros residuos considerados por FAO como oferta directa de biomasa seca dentro de la provincia, aunque con participación escasa dentro del total de la oferta, son la poda urbana y las explotaciones frutales de la provincia. Además, el relevamiento mencionado cuantifica una oferta indirecta aproximada de 27.000 toneladas anuales provenientes de la industria maderera bonaerense, localizada mayoritariamente en el conurbano bonaerense (Ibíd.).

Gráfico 2. Oferta directa anual de biomasa seca en la provincia de Buenos Aires, en toneladas por año. 2017-2018



Fuente: elaboración propia en base a FAO (2018)

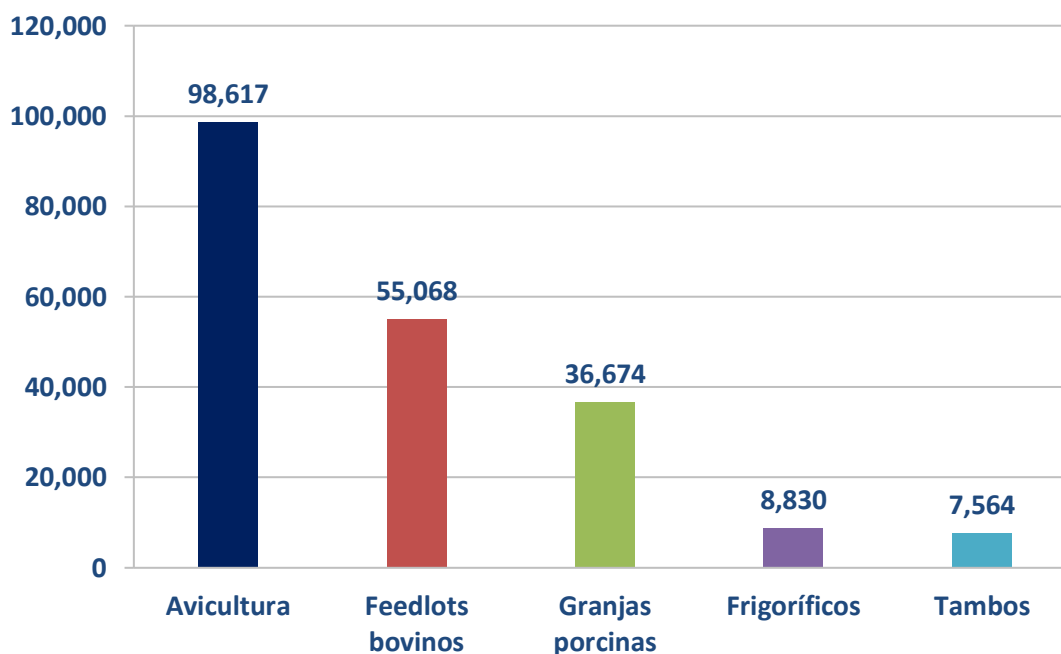
Por el lado de la oferta de biomasa húmeda existente en la provincia para generar biogás los recursos generados por año provenientes de la producción pecuaria y frigorífica bonaerense son equivalentes a 206.753 toneladas de petróleo. En particular, se observa que la producción avícola es aquella que mayores residuos genera: con desechos con potencial para generar biogás por un equivalente a 98.617 toneladas de petróleo por año, concentra cerca del 48% de la oferta de biomasa húmeda de origen pecuario de la provincia (Ibíd.).

En segundo lugar, se posicionan los *feedlots* bovinos, con algo más de 55.000 toneladas. Mientras tanto, los tambos se ubican en último lugar puesto que la mayor parte de los establecimientos lecheros de la provincia no trabajan con sistemas intensivos, de forma tal que únicamente puede ser recuperable para generar biogás el estiércol producido en los corrales de espera (Ibíd.).

La predominancia del sector avícola dentro del potencial para generación de biogás en la provincia se debe a dos factores: por un lado, la misma se realiza únicamente bajo esquemas intensivos, lo que facilita la recolección del guano y de otros desechos que se generan en la

actividad. Por otro lado, el guano de aves cuenta con el mayor potencial de generación de biogás en comparación con el estiércol proveniente de otros animales: de acuerdo a las estimaciones de FAO, una tonelada de guano de la producción avícola tiene un potencial para generar aproximadamente 80m³ de biogás, mientras que para las heces porcinas este valor es de 60m³ por tonelada y para los vacunos de 40m³ por tonelada.

