

Documento N°

28

El potencial del agro 4.0 en Argentina

Diagnóstico y propuestas de políticas públicas para su promoción

Jeremias Lachman,¹ Hernán Braude, Jesica Monzón, Santiago López y Sebastián Gómez-Roca²

¹ IIEEP, UBA-CONICET | jeremiaslachman@gmail.com

² IIEEP, UBA-CONICET | sj.gomezroca@gmail.com

Julio 2022

ARGENTINA
PRODUCTIVA
203 



Ministerio de
Desarrollo Productivo
Argentina

Autoridades

Presidente de la Nación

Dr. Alberto Fernández

Vicepresidenta de la Nación

Dra. Cristina Fernández de Kirchner

Jefe de Gabinete de Ministros

Dr. Juan Luis Manzur

Ministro de Desarrollo Productivo

Lic. Daniel O. Scioli

Coordinador del Plan Argentina Productiva 2030

Dr. Daniel Schteingart



Índice

1. Introducción	4
2. ¿Qué es el agro 4.0?	7
3. El agro 4.0 en el mundo.....	13
3.1. Desde la oferta: financiamiento VC y CVC en el mundo	13
3.2. Desde la demanda: la adopción de AP	17
4. Los grandes jugadores internacionales en el mundo del agro 4.0	22
4.1. El rol de los incumbentes: las grandes corporaciones de insumos biotecnológicos y de maquinaria agrícola	22
4.2. El rol de los <i>newcomers</i> o <i>startups</i>	29
4.3. Estrategias empresarias en el agro 4.0: implicancias para la política pública	32
5. El ecosistema nacional del agro 4.0: actores, capacidades y dinámicas.....	35
5.1. El subsistema empresarial: firmas de agtech y de equipos para la AP	36
5.2. Instituciones de ciencia y tecnología de apoyo al ecosistema.....	42
5.3. Los “facilitadores” y articuladores del ecosistema	53
5.4. Las incubadoras y aceleradoras: instituciones centrales para la generación de capacidades empresariales.....	54
5.5. Los fondos del capital emprendedor	56
5.6. La adopción de tecnología de agricultura de precisión en Argentina.....	57
5.7. Infraestructura y marco regulatorio para el despliegue del agro 4.0.....	60
6. Los instrumentos de política pública vigentes en Argentina	63
6.1. Nivel nacional	63
6.2. Nivel subnacional (provincias y municipios)	67
6.3. Síntesis y espacios de mejora.....	71
7. Conclusiones y recomendaciones de políticas públicas: productividad y apropiación de la productividad.....	72
Referencias.....	77

1. Introducción

La revolución derivada de las llamadas tecnologías 4.0 es un fenómeno que está transformando de manera cada vez más acelerada a todos los sectores económicos a escala global (Albrieu *et al.*, 2020; Rapela, 2019; Basco *et al.*, 2018; Baldwin, 2016). Este nuevo paradigma en ciernes se basa en la articulación de un conjunto de tecnologías emergentes de propósito general –como inteligencia artificial, *big data*, internet de las cosas, etcétera–, las cuales tienen la capacidad de modificar el modo bajo el cual se llevan cabo diversas tareas productivas –ya sean estas rutinarias, pero en particular las no rutinarias, cognitivas o manuales (Albrieu *et al.*, 2018; Frey y Osborne, 2017)–. De forma análoga al resto de los sectores económicos, esta transformación del entramado productivo global también ingresó a las actividades de base biológica.

El concepto de agro 4.0 alude, de forma genérica, a la aplicación de las tecnologías emergentes recién mencionadas a las diversas cadenas y eslabones productivos que componen la producción de bienes de base biológica. En suma, este paradigma no solo sugiere una transformación digital a lo largo de los diversos eslabones, sino que también impacta de forma directa en cómo se llevan a cabo los procesos y la toma de decisiones. De forma estilizada, la capacidad de captar datos –en este caso provenientes del mundo físico–, su almacenamiento, capacidad de procesamiento, y en particular la aplicación con fines productivos de inteligencia artificial pasan a ser ejes centrales del nuevo modelo.

En otras palabras, la transformación generada a partir del agro 4.0 implica un cambio no solo en la maquinaria y las herramientas –físicas o digitales– usadas para llevar a cabo tareas específicas en el campo, sino también en el modo bajo el cual se define de qué forma llevar a cabo el proceso de producción. La combinación de plataformas digitales capaces de procesar datos provenientes de múltiples fuentes con robots inteligentes que tienen cada vez mayor grado autonomía para llevar a cabo tareas complejas habrá de transformar por completo a la actividad tal cual hoy la conocemos.

En paralelo, las tecnologías 4.0 también están asociadas a un uso mucho más eficiente de los insumos productivos, lo que reduce el impacto ambiental de la actividad (Saiz-Rubio y Rovira-Más, 2020; Lezoche *et al.*, 2020; De Clercq *et al.*, 2018; Elijah *et al.*, 2020). Su adopción puede facilitar el cumplimiento y la certificación de buenas prácticas y/o estándares ambientales, elemento central para la competitividad de la agricultura moderna (Ardila *et al.*, 2019; Katt y Meixner, 2020).

Sin embargo, el impacto socioeconómico del nuevo paradigma dependerá no solo de la capacidad de adopción de las nuevas tecnologías por parte de los actores típicamente “agrarios”, sino también del rol que el país pueda desempeñar en el desarrollo de estas nuevas

tecnologías. La posibilidad de desempeñar un papel activo en ese terreno requiere sostenidos procesos de generación de capacidades tecnológicas y empresariales por parte de los diversos actores que integran al ecosistema, y demanda espacios de cooperación y coordinación público-privado de modo tal de poder abordar los diversos desafíos que el nuevo paradigma emergente plantea (FAO, 2020; IICA, BID y Microsoft, 2020; Kaplinsky y Morris, 2016). No solo para sostener y revitalizar el entramado empresario que supo desarrollar soluciones *hard* en el marco del proceso de industrialización del siglo XX (firmas de maquinaria agrícola, equipos e implementos), sino también para apuntalar el surgimiento y/o crecimiento de una nueva base empresaria generadora de soluciones *soft* propias del siglo XXI. Esto supone la necesidad de trazar una estrategia integral que, a la vez que sepa apuntalar a esos actores frente a los diversos desafíos que enfrentan, facilite y acelere la adopción del nuevo paquete tecnológico, despliegue la infraestructura necesaria para soportar su uso y genere el marco institucional para regular constructivamente en materia de propiedad y seguridad de los datos.

Con el objetivo de contribuir a esa estrategia en el horizonte, este trabajo ofrece un diagnóstico sobre las capacidades existentes y potenciales que presenta el ecosistema local para el desarrollo de las tecnologías del agro 4.0, postula una orientación estratégica sobre las oportunidades vigentes para mejorar el posicionamiento del país como un jugador activo en la oferta de estas tecnologías y formula una serie de lineamientos de política pública para materializarla. El estudio se llevó adelante a partir del relevamiento de información primaria y secundaria, tanto a nivel internacional como nacional; y de la conducción de un amplio conjunto de entrevistas con empresas y *startups*, líderes de equipos de investigación de instituciones de ciencia y tecnología del país, referentes de actores intermedios vinculados a la agricultura, la maquinaria agrícola y la industria del software, y hacedores de política pública del ámbito nacional y provincial.

Dado que la transformación tecnológica que vienen experimentando las actividades productivas de base biológica es tan grande –incluye desarrollos propios de las ciencias biológicas, la biotecnología moderna, etcétera–, resulta pertinente especificar sintéticamente el recorte analítico considerado en este estudio. De forma estilizada, al hablar de agro 4.0 este trabajo hace foco en desarrollos tecnológicos emergentes basados en “datos”, los cuales podrán aplicarse a mercados de agronegocios (por ejemplo, mediante plataformas de intercambio de *commodities*, la adquisición de insumos, etcétera), el desarrollo de software de gestión agrícola (incluyendo dispositivos de captura de datos, software de apoyo para la toma de decisiones productivas basados en análisis de grandes bases de datos, entre otros), plataformas que habilitan la interacción productor-consumidor, desarrollos basados en robótica inteligente, así como también otros desarrollos de *midstream* (por ejemplo, orientados a proveer trazabilidad, servicios de logística, etcétera). De este modo, se excluye del foco de estudio todo lo que involucra centralmente a la biotecnología, los desarrollos en bioenergía y biomateriales, así como también al desarrollo de sistemas para la agricultura novedosos (granjas de interior, acuicultura, entre otros).

El trabajo se estructura en siete secciones. En la sección 2 se presenta una discusión sobre el concepto de agro 4.0 y sus impactos transformadores sobre el entramado productivo en la cadena del agro.¹ En la sección 3 se intenta dimensionar el nivel de difusión del nuevo paradigma a nivel global y la relevancia de los distintos senderos de soluciones del paquete 4.0. En la sección 4 se caracterizan las estrategias empresarias de los jugadores más importantes a escala global, ya sean estas grandes corporaciones con larga trayectoria en el sector del agro y afines, o bien nuevos incumbentes. En la sección 5 se describe y analiza al ecosistema local. En la sección 6 se presenta un relevamiento de políticas públicas orientadas a este vertical, tanto de orden nacional como provincial. En la última sección se plasman las líneas de acción propuestas para promover el desarrollo y la adopción de soluciones 4.0 en la agricultura argentina. Para el trabajo también se llevó a cabo un relevamiento de múltiples herramientas de política pública ligadas a la promoción del agro 4.0 en países líderes en esta materia. Se presentan diversos instrumentos o estrategias implementadas para el incentivo de este sector a lo largo de las secciones antes mencionadas.

¹ La aplicación de las tecnologías 4.0 tiene impactos a lo largo y ancho de todas las actividades productivas de orden biológico. Sin embargo, en este trabajo se hace énfasis en lo que respecta a la agricultura extensiva, la ganadería y las actividades agroindustriales que se derivan de estas. Para simplificar la referencia a estas cadenas, se hará mención a estas actividades productivas simplemente por el término *agro*.

2. ¿Qué es el agro 4.0?

El concepto de agro 4.0 surge como analogía a la Industria 4.0 (Liu *et al.*, 2020), la cual, de forma genérica, se refiere a la transformación digital e informatización de los sistemas de producción (Albrieu *et al.*, 2020). Sobre el paradigma tecno-productivo derivado de los desarrollos 4.0 confluyen e interactúan diversas tecnologías emergentes, destacándose entre las más importantes los sistemas de integración, los robots inteligentes, la internet de las cosas (IoT por su sigla en inglés), la manufactura aditiva, el *big data*, la inteligencia artificial, la computación en la nube, la simulación de entornos virtuales, la inteligencia artificial y la ciberseguridad (Basco *et al.*, 2018).

Siguiendo las definiciones establecidas por el Plan de Desarrollo Productivo Argentina 4.0 (Ministerio de Desarrollo Productivo, 2021) de estas tecnologías emergentes, se entiende a los sistemas tecnológicos integrados como la articulación de múltiples subsistemas computacionales y aplicaciones de software cuya interconexión logra potenciar sus alcances en el procesamiento de información. Por su parte, la IoT es la interconexión digital mediante redes inalámbricas de objetos físicos que, mediante sensores, captan y transmiten información sobre su entorno de forma automática. Este conjunto de información habilita las decisiones en tiempo real y la automatización de procesos entre todos aquellos dispositivos interconectados. Para esto, los desarrollos IoT se valen de los sistemas de integración, los cuales procesan la información generada por estos dispositivos a partir de herramientas de inteligencia artificial y de *big data*, para luego generar respuestas guiando así el curso de acción de máquinas o dispositivos.

La inteligencia artificial es el elemento central de este nuevo paradigma (Abuhamad *et al.*, 2021). De hecho, más que una tecnología, es un campo de investigación científica y de ingeniería aplicada con múltiples técnicas y aplicaciones (Taddy, 2018). El aprendizaje automático (o *machine learning*) es uno de los subconjuntos de inteligencia artificial en boga: a partir de datos se entrena a un software para hacer algo útil (en lugar de escribir paso a paso). Estos desarrollos pertenecientes a los sistemas computacionales abren el espacio para que dichos sistemas modifiquen de forma autónoma sus propias fronteras del conocimiento, mejorando así su capacidad analítica y productiva.

En paralelo, los desarrollos en *big data* se refieren al conjunto de técnicas orientadas a procesar y analizar grandes volúmenes de datos –en algunos casos generados de forma continua en el tiempo– y con una estructura de almacenamiento que puede ser heterogénea. De este modo, las llamadas técnicas de *data mining* (o minería de datos) son capaces de identificar la información relevante dentro de estos grandes volúmenes de datos, a partir de algoritmos que detectan patrones y tendencias, que una vez estructurados podrán usarse para generar valor económico. Los avances en la ciencia de datos –centralmente a partir de la ampliación en la frontera del conocimiento en campos de la estadística y la programación– posibilitan que flujos

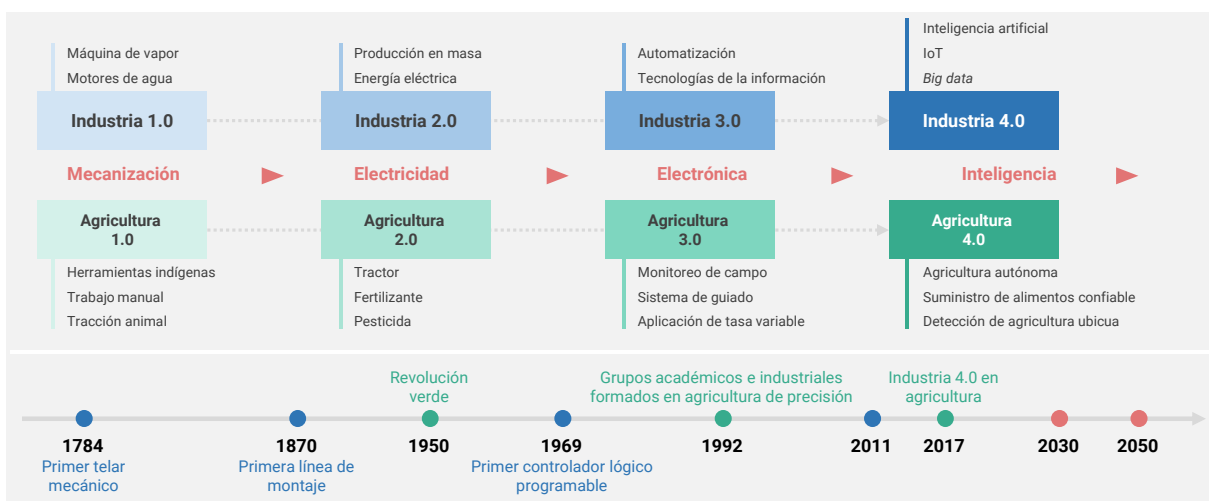
constantes de grandes volúmenes de datos de múltiples fuentes puedan ser insumos para la toma de decisiones en tiempo real.

Los robots inteligentes son dispositivos electrónicos que tiene la capacidad de llevar a cabo tareas –por ejemplo, manipular objetos–; estos robots son típicamente multifuncionales, y crecientemente controlados por sistemas informáticos. A partir de los avances en las tecnologías antes mencionadas, fueron logrando cada vez mayor autonomía, articulándose de forma inteligente con otros robots, equipos o procesos productivos; por ejemplo, a partir de la aplicación de avances en inteligencia artificial, estos robots logran generar aprendizajes de sus experiencias, mejorando automáticamente sus niveles de eficiencia productiva.

En síntesis, bajo el paraguas de esta revolución tecnológica en ciernes se abren las puertas para una transformación diametral de los procesos productivos a partir de una fusión entre el mundo digital, el físico y el biológico. En lo que respecta a las cadenas productivas centradas en lo “bio” –que incluye, entre otras actividades, a la agricultura, la horticultura, la ganadería, la acuicultura y la industria forestal– los sistemas de producción se ven alterados a partir de una mayor automatización de procesos mediante el empleo de robots inteligentes, dispositivos de IoT, softwares y aplicaciones digitales que generan información con valor económico a partir de datos cuya captación antes era muy limitada o incluso inexistente. Esta revolución tecnoproductiva implica un creciente potencial de estas herramientas tecnológicas para llevar a cabo tareas no solo rutinarias, sino también de forma creciente aquellas no rutinarias, tanto manuales como cognitivas (FAO, 2020).

La figura 1 presenta una línea del tiempo con los mayores avances tecnológicos que impactaron tanto en la industria como en las producciones del agro. Según Liu *et al.* (2020), los desarrollos enmarcados dentro de las tecnologías 4.0 comenzarían en 2011.






FIGURA 1. LÍNEA DE TIEMPO DE LAS REVOLUCIONES INDUSTRIALES Y AGRÍCOLAS



Fuente: elaboración propia con base en Liu *et al.* (2020).

Este paradigma, que también puede ser llamado *data-driven agronomy* (o agronomía² guiada por datos), sugiere que, a partir de la informatización y la transformación digital, los datos capturados del mundo biológico –mediante satélites, drones u otros sensores ubicados en la maquinaria y el equipamiento agrícola– y procesados a partir de los desarrollos tecnológicos 4.0, prácticamente la totalidad de los procesos productivos tal como hoy los conocemos pueden verse modificados. La figura 2 muestra de forma sintética los diversos espacios de generación de valor a partir de la irrupción de este nuevo paradigma.

FIGURA 2. LA CREACIÓN DE VALOR A PARTIR DE TECNOLOGÍAS 4.0 EN LA CADENA DEL AGRO

Segmento de la cadena de valor	 Aplicaciones <i>upstream</i> del proceso productivo	 Microambientes y segmentación	 Automatización, control y aplicación variable	 Monitoreo de cultivos y/o ganado	 Aplicaciones downstream
Descripción general	Utilización de tecnologías 4.0 para procesos, desarrollo y comercialización de insumos agropecuarios. Aplicaciones para aseguradoras y bancos.	Determinación de variables por segmento: densidad de siembra; fertilización; concentración de plaguicidas; plan de alimentación segmentada de animales.	Control y ejecución de siembra, fertilización, etcétera; aplicación selectiva, rastreo de tareas prescriptas; control de BP.	Monitoreo de rendimientos; monitoreo de tasa de conversión en ganado; detección temprana de plagas y enfermedades.	Logística; trazabilidad; contratos inteligentes; <i>crowdfunding</i> . Aplicaciones en acopios, industria de alimentos, etcétera.
Aplicaciones 4.0	Plataformas de comercio, digitalización/automatización de procesos, dispositivos de captura de datos, software para toma de decisiones.	Dispositivos de captura de datos, drones, IoT, digitalización, software para toma de decisiones.	Drones, agrobots, maquinaria agrícola, automatización, dispositivos de captura de datos, IoT, digitalización, software para toma de decisiones, VR/ AR.		Tokenización de activos, plataformas de comercio y gestión, dispositivos específicos.
Tecnologías generalmente empleadas	Inteligencia artificial, <i>big data</i> , <i>cloud</i> , <i>analytics</i> , simulación de entornos.	IA - Análisis de <i>big/small data</i> , conectividad y <i>cloud</i> , simulación de entornos, robótica avanzada y sistemas embebidos, <i>analytics</i> .			<i>Blockchain</i> , inteligencia artificial, <i>cloud</i> , simulación de entornos.
Ejemplo de oferentes en Argentina	Grandes jugadores, algunas <i>startups</i> (EIWA, Agrofy, AgroDisponible, S4, Auravant, etcétera).	Grandes jugadores y <i>startups</i> (Auravant, Taranis, GeoAgro, Kilimo, etcétera).	Grandes jugadores de MA, GeoAgris, Acronex, Plantium, AC, Agrospray.	Grandes jugadores y <i>startups</i> (Auravant, DigiRodeo, Taranis, etcétera).	ZoomAgri, carnes validadas, Avancargo, Humber, Pago Rural, AgroToken, etcétera.
	Tranqueras afuera	En la finca			Tranqueras afuera

² Si bien la agronomía hace referencia a un grupo específico de actividades productivas de base biológica –es decir, cultivos agrícolas–, este concepto de *data-driven* puede ser perfectamente aplicado de forma análoga al resto de las cadenas que confluyen en este mundo de los recursos naturales renovables, como la ganadería, la industria forestal, los cultivos industriales, acuicultura, etcétera.

Además de presentar los principales espacios para la generación de valor a partir de tecnologías 4.0 aplicadas a las cadenas del agro, la figura 2 presenta los procesos productivos afectados, los desarrollos y las tecnologías involucradas para su aplicación, así como también el ejemplo de algunas empresas que en el ámbito local estén ofreciendo este tipo de servicios. En términos generales, las tecnologías 4.0 pueden ser aplicadas en los procesos productivos a campo (es decir en las fincas), o bien para alimentar procesos en el *upstream* y en el *downstream*.

Tranqueras adentro, este nuevo paradigma habilita la identificación y segmentación de microambientes (es decir, la detección de microzonas con distinto potencial agronómico), la aplicación selectiva de insumos acorde a estos microambientes –crecientemente a partir de equipamiento autónomo– y el control en tiempo real de todos los procesos de producción. La identificación y segmentación de microambientes típicamente ocurre a partir del procesamiento de grandes volúmenes de datos originados en múltiples fuentes –por ejemplo, imágenes satelitales, drones, sensores en la maquinaria agrícola o ubicados en diversos equipamientos aplicados a la actividad–. El procesamiento de estos datos ocurre mediante desarrollos en tecnologías 4.0, y típicamente está acompañado del diseño de prescripciones productivas –es decir, la propuesta de estrategias para aplicación de insumos– de modo tal de maximizar todo el potencial de cada subregión. A modo de ejemplo, a partir del proceso de identificación de los microambientes en un lote, se generan recetas productivas sobre qué densidad de siembra optimizaría el potencial productivo de cada espacio, o bien, qué cantidad de fertilizante debería aplicarse, o cómo atender los requerimientos hídricos de cada microambiente.

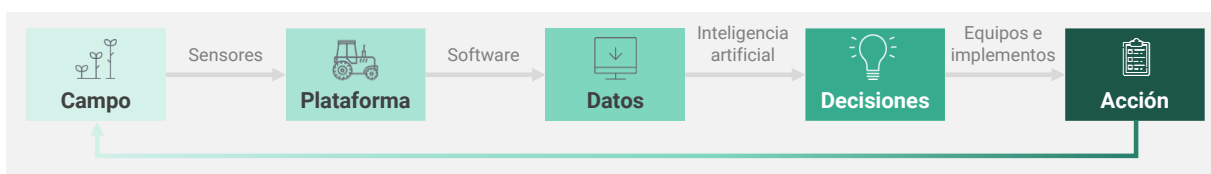
Este espacio de generación de valor económico a partir de las tecnologías 4.0 es complementado con la utilización de equipamiento para la aplicación selectiva de insumos. En este vertical confluyen centralmente desarrollos basados en IoT y robots inteligentes, los cuales además de poder cumplir con los requerimientos de dosificaciones variables de insumos, son crecientemente capaces de operar de modo autónomo (es decir, llevan a cabo acciones a partir de la configuración previa de algoritmos y no a partir de un operario que conduzca de forma directa la maquinaria). Si bien la sustitución del empleo rural aún dista de ser total, a partir de estos desarrollos se podría esperar que este segmento ocupacional se vea ampliamente afectado. Tal como se mencionó, esta reconfiguración también alcanzaría al desarrollo de tareas no rutinarias basadas en habilidades manuales y/o cognitivas.