Gráfico 3. Oferta directa anual de biomasa húmeda en la provincia de Buenos Aires, en toneladas equivalentes de petróleo por año. 2017-2018



Fuente: elaboración propia en base a FAO (2018)

Por otro lado, de acuerdo al relevamiento realizado por el Ministerio de Agroindustria de la provincia, Trenque Lauquen es el municipio de Buenos Aires con una mayor capacidad para producir biogás, concentrando un 5,1% del potencial de generación de biogás provincial medido en toneladas equivalentes de petróleo (8.684 TEP anuales). Esto se debe a la importante presencia de *feedlots* bovinos y de *tambos* en el departamento, tal que se localiza allí el 11% del potencial de biogás proveniente de *feedlots* de la provincia y el 11,6% del originado en *tambos*. Otros departamentos que destacan son Pergamino (3,26%) y La Plata (3,15%) fundamentalmente por granjas de gallinas ponedoras, mientras que Saladillo (3,17%) resalta también por la presencia de *feedlots* bovinos y porcinos.

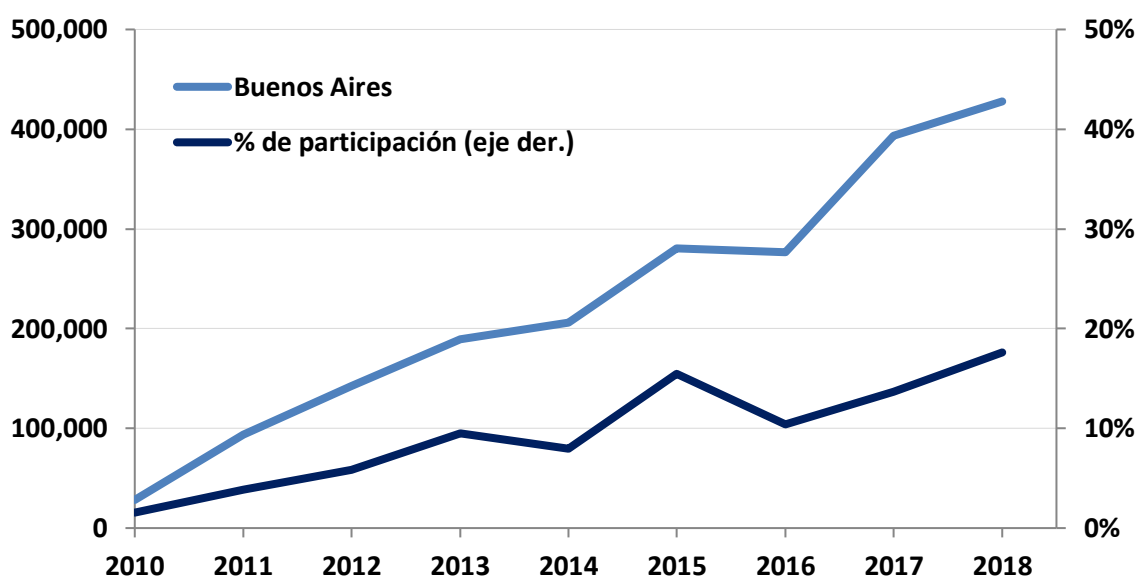
Finalmente, en lo relativo a la elaboración de biocombustibles, la provincia cuenta actualmente con 11 plantas productivas de biodiesel localizadas mayoritariamente en el norte y cerca del Conurbano bonaerense, donde está la mayor parte de la industria aceitera local (Observatorio de Bioeconomía). A lo largo de la última década, la producción de biodiesel bonaerense se ha incrementado rápidamente, multiplicándose por 15 entre 2010 y 2018, lo que representa una tasa de crecimiento anual promedio de 40% (Secretaría de Energía).

En el año 2010, la provincia produjo aproximadamente 28.200 toneladas de este biocombustible, un 1,6% del total elaborado a nivel nacional (Ibíd.). El rápido crecimiento de la

producción provincial llevó a que la fabricación de biodiesel bonaerense alcance, en el año 2018, un total aproximado de 428.000 toneladas, alcanzando una participación nacional de 17,6% (Gráfico 4).

Este fenómeno de crecimiento se vio a lo largo de todo el país, producto de la apertura de cupos productivos para nuevas plantas afuera de Santa Fe, que como se dijo es la principal provincia fabricante de biodiesel. Mientras en 2010 el 96% del biodiesel argentino era santafesino, en 2018 esa proporción había bajado al 72%, con un paralelo crecimiento en el resto de las provincias con Buenos Aires a la cabeza (Ibíd.).

Gráfico 4. Producción de biodiesel en la provincia de Buenos Aires y participación sobre el total nacional, en toneladas. Años 2010-2018.



Fuente: elaboración propia en base a la Secretaría de Energía de la Nación

Respecto a las ventas al exterior de biodiesel de origen bonaerense es necesario realizar una aclaración. Si bien el INDEC –a través de su sistema *on-line* de consulta del origen provincial de las exportaciones argentinas–informa que la provincia presenta ventas externas de biodiesel, informantes clave del sector que consultados para la elaboración de este trabajo aseguraron que dicha información presenta inconsistencias y que se encuentra actualmente en revisión por parte del organismo estadístico, ya que de acuerdo a la Secretaría de Energía de la Nación, que habilita las plantas de biodiesel y compila las estadísticas primarias de producción-exportación del sector, los establecimientos de la provincia de Buenos Aires no exportan actualmente este combustible.

5. Análisis tecnológico

La concreción de las oportunidades existentes dentro del ámbito de la provincia para la explotación de bioenergías no depende únicamente de la disponibilidad de recursos naturales, sino también de las capacidades tecnológicas y de la vigencia de marcos regulatorios adecuados.

En este sentido resulta estratégica la promoción de mayores capacidades en el campo de la biotecnología, un ámbito clave para el desarrollo del sector de la bioenergía. Argentina ingresó tempranamente en el grupo de países con capacidades científicas, tecnológicas y productivas en el campo de la biotecnología y no opera demasiado lejos de la frontera tecnológica internacional, aunque indudablemente lo hace a una escala y con recursos mucho menores que los países avanzados.

Buenos Aires se constituye como una de las principales provincias con capacidades en el campo de la biotecnología: de acuerdo al relevamiento de grupos y proyectos de investigación en el área realizado por el ex MinCyT, UBATEC y la Cámara Argentina de Biotecnología, cuenta con un 37% de los grupos existentes a nivel nacional, con un total estimado de 2000 investigadores y 600 proyectos (MinCyT, UBATEC y CAB, 2016).

Una de las principales instituciones instaladas en la provincia en materia de investigación aplicada a la producción de bioenergías es Y-TEC. Esta empresa pública, de propiedad compartida entre YPF y el CONICET, cuenta con diversas líneas de investigación orientadas a que YPF logre gradualmente trascender su especialización en la explotación de hidrocarburos y se convierta en compañía energética integral. En este marco, el desarrollo de energías no convencionales es una de las áreas clave de investigación en Y-TEC. Energías no convencionales es un campo amplio que obviamente abarca a la revolución que suponen los hidrocarburos *tight* que están apalancando la explotación de los yacimientos de Vaca Muerta, pero también se incluyen aquí otros proyectos de enfocados a la generación de tecnología novedosa factible de ser aplicada al desarrollo de bioenergía. En lo referido a biogás, Y-TEC cuenta con la primera planta piloto modular del país y recientemente también incorporó su propia ingeniería a escala industrial (bajo un diseño pensado específicamente para la Argentina que surgió tras un convenio técnico con el instituto Fraunhofer-IEE de Alemania). El objetivo de estos desarrollos consiste en lograr convertir la basura en energía a lo largo de toda la cadena de valor de las empresas del grupo YPF, para lo cual se están realizando investigaciones que involucran distintas escalas y distintos tipos de basura. Asimismo, Y-TEC lleva a cabo I+D para la generación de biocombustibles de tercera generación a partir de algas y residuos de la producción agrícola (no así a partir de granos, una tecnología ya madura).