Cabe destacar que, de manera conjunta, la identificación de microambientes y la aplicación selectiva de insumos comenzaron a implementarse en el agro de forma previa al surgimiento de las tecnologías 4.0. De hecho, estas prácticas dieron pie a la llamada agricultura de precisión (AP)³ entre fines de la década del 90 y los primeros años del nuevo milenio (tal como se presenta en la figura 1). Mientras que en la agricultura de precisión –que puede ser denominada como

³ La agricultura de precisión es definida por la International Society of Precision Agriculture como una estrategia de gestión que recopila, procesa y analiza datos temporales, espaciales e individuales y los combina con otra información para respaldar las decisiones de gestión de acuerdo con la variabilidad estimada para mejorar la eficiencia en el uso de recursos, la productividad, la calidad, la rentabilidad y la sostenibilidad de la producción agrícola.

“tradicional”– el proceso de identificación de los microambientes es llevado a cabo a partir de trabajos a campo por parte de ingenieros agrónomos –quienes analizan informes más o menos detallados de rendimientos de campañas anteriores, extraen y analizan en laboratorios muestras de suelos, etcétera–, en el agro 4.0 estos datos son capturados de forma remota –por ejemplo, imágenes satelitales actuales e históricas, datos de sensores, etcétera– y procesados a partir de algoritmos computacionales. Estas mismas tecnologías 4.0 son, a su vez, las que diseñan las prescripciones para la aplicación de insumos, valiéndose por ejemplo de desarrollos en inteligencia artificial. La figura 3 que se presenta a continuación muestra este último proceso para la implementación de una estrategia productiva a campo microambientada.

FIGURA 3. DIFERENTES ETAPAS Y ELEMENTOS DE LAS APLICACIONES 4.0 PARA LA AGRICULTURA DIGITAL



Fuente: elaboración propia con base en FAO (2020).

Continuando con la figura 2, las tecnologías 4.0 también generan valor tranqueras adentro a partir de los desarrollos que permiten el monitoreo en tiempo real de diversos procesos biológicos y no biológicos. En particular, a partir de la captura de imágenes y su procesamiento mediante algoritmos, los usuarios pueden seguir el proceso de crecimiento de los cultivos y, lo que puede ser aún más importante, disponer de alertas en tiempo real ante el surgimiento de anomalías. Estos servicios suelen posibilitar la detección temprana de plagas o malezas resistentes que estén afectando la performance de los cultivos, de forma tal de derivar en acciones contingentes de forma acelerada.⁴ Esta capacidad podría resultar clave para viabilizar una agricultura más sustentable, minimizando el uso de agroquímicos y facilitando su complementación con insumos de origen biológico.

El monitoreo de procesos a campo también podrá estar enfocado en las labores llevadas a cabo por parte de los operarios. En particular, a partir de diversos dispositivos electrónicos y mediante el uso de plataformas digitales resulta posible la realización de seguimiento –ya sea en tiempo real o no– de las tareas realizadas a campo, por ejemplo, con tecnologías que evalúan de forma automática si las tareas que están siendo realizadas cumplen las prescripciones técnicas previamente elaboradas. A su vez, también posibilita controlar si estas tareas se están llevando

⁴ Tal como se profundizará más adelante en el apartado 5.2, que analiza una serie de experiencias internacionales, en Brasil el EMBRAPA desarrolló algoritmos no solo para identificar de forma temprana la presencia de plagas en cultivos específicos, sino que también para poder pronosticar el proceso de expansión de esta. Esto sugiere que las aplicaciones de las tecnologías 4.0 no deberían circunscribirse únicamente a los actores privados, existiendo también espacios relevantes para organismos públicos.

a cabo en condiciones climáticas adecuadas –como ejemplo, la fumigación en condiciones de altas ráfagas de viento es ineficiente–.⁵

En paralelo, tranqueras afuera, el agro 4.0 tiene aplicaciones tanto en el *upstream* como en el *downstream*. En el *upstream* estas tecnologías se aplican tanto en el proceso de innovación en el desarrollo de nuevos insumos⁶ –semillas, fertilizantes, herbicidas, etcétera– como también en los servicios de venta y postventa de estos productos. Por ejemplo, la *startup* argentina EIWA provee servicios a empresas semilleras a partir del procesamiento de imágenes capturadas por drones, que genera indicadores para el seguimiento de cultivos experimentales (vende estos servicios tanto en Argentina como en Brasil y Estados Unidos). En paralelo, y tal como se profundizará más adelante, las empresas de insumos también se valen de plataformas digitales que emplean tecnologías 4.0 para apuntalar sus procesos de venta y postventa de insumos, logrando así una mayor fidelización de sus clientes.

En el *downstream* emergen variadas aplicaciones de tecnologías 4.0. Entre los más frecuentes se destacan aplicaciones en sistemas de logística y trazabilidad, contratos inteligentes y “tokenización” de activos (estos centralmente a partir de desarrollos en *blockchain*), así como diversas aplicaciones en el proceso de monitoreo y comercialización en postcosecha. Por ejemplo, la *startup* argentina ZoomAgri a partir de sensores y algoritmos de inteligencia artificial brinda servicios en la detección de variedades de cebada para la industria cervecera, así como también para la determinación de calidad física de granos de cebada y soja (brinda estos servicios tanto en Argentina, como en Latinoamérica, Europa y Australia).

Si bien hasta el momento el énfasis de las aplicaciones de las tecnologías 4.0 tuvo un sesgo hacia las actividades agrícolas, cabe destacar que también fueron proliferando los desarrollos que generan valor, por ejemplo, en las actividades ganaderas. Entre las aplicaciones más comunes se destacan los dispositivos que permiten monitorear las actividades llevadas a cabo por los animales (la ganancia de peso, el consumo de agua, las distancias recorridas, etcétera), de modo tal de poder implementar programas de engorde segmentados. Estos desarrollos permiten la generación de valor a partir de la ganancia en eficiencia en los procesos de engorde animal (por ejemplo, en el manejo de pasturas y suplementación), en el monitoreo de la salud animal (incluyendo la salud reproductiva, elemento sensible en la competitividad del negocio ganadero), pero también en actividades *upstream* (para el mejoramiento genético de los animales) y *downstream* (en desarrollos para la trazabilidad).

⁵ Si bien no hay registro de esto, el monitoreo de las tareas a campo podría ser de gran utilidad para el control de buenas prácticas ambientales por parte de autoridades gubernamentales. Por ejemplo, la aplicación de herbicidas podría monitorearse mediante estas herramientas, pudiendo así garantizar en tiempo real que el uso de estos productos químicos no ocurra en zonas aledañas a residencias, escuelas, etcétera.

⁶ La aplicación de tecnologías 4.0 en el proceso de producción de la maquinaria e implementos agrícolas cae dentro del universo propio de la Industria 4.0 y no del agro 4.0, dado que se trata de aplicaciones para transformar procesos industriales (manufactura aditiva, simulación de entornos virtuales, etcétera).

3. El agro 4.0 en el mundo

Al tratarse el agro 4.0 de un paradigma tecno-productivo emergente, cuya definición a nivel internacional todavía no goza de un consenso absoluto, no existe información estadística disponible sobre su injerencia y peso en la economía global. De este modo, no resulta factible cuantificar, por ejemplo, los ingresos generados por las empresas de esta actividad, sus exportaciones, el empleo generado, los gastos en actividades de I+D o sus principales rutinas para la innovación. Dadas estas importantes limitaciones, en el presente trabajo vamos a aproximar la relevancia de esta actividad económica a partir de factores de oferta y de demanda.

En la sección 3.1 se presentan de forma estilizada estadísticas sobre el financiamiento captado por este vertical dentro del universo de los *venture capitals* (VC) y los *corporate venture capitals* (CVC).⁷ Luego, la sección 3.2 brinda algunos datos disponibles sobre la adopción de tecnologías de agricultura de precisión. Acá emerge una nueva limitación, dado que los trabajos identificados sobre esta materia no especifican si se trata de tecnologías 4.0 o no. En la sección 2 de este trabajo se especificaron diferencias sutiles pero importantes en lo que respecta al concepto de agricultura de precisión y agro 4.0.

3.1. Desde la oferta: financiamiento VC y CVC en el mundo

Dada la falta de estadísticas provenientes de organismos oficiales, la información disponible sobre la oferta de financiamiento es generada por diversas consultoras independientes. En este trabajo se siguieron las publicaciones de AgFunder, una de las consultoras con más trayectoria en el vertical de agro,⁸ en particular los informes *AgFunder Farm Tech Investment Report* (2021a) y *Agriculture CVC Insights Report* (2021b).

En términos generales, las inversiones de VC en el segmento de emprendimientos basados en tecnologías disruptivas para el vertical agro viene experimentando un proceso de fuerte crecimiento desde 2013, tendencia que se aceleró en 2020 llegando a alcanzar la cifra global de USD 7.900 millones (un 41% más que lo reportado en 2019). Sin embargo, este vertical constituye un nicho pequeño dentro del universo de las inversiones globales de VC: en 2015 representó el 1,6% de las operaciones concretadas (o *deals*) y en 2020 el 2,7%. De todos modos,

⁷ Los VC y CVC son organizaciones que operan como fondos de inversión orientados a ofrecer financiamiento a nuevos emprendimientos. Los CVC se diferencian de los VC por estar asociados a una o más corporaciones, que aportan los recursos para las operaciones llevadas a cabo.

⁸ En el mundo emprendedor, los sectores económicos son típicamente llamados “verticales”, donde se incluyen los diversos eslabones de la cadena de valor. El término “vertical agro” es difuso: tiene fronteras no del todo bien definidas. Típicamente, este vertical incluye a las industrias proveedoras de insumos para la producción de bienes basados en el uso de la tierra, pasando por la producción a campo en sus diversas formas, incluyendo también procesos de agregado de valor que ocurren de forma posterior.

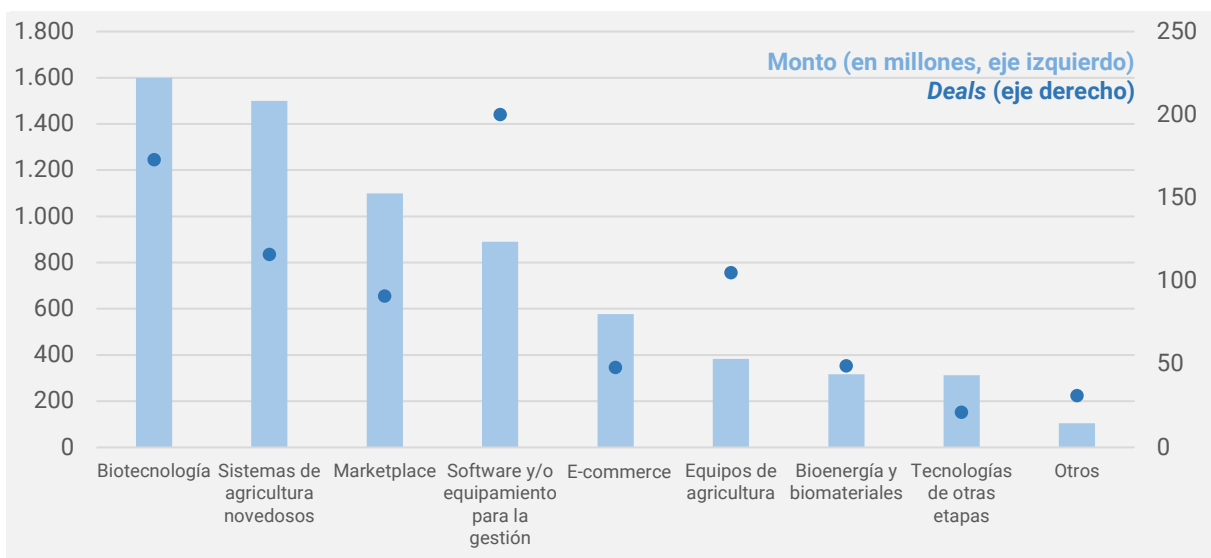
el ritmo de crecimiento del vertical agro –ya sea en términos de *deals* como de monto total captado– es mayor que el promedio de las inversiones en general de los VC, y de allí la ganancia de peso relativo con el correr de los años. En simultáneo, en sintonía con lo observado en otros verticales, a lo largo de los últimos dos años se verificó, tanto en términos de montos invertidos como de número de operaciones, una mayor concentración en startups que están atravesando etapas avanzadas de crecimiento.

Como podría resultar esperable, Estados Unidos es el líder en términos de la captación de financiamiento de VC en el vertical de agro, concentrando aproximadamente USD 4.000 millones de los USD 7.900 millones invertidos en todo 2020 (con el 35% del total global invertido en el estado de California). Le siguen en orden de importancia el continente europeo (con Francia a la cabeza) y Asia (principalmente India y China),⁹ con el 19% y el 16% respectivamente, y lo restante se divide entre Latinoamérica y África. De forma alternativa, si se analiza la ubicación geográfica de los *deals* concretados en este vertical, Estados Unidos concentra el 38%; Europa y Asia se ubican en segundo lugar, con India (9%) y China (6%) como los países destacados; y luego Israel (4%) emerge como otro país de peso. Resulta destacable que, a pesar de ser una región proveedora de alimentos a nivel global en una amplia variedad de cadenas, América Latina está algo marginada en la captación de fondos orientados a financiar el desarrollo de las tecnologías emergentes para este conjunto de actividades. Brasil es el líder regional en términos de la captación de fondos y del número de *deals* concretados: en 2020 captó casi USD 70 millones (por encima de países como Japón, Australia o Suecia) a través de 18 *deals* reportados por AgFunder.

Si se analiza la distribución del financiamiento de los VC según los principales segmentos que componen al vertical, tal como se observa en el gráfico 1, los emprendimientos de biotecnología aplicados al agro y las empresas que desarrollan sistemas de agricultura novedosos (por ejemplo, equipamiento para cultivos hidropónicos, granjas verticales, etcétera) fueron los que lideraron los montos captados en rondas de inversión. Sin embargo, y tal como se discutió en la sección 2, estos dos componentes no pertenecen al mundo 4.0 sobre el cual se focaliza este trabajo. Por lo tanto, dentro del recorte analítico realizado en este trabajo, los emprendimientos que desarrollan plataformas de *e-commerce* y aquellos abocados al desarrollo de software y/o equipamiento para la gestión basada en datos en el agro fueron los que más fondos captaron. De hecho, este último grupo de empresas fue el que más operaciones pudo concretar (200 *deals*), superando incluso a las empresas de agrobiotecnología y de sistemas de agricultura novedosos. Eso sugiere que el segmento en cuestión se encuentra experimentando un auge singular a partir de la emergencia de nuevas empresas, las cuales captan en promedio menos fondos en términos absolutos que otros segmentos. Una situación análoga es experimentada por las empresas focalizadas en el segmento de robots inteligentes, con una cantidad de *deals* superior al promedio.

⁹ Israel es otro país de gran peso en este vertical, ocupando el sexto puesto a escala internacional en la captación de fondos en términos de montos, y el quinto puesto por cantidad de *deals*. Esto ubica al país por arriba de otros países líderes en este vertical, como Reino Unido o Países Bajos.

GRÁFICO 1. FINANCIAMIENTO Y *DEALS* CONCRETADOS EN EL VERTICAL AGRO EN 2020



Fuente: elaboración propia con base en AgFunder (2021a).

Los VC más activos en las inversiones sobre este vertical en 2020 provinieron de países de ingresos altos (Estados Unidos, y países de Europa y Asia). El cuadro 1 presenta los cinco más grandes, con la ubicación geográfica de sus oficinas centrales y el número de inversiones en este vertical para el mencionado año.

CUADRO 1. FONDOS DE INVERSIÓN CON MAYOR ACTIVIDAD EN EL VERTICAL DE AGRO

Ranking	Inversor	Ubicación	Número de inversiones
1	S2G Ventures	Chicago, Estados Unidos	13
2	Innova Memphis	Memphis, Estados Unidos	11
3	Temasek	Singapur, Singapur	9
4	AgFunder	San Francisco, Estados Unidos	8
5	Astanor Ventures	Bruselas, Bélgica	8

Fuente: elaboración propia con base en AgFunder (2021a).

Con relación al universo de CVC, se verifica un patrón de crecimiento similar al de las inversiones de VC. Dentro de los mayores representantes de este grupo se puede destacar los casos de Cargill, Syngenta Ventures, FMC, ADM, BASF, y Leaps de Bayer. El cuadro 2 que figura a continuación presenta la evolución en términos de *deals* concretados por cada una de estas corporaciones a través de sus CVC.

CUADRO 2. EVOLUCIÓN EN LA CANTIDAD DE *DEALS* ENTRE LOS MAYORES CVC A ESCALA GLOBAL

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Total
Syngenta	6	2	8	3	6	5	30
Cargill	7	4	5	7	0	6	29
BASF	0	0	2	2	3	2	9
Bayer	0	1	1	3	2	1	8
ADM	0	1	1	0	1	3	6
FMC	0	0	0	0	0	4	4

Fuente: elaboración propia con base en AgFunder (2021b).

Tal como ocurrió en el grupo de fondos independientes, las inversiones de los CVC de los últimos años también tuvieron una tendencia creciente a concentrarse en rondas de empresas más consolidadas en el mercado –por ejemplo, inversiones en Serie C (típicamente entre USD 50 y USD 100 millones) o incluso en Serie D (más de USD 100 millones). De estas rondas participan empresas que tienen más trayectoria en el mercado, al haber participado de forma exitosa en rondas de inversión más pequeñas y al poder demostrar gran potencial de crecimiento.

De forma estilizada, emergen una serie de patrones en la estrategia de inversión de estas grandes corporaciones. Si bien no de manera exclusiva, estas empresas suelen invertir mayoritariamente en *startups* que desarrollan tecnologías ligadas a sus negocios *core*; por ejemplo, las corporaciones de insumos biotecnológicos suelen invertir en empresas que, a partir de tecnologías 4.0, brindan servicios digitales para un uso más eficiente de los insumos aplicados a campo. En segundo lugar, en algunos casos las inversiones de estas corporaciones también pueden involucrar otros tipos de contribuciones no necesariamente monetarias, que pueden ir desde acuerdos para el desarrollo conjunto de tecnologías, la provisión de canales de distribución, *leverage* para el posicionamiento en el mercado, etcétera. En algunos casos, estas inversiones a través de CVC de forma conjunta a la firma de acuerdos para el desarrollo tecnológico puede representar la antesala de la adquisición de estas empresas. Por ejemplo, la *startup* israelí Prospera, que había recibido financiamiento por parte de Bayer Leaps y disponía con esta firma de programas para el desarrollo tecnológico en conjunto desde 2020. Finalmente, la empresa fue comprada por la suma de USD 300 millones por la corporación Vermont (firma norteamericana especializada en el desarrollo de equipos de riego), que también había invertido en esta empresa en años anteriores y con la cual también disponían acuerdos para el desarrollo tecnológico.

Tal como se profundizará en la sección final de este trabajo, a pesar del potencial productivo de Argentina, el país no tiene toda la presencia que podría tener dado su denso ecosistema en

estos círculos en los cuales se ofrecen grandes volúmenes de financiamiento. Indudablemente, la poca participación nacional en estas esferas demandaría un rol más activo por parte del sector público para atraer este tipo de inversiones, por ejemplo, facilitando el ingreso de estos CVC al mercado doméstico. De hecho, como se discutió, estos grandes fondos no solo son centrales a la hora de aportar grandes volúmenes de recursos económicos, sino que también contribuyen con el escalamiento global de las empresas sobre las cuales invierten. De este modo, una alternativa para revertir este proceso desde la política pública podría ser el lanzamiento de *brochures* sectoriales orientados a la atracción y captación de estos tipos de inversores, así como a la promoción de desarrollos locales para usuarios en otros países del mundo.

3.2. Desde la demanda: la adopción de agricultura de precisión

Tal como fue mencionado, no hay estadísticas disponibles sobre la adopción de tecnologías derivadas del agro 4.0 (ni a nivel internacional ni local). De este modo, para aproximarnos a esto en el presente apartado se analiza la situación de la difusión de herramientas para la agricultura de precisión, aunque hay limitaciones metodológicas que también persisten en este ejercicio.

La comparación de los niveles de adopción de AP entre países es desafiante a razón de la escasez de datos comparables (es decir, basados en encuestas con metodologías compatibles). Lowenberg-DeBoer y Erickson (2019) realizaron el trabajo más exhaustivo hasta el momento con el objetivo de estudiar el despliegue internacional de estas herramientas. A continuación, en los cuadros 3 y 4 se presentan los resultados de dicho estudio con relación a la adopción de un grupo de herramientas de AP específicas entre diversos países.

CUADRO 3. ADOPCIÓN DE AP EN ESTADOS UNIDOS Y PAÍSES DE REFERENCIA DE AMÉRICA LATINA

Ubicación	Autor	Año	Medio	Contactos	Guía GNSS	Monitoreo de rendimiento	VRT	Mapeo GNSS	EC	Imágenes remotas
Argentina	Melchiori	2018	Web	INTA list	60%	78%	42%	51%	26%	80%
Varios estados de EE. UU.	Thompson	2017	Teléfono	Lista privada	91%	93%	73%	66%	ND	56%
Varios estados de EE. UU.	Erickson	2017	Web	CropLife	60%	43%	38%	45%	9%	19%
Canadá	Steele	2017	Web	Mails a agrupaciones de productores	79%	48%	48%	43%	19%	28%

Continúa en la página siguiente.