De acuerdo a la información relevada por la FAO (2019), los equipos instalados para la generación de biogás tanto por parte del Estado provincial como de las empresas privadas son biodigestores, que contienen la biomasa húmeda de manera hermética para generar un proceso de digestión anaeróbica. En este proceso, microorganismos transforman la parte biodegradable de la materia orgánica en gases que componen el biogás, el cual luego se puede extraer y almacenar o utilizar directamente para la generación de energía calórica o eléctrica vía combustión. Al mismo tiempo, el residuo del proceso de digestión, denominado digerido, se puede tratar y reutilizar como biofertilizante en la producción agrícola, maximizando el ciclo productivo circular.

La tecnología utilizada para estos equipos de generación de energía eléctrica renovable en su mayor parte es de fabricación nacional. De acuerdo al relevamiento nacional de biodigestores realizado por la FAO, cerca de un 60% de las plantas instaladas no cuentan con insumos importados, mientras que sólo un 6% tiene una alta incidencia de tecnología importada (Ibíd.).

Sin embargo, dicho relevamiento sí registra que los equipos instalados no necesariamente coinciden con las necesidades y características tecnológicas locales de los procesos de biodigestión realizados. En particular, se observa que un 46% de los biorreactores a nivel nacional son de mezcla completa, que se utilizan para tratar sustratos con alto contenido de sólidos, mientras que únicamente un 19% utiliza sistema de laguna cubierta, más apto para residuos líquidos. Además,

un 56% de estas plantas de tratamiento no cuentan con control de temperatura, lo que lleva a una subutilización de la capacidad de procesamiento de los reactores. A su vez, un 48% de los mismos cuenta con sistemas deficitarios de agitación y cerca del 80% déficits en los sistemas de automatización (si los tiene), lo que produce una mala distribución de los sustratos, sedimentación y estratificación térmica, incrementando la capacidad desaprovechada (Ibíd.).

Por otra parte, se observa que, en el 43% de los biodigestores instalados a nivel nacional el biogás generado no es aprovechado, de forma tal que la planta se utiliza simplemente como herramienta para tratamiento de residuos. Por otro lado, sólo un 12% de las plantas utilizan dicho recurso para generar energía eléctrica, siendo la producción energía térmica el mayor destino del biogás utilizado. Entre los biodigestores en uso dentro del sector privado la subutilización del biogás obtenido es aún mayor: “el 50% de las plantas relevadas del sector privado no utiliza el biogás como energía para el sistema productivo. Este hecho es uno de los más importantes para mejorar el balance energético de los procesos internos y motivar el mejoramiento del desempeño específico de la planta de biodigestión” (Ibíd., p. 33). Este fenómeno de subutilización del recurso se complementa con la necesidad de impulsar una mayor eficiencia en el uso de la energía para avanzar en el objetivo de promover una mayor sustentabilidad del sistema y mejorar la relación costo/rendimiento de bioenergía producida.

De igual manera, otro de los déficits existentes para la introducción de bioenergías dentro de la matriz productiva bonaerense resulta de la inadecuada legislación nacional y provincial existente en cuanto a un conjunto de disposiciones claras y técnicamente viables respecto al tratamiento de efluentes (INTA, 2016). Como consecuencia de esto, aumenta la incertidumbre y los costos potenciales para la adopción de tecnologías que permitan el aprovechamiento de dichos efluentes.

Por el lado de la producción de biodiesel, las plantas existentes en la provincia de Buenos Aires son de tamaño medio, menores que las existentes en Santa Fe. Esto se debe a que la industria de aceite de soja se encuentra menos concentrada territorialmente. El biocombustible elaborado en ambas provincias, sin embargo, resulta de similar calidad.

Otro aspecto tecnológico importante que vale recalcar para el sector de biodiesel es que los automóviles actuales, tanto los producidos en el país como los importados, cuentan con sistemas de combustión que pueden operar con naftas o gasoil proveniente en un 100% de materia biológica, algo que resultaba imposible con motores más antiguos. Esto representa un salto tecnológico importante para el sector de biocombustibles, puesto que suprime los “techos” por limitaciones técnicas para la demanda por parte del mercado automotriz.

6. Principales problemáticas identificadas

Sobre la base de la información secundaria relevada y las entrevistas con expertos, funcionarios e informantes sectoriales clave, se listan aquellas áreas identificadas con potencial para intervenir desde la CTI. La misma no debe ser interpretada como única y definitiva, sino como un punto de partida desde el cual es posible escalar y especificar nuevos espacios de intervención.

6.1 Desconocimiento y subutilización de las fuentes potenciales de bioenergía

Si bien las energías renovables han ganado difusión en los últimos años, existe aún un fuerte desconocimiento y –por tanto– subutilización de las mismas; el aprovechamiento de la

bioenergía en la provincia de Buenos Aires no es la excepción a dicho señalamiento. Muchos productores pecuarios y agrícolas de la provincia desconocen los potenciales usos energéticos que encierran los distintos residuos de sus actividades económicas, lo que lleva a un bajo grado de adopción de las tecnologías existentes para producir energía renovable y limita la expansión del sector.

Al mismo tiempo, las potenciales ineficiencias existentes en equipos y procesos utilizados en la producción atentan contra la difusión de energías renovables dentro de la matriz productiva local. Ante un sobreuso energético, la bioenergía se torna en una opción limitada tanto técnica como económicamente. Así, un paso previo o paralelo a la promoción de las bioenergías consiste en impulsar acciones de difusión y capacitación para avanzar en una transformación hacia un esquema de uso más racional y sustentable que sea acorde a la introducción de las bioenergías.

Adicionalmente, la subutilización de la biomasa útil en la provincia puede encontrarse en parte vinculada a una inadecuación en las normativas vigentes. Al respecto, un reciente estudio del INTA que revisó las reglamentaciones existentes que normalizan el manejo de los residuos en producciones animales intensivas del Área Metropolitana de Buenos Aires resulta concluyente:

No existe normativa que contemple específicamente el manejo de producciones animales intensivas (feedlot, tambo, porcinos, aves), tanto en lo relativo al impacto de estas sobre el ambiente como regulaciones propias de la gestión de los residuos. La legislación nacional es de carácter general en lo relativo al impacto sobre el ambiente y por lo tanto su aplicación es dificultosa. A nivel provincial, los residuos de las producciones animales intensivas (estiércol) no están definidos ni reglamentados por una ley específica. Las normativas existentes intentan ordenar las actividades considerando aspectos legales y técnicos, pero carecen de base de datos y desarrollos técnicos para llevar a cabo las operaciones que ellas mismas exigen (INTA, 2016, p.22).

A su vez, el INTA colaboró recientemente en la elaboración de una resolución novedosa (aún no vigente) para el uso del digerido proveniente de plantas de biogás como enmienda orgánica para suelos agrícolas a fin de facilitar el aprovechamiento de este subproducto como aportante de nutrientes y materia orgánica, valorizando aún más la generación de energía limpia (INTA, 2018, p.2).

6.2 Elevados costos de transporte para la biomasa seca

El recurso biomásico seco de la provincia es una de las potenciales fuentes de energía más desaprovechada, existiendo únicamente cuatro plantas en el territorio bonaerense que funcionan a partir de este recurso. Una de las mayores problemáticas en este punto es el elevado costo que implica el transporte de biomasa seca: esto se debe a que son recursos con baja densidad, lo que significa que se traslada un bajo potencial energético por flete. Además, la biomasa seca provincial suele encontrarse dispersa a lo largo de diversas explotaciones y no concentrada territorialmente, por lo que es necesario cierto traslado para un procesamiento a una escala que resulte rentable. En este sentido, se requieren estrategias para viabilizar la transformación (compactación) en origen del mismo para que su transporte sea económicamente viable, además de la conveniencia de promover el uso local del recurso para evitar que los costos de transporte sean excesivos (téngase en cuenta lo antes indicado respecto al reciente patentamiento de un sistema para *pelletizar* marlos de maíz que reduce entre siete y diez veces el volumen del marlo realizado por la UTN-FRVT).