CUADRO 3. ADOPCIÓN DE AP EN ESTADOS UNIDOS Y PAÍSES DE REFERENCIA DE AMÉRICA LATINA (continuación)

Ubicación	Autor	Año	Medio	Contactos	Guía GNSS	Monitoreo de rendimiento	VRT	Mapeo GNSS	EC	Imágenes remotas
Estados productores de algodón de EE. UU.	Zhou	2013	Correo	Cotton Inc.	67%	20%	25%	22%	5%	6%
Brasil	Molin	2013	Teléfono	Contactos comerciales	23%	12%	26%	36%	ND	ND
Argentina	Melchiori	2013	Web	INTA	40%	84%	30%	48%	18%	60%
Brasil	Borghi	2011-2012	Web	Red de AP de EMBRAPA	56%	56%	89%	100%	22%	22%
Alabama	Winstead	2009	Software especial	Participantes de evento	60%	28%	37%	28%	ND	ND
Florida	Winstead	2009	Software especial	Participantes de evento	40%	20%	80%	80%	ND	ND
Estados productores de algodón de EE. UU.	Mooney	2009	Correo	Cotton Inc.	47%	10%	22%	29%	4%	10%
Estados productores de algodón de EE. UU.	Cochran	2005	Correo	Cotton Inc.	21%	6%	23%	18%	ND	2%
Ohio	Isgin	2003	Correo	Ohio State University	7%	14%	15%	17%	ND	5%
Indiana	Fountas	2002	Correo	Purdue University	ND	67%	59%	86%	12%	6%
Estados productores de algodón de EE. UU.	Roberts	2001	Correo	Cotton Inc.	ND	2%	8%	12%	ND	0%

Nota: GNSS: sistemas de navegación satelital global; VRT: tecnologías de dosificación variable; EC: conductividad eléctrica; ND: no disponible.

Fuente: elaboración propia con base en Lowenberg-DeBoer y Erickson (2019).

CUADRO 4. ADOPCIÓN DE AP EN EUROPA Y AUSTRALIA

Ubicación	Autor	Año	Medio	Contactos	Guía GNSS	Monitoreo de rendimiento	VRT	Mapeo GNSS	EC	Imágenes remotas
Australia	Bramley	2017	Web	Miembros de AGRDC	84%	50%	52%	ND	26%	40%
Reino Unido	Pickthall	2016	Web	Contactos del autor	20%	13%	14%	15%	ND	ND
Turquía	Keskin	2015	Presencial	Individuos contactados por autores	5%	3%	0%	0%	ND	0%
Italia	Cavallo	2010	Presencial	Participantes de evento de agricultura	46%	ND	ND	ND	ND	ND
WA, Australia	Robertson	2009	Presencial	Grupo de agricultores	66%	47%	14%	ND	0%	0%
Australia	Robertson	2008	Telefónica	Lista de clientes de agricultores	ND	25%	20%	ND	ND	ND
Alemania	Lawson	2008	Correo	Agricultores de la UE	37%	12%	8%	20%	1%	11%
Dinamarca	Lawson	2008	Correo	Agricultores registrados en datos administrativos	9%	3%	4%	6%	1%	1%
Finlandia	Lawson	2008	Correo y web	Agricultores registrados en datos administrativos	1%	1%	3%	1%	0%	0%
WA, Australia	Robertson	2006	Presencial	Grupo de agricultores	46%	45%	ND	ND	0%	0%
Alemania	Reichardt#	2006	Presencial	Participantes de evento	ND	6%	3%	6%	1%	ND
Alemania	Reichardt#	2005	Presencial	Participantes de evento	ND	3%	1%	4%	0%	ND
Alemania	Reichardt#	2003	Presencial	Participantes de evento	ND	3%	1%	3%	1%	ND
Dinamarca	Fountas	2002	Correo	Contactos comerciales	ND	92%	52%	75%	42%	ND
Alemania	Reichardt#	2001	Presencial	Participantes de evento	ND	3%	1%	4%	1%	ND

Nota: GNSS: sistemas de navegación satelital global; VRT: tecnologías de dosificación variable; EC: conductividad eléctrica; ND: no disponible. #: las tasas surgen de aproximaciones a partir de figuras.

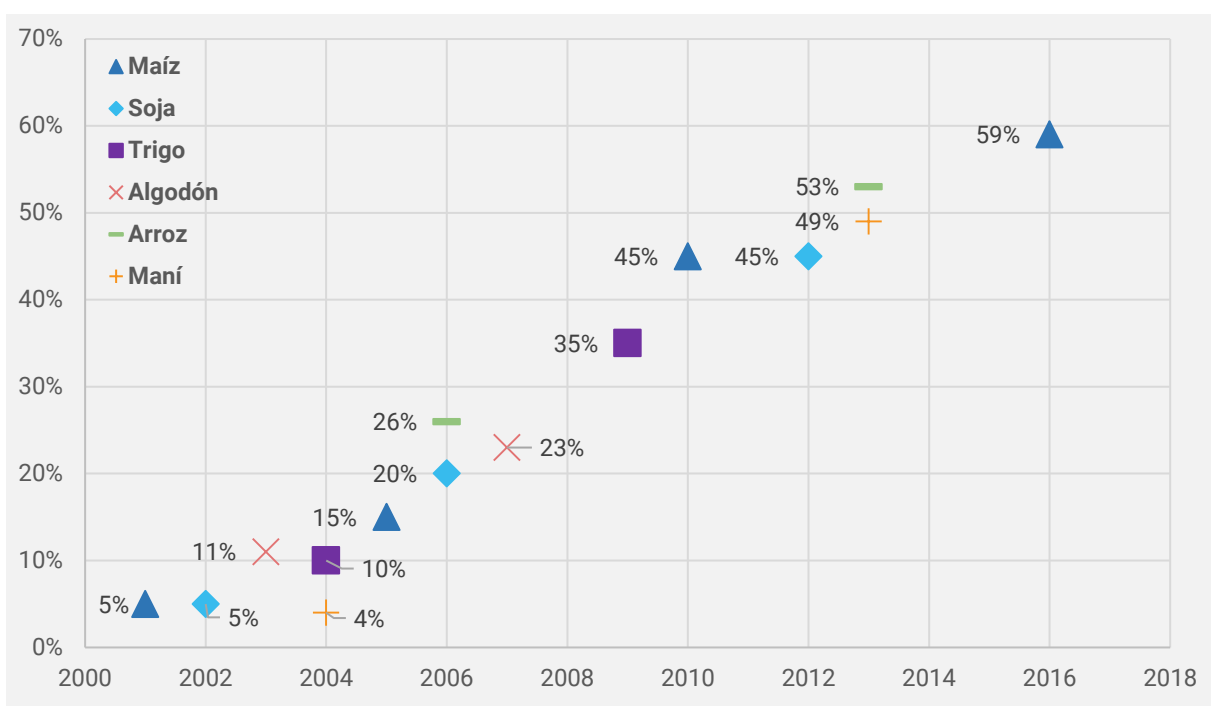
Fuente: elaboración propia con base en Lowenberg-DeBoer y Erickson (2019).

Resulta importante destacar que en todos los casos se trata de trabajos que analizan la disponibilidad y/o uso de estas tecnologías de AP a partir de bases de datos propias, y no los resultados de censos nacionales. Indudablemente, la construcción de estas bases de datos puede tener sesgos notorios, sin que puedan ser necesariamente estos resultados extrapolados al resto de los productores agrícolas de un país. De hecho, en los cuadros 3 y 4 se pueden observar diferencias notorias en los resultados de distintos estudios para un mismo país realizados el mismo año, o bien con poca diferencia temporal.

De todos modos, los cuadros 3 y 4 muestran que estas tecnologías están crecientemente al alcance de los productores, siendo los sistemas de guiado por GNSS y los monitores de rendimiento las herramientas más frecuentes. De hecho, Lowenberg-DeBoer y Erickson (2019) muestran en su trabajo que estas tecnologías, de forma similar a aquellas utilizadas para la aplicación selectiva de fertilizantes y otros insumos, experimentaron un proceso de rápida expansión a lo largo de los últimos 20 años.

En el trabajo recién mencionado, los autores también destacan la evidencia del sesgo que existe entre cultivos donde son aplicadas estas herramientas, siendo esto más prevalente en aquellos cultivos de carácter extensivo. En suma, tal como se verifica en el gráfico 2 para Estados Unidos, tomando como referencia el uso de sistemas de autoguiado GNSS, la adopción de esta tecnología de AP resultó ser más frecuente en el cultivo de maíz, seguido del cultivo de arroz y de maní.

GRÁFICO 2. ÁREA SEMBRADA EN ESTADOS UNIDOS BAJO EL USO DE SISTEMAS DE AUTOGUIADO GNSS ENTRE 2000 Y 2016



Fuente: elaboración propia con base en Lowenberg-DeBoer y Erickson (2019).

Según consultas realizadas en el marco de este trabajo a referentes del sector, esta diferencia entre cultivos extensivos corresponde centralmente a sus características agronómicas. Típicamente el maíz es el cultivo en el que más tecnología se aplica dado que resulta ser relativamente más sensible a esto; es decir, dado un set de condiciones, los rendimientos agrícolas pueden variar sensiblemente según la tecnología que haya sido aplicada. Por el contrario, cultivos como el trigo son menos sensibles a la aplicación selectiva de insumos, motivo por el cual existirían menos incentivos para el empleo de estas tecnologías.

Otro factor que emerge como un determinante central para la adopción de tecnologías de AP se vincula con el tamaño del terreno sobre el cual un productor desarrolla sus actividades. Lowenberg-DeBoer y Erickson (2019) señalan este patrón en África, así como EIP-AGRI (2015) en Europa, Banerjee y Martin (2008) en Estados Unidos o Lachman y López (2018) en Argentina. Esto se justifica principalmente por dos motivos. En primer lugar, los productores más grandes típicamente cuentan con más recursos para la aplicación de nuevas tecnologías. En segundo lugar, la adopción de estas herramientas generalmente presenta beneficios crecientes a escala, de modo que en terrenos muy pequeños podría incluso no ser conveniente su adopción. Esto se corresponde con el hecho de la existencia de microambientes con diferencias sustantivas resulta más probable en explotaciones de mayor tamaño.

Otro punto destacado frecuentemente es la titularidad del establecimiento donde se lleva a cabo el proceso productivo. Diversos trabajos muestran que aquellos productores que son dueños de la tierra tienen más incentivos a la adopción de tecnologías de precisión dado que de este modo pueden aumentar los rendimientos productivos de modo sustentable con el terreno (Roberts *et al.*, 2004; Tey y Brindal, 2012). La relevancia de este aspecto ha sido estudiada tanto en Australia, como en Estados Unidos (English *et al.*, 2000; Roberts *et al.*, 2002; Robertson *et al.*, 2012).

Por otra parte, el nivel de formación de los productores también es destacado en algunos estudios como un factor que incide en la adopción de tecnologías de AP. Por ejemplo, Pandit *et al.* (2012) y Akudugu *et al.*, (2012) identifican este factor para el caso de un grupo de productores en Estados Unidos y en Ghana. No obstante, tras conversaciones con personas especializadas del sector se ha destacado que en la actualidad esto depende fuertemente de cada tipo de tecnología, ya que muchas se han vuelto altamente manipulables y accesibles para productores independientemente de su nivel de capacitación previo.

4. Los grandes jugadores internacionales en el mundo del agro 4.0

4.1. El rol de los incumbentes: las grandes corporaciones de insumos biotecnológicos y de maquinaria agrícola

En las cadenas de producción del agro, en particular en la agricultura, los proveedores de insumos tuvieron siempre un rol protagónico en los procesos de cambio tecnológico. Estos actores, en su mayoría son grandes corporaciones globales.

El rol de estas corporaciones preexistentes en el sector con relación al agro 4.0 es dual. Por un lado, tal como se presentó en la sección anterior, desde hace unos años estos actores comenzaron a conformar *venture capitals* corporativos de forma tal de invertir en emprendimientos independientes basados en tecnologías 4.0 con potencial de crecimiento de cara al futuro. Esta estrategia de las empresas además de haberles reportado, eventualmente, ganancias económicas, acceso a nuevas tecnologías, etcétera, también contribuyó al crecimiento de empresas independientes, posicionándolas como fuentes de financiamiento para el capital emprendedor.

Por otro lado, estos actores con larga historia en el sector no solo decidieron invertir en terceras empresas emergentes, sino que también pasar a ser protagonistas en el desarrollo y oferta de tecnologías 4.0. Sobre este aspecto centramos la discusión en la presente subsección a partir del relevamiento que abarcó a 15 de las mayores corporaciones¹⁰ del sector con fuerte presencia en el mercado local de cultivos extensivos. En el cuadro 5 se listan estas empresas y se destacan algunos elementos ligados al nombre de los servicios 4.0 que ofrecen, cómo desarrollan estas tecnologías (*in-house* y/o mediante la adquisición de otras empresas) y si disponen plataformas para la integración de datos entre sí.

En esta subsección presentamos de forma estilizada los principales patrones que emergen del estudio en detalle de cómo estas empresas se involucraron en el agro 4.0. Como principal hecho estilizado que emerge del cuadro 5 se destaca que todas las empresas ofrecen algún tipo equipamiento y/o servicios basados en tecnologías 4.0. Las empresas de maquinaria agrícola e implementos iniciaron antes su incursión en el mundo 4.0 a partir del desarrollo de dispositivos crecientemente interconectados y/o con cierto grado de autonomía para la realización de ciertas tareas. Por el contrario, las empresas de insumos biotecnológicos ingresaron a este mundo más recientemente, y con una estrategia fuertemente marcada por la compra de *startups* independientes.

¹⁰ Dentro de este grupo se están considerando dos empresas multinacionales de origen nacional: Don Mario y Bioceres. La primera es líder en el mercado de semillas y la segunda también dispone una división de semillas, pero también presencia en diversos segmentos de productos para la protección de cultivos, promotores del crecimiento, etcétera. Si bien estas empresas son grandes a nivel local, resultan ser sensiblemente más pequeñas –en términos de facturación, empleo, gastos anuales en I+D, etcétera– que el resto de las corporaciones aquí estudiadas.

CUADRO 5. LAS EMPRESAS INCUMBENTES Y EL AGRO 4.0

	Negocio core	Oferta 4.0	¿In-house?	Compras recientes de empresas 4.0	¿Integración de datos?
Syngenta	Semillas + insumos	Cropwise seed selector, AgriEdge, Estación experimental	Departamento de Tecnología de la Información y Digitalización	Cropio, Strider, Farm Shoots	-
Bayer	Semillas + Insumos	Fieldview	Digital Excellence Council, Hubs de digitalización en Polonia y Alemania para agro	Monsanto (The Climate Corporation)	-
BASF	Semillas + Insumos	Xarvio, Intelligent Planting System y Smart Spraying en JV con Bosch	Sí (junto a Bosch en Colonia, Alemania)	Xarvio, ZedX	Bosch BASF Smart Farming (BBSF) GmbH
Corteva	Semillas + Insumos	Corteva Flight, Mi Lote	Sí, en formación	-	-
Pioneer	Semillas + Insumos	Granular	Sí	Granular	-
Don Mario	Semillas	DonMario Exacto, OPTIMUS (beta)	Sí, en formación	-	Los datos de Exacto se cargan sobre una plataforma externa que integra muchas empresas (CropChain)
Bioceres	Semillas + Insumos	Okaratech	No, en alianza con Okaratech	-	-
Yara	Insumos	CheckIT, Tankmix, N-Tester, N-Sensor y Atfarm	Sí	-	-

Continúa en la página siguiente.

CUADRO 5. LAS EMPRESAS INCUMBENTES Y EL AGRO 4.0 (continuación)

	Negocio core	Oferta 4.0	¿In-house?	Compras recientes de empresas 4.0	¿Integración de datos?
John Deere	Maquinaria agrícola	Plataforma MyJohnDeere; dashboards, sensores, computer vision, apps móviles, ML, IA, georreferenciamiento, sistemas de guiado inteligente, vehículos autónomos y semiautónomos	Sí	Bear Flag Robotics, Blue River Technologies	DataConnect (servicio de integración de datos de nube y de maquinaria independientemente del fabricante)
CNH	Maquinaria agrícola	AGXTEND	Sí	Raven, AgDNA	
New Holland	Maquinaria agrícola	Dashboards, sensores, conectividad, software de gestión, ML, IA, apps móviles, georreferenciamiento, sistemas de guiado inteligente, vehículos autónomos y semi-autónomos	Sí	-	
Case IH	Maquinaria agrícola	Advanced Farm System, sistema de guiado inteligente, vehículos autónomos y semi-autónomos	Sí	-	
CLAAS	Maquinaria agrícola	EASY	Sí	inversión minoritaria en AgXeed	
AGCO	Maquinaria agrícola	Fuse	Sí	Precision Planting (en 2017)	Fuse es también una plataforma abierta de datos similar a DataConnect
Precision Planting	Equipamiento para la agricultura de precisión	Connect	Sí	Headsight Business, Creative Sites Media	Fuse

Fuente: elaboración propia con base en los sitios web oficiales de las corporaciones, así como otra información de prensa divulgada por estas.

Tanto las empresas de maquinaria como de insumos biotecnológicos para el sector fueron lanzando sus plataformas para la gestión de los datos generados a campo entre 2017 y 2019 en promedio,¹¹ años para los cuales la oferta de estas tecnologías por parte de empresas independientes ya era notoria en el mercado. Este salto tecnológico, que implicó para los dos grupos de empresas moverse de sus negocios *core*, fue dado a través de la compra de empresas independientes, como también a partir de la apertura de divisiones internas para el desarrollo y/o proceso de mejoras de las plataformas.

Monsanto y la compra de The Climate Corportation

Uno de los casos más emblemáticos en lo que respecta a plataformas de agro 4.0 fue la operación llevada a cabo por Monsanto en 2013 cuando compró por USD 1.100 millones a The Climate Corporation. Esta sigue siendo hasta el día de la fecha el *exit*¹² más grande que haya hecho alguna empresa emergente de este vertical.

Hoy en día, con la compra de Monsanto por parte de Bayer (por USD 62.500 millones) esta plataforma digital pasó a llamarse Climate FieldView, lanzada en Argentina en 2019. Climate FieldView opera a través de sensores que recolectan automáticamente datos sobre siembra, pulverización y cosecha, procesando toda esta información para proveer diversos tipos de servicios a los productores en sus distintos dispositivos. Además, brinda servicios de monitoreo de cultivos a partir de imágenes satelitales, de forma tal que el productor pueda ir siguiendo el estado de crecimiento de su cultivo, y detectar de forma anticipada alguna anomalía –plaga, estrés hídrico, etcétera–. A partir de la utilización de datos georreferenciados, la plataforma también otorga al productor herramientas para identificar microambientes y obtener prescripción para la óptima utilización de los insumos ofrecidos por Bayer –por ejemplo, genética de semillas más adecuada para cada ambiente, estrategias de fertilización, aplicación de herbicidas, etcétera–. A partir de estas herramientas, Bayer ofrece a sus clientes un uso más eficiente de sus insumos.

El lanzamiento de plataformas digitales por parte de estas empresas estuvo directamente orientado, por lo menos en su etapa inicial, con el fin de promover un uso más eficiente de sus productos *core*. Dada esta complementariedad, la utilización de estas plataformas suele estar bonificada a partir de la compra de productos por un período específico –por ejemplo, la duración de una campaña–. A su vez, en estas plataformas los productores pueden acceder a herramientas de prescripción que se ajustan a la cartera de productos que venden estas

¹¹ En esos años las empresas tendieron a lanzar sus estrategias de forma explícita en lo que respecta al paquete de tecnologías 4.0, es decir equipos que recolectan datos y plataformas digitales a través de las cuales los usuarios pueden visualizar y emplear esos datos para la toma de decisiones.

¹² Se trata del proceso de venta de un emprendimiento por parte de sus emprendedores/fundadores. Luego de un *exit*, el equipo fundador cede la totalidad o una parte mayoritaria del capital accionario de la empresa.

empresas. Por ejemplo, en el caso de las empresas de biotecnología moderna, le permiten al productor que diseñe su estrategia de siembra o fertilización adaptada a las condiciones de los microambientes a partir de los productos que esta misma empresa ofrece en el mercado.

El caso de la compra de Bear Flag y Blue River Technologies por parte de John Deere

En agosto del 2021 John Deere compró la empresa Bear Flag Robotics por USD 250 millones. Esta *startup*, fundada en 2017, desarrolló una serie de tractores autónomos, los cuales recolectan información para hacer análisis predictivo y ayudar a la planificación productiva a campo. El tractor puede ser operado desde un lugar remoto, pudiendo ser controlado y monitoreado en tiempo real todo lo que está sucediendo, reduciendo así los costos y mejorando los rendimientos. La *startup* también destaca que sus desarrollos tecnológicos reducen la dependencia de mano de obra escasa, reduciendo así costos laborales por lote, y previenen lesiones y accidentes.

Otra compra notoria fue la de Blue River Technologies en 2018 por USD 305 millones, también por parte de John Deere. Blue River es una *startup* fundada en 2011 que se especializó en desarrollo de robots inteligentes aplicados al agro. El principal producto de esta empresa emergente es su tecnología “*see and spray*”, un robot que se monta al tractor, que detecta malezas y hace una aplicación de herbicidas focalizada, reduciendo así el uso innecesario de este insumo.

Estos servicios de venta también tienden a ser acompañados por servicios de posventa. Por ejemplo, ante la detección de una plaga en una parte del cultivo, el productor va a poder interactuar con asesores de la empresa biotecnológica para recibir asistencia técnica sobre cómo abordar el problema identificado. En paralelo, las empresas de maquinaria agrícola podrán usar estas plataformas para anticipar a usuarios específicos si alguno de sus equipamientos comenzó a reportar señales de posibles fallas.

Toda la información que estas plataformas van recolectando de sus usuarios también tiende a ser utilizada para la fidelización de estos. Con el pasar de las campañas, los productores que utilicen el paquete tecnológico completo de una empresa podrán disponer de la información de años previos, insumos que podrán ser utilizados –a partir de tecnologías 4.0– para mejorar las prescripciones agronómicas de campañas futuras.

La estrategia de ingreso al mundo agro 4.0 por parte de los grandes jugadores del mercado de insumos biotecnológicos y de maquinaria agrícola no solo estuvo guiado a partir de la adquisición de empresas independientes, de forma tal de incorporar nuevas tecnologías complementarias a sus productos preexistentes, sino que también estuvo signada por la apertura de divisiones *in-house* para el desarrollo de estas herramientas. Tal como se verifica en el cuadro 5, la amplia mayoría de las empresas analizadas disponen de este tipo de divisiones.

Si bien las firmas de maquinaria agrícola ya disponían de centros de I+D ligados al desarrollo tecnológico de robots inteligentes, IoT, etcétera, al igual que las empresas de insumos biotecnológicos comenzaron a abrir divisiones especializadas en el desarrollo de plataformas digitales para proveer servicios especializados a partir de herramientas tales como *big data* e IA. La inclusión de estos centros *in-house* tendió a estar articulada con la estrategia global de estas corporaciones en materia de su división geográfica de las tareas de innovación.