6.3 Escaso aprovechamiento del biogás generado en los reactores instalados

De acuerdo a la información existente, en cerca del 45% de los casos no se aprovecha el biogás generado en los biodigestores instalados a nivel nacional, fenómeno que según es dable suponer se reproduce también en la provincia de Buenos Aires (FAO, 2019). De esta forma, se han instalado equipos con el objetivo de tratar los efluentes de la actividad productiva pero se desaprovecha su potencial en materia bioenergética. A su vez, esto conduce a que el uso de los equipos sea inadecuado, seleccionando instrumentos que no son totalmente aptos para el tipo de biomasa húmeda que se tratará, lo que genera ineficiencias en la propia producción de este tipo de energía.

A su vez, se observa un marcado desconocimiento sobre la calidad del recurso (biogás) generado y, en una altísima proporción, los biodigestores en funcionamiento requieren optimizar su sistema de automatización y de control de proceso. De acuerdo al informe técnico citado, este punto no solo involucra un déficit en el aprovechamiento de un recurso energético relevante sino que también supone riesgos para los equipos y para las personas que los operan (ibíd.).

6.4 Competencia potencial por los recursos entre alimentos y biocombustibles

Uno de los mayores problemas que existen para la producción de biocombustibles consiste en que el principal insumo que se necesita son alimentos, fundamentalmente soja y maíz. De esta forma, se genera una competencia por estos recursos, lo que puede conducir a un mayor precio de los mismos o a una menor disponibilidad para el consumo. Al mismo tiempo, en tanto ambos granos se utilizan como alimento para ganado y también se suelen utilizar como parámetro para tasar valores de arrendamiento de tierras, una mayor demanda de los mismos puede impactar en el precio de todos los productos agropecuarios. De esta forma, resulta necesario maximizar las posibilidades de avanzar en una transición tecnológica hacia biocombustibles de tercera generación, basados en residuos agrícolas y en otros productos no comestibles en lugar de granos.

Anexo

Hacia el desarrollo de un modelo de *salud sostenible ambientalmente*

- ✓ Si bien el presente núcleo sectorial estratégico estuvo enfocado en bioenergía, el MCTI de la provincia de Buenos Aires está comprometido con avanzar en una promoción más amplia del paradigma de la bioeconomía a lo largo del territorio bonaerense.
- ✓ En ese marco, se mantuvieron reuniones con el Ministerio de Salud de la provincia y con el Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible (OPDS) quienes manifestaron las principales dificultades y los desafíos que encierra el objetivo de avanzar hacia el modelo de un hospital sostenible en términos ambientales, una propuesta que el Ministerio de Salud está evaluando incorporar a la agenda Argentina 2030.
- ✓ El concepto de *hospital sostenible ambientalmente* es relativamente novedoso en el mundo. Se trata de una concepción integral que contempla al sector salud como actor económico con capacidad de movilizar una gran cadena con impacto ambiental. Existe un impacto directo (por consumo de insumos específicos del sector y también por la generación de desechos tecnológicos), pero también se incorpora una lógica integral de “compras sustentables” desde el sector salud, es decir, promover que los diversos proveedores del sector cumplan ciertas rutinas y protocolos en sus procesos de producción, en los materiales que usan, los desechos que generan, la renovación de los equipamientos que emplean, etc.
- ✓ Este desafío requiere articular metas factibles con el sector privado (proveedores). Es decir, implica avanzar en la generación de un mercado que brinde los servicios necesarios para atender a toda la cadena movilizadora por el sector salud. Esto incluye: a) Trabajar con los habituales proveedores hospitalarios, donde hoy solo existe una “mirada ANMAT”, pero no una lectura ambiental más profunda que incluya una consideración sistémica sobre cómo se produce, qué embalajes se utilizan, cuánto se contamina, etc.; b) Analizar y resolver los aspectos integrales sobre la gestión productiva intra-hospitalaria para avanzar en la lógica de “hospital sostenible ambientalmente” (un modelo mundial de referencia para avanzar en este camino es el existente en Suecia).
- ✓ El Ministerio de Salud se propone comenzar a trabajar sobre el objetivo enunciado desde el interior del propio hospital, analizando aspectos tales como el tipo de iluminación utilizado, los procesos de reciclado, el tratamiento de residuos, etc. En una etapa posterior se incorporaría el trabajo con los proveedores (tradicionales y no tradicionales) de los hospitales para desarrollar el concepto de “compras sustentables” antes mencionado.
- ✓ Esto, además de los costos adicionales para el Estado que seguramente surjan, requiere una articulación con los proveedores para garantizar la factibilidad técnica de hacerlo, es decir, promover dentro de la provincia las soluciones tecnológicas necesarias y los tiempos

eventuales de reconversión para lograrlo. Este es un espacio de interés para articular acciones de vinculación entre el sector de salud y el espacio CTI provincial.

- ✓ Por su parte, en la agenda estratégica de la OPDS se incluyen distintos desafíos que pueden ser asistidos desde el ámbito CTI.
- ✓ Patogénicos. Es necesario coordinar con el Ministerio de Salud criterios de trazabilidad completa en patogénicos, cosa que actualmente no existe (no se conoce cuánto se genera y quién lo genera, sino que solo se sabe cuánto se mueve en volumen y cuánto se trata). Es necesario realizar estudios o estimaciones técnicas más precisas que permitan aproximar cifras realistas de generación para evitar que se produzcan desvíos ilegales. En dichas estimaciones – a través del establecimiento de muestras representativas y/o modelizaciones– la asistencia del espacio CTI provincial puede ser muy relevante.
- ✓ Hacia la generación de un *vademécum* de tecnologías de tratamiento para los residuos especiales. OPDS considera relevante contar con una normativa provincial que, para cada una de las corrientes de residuos existente, establezca rutinas y tecnologías de tratamiento ya consensuadas y preaprobadas. Esta es una línea de articulación relevante con el MCTI, dado que desde el espacio CTI provincial pueden aportarse soluciones respecto a la búsqueda e identificación de nuevos desarrollos y transferencia de tecnologías para el tratamiento de residuos especiales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Banco Mundial: Índice de adopción digital de las empresas. Disponible en:

<https://www.worldbank.org/en/publication/wdr2016/Digital-Adoption-Index>

Boston Consulting Group (2018): *Acelerando el Desarrollo de Industria 4.0 en Argentina*.

Disponible en: http://image-src.bcg.com/Images/Acelerando-el-Desarrollo-de-Industria-40-en-Argentina_tcm62-184622.pdf

CEPAL (2013): Economía digital para el cambio estructural y la igualdad, CEPAL, Santiago de Chile.

Disponible en: http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/35408/1/S2013186_es.pdf

CESSI (2014): Historia de la Industria Informática Argentina, CESSI-Italo Daffra, Buenos Aires.

CLINTEC (Clínica Tecnológica). Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación de la provincia de Buenos Aires. Base de microdatos anonimizados.

CONICET (2015). *La Bioeconomía en la Argentina: Oportunidades y Desafíos*. Temas de discusión en el marco de la Red de Estudios en Bioeconomía del CONICET. Abril 2015. Disponible en:

<http://www.bioeconomia.mincyt.gob.ar/bibliografia/>

ENDEI 2010-2012 (Encuesta Nacional de Dinámica de Empleo e Innovación). Ex Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva y ex Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social de la Nación. Base de microdatos anonimizados.

FAO (2018): *Análisis Espacial del Balance Energético Derivado de Biomasa. Metodología WISDOM. Provincia de Buenos Aires*. Colección de Documentos Técnicos N°10, Buenos Aires.

FAO (2019): *Relevamiento Nacional de Biodigestores. Relevamiento de plantas de biodigestión anaeróbica con aprovechamiento energético térmico y eléctrico*. Colección de Documentos Técnicos N°6, Buenos Aires.

FAO (2019b): *¿Que es bioenergía sostenible?*. Disponible en: <http://www.fao.org/energy/bioenergy/es/>

Georgescu-Roegen, Nicholas (1975): *Energy and economic myth*. Southern Economic Journal, XLI.

GIPB-FAO (2019) (Global Partnership Initiative for Plant Breeding Capacity Building y FAO): *El fitomejoramiento y las opciones en materia de bioenergía*. Disponible en: <http://www.fao.org/3/at910s.pdf>

INDEC. Origen provincial de las exportaciones argentinas (OPEX). Sistema georreferenciado de consultas. Disponible en: <https://opex.indec.gov.ar/>

Informe Plataforma de Innovación: Estado de situación de los Polos (2017). MCTI de la Provincia de Buenos Aires.