Un caso singular es la experiencia de Bayer. Esta empresa cuenta con distintos *hubs* de I+D ubicados en Asia, Estados Unidos, Europa y Brasil, por ejemplo, donde desarrolla sus diversos productos para el agro. Si bien esta corporación había comenzado a delegar los programas para el desarrollo de aplicaciones basadas en inteligencia artificial y *machine learning*, entre otras, en el centro llamado Life Sciences iHUB, ubicado en Silicon Valley y en Langenfeld, Alemania, comenzó a implementar en 2020 una estrategia de relocalización de estos programas. De este modo, en 2021 Bayer anunció la apertura de un *hub* en Varsovia, Polonia, el cual estará focalizado únicamente en tecnologías 4.0. En este *hub* trabajarán aproximadamente 400 personas, entre ellos expertos en inteligencia artificial, ingenieros de software, programadores *full-stack*, y científicos e ingenieros de datos, entre otros.

¿Un salto disruptivo en la gestión de la maquinaria agrícola? El caso del DataConnect

La proliferación de múltiples plataformas digitales para la gestión de los datos recolectados a campo derivó en una situación ineficiente para los productores del agro. Dado que un productor puede tener máquinas y/o equipos de diversas marcas, para acceder a los datos y servicios derivados de estos debía entrar a cada plataforma correspondiente, siendo a veces dificultoso o inviable el viraje de datos entre plataformas.

Esto dio pie a la conformación de un proyecto de cooperación conjunto entre las grandes corporaciones del sector –John Deere, CNH (y las empresas bajo su control), CLAAS y 365 FarmNet–, llamado DataConnect, lanzado en 2020. En esta plataforma se integran los datos de todas las maquinarias de estas empresas, lo que permite al usuario un manejo mucho más sencillo y rápido de los datos generados en su campo. A través de esta plataforma se ofrecen cuatro servicios: monitoreo en tiempo real y data histórica de la ubicación de la flota, nivel de combustible de cada vehículo, estatus de la maquinaria en campo, y velocidad del vehículo. Si bien cada empresa sigue manteniendo su plataforma propia, en este espacio digital el usuario puede también acceder a la información de la maquinaria de las otras empresas que conformaron el proyecto de DataConnect.

En paralelo a la adquisición de empresas independientes y al desarrollo *in-house* de tecnologías 4.0, empresas como John Deere, AGCO, Syngenta, Bayer, entre otras, llevan una agenda muy dinámica en lo que respecta a fomentar el desarrollo emprendedor. Esta estrategia suele materializarse a partir de la participación de estas corporaciones en programas de incubación

y aceleración de emprendimientos, algunos de los cuales podrán estar asociados a espacios universitarios y *research parks* (o parques de investigación para la ciencia aplicada).

Don Mario y Bioceres, dos multinacionales de origen local de biotecnología moderna, llevaron a cabo una estrategia distinta a la predominante en las corporaciones globales analizadas para este estudio. En particular, estas empresas se asociaron con startups independientes que ya disponían plataformas digitales aplicadas a la agricultura, para ofrecer extensiones de estas. De este modo, Don Mario lanzó al mercado en 2018 la plataforma Cropchain a partir de su asociación con la *startup* local Auravant, mientras que Bioceres se alió con Okaratech, otra *startup* argentina-uruguaya. La plataforma Cropchain ofrece un servicio integral a los usuarios de las semillas de Don Mario, quienes además de poder microambientar sus campos e identificar la genética óptima de Don Mario para cada ambiente (con su correspondiente prescripción de siembra para maximizar el potencial productivo), también pueden realizar el monitoreo de sus cultivos, diseñar estrategias de riego, fertilización, etcétera. Por su parte, Bioceres a través de Okaratech gestiona los convenios con multiplicadores de semillas.

La integración a través de los datos de BASF y Bosch

Un interesante desarrollo en 2020 emergió de la mano de la integración de dos gigantes del mundo de los insumos para el sector, BASF (empresa de biotecnología moderna) y Bosch (de equipamiento para la agricultura). El *joint venture* conformado por estas dos empresas estuvo orientado a desarrollar y comercializar un conjunto de soluciones integrales a través de la agricultura digital. La idea de la creación de una nueva empresa conjunta es combinar el *expertise* y las soluciones de Bosch tanto en hardware como en software con la herramienta Xarvio (aplicación digital) de BASF. Los dos primeros productos que lanzarán serán una actualización del Intelligent Planting System, originalmente de Bosch, y Smart Spraying, que utilizará sensores de Bosch y el sistema xarvio para reducir los volúmenes de herbicidas aplicados en los campos. El Intelligent Planting System (que está disponible, por ejemplo, tanto en Argentina como en Brasil) es una tecnología de sensores aplicados a los implementos de siembra el cual regula la cantidad de semillas, según las prescripciones previas. La articulación de estas empresas a través de la gestión conjunta de los datos recolectados en los campos posibilitará un mejor uso y desempeño de los insumos que sean aplicados a campo.

En síntesis, las ya posicionadas en segmentos específicos ligados a la provisión de insumos para el sector identificaron en las tecnologías 4.0 grandes espacios para la innovación. De este modo, mediante estas tecnologías las firmas buscan que sus productos *core* dispongan de mayores prestaciones, o bien puedan ser utilizados de la mejor forma posible de modo tal de que los productores reduzcan costos o aumenten sus rendimientos agrícolas. Tal como se mencionó, las plataformas digitales se convirtieron en espacios importantes para la prestación de servicios de venta y postventa, y de este modo contribuir con la fidelización de clientes.

4.2. El rol de los *newcomers* o *startups*

A nivel internacional no existen estadísticas que indiquen el número de *startups* que actualmente estén brindando servicios basados en tecnologías 4.0 para el agro. Sin embargo, a partir de la revisión de diversos informes de consultoras y/u organismos multilaterales, es posible destacar la existencia de miles de este tipo de firmas de nueva generación (AgFunder, 2021a; Vitón *et al.*, 2018). Tal como se evidencia en estos trabajos, la proliferación de emprendimientos fue cubriendo todos los segmentos de la cadena –ya sea tranqueras adentro y tranqueras afuera–, sin que sea posible poder identificar algún espacio de mayor atracción que otros. Sin embargo, es posible destacar que, al menos según el relevamiento hecho por AgFunder (2021a), el segmento de *e-commerce* o *marketplaces* fue el que mayor financiamiento por parte de VC recibió en 2020.

De forma estilizada, las *startups* del agro 4.0 fueron ingresando al mercado con una amplia diversidad de propuestas de valor. A partir del desarrollo de capacidades tecnológicas de avanzada en el mundo 4.0, estas firmas fueron las que primero identificaron diversas oportunidades de negocio, para que luego, en algunos casos, las corporaciones del sector entraran a competir. A su vez, a partir de una gestión de los procesos de innovación más ágil –en comparación a los procesos y aprobaciones típicamente necesarios en las corporaciones–, una misma firma puede estar enfocada en múltiples espacios de la generación de valor (figura 2) y luego, con el correr de los años, ir especializándose en nichos específicos.

Siguiendo el informe de AgFunder (2021a), se analizará a continuación el caso de los principales *startups* que capturaron los mayores fondos en 2020. Para cada una de estas empresas se buscó información secundaria disponible en Internet.

Farmers Business Network (FBN) es una de las firmas de *marketplace* y gestión agrícola de mayor crecimiento en Estados Unidos, fundada en el 2014 a partir de un grupo de productores. Recientemente expandió sus operaciones a Canadá y, a través de la adquisición de Farmsave, desplegó sus operaciones en Australia. Esta firma consiguió la segunda operación de fondos de VC más grande en 2020 relevada por AgFunder, totalizando USD 250 millones. Entre sus inversores se encuentra el fondo Blackrock. FBN es una red que comprende a más de 25.000 miembros y 70 millones de acres de cultivos esparcidos entre los tres países donde opera. A raíz de sus servicios, los productores comparten información relevada por equipamiento de agro 4.0 en forma anónima. FBN luego ofrece una variedad de servicios a partir de esta información que incluyen reportes e información agregada de precios y tendencias del mercado, entre otras. La propuesta de valor de la empresa está orientada a promover el asociativismo y la transmisión de información entre productores –de forma anónima–, para de este modo poder identificar los planteos agronómicos óptimos, los mejores precios para la compra de insumos, etcétera.

Otro caso destacable es el de XAG de China. En 2007 un grupo de emprendedores chinos formaron la empresa XAIRCRAFT. Hasta 2013 exploraron distintas alternativas de negocios y en 2014 se toma la decisión de abocarse al desarrollo y producción de drones para agricultura y adoptan el nombre XAG. En la actualidad ofrecen drones con distintas funciones y sistemas de IoT para agricultura que colaboran en el proceso de gestión, que van desde el monitoreo de

cultivos hasta la aplicación de insumos en microambientes. En suma, dispone de una plataforma digital que contribuye a la gestión agrícola y a la toma de decisiones productivas basadas en los datos recolectados por los diversos dispositivos utilizados a campo. En 2020 XAG captó financiamiento por USD 180 millones, una de las operaciones más importantes del año del segmento de robots inteligentes para el agro y de gestión productiva (AgFunder, 2021a).

Por su parte, Prospera es una compañía fundada en 2014 en Israel, que provee servicios para cultivos extensivos e intensivos a través del análisis de datos e inteligencia artificial. Si bien la empresa compete en un segmento en el cual proliferaron una gran cantidad de emprendimientos, las capacidades tecnológicas desarrolladas *in-house* en materia de *big data* e inteligencia artificial le permitieron posicionarse como una de las líderes en lo que hace a los servicios de microambientación, desarrollos de prescripciones y monitoreo de los procesos productivos. En suma, esta firma que tuvo muy buena aceptación principalmente en el mercado norteamericano, pero también fue ampliando sus operaciones en América Latina (centralmente en México) y en otros países europeos. De hecho, la empresa logró en 2020 un acuerdo de cooperación tecnológica con Bayer, en particular en lo que respecta a los servicios para cultivos intensivos. Para finales de 2020 la empresa fue adquirida por la estadounidense Valmont Industries –líder en el desarrollo de equipos de riego para la agricultura– por USD 300 millones. Esta firma norteamericana ya había invertido en Prospera y firmado convenios para el codesarrollo de tecnologías de gestión en el uso del agua.

Otro caso de interés es la finlandesa de microsátélites aplicados al agro llamada ICEYE, que tiene origen en un proyecto universitario en 2012. En la actualidad ICEYE ofrece servicios de monitoreo de cultivos a través de la captación de imágenes satelitales de alta resolución y frecuencia, disponibles en distintos formatos. A partir del desarrollo y colocación en órbita de una constelación de microsátélites, la firma logró dar un servicio de monitoreo más preciso con relación a otros competidores que utilizan las imágenes satelitales públicas. Se trata de una empresa de microsátélites que desarrolló una unidad de negocios especializada en agro; sin embargo, desde hace unos años también comenzó a incursionar en otras industrias –como la minería–. En 2020 la empresa captó financiamiento por USD 87 millones.

Por otro lado, Indigo Agriculture –empresa radicada en Estados Unidos y con oficinas también en Argentina– fue la que mayor financiamiento captó en 2020: USD 360 millones. A su vez, en otra operación consiguió fondos por USD 175 millones. Esta *startup*, que se originó en 2014 a partir de desarrollos biotecnológicos –en particular avances en microbiológicos aplicados a semillas–, avanzó hace unos pocos años a brindar servicios digitales. En particular, desarrolló un *marketplace* digital para la venta y compra de granos (AgFunder, 2021a). Sin embargo, la apuesta distintiva de cara a futuro de esta plataforma de intercambio esta puesta en los “bonos de carbono”. En esta iniciativa los productores que registren sus actividades a través de la plataforma de Indigo podrán certificar sus prácticas sustentables haciéndose así acreedores de bonos de carbono para luego intercambiarlos en el mercado. Si bien esta unidad de negocios está en proceso de formación –todavía no ha sido lanzada al mercado–, desde la empresa ven grandes perspectivas de crecimiento. Cabe destacar que esta unidad de negocio planea ser lanzada también en Argentina.

A nivel regional, los dos emprendimientos que más fondos pudieron recoger son los casos de Leaf en Brasil y Agrofy en Argentina. Leaf, fundada en 2018, es una plataforma que, a partir del procesamiento de grandes volúmenes de datos y herramientas de IA provee diversos servicios para una gestión agrícola más eficiente. Agrofy es un *marketplace* fundado en 2015 en el cual se pueden comprar y vender diversos productos y servicios para todas las actividades del agro. Ambas han sido destacadas y han captado financiamiento de Capria Ventures, uno de los VC “estrella” de este vertical.

Dada la falta de información estadística sobre el desempeño de estas empresas, no resulta posible identificar con precisión si existen segmentos específicos del mercado donde su potencial de crecimiento es mayor que el de, por ejemplo, las plataformas ofrecidas por las grandes corporaciones. De hecho, la propuesta de valor de estas *startups* puede estar orientada a un nicho muy específico –por ejemplo, servicios para la detección temprana de enfermedades en animales–, o bien pueden presentarse como servicios integrales para la transformación digital de la cadena.

Israel y su larga trayectoria de impulso a la innovación en *startups*

Israel es un país con una larga tradición de apoyo a *startups* y empresas de base tecnológica generadoras de innovaciones. Desde los 60, lo que hoy se conoce como la Israel Innovation Authority (y hasta 2016 era la Chief Scientist Office) es el organismo encargado de generar y administrar el marco regulatorio adecuado para el desarrollo científico-tecnológico comercial de Israel, además de dar apoyo financiero y estratégico. Entre sus mayores hitos está el programa Yozma, un fondo de fondos público que fomentó la creación de una enorme cantidad de *startups* de base científica y tecnológica y que permitió el desarrollo y crecimiento del ecosistema emprendedor en Israel. Hoy en día, si bien el Yozma continúa existiendo como grupo inversor, el programa sucesor es el de Incubadoras de Innovación Tecnológica dependiente de la Israel Innovation Authority (IIA). Bajo este programa, la IIA selecciona por períodos de ocho años a 24 incubadoras privadas en todo el país y coinvierte con ellas en *startups*, en una relación de apalancamiento de aproximadamente 6 a 1. Este programa tiene, de todas formas, una mirada agnóstica sobre el sector de inversión y las tecnologías. En lo que sí concierne específicamente a la cuestión agraria, la IIA cuenta con tres programas pertinentes: el Programa Piloto para la Agricultura, el Grand Challenges Initiative y un programa conjunto con el Ministerio de Agricultura para impulsar el desarrollo agrícola hacia 2030. Por ejemplo, el Grand Challenges Initiative es un programa amplio basado en los ODS de la ONU que entre sus esquemas tiene una foco en agro 4.0, otorgando financiamiento por 70%, 80% o 90% y hasta NIS 500 mil (aunque para proyectos de mayor impacto el monto máximo puede ser hasta NIS 1 millón, o unos USD 310.000) para empresas que desarrollen proyectos de I+D que apunten a mejorar los tratamientos poscosecha, irrigación en condiciones áridas, seguridad alimentaria y agricultura avanzada sustentable.

Estas *startups* típicamente buscan identificar alguna oportunidad de negocio para rápidamente salir en la búsqueda de fondos externos para financiar el desarrollo de la tecnología necesaria. La disponibilidad de fondos de VC o de CVC es central para el despliegue y crecimiento de estas empresas. En suma, las capacidades y habilidades en áreas tecnológicas ligadas al mundo 4.0 –así como la posibilidad de entender las demandas del sector agro– por parte del equipo fundador suele ser un aspecto importante en este vertical. El hecho de poder articularse con instituciones de ciencia y tecnología para temas específicos del negocio –por ejemplo, la validación a campo de una tecnología– también contribuye a que estas empresas puedan alcanzar más rápidamente un estadio de madurez, y poder así no solo consolidarse en un mercado específico, sino también salir a competir internacionalmente.

4.3. Estrategias empresarias en el agro 4.0: implicancias para la política pública

En términos generales, en la actualidad la oferta internacional de soluciones para el agro 4.0 proviene tanto de *startups* independientes como de grandes corporaciones que ven en estas herramientas centralmente una forma de potenciar sus productos *core*. Tanto las empresas de maquinaria agrícola e implementos como las firmas focalizadas en el desarrollo de insumos biotecnológicos para el sector comenzaron en los últimos años a lanzar diversas herramientas del agro 4.0 – robots autónomos, plataformas digitales de gestión agrícola de modo tal que los productores puedan hacer un mejor uso de sus productos, entre otras–. Estas herramientas posibilitaron que estas corporaciones puedan tener un vínculo más estrecho con sus clientes, mejorando así sus servicios de venta y posventa.

Si bien en su amplia mayoría la oferta de plataformas digitales por parte de estas grandes firmas está muy enfocada en lograr un uso más eficiente de sus productos, iniciativas tales como el DataConnect –a través del cual los usuarios de diversas marcas de maquinaria agrícola pueden disponer en una misma plataforma la información generada por cada una de estas– muestran que las estrategias de estas grandes firmas pueden volverse más sofisticadas de cara al futuro. Esto podría derivar en que en los próximos años los servicios basados en tecnologías 4.0 puedan pasar a constituir unidades de negocio relevantes para estas corporaciones, aunque esto, como ya se dijo, no es todavía el caso.

El interés creciente por parte de las corporaciones del sector se vio materializado a partir de tres elementos centrales: i) la apertura de centros de investigación internos para el desarrollo de tecnologías 4.0; ii) la adquisición de *startups* independientes de forma tal de acceder a desarrollos y/o capacidades tecnológicas complementarias; y iii) el aporte de financiamiento a través de los CVC a *startups* independientes, en su mayoría con desarrollos tecnológicos y modelos de negocio estables.¹³

¹³ Tal como se mencionó anteriormente, en su amplia mayoría los CVC en lugar de aportar fondos para empresas en proceso de gestación mostraron un mayor interés por aquellas con signos de estabilidad en el mercado, y de este modo focalizando las inversiones en montos elevados en pocas empresas.

Esto abre dos ventanas de posibilidades para los países en desarrollo, como lo es el caso nacional. En primer lugar, resulta evidente que empresas locales de insumos para el sector –ya sean estas firmas de biotecnología moderna o de maquinaria e implementos agrícolas– podrían adoptar estrategias similares y complementar sus productos *core* con otros desarrollos provenientes del mundo 4.0. Esto podría lograrse a partir de desarrollos *in-house*, mediante la compra de empresas independientes, o bien, tal como lo hicieron Don Mario y Bioceres, mediante la alianza con terceras partes. Como se discutirá en la siguiente sección, son pocas las empresas del ámbito local que han iniciado actividades de forma sostenida para incorporar tecnologías 4.0 de forma complementaria a los productos *core* que ofrecen.¹⁴

En segundo lugar, aquellos países que tengan una masa crítica en términos del capital humano requerido para desarrollos en tecnologías 4.0 podrían apuntar también a diseñar una estrategia activa para la apertura de centros de I+D en estas disciplinas. El caso argentino resulta peculiar en esta materia, dado que dispone tanto de centros tecnológicos e institutos especializados en estas tecnologías, *startups* que vienen hace años invirtiendo en estos desarrollos emergentes y, en simultáneo, la mayor parte de las corporaciones del sector tienen filiales en el país. De hecho, en algunas de estas dependencias hay laboratorios de I+D, centralmente en programas de mejoramiento genético.

Por otro lado, las *startups* independientes fueron ocupando a partir de desarrollos propios los múltiples segmentos de la cadena de valor. Sin embargo, segmentos tales como las plataformas de *e-commerce* o el desarrollo de plataformas para la gestión agrícola a partir del procesamiento de grandes volúmenes de datos tuvieron mayores aportes de financiamiento de fondos de inversión. A su vez, mientras que algunas de estas empresas salen al mercado para competir con propuestas de valor aplicadas a nichos muy específicos, otras buscan posicionarse en múltiples segmentos, por ejemplo, a partir de robots inteligentes para la realización de múltiples tareas a campo.

Estas *startups* son las que estuvieron y siguen estando a la vanguardia del desarrollo de soluciones para el agro a partir de tecnologías 4.0. Este tipo de conformación empresarial tiene rasgos estructurales que las destacan de las grandes corporaciones –como su versatilidad y velocidad para encontrar soluciones a problemas específicos que se identifiquen en el mercado–, motivo por el cual son un eje central de este nuevo paradigma. Poder recibir apoyo externo en aspectos críticos del desarrollo y/o validación de las tecnologías (en universidades, centros tecnológicos, etcétera), participar en espacios de incubación y/o aceleración, así como poder captar el financiamiento requerido para poder llevar a cabo un rápido proceso de crecimiento, resulta vital para el florecimiento de este tipo de emprendimientos.

Las grandes corporaciones preexistentes del sector se valieron abiertamente de la generación de capacidades tecnológicas en estas *startups* (por ejemplo, mediante la adquisición) ya sea para dar sus primeros pasos en el mundo del agro 4.0, o bien, para complementar sus propios desarrollos *in-house*. En suma, estas corporaciones también comenzaron a tener un rol activo

¹⁴ Para mayores precisiones, se recomienda leer la nota “Inteligencia Artificial: Donde el agro argentino necesita abrirse campo”.

en el crecimiento de las *startups* independientes, por ejemplo, a través de la conformación de fondos de inversión para volcar recursos en estas empresas emergentes. Atraer el interés de esos fondos de *corporate venture capital* y “curar” estratégicamente las *startups* con las que se los conecta a partir de las capacidades de vinculación con que cuenta el propio Estado, se vuelve parte del portfolio de acciones a desplegar por parte de la política pública.

Cabe destacar que, dado el rol preponderante que tienen las grandes corporaciones del sector en el diseño del paquete tecnológico que luego aplican los productores, el espacio para el desarrollo de empresas independientes de agro 4.0 puede verse amenazado en el futuro, al menos en algunos segmentos de la cadena de valor. Dada la articulación con sus productos *core* y sus canales de comercialización ya existentes, las grandes corporaciones podrían en periodos cortos de tiempo aventajar a competidores independientes. En contraposición, las empresas independientes, cuyas capacidades productivas centrales están radicadas en los campos tecnológicos que constituyen el mundo 4.0 –*big data*, inteligencia artificial, IoT, etcétera–, podrían diferenciarse de estas grandes corporaciones a partir del desarrollo de servicios más potentes y versátiles, pero no anclados a algún set de productos preexistentes. Al tratarse de un paradigma tecno-productivo en ciernes, la definición de estas tensiones está aún abierta.

En síntesis, esta industria emergente está todavía en proceso de formación, por lo que sería factible de esperar que su estructura pueda mutar a lo largo de los próximos años –por ejemplo, con un mayor despliegue de *startups* o, por el contrario, a partir de un dominio más consolidado de las grandes corporaciones que ya operan en el sector. Esto sugiere que la orientación de las políticas públicas podría estar orientada tanto al fomento emprendedor en este sector como a la atracción de las firmas globales para que instalen en el país sus centros de I+D para el desarrollo de tecnologías 4.0 para el sector.