INTA (2016). García, Ana; Santiago Fleite; Jaqueline Bereterbide: *Marco legal ambiental para el manejo de residuos en producciones animales intensivas*. INTA Ediciones. Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/marco_legal_para_manejo_residuos_sist._prod._animal_-_inta_2.pdf

INTA (2018): *Bioenergía y gestión de efluentes pecuarios*. Artículo de divulgación. Disponible en: <https://inta.gob.ar/documentos/bioenergia-y-gestion-de-efluentes-pecuarios>

López, Andrés y Adrián Ramos (2018): "El sector de software y servicios informáticos en la Argentina. Evolución, competitividad y políticas públicas". CECE.

MinCyT, UBATEC y CAB (2016): *Biotecnología argentina al año 2030. Llave estratégica para un modelo de desarrollo tecno-productivo*. Disponible en:

<https://www.argentina.gob.ar/ciencia/publicaciones/biotecnologia-argentina-2030>

Ministerio de Agricultura de la provincia de Buenos Aires. *Potencial de producción de biogás de cada partido de la provincia*. Disponible en:

https://www.gba.gob.ar/agroindustria/direcci%C3%B3n_de_sustentabilidad_medio_ambiente_y_cambio_clim%C3%A1tico/potencial_biogas

Ministerio de Agroindustria de la Nación. *Bioeconomía Argentina. Visión desde Agroindustria*. Disponible en: https://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/bioeconomia/archivos/000000_Bioeconomia%20Argentina.pdf

Ministerio de Agroindustria de la provincia de Buenos Aires. Plan Provincial de Bioeconomía.

Ministerio de Hacienda de la Nación (2016): *Informes de cadenas de valor: Software y Servicios Informáticos*. Disponible en: https://www.economia.gob.ar/peconomica/docs/SSPE_Cadenas_de_Valor_Servicios_SSI.pdf

Ministerio de Hacienda de la Nación (2017): *Informes de cadenas de valor: Oleaginosas*. Disponible en: https://www.economia.gob.ar/peconomica/docs/2017/SSPMicro_Cadena_de_Valor_Oleaginosa.pdf

Observatorio de bioeconomía y datos estratégicos de la provincia de Buenos Aires. *Buenos Aires Bioenergía*. Documento interno no publicado.

OEDE (2019). Observatorio de Empleo y Dinámica Empresarial de la Argentina. Ministerio de Producción y Trabajo. Disponible online en: <http://www.trabajo.gob.ar/estadisticas/oede/index.asp>

OPSSI (2019). Observatorio Permanente de la Industria de Software y Servicios Informáticos de la CESSI. Disponible On-line en: <http://www.cessi.org.ar/opssi>

Pereira, Mariano; María Florencia Barletta y Gabriel Yoguel (2016): “El desempeño del sector de software y servicios informáticos en la Argentina: evidencia microeconómica sobre los programas públicos de apoyo”. En Revista de la CEPAL, N°120, Diciembre.

PESSIT Tandil. Plan Estratégico de Software y Servicios Informáticos 2015-2023.

PROBIOMASA (Proyecto para la promoción de la energía derivada de biomasa). Indicadores varios. Disponible en: <http://www.probiomasa.gob.ar/sitio/es/>

Rodríguez, Adrián; Andrés Mondaini y Maureen Hitschfeld (2017): *Bioeconomía en América Latina y el Caribe. Contexto global y regional y perspectivas*. Serie de Desarrollo Productivo de la CEPAL.

Secretaría de Energía de la Nación. Información Geográfica de Energía. Disponible en: Disponible en: <http://www.bioeconomia.mincyt.gob.ar/bibliografia/>

UIA, CIPPEC, BID e INTAL (2019): *Travesía 4.0. Hacia la Transformación Industrial Argentina*.

UTN FRVT (2018). Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Venado Tuerto. *Pellet de marlo, una propuesta segura y económica para generar energía calórica*. Disponible en: https://www.frvt.utn.edu.ar/nota_ampliada.utn?newsID=780

Wierny Marisa; Ariel Coremberg; Ramiro Costa; Eduardo Trigo y Marcelo Regúnaga (2015): *Medición de la Bioeconomía. Cuantificación del caso argentino*. Bolsa de Cereales, libro electrónico.