Irlanda: una estrategia dual que incluye el fomento emprendedor y la atracción de grandes corporaciones

En Irlanda, la política pública orientada hacia el segmento agro 4.0 ha tenido en los últimos años diversos desarrollos orientados tanto al fomento emprendedor como también a la atracción de fondos de inversión y de empresas extranjeras que quieran radicarse en el país para el desarrollo de servicios basados en conocimiento. Los principales ejes son: i) la creación de un fondo de inversión público-privado con capital de 20 millones de euros establecido en 2017 por el Ireland Strategic Investment Fund y Finistere Ventures (un VC de California) para apoyar el desarrollo de Irlanda como una “Agritech Island”; ii) el apoyo de Enterprise Ireland y la IDA Ireland, esta última centrada en promover la llegada de inversiones al país, con un foco central en los servicios basados en conocimiento (donde se incluye el desarrollo de tecnologías 4.0), y la primera orientada a apoyar al ecosistema emprendedor local, por ejemplo, invirtiendo en estas firmas, ayudándolas a innovar y ganar presencia en mercados internacionales, conectando con ellas desde la fase de *startup* y ayudándolas a crecer al punto en el que se conviertan en jugadores establecidos en el mercado internacional; iii) y el involucramiento de Teagasc, la Agriculture and Food Development Authority de Irlanda, cuya misión es proveer investigación aplicada, servicios de entrenamiento y consultoría.

5. El ecosistema nacional del agro 4.0: actores, capacidades y dinámicas

El ecosistema nacional está integrado por diversos actores, con procedencia y roles específicos. Si bien en el centro de este entramado se puede ubicar a las empresas que desarrollan estas tecnologías, existen otros actores que nutren y complejizan la red. La figura 4 presenta de forma estilizada a estos actores, así como también a otros aspectos estructurales que inciden en la competitividad de todo el sistema.

FIGURA 4. ECOSISTEMA DEL AGRO 4.0 EN ARGENTINA



Fuente: elaboración propia con base en Bisang *et al.* (2022).

En la sección 5.1 se presenta la situación de las empresas locales que operan sobre este vertical. Para esta tarea, a partir de la encuesta realizada por Lachman *et al.* (2021) a empresas de agtech y Lachman *et al.* (2022) a empresas de equipamiento para la agricultura de precisión –complementado el trabajo realizado por el BID en 2021 y con una serie de entrevistas en profundidad llevadas a cabo en el marco de este trabajo– se presentará la situación actual y las perspectivas futuras de estos grupos de firmas. Mientras que las empresas de agtech están enfocadas al desarrollo de plataformas y/o diversos servicios digitales como su unidad core del

negocio, las empresas de equipamiento están enfocadas en el desarrollo de equipamiento y diversas herramientas electrónicas que pueden ir embebidos en la maquinaria agrícola o bien utilizarse de forma independiente a esta. Mientras que existen un conjunto de valiosas experiencias de formación no tradicional en el campo de las habilidades de programación, las universidades tienen un rol insustituible para la formación de capacidades del más alto nivel, tanto en materia de conocimientos agronómicos como para los desarrollos en tecnologías más avanzadas, como la inteligencia artificial. Además, junto a los organismos públicos abocados al desarrollo tecnológico, tienen capacidades para brindar apoyo directo en el desarrollo de nuevas soluciones. En la sección 5.2 se detallan las principales capacidades disponibles en el subsistema de ciencia y tecnología actual o potencialmente vinculado al agro 4.0. En esta mencionada subsección se abordará con relativo detalle las capacidades disponibles en el subsistema de ciencia y tecnología vinculado al agro 4.0, así como también diversos espacios de apoyo, sus limitaciones y posibles nuevos roles que podría llevar a cabo.

Luego, en la sección 5.3 se presentan diversas acciones llevadas a cabo por los “facilitadores” del ecosistema. Estos actores, por lo general instituciones de diverso origen, tamaño y conformación, estuvieron llevando a cabo diversas acciones para contribuir a la articulación entre las partes, por ejemplo, relevando demandas tecnológicas en actores específicos de la cadena agro, y transmitiendo estos requerimientos a potenciales proveedores de soluciones a partir de desarrollos 4.0. En la sección 5.4 se presenta de forma estilizada el rol desempeñado por las incubadoras y aceleradoras de emprendimientos, que son centrales en la generación de capacidades empresariales en las etapas incipientes de los emprendimientos. Resulta habitual que en estos espacios no solo los emprendedores logren mejorar aspectos centrales de sus respectivos modelos de negocios y/o de la propuesta de valor, sino que, a partir de la red de contactos que las incubadoras y aceleradoras disponen, los emprendedores puedan obtener usuarios de sus tecnologías o inclusive fuentes externas de financiamiento.

Finalmente, los usuarios constituyen un pilar central de este ecosistema. Esta situación ocurre no solo por su rol de eventuales demandantes de las nuevas tecnologías, sino también por ser actores que desempeñan un rol preponderante en el proceso de aprendizaje de los emprendedores (Lachman y López, 2018). En algunos casos estos actores también pueden aportar financiamiento en etapas tempranas de los emprendimientos. En la sección 5.5 se analiza, con base en los datos del Censo Nacional Agropecuario de 2018, algunas características de los adoptantes de estas tecnologías y, a partir de entrevistas a diversos actores del sector, se aborda el tema de las dificultades que existen para una mayor difusión de estas soluciones 4.0.

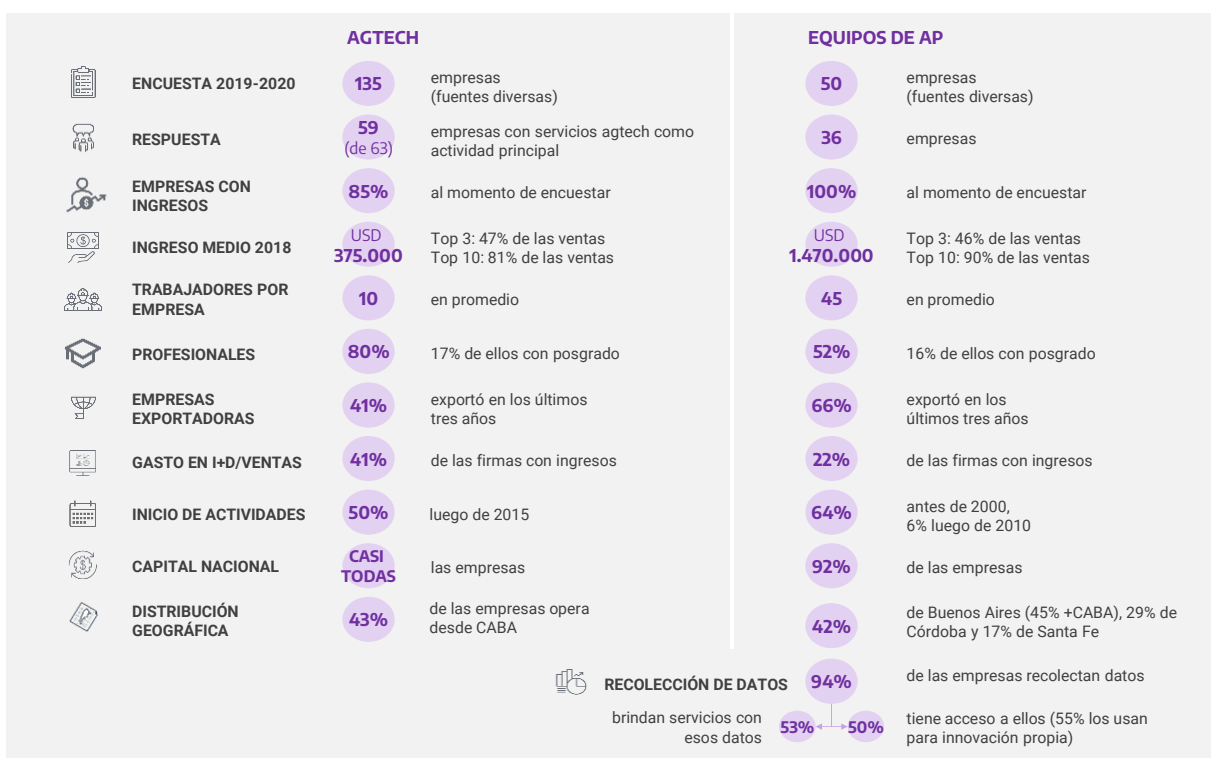
5.1. El subsistema empresarial: firmas de agtech y de equipos para la AP

La presente sección busca caracterizar el subsistema empresarial de firmas abocadas a agtech y a equipos de AP que existe hoy en Argentina, dimensionando el tamaño de mercado y trazando las principales características de las firmas del sector. Hacia el final, se señalan aspectos que obstaculizan el surgimiento y/o crecimiento de estas empresas, en aras de identificar

potenciales áreas de intervención para la política pública. Se considera empresas agtech a aquellas en las cuales el core del negocio pasa por el desarrollo de plataformas digitales, software o servicios informáticos especializados para el agro, mientras que las empresas de equipos de AP son aquellas que desarrollan implementos luego utilizados a campo en el marco del paradigma de agro 4.0.

A partir de Lachman *et al.* (2021) y Lachman *et al.* (2022), se estima que para 2021 el sector agtech en su conjunto disponía de ingresos por USD 40 millones, empleando a 1.300 trabajadores; por su parte, el segmento de equipos de AP disponía de ingresos por USD 76 millones por la venta de estos dispositivos electrónicos (con ingresos totales de USD 188 millones), empleando a 2.193 trabajadores. A su vez, se identificaron 135 emprendimientos agtech y 50 empresas de equipos de AP.¹⁵ En otras palabras, se trata un universo empresarial de poco menos de 200 empresas, que en total emplean a unas 3.500 personas y que al día de hoy alcanzarían una facturación de USD 116 millones.

FIGURA 5. RASGOS ESTRUCTURALES DE LAS EMPRESAS INCLUIDAS DENTRO DEL PARADIGMA AGRO 4.0



Fuente: elaboración propia con base en Lachman *et al.* (2021 y 2022).

¹⁵ Cabe destacar que, según las estadísticas de la Fundación CIDETER, en el país hay cerca de 1200 empresas de maquinaria agrícola (incluyendo a las mencionadas de Equipos de AP), de las cuales el 50% son ensambladoras y el otro de agro-componentes (es decir, que desarrollan diversos insumos para la industria, que pueden ir desde dispositivos electrónicos, mecánicos, etcétera).

Con relación a los emprendimientos agtech, prestan una gran diversidad de servicios, cubriendo los diversos segmentos identificados en la figura 2, aunque con una mayor preponderancia de los servicios aplicados tranqueras adentro. Estas firmas utilizan diversas fuentes de datos –imágenes satelitales o de drones, datos provenientes de la maquinaria agrícola o de implementos específicos ubicados en los campos– que, mediante el desarrollo de algoritmos a partir de herramientas de ciencia de datos e inteligencia artificial, son utilizados como insumos para la generación de diversos tipos de servicios, por lo general prestados a través de plataformas digitales –como las aplicaciones móviles–.

Tal como se destaca en la figura 5, para la amplia mayoría de estas empresas el agtech es su principal unidad de negocio. Si bien para 2018 el ingreso promedio fue de USD 375.000, el relevamiento muestra una fuerte concentración de estos ingresos en las mayores firmas: las tres más grandes concentran el 47% de ingresos total. A su vez, un número no menor de las empresas para el momento de la encuesta no había reportado ingresos.

Las empresas de equipos de AP desarrollan diversos tipos de dispositivos electrónicos o electromecánicos los cuales pueden ser utilizados de forma independiente en procesos de producción a campo, o bien estar embebidos en la maquinaria agrícola. En términos generales, estos dispositivos capturan datos de los procesos productivos sobre los cuales son utilizados, siendo esto insumo para la toma de decisiones a futuro. Cabe destacar que, si bien en el país hay diversos prototipos de robots inteligentes para llevar a cabo diversas tareas a campo, todavía no hay registro de que alguno de estos haya sido utilizado de forma comercial.

Este grupo de empresas dispone de ingresos medios más elevados con relación a los emprendimientos agtech, aunque también es posible destacar cierta concentración de estos en las empresas más grandes. A su vez, entre estas empresas resultó más frecuente que el segmento de equipos de AP constituya una línea secundaria del negocio.

Las firmas de agtech se originaron de forma mucho más reciente que las de equipos de AP. De hecho, mientras que más del 50% de las firmas agtech iniciaron sus actividades luego de 2015, más del 64% de las empresas de equipos de AP lo hizo antes del año 2000. Ambos grupos de empresas se caracterizaron por ser casi en su totalidad originadas a partir de capitales nacionales.

En el plano del comercio exterior, la dinámica que presentan estas empresas es destacable, más aún dada su breve trayectoria. De las empresas que declararon tener ingresos al momento de la encuesta, un 41% de las agtech y el 64% de las empresas de equipos de AP mencionaron haber exportado al menos una vez en los últimos tres años.

En promedio, las empresas demoraron entre tres y cuatro años luego de su constitución formal para realizar la primera exportación. En ambos casos, los destinos más comunes de exportación fueron países de la región, principalmente Uruguay, Brasil y Paraguay. Fuera de la región, aunque en un segundo orden de magnitud se destacan las ventas a Estados Unidos, México y España.

Ambos grupos de empresas se caracterizan por sus altos requerimientos de personal altamente calificado y por destinar proporciones sustantivas de sus ingresos al desarrollo de tareas de I+D. En especial, en las firmas de agtech no solo se requieren trabajadores con formación de grado, sino que también, a partir de las necesidades ligadas al desarrollo de tecnologías emergentes, suelen emplear a profesionales con posgrados e inclusive con experiencia en investigación académica. Los equipos de desarrollo de estos servicios basados en tecnologías emergentes suelen tener un fuerte componente multidisciplinario -incluyendo ingenieros agrónomos, físicos, matemáticos y diversos profesionales con habilidades avanzadas de programación.

El desarrollo de los equipos y/o servicios involucrados dentro del paradigma del agro 4.0 suelen involucrar el desarrollo permanente de tareas de I+D, aunque con una gestión de los procesos de innovación propios del mundo del software. Las empresas suelen desarrollar soluciones tecnológicas preliminares –en la jerga lo llaman MVP (por las siglas en inglés de *minimum viable product*)–, para testearlas lo antes posible con quienes serían los usuarios o destinatarios de esos productos. De este modo, el proceso de validación y testeo de la tecnología ocurre lo más pronto posible, para luego poder conocer a partir de los usuarios qué aspectos de la propuesta aportan valor y cuáles serían los más importantes de ser mejorados.

De este modo, el éxito innovador de las empresas pasa tanto por el desarrollo de capacidades tecnológicas propias, es decir, trabajadores altamente calificados que puedan diseñar soluciones en los campos de la programación, el *big data*, la inteligencia artificial, etcétera, pero también por disposición de usuarios dispuestos a contribuir con el desarrollo de la tecnología a partir del *feedback*. Para esto, las empresas suelen involucrar a productores, instituciones de ciencia y tecnología aplicadas al agro, cámaras de empresas, etcétera, en el diseño y escalado de la tecnología.

Si bien el establecimiento de este tipo de vinculaciones es muy frecuente, en el ecosistema local no hay espacios formalmente constituidos para facilitar a los emprendedores el testeo de tecnologías. A pesar de esto, instituciones tales como INTA, CREA o AAPRESID tienen un rol protagónico en posibilitar que las empresas recién formadas interactúen con técnicos de estas organizaciones o bien, con sus productores asociados (para el caso de CREA y AAPRESID).

En simultáneo, resultan mucho menos frecuentes las vinculaciones con las instituciones de ciencia y tecnología, y entre las mismas empresas del sector. Si bien diversas empresas han podido establecer lazos de vinculación tecnológica con universidades o institutos de ciencia y tecnología especializados en los campos de programación, *big data*, inteligencia artificial, etcétera, esto no es lo habitual en el ecosistema local –exceptuando el caso del INTA, especialmente la estación experimental ubicada en Manfredi, Córdoba–. Una de las empresas que más pudo valerse del entramado de instituciones de ciencia y tecnología para sus procesos de innovación fue la empresa Frontec, la cual brinda, a través de una plataforma digital, diversos servicios tranqueras adentro a productores agrícolas –hoy también con una importante unidad de negocio orientada al sector minero–. Esta firma, que fue creada a partir de un proyecto conjunto entre INVAP S.E y el Grupo Los Grobo (hoy el 100% del paquete accionario pertenece

a INVAP), articuló con instituciones tales como la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE), el Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera (CIMA) afiliado al CONICET, el Servicio Meteorológico Nacional (SMN), entre otras. De hecho, junto con el CIMA y el SMN realizaron una compra conjunta de una computadora de alto rendimiento para el desarrollo de simulaciones y la calibración de modelos de inteligencia artificial.

Por último, también resulta poco frecuente el despliegue de proyectos de innovación en conjunto entre las empresas agtech y las de maquinaria agrícola. Si bien hubo algunas iniciativas aisladas –en la subsección siguiente se menciona una de las más emblemáticas–, la vinculación entre estos dos mundos empresariales potencialmente complementarios (al menos, conceptualmente) fue lejos de ser la óptima. De hecho, tal como se presentó en la sección 4.1, a escala global las empresas de maquinaria agrícola e implementos comenzaron un fuerte proceso de reconversión productiva, incorporando servicios basados en tecnologías 4.0. Esto supone un renovado desafío para los competidores locales de este sector, quienes podrían aprovechar las capacidades tecnológicas existentes en las firmas agtech para poder rápidamente salir al mercado con productos análogos a los de las grandes corporaciones globales de esta industria. Indudablemente el desarrollo de este tipo de sinergias aún vacantes constituye un espacio de intervención de política pública sobre el cual se volverá en la sección final de este informe. En línea con lo que hoy hace entre las propias agtech la Dirección de Innovación de la Secretaría de Agricultura, instituciones tales como CIDETER o INTA Manfredi podrían ser organizaciones que contribuyan a canalizar este tipo de iniciativas.

5.1.1. Los obstáculos al surgimiento y crecimiento de las empresas

Existen dos grandes grupos de obstáculos que estarían limitando el crecimiento potencial de las empresas del sector. Unos son frutos de la inestabilidad macroeconómica y los otros son propios de las dinámicas sectoriales.

Desde el lado de la coyuntura macroeconómica, los problemas ya son conocidos y afectan de modo transversal a los diversos sectores económicos. En el presente, uno de los más importantes se asocia a las restricciones cambiarias. Dado que muchos de los trabajadores especializados en las áreas de programación, *big data*, inteligencia artificial, etcétera, que típicamente son contratados por las empresas de agro 4.0 pueden ahora trabajar para empresas en el extranjero, el problema de la falta de recursos humanos, de por sí existente a escala global, se agudiza. En otras palabras, la brecha cambiaria refuerza la desventaja de las firmas locales en la competencia por esos recursos.

En paralelo, algo que resulta especialmente crítico para las *startups* es que suelen enfrentarse a grandes dificultades para acceder a fuentes de financiamiento externas. En comparación con lo que acontece en los países desarrollados, aquí resulta habitual que los emprendedores en etapas tempranas deban utilizar recursos propios para iniciar sus actividades. De hecho, la reciente consolidación en el país de los diversos programas de apoyo con capital semilla al desarrollo de tecnologías 4.0 resulta un aspecto positivo de cara al futuro. En paralelo, los programas de cofondeo con aceleradoras (hoy desactivados) también podrían ser valiosos

instrumentos para posibilitar que un mayor número de empresas pueda acceder a recursos financieros de forma rápida y así desarrollar tecnología 4.0 en períodos cortos de tiempo.

Con relación a los problemas del ecosistema, se destaca: i) la poca permeabilidad del sistema de ciencia y tecnología para interactuar a la hora de recibir asistencia en el desarrollo de tecnologías; ii) la baja integración para el desarrollo conjunto de tecnologías entre las empresas del ecosistema o para el aprovechamiento de oportunidades comerciales específicas; iii) escasa integración del ecosistema local a las dinámicas económicas globales, y; iv) los bajos niveles de adopción de estas tecnologías 4.0. Los tres primeros puntos fueron ya abordados en esta misma subsección y el cuarto será presentado con más detalle en el apartado 5.6. Sobre estos puntos y otros aspectos mencionados que podrían derivar en el diseño de políticas públicas para el sector volveremos al finalizar esta sección.

La poca vinculación entre las empresas e instituciones de ciencia y tecnología focalizadas en tecnologías emergentes dentro del paradigma 4.0 no responde a la falta de interés de alguna de las partes, sino más bien a diversas rigideces que limitan este tipo de vinculaciones. Por ejemplo, referentes de diversas empresas mencionaron que en etapas tempranas de la conformación del emprendimiento hubiese sido de gran utilidad poder acceder a algún experto en áreas de tecnologías 4.0, de forma tal de recibir apoyo no para el codesarrollo, sino para guiar y orientar al equipo emprendedor en el armado de una “hoja de ruta” para el diseño y escalado del producto o servicio. Si bien los fundadores de estas empresas suelen tener conocimientos avanzados para el desarrollo de estas tecnologías, su relativa corta experiencia o el hecho de estar muy especializados en algún tema específico –por ejemplo, conocimientos avanzados en inteligencia artificial pero poca experiencia en programación en áreas de *back-end*– limita la disponibilidad de un plan de desarrollo para la solución que quieren lanzar al mercado. Esto redundaría en que se generen errores, fallas de cálculo o grandes dificultades para el escalamiento de la solución tecnológica. En etapas iniciales estas fallas pueden llegar a ser letales para el emprendimiento, en particular si se dispone de escasos recursos financieros.

Tal como se mencionó, el establecimiento de vínculos entre empresas del sector para el desarrollo conjunto de soluciones 4.0 –por ejemplo, entre empresas de agtech y de equipos de AP– también resulta poco frecuente. Sin embargo, la articulación entre estas empresas puede derivar en el desarrollo de grandes sinergias en el ecosistema. De hecho, al momento de finalización de este trabajo se encuentra abierta una convocatoria para impulsar la digitalización e innovación del sector de maquinaria agrícola argentino a través de su vinculación con oferentes de soluciones europeos, iniciativa fondeada por la Unión Europea a través del proyecto Low Carbon and Circular Economy Business Action (LCBA) Latam y apoyada por los gobiernos subnacionales de Santa Fe y Córdoba.

Uno de los ejemplos exitosos en esta dirección es el resultante entre Don Mario y Auravant, tal como fue detallado en la sección anterior. A su vez, la empresa GeoAgro –una de las primeras agtech nacionales, que brinda servicios análogos a Frontec o Auravant–, también tuvo por iniciativa propia desde hace algunos años una dinámica agenda en el establecimiento de vínculos con otras empresas del sector. Por ejemplo, se ha vinculado con una larga serie de

empresas de maquinaria agrícola y de equipos de AP de forma tal de poder brindar servicios en conjunto a partir de mejoras en la interoperabilidad entre los equipos de AP y la plataforma de GeoAgro.

Por último, el ecosistema local no se encuentra plenamente integrado a las dinámicas que ocurren en el vertical del agro 4.0 a escala global. En primer lugar, el hecho de que los mayores fondos de VC y CVC no estén presentes en el país limita el acceso a financiamiento de mayor volumen para las empresas locales. Si bien hay casos de firmas que han podido acceder a estos recursos, todas lo hicieron fuera del país –por ejemplo, radicando el *holding* en algún país en el extranjero–. Esto indudablemente pone una limitante para el proceso de crecimiento y expansión de las empresas ya en etapas más avanzadas. En segundo lugar, Argentina no estaría siendo un país de destino por parte de las grandes corporaciones del sector para radicar sus centros de servicios para el desarrollo de tecnologías 4.0. Luego, en tercer lugar, podría ser un aspecto beneficioso para el despliegue internacional de las firmas locales del agro 4.0 que puedan contar con apoyo institucional –por ejemplo, desde Cancillería– para facilitar la apertura de nuevos mercados y, de este modo, poder obtener clientes en el exterior, o bien ampliar las posibilidades de recibir financiamiento de fondos extranjeros, poder vincularse con otras empresas del sector para codesarrollar tecnologías, etcétera. En este sentido, la Dirección de Innovación de la Subsecretaría de Agricultura busca asesorar y/o vincular con asesores especializados a las empresas agtech, para ayudarlas a superar dificultades tecnológicas o regulatorias que limitan su acceso a nuevos mercados. Esta Dirección también se encuentra en diálogo para la colaboración con países como Alemania y Brasil. Por caso, en el marco de la colaboración con Alemania, se ha proyectado una plataforma a través de la cual las empresas agtech que requieran superar un reto tecnológico podrán vincularse con expertos de ambos países para mejorar sus soluciones, y volverlas más flexibles y con mayores posibilidades de globalizarse.

5.2. Instituciones de ciencia y tecnología de apoyo al ecosistema

En esta subsección se presentan los resultados del relevamiento llevado a cabo entre las instituciones públicas (o público-privadas) de ciencia y tecnología que apoyan al desarrollo tecnológico del ecosistema. En particular, las instituciones cubiertas para este estudio disponen de conocimientos avanzados en un amplio rango de campos científicos, que incluyen la agronomía/ganadería, ciencias atmosféricas, mecánica, electrónica, robótica, programación y desarrollo de software, inteligencia artificial, *big data*, etcétera. En total se cubrieron a través de entrevistas en profundidad a nueve instituciones. El objetivo estuvo puesto en identificar las capacidades tecnológicas existentes en cada caso, sus principales líneas de acción vinculadas al agro 4.0, así como también las eventuales limitaciones que el subsistema enfrenta para desempeñar un rol más activo.

En el siguiente cuadro, se resumen las principales características y líneas de trabajo de los centros e institutos de investigación, organismos públicos y entidades público-privadas más importantes del país vinculadas a las áreas de conocimiento y/o el desarrollo de tecnologías 4.0.

CUADRO 6. CARACTERÍSTICAS Y LÍNEAS DE TRABAJO DE INSTITUCIONES DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA ARGENTINAS VINCULADAS A LAS TECNOLOGÍAS 4.0

Centro	Dependencia	RRHH	Capacidades de I+D+i	Principales líneas de desarrollo vinculadas al agro 4.0
INTA Manfredi	INTA	200 personas aproximadamente	Desarrollo y ejecución de protocolos de validación de tecnologías; acompañamiento a las empresas en las distintas etapas de desarrollo y en los procesos de ideación.	Proyecto de Agricultura de Precisión: manejo sitio específico; gestión de la información, mecanización inteligente y robotización (en el marco del Proyecto Nacional de Valor Agregado del INTA).
CIDETER	Iniciativa público-privada (Ministerio de Producción de Santa Fe - empresas del clúster de Las Parejas).	14 personas en 3 departamentos: <ul style="list-style-type: none"> • Formulación de proyectos • Diseño industrial • Materiales 	Servicios tecnológicos a las empresas del clúster productivo de la maquinaria agrícola: I+D, incubación, formulación y gestión de proyectos, capacitación, apoyo a la internacionalización/exportaciones. Laboratorio de mecatrónica, escaneo 3D y diseño industrial.	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de prototipos • Modelos para matrices • Digitalización 3D • Ingeniería reversa de piezas, partes y componentes • Simulaciones • Impresión 3D • Espectrografía y análisis de fallas
Servicio Meteorológico Nacional (SMN)	Secretaría de Ciencia, Tecnología y Producción del Ministerio de Defensa de la Nación.	<ul style="list-style-type: none"> • Área de observación y modelación: 30 personas (meteorólogos, físicos, químicos e ingenieros). • Área de sistemas: ingenieros en sistemas y otros perfiles afines. 	Medición y pronóstico del clima. Generación de datos sobre las variables meteorológicas que impactan en el agro, útiles para los proveedores de servicios o productos 3.0 y 4.0.	<ul style="list-style-type: none"> • Modelación de distintas predicciones a partir de la observación de los datos. • Proyecto GIRSAR: el SMN participa como concentrador de las distintas redes de medición de las variables climáticas del país, clarifica y mejora los datos para que puedan dar mayores precisiones a los usuarios finales. • Proyecto para la adquisición de un centro de cómputo de alto rendimiento, financiado por FONARSEC, ejecutado por el consorcio INVAP - FRONTEC - SMN.

Continúa en la página siguiente.

CUADRO 6. CARACTERÍSTICAS Y LÍNEAS DE TRABAJO DE INSTITUCIONES DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA ARGENTINAS VINCULADAS A LAS TECNOLOGÍAS 4.0 (continuación)

Centro	Dependencia	RRHH	Capacidades de I+D+i	Principales líneas de desarrollo vinculadas al agro 4.0
Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE)	Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva	200 personas (Ingenieros electrónicos, mecánicos e industriales, físicos, informáticos, geólogos, biólogos, geógrafos, astrónomos y agrónomos).	Identificación y desarrollo de todos los servicios, productos y tecnologías necesarios para cumplir con los objetivos espaciales de la Nación. Generación de datos útiles para los proveedores de servicios o productos 3.0 y 4.0.	<ul style="list-style-type: none"> Proyecto SAOCOM: se basa en dos satélites que, a través de tecnología de radar, generan diariamente datos y mapas sobre la humedad del suelo según el nivel de profundidad; información sobre rendimiento de cultivos; alertas sobre proximidad de plagas y de crecidas de ríos; modelos de elevación de terreno; índice verde radar (evolución de cultivos o vegetación nativa según la época del año), etc. También participa del proyecto GIRSAR.
Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera (CIMA)	Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA	80 personas (climatólogos, oceanógrafos, físicos y biólogos).	Oceanografía, predicciones estacionales a largo plazo, simulación de granizo, tormentas y lluvia extrema.	<ul style="list-style-type: none"> Estudio de la interacción entre atmósfera y suelo. Estudios sobre la humedad del suelo. Predicción de sequías e inundaciones y su impacto sobre la actividad agrícola; entre otros.
Facultad de Matemática, Astronomía, Física y Computación (FAMAF)	Universidad Nacional de Córdoba (UNC)	<ul style="list-style-type: none"> 4 personas en el Centro de Cómputo de Alto Desempeño (CCAD) 32 personas en el grupo de Inteligencia Artificial 	Capacidad de cómputo de alto desempeño, desarrollo de prototipos en <i>machine learning</i> , desarrollos en IA y ciencia de datos.	<ul style="list-style-type: none"> Servicios de cómputo de alto desempeño. Plataforma que permite desarrollar pruebas de concepto (realizar el <i>fine tuning</i>) en <i>machine learning</i>, la cual es utilizada por empresas del sector TIC del Córdoba Technology Cluster. Desarrollo de software, aplicaciones basadas en IA y ciencias de datos.

Continúa en la página siguiente.

CUADRO 6. CARACTERÍSTICAS Y LÍNEAS DE TRABAJO DE INSTITUCIONES DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA ARGENTINAS VINCULADAS A LAS TECNOLOGÍAS 4.0 (continuación)

Centro	Dependencia	RRHH	Capacidades de I+D+i	Principales líneas de desarrollo vinculadas al agro 4.0
PLADEMA	CNEA - Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires - CIC	39 personas (de las cuales, 20 son investigadores), en 4 grupos de investigación.	Desarrollo de software especializado, principalmente para el procesamiento de imágenes, optimización de procesos, monitoreo automático, y simuladores de entrenamiento. Principales tecnologías utilizadas: Imágenes, Deep Learning, Bases de Datos, Computación Científica, VR y Drones.	<ul style="list-style-type: none"> • Drones para relevamiento de terrenos (construcción de modelos digitales). • Procesamiento multiespectral de imágenes de cultivos. • Sistema para análisis de recursos hídricos (pronóstico de escenarios de escurrimiento, infiltración y evaporación). • Sistema de monitoreo de tamaño de fruta en planta, para pronóstico de tamaño de cosecha; sistema fotográfico inteligente para clasificación automática de fruta en línea de empaque. • Sistema de detección automática de celo en bovinos en base a fotografías en tambo; entre otros.
Instituto de Investigación en Señales, Sistemas e Inteligencia SINC(i)	Universidad Nacional del Litoral (UNL) - CONICET	44 personas (18 investigadores, 23 becarios, 3 personal de apoyo)	Desarrollo de nuevos algoritmos, teorías y prototipos, simulaciones y pruebas de concepto o validaciones a campo. Principales tecnologías utilizadas: Sensores, IA, Robótica, Pilotos Automáticos.	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de un sistema de monitoreo y control automatizado para la alimentación animal que brinda información sobre el estado de salud y reproductivo del animal. • Sistemas de navegación autónoma para maquinaria agrícola, con desarrollo de hardware y software (algoritmos) propio. • Sistema de detección y clasificación de plagas, a través del análisis de imágenes con IA. Sistema de control de calidad de frutos por imágenes.

Continúa en la página siguiente.

CUADRO 6. CARACTERÍSTICAS Y LÍNEAS DE TRABAJO DE INSTITUCIONES DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA ARGENTINAS VINCULADAS A LAS TECNOLOGÍAS 4.0 (continuación)

Centro	Dependencia	RRHH	Capacidades de I+D+i	Principales líneas de desarrollo vinculadas al agro 4.0
Centro Internacional Franco Argentino de Ciencias de la Información y de Sistemas (CIFASIS)	Universidad Nacional de Rosario (UNR) - CONICET	63 personas (33 investigadores, 19 becarios y 11 personal de apoyo), en 10 grupos de investigación.	Desarrollo de nuevos algoritmos, teorías y prototipos, simulaciones y pruebas de concepto o validaciones a campo, estandarización de las comunicaciones (ISOBUS). Principales tecnologías utilizadas: Robótica, IA, Sensores, Nube, Conectividad, <i>Machine Learning</i> , Drones.	<ul style="list-style-type: none"> Robot desmalezador, empleado como plataforma para la generación de conocimiento. Asistencia técnica, capacitación y sensibilización para la implementación de ISOBUS. Sensorización, mejora de calidad de siembra y mejora en la estructura mecánica de sembradoras. Localización y planificación de trayectorias para robots (navegación inteligente). Desarrollo de redes neuronales para la detección de malezas a partir de imágenes. Simulación de Uso de Suelo y sistema Suelo-Agua-Planta. Caracterización espectral de cultivos extensivos.
Fundación Sadosky	Institución público-privada, en la órbita del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación	70 personas distribuidas en 5 áreas (Seguridad informática; Ciencia de datos; Vinculación tecnológica; Educación; y Justicia)	Articula el sistema científico-tecnológico con el sector productivo en la temática de las TICs. Impulsa la transferencia de tecnología y realiza tareas de vinculación y concientización.	<ul style="list-style-type: none"> Proyecto Palenque: concentrador de datos agrícola-ganaderos de valor estratégico, generados por diferentes organizaciones nacionales. MITIC: plataforma que muestra las relaciones entre todos los actores de las TICs en Argentina. Diseñado para ayudar a Empresas, Investigadores y Gestores de investigación y desarrollo a propiciar la articulación entre el sistema científico-tecnológico y la estructura productiva.

Como puede observarse en la tabla anterior, los centros en su conjunto cuentan con capacidades para:

- Desarrollar y transferir nuevos algoritmos, software y hardware (incluyendo *big data*, inteligencia artificial, IoT, robots autónomos, etcétera); realizar simulaciones y pruebas de concepto como parte del proceso de desarrollo y validación de tecnologías. Dominan la gran mayoría de las tecnologías 4.0 existentes para el agro, cuentan con capacidad de cómputo de alto desempeño y desarrollos innovadores protegidos por patentes nacionales e internacionales.
- Formar a RRHH en áreas específicas del conocimiento científico que son relevantes para el desarrollo de tecnologías para el agro 4.0.
- Acompañar a las empresas en los procesos de ideación y validación de tecnologías, contando con *expertise* para el desarrollo y la implementación de protocolos de validación de tecnologías. Se cuenta con un centro que ofrece a las startups y pymes del sector TIC la posibilidad de realizar las etapas de *fine tuning* en el desarrollo de aplicaciones basadas en *machine learning* (las empresas lo utilizan antes de adquirir espacio en la nube a empresas como Amazon); y con un centro especializado en desarrollar protocolos de validación de prototipos de maquinaria y conducir pruebas a campo.
- Brindar servicios tecnológicos a las empresas, como incubación, formulación y gestión de proyectos, capacitación, apoyo al comercio exterior y asesoramiento técnico para la estandarización de las comunicaciones (norma ISOBUS).¹⁶
- Generar datos abiertos a la comunidad y realizar simulaciones y pronósticos sobre variables meteorológicas que impactan en el agro, por ejemplo, predicciones estacionales a largo plazo, simulación de granizo, tormentas y lluvia extrema, entre otros.

Asimismo, cabe destacar que la mayoría de estos centros han logrado transferir al menos uno de sus desarrollos hacia el sector productivo y/o prestan o prestaron servicios a empresas para el desarrollo de tecnologías 4.0 para el agro. En este sentido, los centros entrevistados, en general, tienen o han tenido vinculación con el sector agropecuario, ya sea con empresas del sector de la maquinaria agrícola, con empresas del sector TIC que desarrollan aplicaciones 4.0 para el agro o directamente con productores.

5.2.1. Las debilidades del subsistema científico tecnológico nacional

El principal rol que hoy cumplen las instituciones de ciencia y tecnología, en particular las universidades, es la formación de recursos humanos de alta calificación, que luego, de forma individual, desarrollan tecnologías 4.0 en el sector productivo. Si bien en varias de ellas hay programas de avanzada en el desarrollo propio de tecnologías 4.0 para el vertical del agro, las iniciativas tienden a estar escasamente articuladas con el resto de los actores.

¹⁶ La ISO 11783, conocida comúnmente como ISOBUS, es una norma internacional que especifica la comunicación entre los dispositivos electrónicos utilizados en la maquinaria agrícola. Esta norma apunta a compatibilizar todo lo que tiene que ver con electrónica dentro de la maquinaria agrícola.

La experiencia de la Universidad de Wageningen en Países Bajos

La Universidad de Wageningen es un ejemplo a nivel global de cómo instituciones de ciencia y tecnología pueden articularse de modo exitoso con el entramado emprendedor basado en tecnologías emergentes. Con respecto al segmento de agro 4.0, en la universidad existe una muy nutrida agenda de investigación y de proyectos articulados con el sector productivo, entre los que se destacan dos iniciativas basadas en gemelos digitales: la Digital Future Farm y la Virtual Tomato Crops.

Dentro de la universidad opera la aceleradora StartLife que, desde su creación en 2010, apoyó e invirtió en más de 400 *startups*, invirtiendo en ellas 185 millones de euros, que a su vez crearon 1.415 empleos. StartLife cuenta con 3 programas destacables: el programa de aceleración (StartLife Accelerate), el programa de mentores, y el programa de préstamos para estudiantes. StartLife Accelerate consiste en un programa de 12 semanas para *startups* food y agtech que ofrece financiamiento presemilla, asistencia de negocios y contactos con inversores privados y corporativos. Además, aquellas que durante el programa se destaquen o que la organización crea que tienen alto potencial pueden recibir un préstamo total de hasta 250.000 euros.

El programa de mentores es una iniciativa gratuita y de libre acceso para *startups*, por la cual se reúnen ejecutivos de grandes corporaciones, emprendedores exitosos, inversores y profesionales senior, expertos en áreas tecnológicas específicas, etcétera. Mediante estos espacios los emprendedores pueden recibir guías para el desarrollo tecnológico en temas puntuales, en el desarrollo de su estrategia de negocios, temas de gestión, propiedad intelectual, etcétera.

Por último, el programa de préstamos para estudiantes (StartLife Startup Student Loan) da financiamiento de entre 1.800 y 8.000 euros (con una tasa de 2% anual y a pagarse en 24 meses si el emprendimiento prospera) a estudiantes de grado, de maestría y doctorandos o recientes graduados con proyectos para llevar a cabo en el mundo productivo. El objetivo es facilitar la transferencia de conocimientos y/o desarrollos logrados en la academia al sector privado.

Como muestra la experiencia brasilera, las instituciones de ciencia y tecnología podrían desempeñar un papel más significativo en el marco de una estrategia nacional para el desarrollo del agro 4.0, mejorando la oferta de bienes públicos y contribuyendo a acelerar el proceso de ideación, desarrollo, testeo y validación de nuevas tecnologías. Sin embargo, el subsistema enfrenta hoy una serie de obstáculos que limitan dicha posibilidad.

La primera de ellas atañe a la capacidad de atracción y retención de talento. Atados a las condiciones laborales y remunerativas de sus respectivas instituciones, y en un mercado de trabajo sobredemandado a escala global, tanto los centros académicos como de desarrollo tecnológico enfrentan con serias dificultades la competencia del sector privado, tanto nacional como, sobre todo, extranjero. De hecho, fueron varios los casos relevados donde se advirtió sobre la imposibilidad de cubrir las vacantes abiertas y sobre la salida de jóvenes investigadores hacia el sector privado, llegando a poner en riesgo la propia continuidad de los grupos de trabajo.

EMBRAPA y el despliegue de múltiples espacios para la promoción de actividades privadas en el agro 4.0

En Brasil, EMBRAPA emerge como un baluarte del ecosistema agro 4.0 a partir de una nutrida agenda de programas de apoyo al ecosistema. Este rol protagónico y neurálgico para el ecosistema local fue posible a partir de la construcción de diversos espacios orientados tanto al desarrollo interno de tecnologías que contribuyan al sector, así como también mediante múltiples programas de articulación con el entramado productivo, e inclusive a través del aporte de financiamiento para privados puedan avanzar en ciertos proyectos específicos.

Entre los instrumentos ligados al agro 4.0 esta institución ofrece:

1. Programas de innovación abierta (Ideas for MILK, Ideas for PORK, Ideas for Soja).
2. Programas de incubación y aceleración (Pitch AgTech Embrapa, Soja 4.0, Techstartad –en conjunto con VentureHub–, y IA²MCTIC con Baita Aceleradora y el Instituto El Dorado).
3. Campos experimentales para el testeo y validación de tecnologías.
4. Apoyo al financiamiento a la I+D, desarrollo o compra de software, etcétera (por ejemplo, el programa FINEP Conecta de forma conjunta con el FINEP, el cual aporta hasta R\$ 100 millones a tasas subsidiadas).
5. Desarrollos *in-house* en temas de agro 4.0 (por ejemplo, el caso del laboratorio Lanapre orientado a estudiar y desarrollar soluciones para el agro basadas en tecnología 4.0, la Unidad de Informática Agropecuaria, la Unidad de Instrumentaciones); estas áreas llevan a cabo, además de proyectos internos, codesarrollos con terceros.
6. Bienes públicos (API), en particular a partir de la plataforma AgroAPI.

La plataforma AgroAPI cuenta con datos y modelos agropecuarios para que productores, instituciones públicas y *startups* puedan acceder a ellos y desarrollar soluciones digitales en el marco del agro 4.0 como control, manejo y previsión de la producción, previsión del clima, manejo y control de plagas, manejo de riesgo crediticio y de seguro rural, identificación de nuevos clientes, entre otros. Dentro de la plataforma AgroAPI de EMBRAPA se destacan tres desarrollos específicos orientados a proveer APIs al resto de los actores del sector: Agritec, SATVeg, y SmartSolos. Agritec recopila información para la gestión de cultivos agrícolas. Incluye la oferta de datos y modelos sobre: (i) tiempo ideal de siembra para decenas de cultivos, basado en la zonificación agrícola de riesgo climático; (ii) lista de los cultivares más adecuados para 12 cultivos diferentes; y (iii) indicación de fertilización y corrección de suelo de acuerdo con resultados previos de análisis de suelo, pronóstico de rendimiento y condiciones climáticas antes y durante la cosecha para cinco cultivos.

Por su parte, el Sistema de Análisis Temporal de Vegetación (SATVeg) es una herramienta web desarrollada por la unidad de Informática Agropecuaria de EMBRAPA, destinada a la generación y visualización de perfiles temporales de índices vegetativos NDVI y EVI para Brasil y toda Sudamérica, con el objetivo de apoyar a la gestión territorial y las actividades de seguimiento agrario y ambiental. Por último, SmartSolos provee APIs que permiten la clasificación de perfiles de suelos en Brasil con base en las reglas del Sistema Brasileño de Clasificación de Suelos (SiBCS), la taxonomía oficial para la clasificación de suelos en Brasil. A partir de los datos relevantes para la clasificación del suelo, esta API es capaz de clasificar los perfiles en los primeros cuatro niveles de SiBCS.

La generación y provisión de estos bienes públicos hacia todo el ecosistema de los agronegocios en Brasil da cuenta de las capacidades internas de EMBRAPA para impulsar el desarrollo del agro 4.0. Estos desarrollos resultan posibles a partir de las acciones llevadas a cabo en dos unidades descentralizadas: la unidad de Informática Agropecuaria y la unidad de Instrumentaciones. Estas dos unidades cuentan con capacidades técnicas y científicas para el desarrollo de soluciones digitales como *blockchain*, desarrollo de aplicaciones móviles, inteligencia artificial, sistemas web con información para los productores (clima, datos georreferenciados, etcétera), nanotecnología, sensores, biosensores, instrumentos para agricultura de precisión, monitoreo de datos e información, manejo poscosecha, etcétera.

La Agencia Espacial Europea (ESA) y su articulación en desarrollos para la “última milla”

En el año 2003 la oficina de Transferencia Tecnológica de la Agencia Espacial Europea inició la apertura de distintos centros de incubación en varios países de Europa, con el objetivo de lograr transferir los conocimientos generados por la industria aeroespacial al resto de los sectores de la economía. Hoy cuenta con 22 incubadoras en 18 países de Europa, y desde su inicio más de 700 *startups* han pasado por estos centros. Estos centros de incubación ofrecen espacio de trabajo y oficinas, asistencia técnica y de negocios, capital semilla y facilita el contacto con otros organismos que otorgadores de créditos, inversores y fondos de riesgo, y ayuda a las *startups* a encontrar socios y lanzar negocios con escala internacional gracias a la propia red de la ESA.

En su informe de 2015 sobre los resultados de estas experiencias, *Our Future in the Space Age* (ESA, 2015), se destaca para el sector agro específicamente una *startup* belga, Navtronics, un spin-off de una empresa neerlandesa de agricultura de precisión SBG Precision Farming fundada en 2008. Esta *startup*, utilizando una técnica novedosa llamada *realtime kinematics*, ofrece navegación satelital ultra precisa para que tractores y otra maquinaria agrícola incrementen la efectividad de sus movimientos para obtener mejores rendimientos y generar mayores eficiencias. Más recientemente, en octubre de 2020 se abrió una convocatoria (cerrada en diciembre de ese año) llamada Responsible AgriTech que buscaba compañías (*startups*, mipymes y grandes) que tuvieran como objetivo desarrollar productos y servicios basados en activos derivados de actividades espaciales (por ejemplo, comunicaciones satelitales, navegación satelital, observación de la tierra, tecnología aeroespacial). *Stricto sensu* estas compañías no serían incubadas, sino que la ESA financiará *kick-start activities* para fomentar el desarrollo de tecnologías para la agricultura basadas en conocimientos espaciales que apunten a tres objetivos clave, definidos también en la Política Agraria Común de la Unión Europea. Estos son: sustentabilidad, definida como desarrollos que mitiguen el impacto del agro sobre el clima, el ambiente, biomas, biodiversidad y que contribuyan a producir alimentos sanos y seguros; justicia, entendida como ayudar a asegurar ingresos decentes para los productores, dándole mayor poder al segmento primario, promoviendo áreas rurales y atrayendo productores jóvenes; y mejora de la competitividad del sector a través de la innovación, digitalización, nuevas tecnologías, desarrollo rural y de infraestructura, sistemas de consulta y apoyo eficientes y entrenamiento continuo.

Otra iniciativa aún más reciente que impacta sobre el sector agrícola fue la firma de un Memorándum de Entendimiento entre la ESA y FAO en abril de 2021. Este acuerdo tiene como objetivo fortalecer la asociación entre estas dos instituciones para generar y compartir datos e información a partir de los cuales se puedan desarrollar nuevas y mejores estrategias de apoyo para que los distintos países cumplan con los Objetivos de Desarrollo Sustentable, especialmente aquellos de América Latina y África y países subdesarrollados y en vías de desarrollo. Como insumo se utilizarán las observaciones satelitales de la Tierra con las que cuenta la ESA para alcanzar un monitoreo efectivo de los sistemas de producción agrícola.

En segundo lugar, las condiciones normativas que regulan la interacción con el sector privado no parecen del todo funcionales para tal fin, en especial en los centros académicos. Ello atañe tanto a los tiempos de los procedimientos y la estabilidad financiera de los proyectos, como a los términos contractuales y la gestión de la propiedad intelectual. En comparación a lo que ocurre en otros campos del conocimiento, como por ejemplo los desarrollos biotecnológicos,

la contribución de los centros de ciencia y tecnología al desarrollo de soluciones puede resultar más “parcial”, restringiéndose la protección por medio de la propiedad intelectual, o bien dificultándose la estipulación de una participación en los potenciales beneficios derivados de su explotación; a la vez que se observa críticamente su catalogación como servicio.

La adaptación de las condiciones normativas, o incluso en algunos casos, la reconsideración más integral de los modelos y funciones institucionales resulta crítica para que, en una actividad signada por requerimientos relativamente bajos de inversión y procesos de ideación y desarrollo caracterizados por la velocidad de iteración, las instituciones de ciencia y tecnología logren realizar su potencial de contribución.

Por último, cabe mencionar las debilidades en materia de infraestructura, tanto para la generación de datos como en lo referido a la capacidad de cómputo de alto desempeño –requerido para los desarrollos de mayor complejidad–. Por un lado, la red de medición de datos meteorológicos actualmente disponible cuenta con muy pocas estaciones de observación, y que son operadas de forma manual, práctica ya abandonada en la década de los 80 en los países desarrollados. Esto, sumado al “modelo de negocios” bajo el cual opera el Sistema Meteorológico Nacional (SMN), tiende a limitar el potencial de esta institución como proveedora de bienes públicos.

Por otro lado, el Centro de Cómputo de Alto Desempeño (CCAD) de la Facultad de Matemática, Astronomía, Física y Computación (FAMAF) de la Universidad Nacional de Córdoba (UNC) es el único centro que tiene infraestructura para proveer al sistema científico-tecnológico nacional de servicios de cómputo de alto desempeño. Existe una gran demanda de estos servicios a nivel académico, y en menor medida a nivel de empresas y gobiernos provinciales. Aunque el CCAD no es exclusivo para el sector agro 4.0, cuenta con capacidad para el diseño simulado de maquinaria agrícola. Este equipamiento de cómputo también podría ser utilizado para la calibración de modelos de inteligencia artificial u otros algoritmos que requieran de estas capacidades.

Según lo referido por representantes del CCAD, para poder ejecutar proyectos de gran envergadura se requiere contar con una capacidad de cómputo rankeada en el Top500.¹⁷ Para lograr este salto tecnológico se requiere una inversión que rondaría los USD 7 - 10 M y luego una inversión sostenida en el tiempo de aproximadamente USD 1 millón por año.

5.2.2. Repensando los posibles espacios de intervención del subsistema de ciencia y tecnología

Tal como se mencionó, actualmente las instituciones de ciencia y tecnología constituyen un valioso actor del ecosistema. Su principal rol está en la formación de los recursos humanos que luego, de forma individual, desarrollan tecnologías 4.0 en el sector productivo. Si bien en

¹⁷ El proyecto Top500 es un ranking de las 500 supercomputadoras con mayor rendimiento del mundo. Se inició en 1998 y publica una lista actualizada cada seis meses. La primera actualización de cada año se realiza en junio, coincidiendo con la International Conference, y la segunda se realiza en noviembre en la IEEE Supercomputer Conference.

numerosas de estas instituciones hay programas de avanzada en el desarrollo propio de tecnologías 4.0 para el vertical del Agro, en términos generales, estas iniciativas están escasamente articuladas con el resto de los actores. Es justamente en el ámbito de la vinculación y la transferencia tecnológica donde el subsistema de ciencia y tecnología podría pasar a tener objetivos más claros, con un rol más protagónico en el acompañamiento de lo que respecta el desarrollo de capacidades tecnológicas en una empresa. Destacamos cuatro espacios formalmente vacantes en los cuales las instituciones de ciencia y tecnología podrían ser un pilar en el marco de una estrategia nacional para el desarrollo del agro 4.0: i) programas de mentorías en el desarrollo tecnológico; ii) habilitar espacios para el codesarrollo de tecnologías; iii) de testeo y validación de tecnologías, y; iv) mejorar la oferta de bienes públicos.

Los programas de mentorías podrían ser un valioso espacio para facilitar a empresas o emprendedores que estén avanzando en etapas tempranas del desarrollo de tecnologías 4.0, para poder recibir guías específicas y consejos de cómo avanzar con estos esfuerzos. Los institutos de ciencia y tecnología en el ámbito local no suelen disponer de espacios formales para, en lugar de ofrecer el codesarrollo de una tecnología, brindar servicios profesionales especializados. Este tipo de espacios podría ser una solución más flexible, que se adapte mejor a las necesidades que las empresas suelen tener de las instituciones de ciencia y tecnología. El INTI apunta a generar internamente esa capacidad, pero sería importante que también se pudiese articular con ese fin las capacidades preexistentes. Estos servicios de apoyo en temas específicos al desarrollo tecnológico también podrían estar orientados a emprendimientos recientemente formados que enfrenten dificultades, por ejemplo, en el escalamiento de un MVP a un producto comercialmente apto. La *expertise* y trayectoria de los profesionales que forman parte de las instituciones de ciencia y tecnología acá relevadas podrían contribuir, por ejemplo, en el diseño de una “hoja de ruta” para que los emprendedores continúen avanzando en las diversas fases del desarrollo.

La generación de espacios de codesarrollo más adaptados a las necesidades del sector productivo también puede ser un instrumento de gran valor para contribuir a la sinergia del ecosistema. Estos programas implican el involucramiento de diversas partes para el desarrollo de una tecnología con la finalidad de su lanzamiento comercial. Diversas experiencias fallidas de vinculación para el desarrollo conjunto de tecnologías entre empresas y los centros de investigación acá relevados sugieren que estas últimas instituciones disponen de ciertas rigideces las cuales limitan las posibilidades de articularse de modo más frecuente con el resto de los actores del ecosistema. En particular, las mayores dificultades emergen con lo que respecta a la propiedad intelectual de los desarrollos.

Según se mencionó por diversos actores en las entrevistas, en el mundo de los productos y/o servicios 4.0 –en los cuales se emplean desarrollos provenientes de múltiples áreas– no resulta tan sencillo poder dividir la propiedad intelectual de los logros en innovación. Esto genera desaliento por el lado de las empresas a firmar convenios con cláusulas que impliquen ceder parte de la propiedad de las soluciones en las que vienen trabajando. De hecho, en la amplia mayoría de los casos relevados de experiencias fallidas se trató de búsquedas muy específicas

por el lado de las empresas de algún grupo de referentes en un área específica para que colaboren en aspectos puntuales del desarrollo.

Un programa que podría abordar este tipo de problemas existentes en el ecosistema es el Emprender AgTech-INTA (CEAg-INTA), lanzado en febrero de 2022 para promover el desarrollo de empresas del agro 4.0. De hecho, el CEA-INTA está enfocado específicamente a la temática de agro 4.0 –digitalización, robótica e inteligencia artificial aplicada al agro– y tiene dos modalidades: una para profesionales de INTA y otra dirigida a profesionales externos a la institución.

Otra necesidad recurrente por parte de las empresas de agro 4.0 a la hora de lanzar nuevas soluciones al mercado es poder testear y validar su funcionamiento, así como también identificar el valor que genera en los usuarios. Las empresas tienden a probar sus tecnologías con adoptantes tempranos de ellas, pero el subsistema de ciencia y tecnología podría contribuir a acelerar ese proceso. El INTA ocupa un rol protagónico en este espacio, habiendo contribuido al testeo de múltiples desarrollos 4.0 hoy disponibles en el mercado. Sin embargo, sería deseable que este espacio pueda crecer y alcanzar un mayor grado de institucionalización que el que tiene actualmente. Adicionalmente, también el INTA podría ofrecer a las empresas evaluaciones que permitan certificar las contribuciones técnicas que las soluciones del agro 4.0 dicen ofrecer, contribuyendo así a salvar algunas de las fallas de información que obstaculizan el proceso de adopción.

Finalmente, algunas de las instituciones de ciencia y tecnología acá relevadas podrían potenciar su rol como proveedoras de bienes públicos. Ya sean datos que son relevados y/o generados por algunas de estas instituciones –por ejemplo, datos atmosféricos, climatológicos, etcétera– o bien desarrollos tecnológicos que emergen de los programas de investigación internos –avances en modelos de siembra, fertilización, manejo de microambientes, etcétera– podrían aportar gran valor al sector productivo. El ejemplo de EMBRAPA es una referencia interesante en este sentido.

5.3. Los “facilitadores” y articuladores del ecosistema

Por el lado de los “facilitadores” se pueden destacar diversas instituciones que están orientadas a promover la sinergia del ecosistema, por ejemplo, a través de proyectos específicos que acerquen a los oferentes de tecnologías 4.0 con sus eventuales demandantes. Tal es el caso del Polo Tecnológico de Rosario (PTR),¹⁸ donde se conformó hace un año la llamada Comisión Agtech con el objetivo de acercar a las empresas del Polo a las necesidades de los productores.

¹⁸ El PTR es una asociación civil público-privada que nuclea una gran cantidad de empresas de base tecnológica y cuyos objetivos son estimular el crecimiento y la capacidad exportadora de este grupo de firmas, fomentar la vinculación entre ciencia y sector productivo, atraer inversiones y potenciar el ecosistema emprendedor, entre otros. El sector público está representado por la Municipalidad de Rosario y la Provincia de Santa Fe, y además también participa en el Polo el sector educativo, con la Universidad Nacional de Rosario y la Universidad Tecnológica Nacional.

Para ello han realizado un relevamiento de demandas tecnológicas insatisfechas de forma conjunta con dos estaciones experimentales del INTA de la Provincia de Santa Fe, con quienes firmar un acuerdo de colaboración.

Por su parte, en el Córdoba Technology Cluster (CTC), además de funcionar una incubadora de proyectos dentro de los cuales hubo *startups* focalizadas en agro 4.0, también llevan diversas acciones para facilitar la vinculación entre oferentes y demandantes de soluciones tecnológicas basadas en este paradigma emergente. Desde el CTC han trabajado en conjunto con la Asociación de Fabricantes de Maquinaria Agrícola y Agrocomponentes de Córdoba (AFAMAC), con la Facultad de Ciencias Agropecuarias de Córdoba y el INTA Manfredi. Desde 2017, y en el marco de un acuerdo con estas instituciones se organizaron diversos programas y eventos orientados a la identificación de gaps tecnológicos que podrían ser abordados a partir de soluciones planteadas por las empresas que conforman el CTC.

Si bien se profundizará esto más adelante, la promoción en el desarrollo de sinergias dentro del ecosistema emprendedor del agro 4.0 emerge como un aspecto central sobre el cual debería apuntar la política pública. Si bien las experiencias del PTC y CTC tuvieron resultados exitosos en materia del acercamiento de los actores, desde ambas instituciones se manifestó que esto ocurre a un nivel muy por debajo del óptimo. Factores tales como la falta de financiamiento o la incertidumbre sobre la escalabilidad de los proyectos por lo general operan como un desaliento a la formación de estas vinculaciones.

Por su parte, BCR Innova es un área creada en el año 2019 dentro de la Bolsa de Comercio de Rosario (BCR), Argentina, con el objetivo de fomentar la innovación y el desarrollo de emprendimientos a partir de nuevas tecnologías -ya sea de base 4.0, pero también abarcando a las biotecnológicas y de *fintech*. En este espacio se organizan diversas actividades, como seminarios internacionales, workshops, viajes exploratorios al exterior, así como también jornadas para facilitar las vinculaciones y las oportunidades de *networking*. Desde 2019 lanzan una vez por año una convocatoria para proyectos de innovación abierta. Se trata de una iniciativa en la cual la institución selecciona a un grupo de empresas de la red de BCR que hayan manifestado la necesidad de superar algún obstáculo –operativo, comercial, de logística, etcétera– que consideren que puede ser resuelto a partir de las nuevas tecnologías de base digital. Luego de tener definido el listado de demandas tecnológicas se realiza la convocatoria para que emprendimientos propongan soluciones. Aquellos que cada año son seleccionados pasan a trabajar de forma articulada con el demandante de la solución tecnológica para su puesta a punto e implementación.

5.4. Las incubadoras y aceleradoras: instituciones centrales para la generación de capacidades empresariales

El rol de las incubadoras y aceleradoras (las primeras en una etapa del desarrollo del emprendimiento muy temprana, y las segundas en fases más avanzadas) es el de contribuir en múltiples aspectos críticos de estos emprendimientos, que incluyen, entre otros elementos, la

definición de la propuesta de valor y el diseño de un plan de negocios, la oferta y/o provisión de información sobre cursos y capacitaciones en temas específicos y, en ciertos casos, el aporte de recursos financieros (o el apoyo para la búsqueda de dichos recursos). Estas instituciones se valen de una red de contactos que facilitan el proceso de crecimiento de las empresas –por ejemplo, potenciales usuarios, VC, referentes en temas tecnológicos o comerciales–. A su vez, el hecho de que una empresa sea aceptada dentro de un programa de incubación/aceleración contribuye en la construcción de la reputación de los emprendedores, volviéndose la empresa recién conformada más atractiva para potenciales inversores. Dada la relevancia que fue tomando este vertical, en Argentina hay incubadoras y aceleradoras que están únicamente focalizadas en promover el crecimiento de *startups* que desarrollen soluciones sobre este vertical; ejemplos de ellas son CREALab por el lado de las incubadoras o The Yield Lab desde las aceleradoras.

CREALab, la incubadora de emprendimientos de CREA, comenzó a contribuir a la conformación de estas empresas desde 2014, aunque de modo formal recién un año después. Un activo diferencial que posicionó a este espacio dentro del ecosistema local fue el hecho de disponer de una amplia red de ingenieros agropecuarios especializados en diversas áreas –sistemas pastoriles, riego, fertilización, manejo de malezas, alimentación animal, etcétera–. Estos técnicos (que intervienen según demandas puntuales de las empresas incubadas), además de su formación profesional, tienen una gran cercanía a los problemas productivos que enfrentan los productores agropecuarios miembros de CREA, lo que los nutre de conocimientos, tanto explícitos como tácitos, relevantes para el éxito de nuevos emprendimientos basados en tecnologías 4.0 para el agro.

5.4.1. El caso de Estados Unidos: desarrollo de sinergias en clústeres productivos para el agro 4.0

En Estados Unidos hay un complejo entramado de universidades y parques de investigación para la ciencia aplicada (*research parks*) donde confluyen la academia, el sector productivo y los inversores para lograr una buena articulación entre los múltiples actores del ecosistema. Entre los casos más emblemáticos ligados al desarrollo del agro 4.0 se destacan: la Universidad de Illinois, el Research Triangle AgTech Cluster (que opera en un espacio conjunto de tres universidades, la Universidad Estatal de Carolina del Norte, la Universidad de Duke y la Universidad Chapel Hill Carolina del Norte) y la Universidad de Iowa.

Las universidades cuentan con sus propios centros tecnológicos y de investigación en los cuales conviven estudiantes de distintos grados de educación, investigadores e institutos de investigación, institutos de investigación de empresas privadas, oficinas de transferencia de tecnología, incubadoras, aceleradoras e incluso fondos de venture capital. El objetivo es formar un ecosistema a partir del cual se desarrollen nuevos proyectos de base tecnológica o científica cuyo lanzamiento al mercado sea más directo, y que la tecnología y las nuevas soluciones lleguen, en este caso, a los productores rurales y a los demás actores involucrados en el mundo

de la agricultura, logrando así que los nuevos emprendimientos y *startups* tengan las mayores posibilidades de sobrevivir y continuar su desarrollo.

En el Research Triangle Park de Carolina del Norte operan una gran cantidad de incubadoras y aceleradoras (algunas privadas, otras público-privadas y otras de las universidades) que se nutren de los proyectos de investigación de las tres universidades. Además, existen asociaciones de exalumnos (para el caso de la universidad estatal y la universidad de Duke) que han formado redes de inversores ángeles, lo que remarca la importancia de las redes de contactos y conexión que se genera con la universidad, en tanto esta funciona como espacio de generación de *deal-flow*¹⁹ así como de apoyo a nuevos proyectos. Un punto singular son las oficinas de comercialización que dispone una de las universidades, la cual apoya a los emprendimientos en su desarrollo comercial.

En Iowa hay un muy desarrollado ecosistema de apoyo de *startups* de agtech, con iniciativas cruciales como America's Cultivation Corridor, una iniciativa público-privada (de la que participa la Universidad Estatal de Iowa) que nuclea emprendedores, inversores, incubadoras y aceleradoras dedicadas al tema agtech con el objetivo de dar soporte y desarrollar programas de apoyo y facilitar el crecimiento de *startups* y lograr la comercialización de nuevas soluciones innovadoras. Incluso a través del programa Cultivo, lanzado en 2021, la organización apunta a desarrollar *startups* internacionales. En esta universidad hay dos de las incubadoras más prominentes en el mundo en lo que respecta al agro 4.0, la ISU Startup Factory y la incubadora del ISU Research Park.

La Startup Factory, lanzada en 2016, es un programa de 52 semanas diseñado para proveer una salida para que los desarrollos de proyectos de los profesores, estudiantes y personal de la universidad terminen creando nuevos negocios. Desde su inceptión, este programa ha apoyado a más de 100 empresas que han conseguido inversiones por poco más de USD 30 millones. Por el lado del ISU Research Park, existen otras dos incubadoras que proveen servicios de mentoría, consultoría, acceso a inversores y oficinas de transferencia de tecnología.

5.5. Los fondos del capital emprendedor

Según el Directorio de Gestores de Fondos de Capital Privado, Emprendedor y Semilla elaborado por la Asociación Argentina de Capital Privado, Emprendedor y Semilla (ARCAP, 2021), hay en Argentina, a 2021, 28 fondos de capital emprendedor y/o semilla. Dentro de estos fondos relevados por ARCAP, más de la mitad (17) tienen entre sus verticales de interés al agro. De todas formas, apenas dos de ellos, Glocal y The Yield Lab, se concentran exclusivamente en este sector.

Glocal es una aceleradora ubicada en Rosario que comenzó sus actividades en 2018 y administra dos fondos por un total de USD 11 millones. Actualmente cuenta con ocho inversiones en portfolio en los emprendimientos Auravant, Kilimo, Agrofyt, Zoomagri, Eiwa,

¹⁹ Flujo de transacciones, en este caso asociado a las inversiones captadas por los emprendimientos.

Nanótica, Rubikia, Circular, Simpleat y Ucrop.it. Glocal realiza inversiones que van de los USD 25 mil a los USD 500 mil en semilla, preserie A y serie A. Un hecho a destacar es que son una de las diez aceleradoras tecnológicas que participan del Fondo Aceleración del Ministerio de Desarrollo Productivo en el marco del FONDCE. Bajo este programa realizaron seis inversiones por USD 275.000, que fueron igualadas por el Ministerio.

The Yield Lab Latam es parte del fondo global The Yield Lab que realiza inversiones y lleva a cabo convocatorias de aceleración en América del Norte, Europa y el Pacífico asiático, además de América Latina y el Caribe. El fondo latinoamericano fue lanzado en 2017 y tiene en portfolio actualmente 13 inversiones, algunas de las cuales comparte con Glocal, como Auravant, Eiwa y Kilimo. En Latinoamérica tiene oficinas en Buenos Aires, San Pablo y Rancagua (Chile).

Otro punto para destacar es la presencia de fondos de CVC que declaran tener como vertical de interés al agro. Según los datos provistos por ARCAP hay cuatro de estos operando en nuestro país: Kamay Ventures, Globant Ventures, Grupo Murchison y Softbank Latin American Fund. De todas maneras, sólo uno (Kamay Ventures) ha realizado inversiones en el vertical del agro 4.0.

Kamay Ventures, localizado en la provincia de Buenos Aires, fue formado en conjunto entre Arcor y Coca Cola y lanzado en 2019. Actualmente cuenta con cuatro inversiones en portfolio, dos de las cuales están vinculadas al agro, Auravant y Wiagro. Kamay Ventures es el primer fondo de CVC del cono sur en el que participan conjuntamente dos empresas. Este CVC cuenta con tres fondos (con un volumen no divulgado) y realiza inversiones entre USD 50.000 y USD 300.000.

El relevamiento realizado por ARCAP muestra que el ecosistema nacional dispone de una nutrida oferta de fondos de inversión, los cuales son centrales para el financiamiento de proyectos ligados a tecnologías emergentes. Sin embargo, en el país aún no han ingresado los VC y CVC más grandes a escala global que estén liderando la agenda de inversiones en el vertical de agro 4.0. Tal como se mencionó en la sección 3.1, promocionar su ingreso podría beneficiar ampliamente a las empresas de este ecosistema dado que no solo ofrecen financiamiento por volúmenes mucho mayores que lo hoy disponible en el país, sino que también contribuyen al desarrollo de las empresas a partir de ampliarles la red contactos, facilitarles nuevos canales de comercialización, etcétera. Si bien esto conlleva el riesgo de una internacionalización temprana que lleve a que muchas de las capacidades de estas *startups* se terminen localizando mayoritariamente en ecosistemas más desarrollados, lo cierto es que la ausencia de esos actores en el país puede incluso elevar aún más ese riesgo, induciendo a las startups a ir en su búsqueda en otros países. En todo caso, la posibilidad de mitigar estos riesgos pareciera estar más asociada al fortalecimiento del ecosistema local y a las condiciones que se pudieran establecer para las *startups* potencialmente coinvertidas con fondos públicos.

5.6. La adopción de tecnología de agricultura de precisión en Argentina

Tal como se mencionó en la sección 3.2 al analizar el despliegue internacional de la adopción de tecnologías de agro 4.0, para el caso argentino también este ejercicio deberá circunscribirse

a las prácticas de agricultura de precisión. Las fuentes de información disponibles solo contemplan este uso de tecnologías que, como se mencionó, no necesariamente involucra la utilización de herramientas 4.0. De todos modos, consideramos que estos datos pueden ser una aproximación útil para ilustrar algunos elementos de interés. Al cierre de esta subsección se presenta una breve discusión sobre qué factores estarían limitando mayores niveles de adopción de estas tecnologías.

En Argentina el estudio más reciente y preciso corresponde al Censo Nacional Agropecuario (CNA) llevado adelante por el INDEC en 2018, el cual incluyó a 249.000 establecimientos agropecuarios (EAP). Considerando todos las EAP a nivel nacional, la adopción de AP estuvo alrededor del 4%. El cuadro 7 presenta la cantidad de EAP que adoptaron AP con relación a las EAP totales según rangos de superficie.²⁰ Resulta pertinente aclarar que los datos presentados corresponden al número de adoptantes de AP con respecto al total de EAP dado que no se pudo obtener información más desagregada. De este modo, resulta muy factible que se estén subestimando los verdaderos valores.

CUADRO 7. ADOPCIÓN DE AP EN ESTABLECIMIENTOS AGROPECUARIOS

Dimensión (ha)	EAP adoptantes	EAP totales	Proporción
Hasta 200	2.840	149.846	1,9%
200,1 a 500	2.274	32.020	7,1%
500,1 a 2.000	2.960	30.782	9,6%
2.000,1 a 10.000	1.151	12.270	9,4%
Más de 10.000	142	2.405	5,9%

Fuente: elaboración propia con base en el CNA (2018).

Se destaca que los productores de menor tamaño son los que adoptan tecnologías de AP con menor frecuencia, siendo estos valores sustantivamente más altos, por ejemplo, en explotaciones con dimensiones entre las 500 y 10.000 hectáreas. A su vez, a nivel geográfico, se observa que la adopción es más intensa en Córdoba (13%), Santa Fe (11%) y Buenos Aires (7%). Esto se puede observar en el mapa 1.

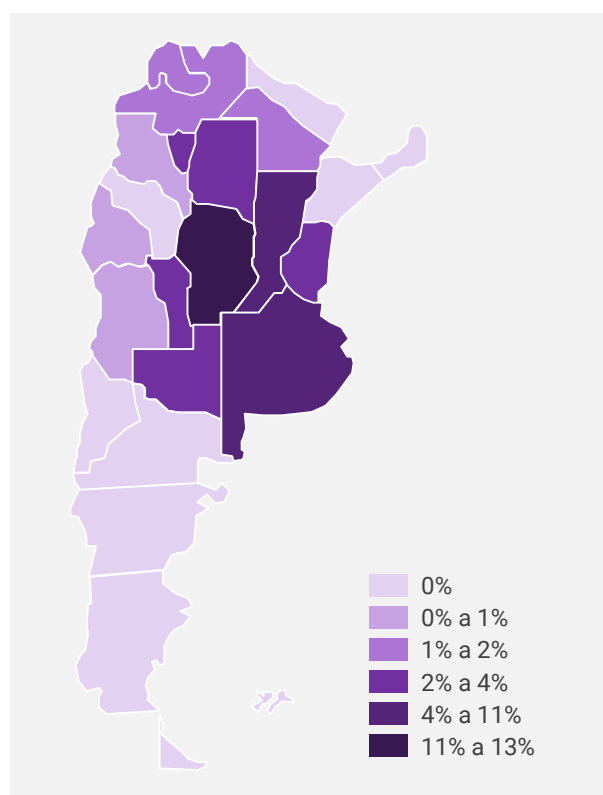
²⁰ Cabe destacar que esta medida muy probablemente subestima la proporción real dado que un indicador más apropiado sería utilizar únicamente las EAP que practican agricultura (de cualquier tipo). Lamentablemente no se pudo acceder a esta información con la desagregación necesaria.

Diversos factores confluyen para ralentizar el proceso de adopción de nuevas tecnologías. Desde el punto de vista macro, y pese a que en muchos casos se trata de tecnologías “ahorradora de costos”, la elevada volatilidad de las principales variables tiende a aplazar inversiones cuyos resultados se advierten a mediano y largo plazo, dado que el aprovechamiento de estas nuevas tecnologías demanda un proceso de aprendizaje que tarda en consolidarse. Mientras que desde el punto de vista meso y microeconómico influyen: i) la falta de información y/o desconfianza hacia las nuevas tecnologías 4.0; ii) la falta de madurez en las tecnologías 4.0, y; iii) las limitaciones en el uso a partir de una pobre conectividad en áreas rurales.

En cuanto a la falta de información y/o desconfianza, el sector cuenta con una vasta red de actores institucionales capaces de contribuir al proceso de difusión, pero presenta un acotado universo de acciones tendientes a facilitar la experimentación con las nuevas tecnologías, tal como se plantea hoy en día para las empresas del ámbito manufacturero. Estos espacios servirían también para sopesar las consecuencias de la falta de madurez de las tecnologías 4.0 por la que malas experiencias iniciales con ciertas tecnologías que recién eran lanzadas al mercado pudieron derivar en sesgo negativo sobre todo el paquete 4.0. En suma, la evaluación y certificación del desempeño de estas tecnologías por parte de autoridades nacionales competentes –como el INTA o el INTI– también podría ser una alternativa para generar mayor consenso al respecto.

Con respecto a las limitaciones existentes en torno a la conectividad en áreas rurales, las conclusiones son ambiguas. La amplia mayoría de las tecnologías 4.0 hoy disponibles en el mercado están adaptadas para operar sin conexión a alguna red de telecomunicaciones, transfiriendo los datos en algún momento posterior, por ejemplo, cuando el productor se encuentre en algún lugar con acceso a este servicio público. Sin embargo, también hay diversas funciones y tareas específicas que los dispositivos 4.0 solo son capaces de llevar a cabo si existe algún tipo de red que les permita, por ejemplo, transmitir información entre un grupo específico de equipos. Para esto, algunos productores optan por comprar de forma directa equipos que les permitan tener esta conexión entre dispositivos en un radio determinado.

MAPA 1. PROPORCIÓN DE ADOPTANTES DE AP POR TERRITORIO GEOGRÁFICO



Fuente: elaboración propia con base en CNA (2018).

5.7. Infraestructura y marco regulatorio para el despliegue del agro 4.0

Si bien son temas que dada su complejidad técnica y la necesidad de un abordaje en profundidad exceden los objetivos de este trabajo, hay dos aspectos centrales que deberían ser consideradas para el despliegue de una estrategia nacional de agro 4.0: i) la conectividad a servicios de telecomunicaciones en zonas rurales, y ii) la regulación y el cumplimiento normativo en materia de la propiedad de los datos.

La conectividad en áreas rurales emerge como un eslabón relevante el cual podrá acelerar o limitar el despliegue de las múltiples herramientas desarrolladas bajo el paraguas de las tecnologías 4.0. En 2020 IICA, BID y Microsoft (2020) publicaron uno de los trabajos comparativos más exhaustivos en la materia focalizado en AMLAT y el Caribe. El trabajo señala el relativo atraso que tiene la región no solo en el despliegue de infraestructura para la conectividad en áreas rurales, sino también la falta de estudios y fuentes de información que permitan medir con precisión el porcentaje de acceso a redes de telecomunicaciones, distinguiendo entre zonas urbanas y no urbanas. Si bien el trabajo no presenta cifras específicas de conectividad para la región –dada la falta de fuentes de información, como ya se mencionó–, se presenta un índice de conectividad en áreas urbanas y rurales para siete países (no se incluye a Argentina).²¹ El índice, que va de 0 a 1 (0 equivale a conectividad nula y 1 a cobertura plena), presenta un promedio regional de 0,71 para áreas urbanas y de 0,368 para zonas rurales. A la cabeza con mayores niveles de cobertura en la conectividad rural se ubican Brasil y Costa Rica, mientras que al final de la tabla están Honduras y Perú. Esta diferencia en el acceso promedio a la conectividad en áreas urbanas *vis a vis* áreas rurales es resaltada en el mencionado informe como una situación alarmante para la región, cuya diferencia sería ampliamente mayor a lo que ocurre, por ejemplo, en países de la OCDE.

El trabajo recién mencionado enfatiza a la conectividad rural a redes de telecomunicaciones como un aspecto central para que los países de la región puedan ser actores activos en el despliegue del agro 4.0 de cara al futuro. Sin embargo, a partir de diversas entrevistas mantenidas en el marco de este proyecto, diversos especialistas sugieren que si bien esto es un elemento crucial que va a afectar a las posibilidades de adopción de tecnologías 4.0 en las cadenas del agro, hoy en día existen soluciones privadas disponibles en el mercado para enfrentar estas limitaciones. Se trata de equipos que habilitan a productores a poder disponer de una red interna de conectividad, por lo general de baja frecuencia, la cual permite la interoperabilidad de cierta maquinaria o equipos que haya en un radio determinado. A su vez, dado el acceso limitado a internet que hay en zonas muy poco pobladas, diversos servicios que emplean plataformas digitales que requieren Internet, suelen tener funciones habilitadas en modo *offline*, transmitiendo los datos relevantes una vez hallada la señal (por ejemplo, cuando el productor se encuentre en una zona urbana).

²¹ Si bien la estimación del índice mencionado no incluye a Argentina, el país es ubicado dentro del *cluster* de mediana cobertura en términos de la conectividad en áreas rurales (junto a países tales como México, Uruguay, Paraguay o Ecuador, entre otros).

A nivel nacional, el programa vigente en esta materia es el Plan Nacional de Conectividad (llamado Conectar), el cual fue lanzado desde el poder ejecutivo en septiembre de 2020. El mismo tiene un presupuesto de \$37.000 millones para financiar infraestructura en telecomunicaciones hasta 2023. Dentro de los elementos vinculados a la conectividad en áreas rurales se destaca el financiamiento para el desarrollo y lanzamiento del satélite ARSAT-SG1, el cual tendría la capacidad de llevar conexión de Internet de alta calidad a estas zonas del país (alcanzando a 200 mil hogares). Este satélite estaba previsto de ser lanzado en 2019, pero su nueva fecha estimada es 2023 y dispone de fondos por \$19.950 millones hasta dicha fecha. En paralelo se destaca un renovado financiamiento para la Red Federal de Fibra Óptica (REFEFO), la cual también ampliará la cobertura nacional de conexión a Internet. Para este propósito se anunció una inversión de \$13.200 millones, a partir de lo cual se lograría incluir a 490.000 personas a la red troncal de conectividad.

Esta serie de inversiones en bienes públicos son centrales para ampliar la cobertura y el acceso nacional a la conectividad con redes de telecomunicaciones. Si bien esto podrá tener un impacto sustantivo en la calidad de vida de los hogares de zonas rurales, resultaría relevante que también se contemple la posible existencia de requerimientos específicos con relación a estos servicios para que los mismos puedan ser aprovechados por el entramado productivo de estas regiones del país. Estos temas, dada la especificidad técnica de la materia, deberían ser abordados por especialistas en trabajos *ad hoc*.

El segundo eje destacado está vinculado con la gobernanza de uno de los activos críticos de este nuevo paradigma tecno-productivo: los datos. La transformación digital a escala global derivó en una masiva generación de datos a partir de las tareas que hoy en día son realizadas mediante dispositivos conectados a redes de telecomunicaciones (Wang *et al.*, 2021; Kamleitner y Mitchell, 2019; Symeonidis *et al.*, 2015). El registro de todas estas actividades en muchos casos suele ser desconocido por los actores privados que los generan, o bien, resulta habitual el desconocimiento sobre el uso que será dado a dichos registros digitales (Kamleitner y Mitchell, 2019).

A nivel internacional, todos los países fueron implementando diversas legislaciones vinculadas a la propiedad, almacenamiento, confidencialidad y protección que terceras partes deben ejercer sobre datos privados.²² Por ejemplo, la amplia mayoría de los países disponen de regulaciones en las cuales se les exige a las empresas que pidan consentimiento escrito para recolectar datos personales –por lo general a partir de la aceptación de los términos y condiciones para ingresar a un sitio web–. A su vez, la legislación internacional imperante suele exigir que las empresas deban informar previamente en lenguaje claro, tanto la finalidad, como las consecuencias del uso de los datos de terceros.

²² Para mayores referencias internacionales se sugiere el sitio web de UNCTAD. Otro sitio con valiosa información en la materia es DLA PIPER.

Estos aspectos, por ejemplo, también forman parte de la legislación en el ámbito local. Argentina se rige por la Ley 25.326 de Protección de los Datos Personales, en la cual se reconoce el derecho a solicitar acceso, rectificación, actualización o supresión de los datos personales a empresas u organismos públicos. El órgano rector sobre esta materia es la Dirección Nacional de Protección de Datos Personales, dependiente de Jefatura de Gabinete de la Nación. A su vez, dentro del Plan Conectar de 2020 antes mencionado, se anunció financiamiento hasta 2023 por \$4.300 millones para ampliar los servicios *cloud* –servidores en la nube para almacenar datos–, se anticipa la incorporación de nuevo equipamiento –en particular, para actualizar los sistemas de *backup* y la incorporación de nuevos grupos electrógenos para asegurar su funcionamiento–, así como el gasto en la implementación de nuevas políticas de ciberseguridad compatibles con los estándares internacionales.

Las especificidades técnicas en materia de la propiedad y la seguridad de los datos generados a partir de la transformación digital por la cual se ven atravesadas prácticamente la totalidad de las actividades económicas reviste complejidades que requieren ser abordados por especialistas. El despliegue de todas las capacidades locales para el desarrollo y adopción de tecnologías 4.0 –ya sea de las ligadas a las actividades del agro, pero también al resto de los sectores económicos– demanda de un marco regulatorio acorde a estos desafíos.

6. Los instrumentos de política pública vigentes en Argentina

En la siguiente sección se presentan los principales instrumentos vigentes desde el lado de las políticas públicas que inciden de forma directa sobre el desarrollo del ecosistema de agro 4.0. Se trata de herramientas implementadas desde el nivel nacional –en particular, desde el Ministerio de Desarrollo Productivo y el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca–, así como también por alguna de las provincias más grandes del país. Sobre este último nivel de análisis se estudiaron las políticas implementadas en las provincias de Santa Fe, Córdoba y Mendoza.

6.1. Nivel nacional

A nivel nacional el Plan de Desarrollo Productivo Argentina 4.0, lanzado en abril de 2021 por el Ministerio de Desarrollo Productivo de la Nación se orienta a articular el conjunto de herramientas que buscan fomentar el desarrollo de tecnologías 4.0, incidiendo directamente sobre lo que involucra al vertical del agro. Luego, se identificaron dos espacios específicos de política pública que también apoyan al sector del agro 4.0. En primer lugar, una serie de programas de financiamiento al ecosistema emprendedor, orientados a diversos tipos de proyectos y de actores, estando alguno de estos instrumentos contemplados dentro del plan nacional antes mencionado para tecnologías 4.0. Y en segundo lugar, iniciativas ahora convergentes de parte de la Subsecretaría de Economía del Conocimiento del Ministerio de Desarrollo Productivo, por un lado; y de la Dirección de Innovación, Buenas Prácticas y Tecnología Agrícola de la Subsecretaría de Agricultura del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (MAGyP), por el otro, tendientes a generar un esquema de gobernanza, que permita articular el diseño de políticas públicas con el mundo empresarial y los otros actores que participan del ecosistema.

El Plan de Desarrollo Productivo Argentina 4.0 comprende 56 iniciativas de política pública y, tal como se mencionó, se desarrolla bajo la órbita del Ministerio de Desarrollo Productivo de la Nación. El objetivo general del plan consiste en impulsar la adaptación del entramado productivo al paradigma 4.0 y promover el desarrollo de soluciones tecnológicas 4.0 en el país. Cabe destacar que, como su nombre lo indica, se trata de un plan de desarrollo transversal a todos los sectores económicos del país, siendo el agro uno más de estos.

Sus acciones se organizan en torno a las siguientes funciones:

- **Sensibilización y capacitación:** difusión de tecnologías 4.0 y su aplicación práctica, contribución para el desarrollo de habilidades y competencias en los distintos actores del entramado productivo.
- **Asistencia técnica:** asesoramiento para la adopción y desarrollo de soluciones 4.0.

- **Apoyo a la inversión:** financiamiento para la adopción o desarrollo de soluciones 4.0.
- **Infraestructura institucional:** creación y/o fortalecimiento de espacios institucionales que gestionen los procesos de difusión y/o provean servicios de asistencia para la adopción y desarrollo de tecnologías 4.0.

Las intervenciones se organizan en torno a cuatro áreas:

- **Demanda de soluciones 4.0:** empresas que llevarán adelante procesos de modernización (incorporación de tecnologías 4.0 genéricas en procesos y en productos) y reconversión (adopción de tecnologías 4.0 customizadas que transformarán los modelos de negocios). Como ejemplo de este grupo de iniciativas podemos citar los Créditos del Banco Nación para Transformación Digital, destinado para mipymes, para la adquisición de bienes de capital, asociados a procesos de transformación digital.
- **Oferta de soluciones 4.0:** actores que proveerán soluciones 4.0 genéricas o customizadas. Un ejemplo de este tipo de iniciativas es el Programa Nacional de Desarrollo de Proveedores, que ofrece asistencia técnica, créditos a tasa subsidiada y aportes no reembolsables (ANR) para empresas de servicios industriales de la industria 4.0, entre otros sectores.
- **Soluciones transversales 4.0:** iniciativas que pueden contribuir tanto a implementar procesos de modernización tecnológica como a desarrollar soluciones 4.0. Como ejemplo, se destaca el Régimen de Promoción de la Economía del Conocimiento, que otorga diversos beneficios fiscales para empresas que realizan las actividades promovidas.
- **Articulación:** empresas demandantes y oferentes de soluciones 4.0 reunidos en espacios de interacción y articulación para construir soluciones customizadas. Como ejemplo, se puede citar al Catálogo de Empresas de Asistencia Digital, una plataforma donde se listan productos y servicios gratuitos o parcialmente bonificados de capacitación, *e-commerce*, marketing digital, sistemas para operar, producir, pagar, cobrar, trabajar a distancia y mejorar la conectividad, entre otros; y la Red de asistencia digital para pymes, un espacio de colaboración público-privada destinado a ofrecer productos, servicios y soluciones tecnológicas bonificadas para impulsar y facilitar la digitalización de las mipymes, donde los oferentes cargan sus productos o servicios y las pymes cargan sus necesidades mediante un formulario.

6.1.1. Las políticas de financiamiento al ecosistema emprendedor²³

En materia de financiamiento emprendedor, el Ministerio de Desarrollo Productivo cuenta con una serie de programas, dos de los cuales comenzaron en 2017, en el marco del lanzamiento del Fondo Fiduciario para el Desarrollo del Capital Emprendedor (FONDCE). Inicialmente, el FONDCE contó con tres fondos, un Fondo Semilla, un Fondo Aceleración y un Fondo Expansión.

²³ Esta subsección se elaboró a partir de información provista por la Subsecretaría de Economía del Conocimiento

Actualmente, continúan el Aceleración y el Expansión. El Fondo Aceleración es un esquema de coinversión público-privada bajo el cual tres aceleradoras (tres científicas y diez tecnológicas elegidas a través de una convocatoria) invierten en startups y luego éstas tienen la posibilidad de acceder a una inversión pública. Las *startups* invertidas por las aceleradoras científicas pueden recibir el doble de la inversión que recibieron por parte de la aceleradora, con un tope de USD 300.000; mientras que las *startups* invertidas por las tecnológicas reciben una coinversión de uno a uno con un tope de USD 50.000. El Fondo Expansión, por otro lado, consistió en la selección de tres administradores de fondos privados que debían poner en marcha cada uno un fondo nuevo con un mínimo de inversión privada de USD 18 millones, y el Estado aportaría USD 12 millones.

En reemplazo del Fondo Semilla, la Subsecretaría de Emprendedores lanzó nuevos programas de financiamiento, con fondos provenientes del FONDCE; los más relevantes son Escalar Emprendedores y Emprendimientos Dinámicos.

Escalar Emprendedores tuvo su primera convocatoria en 2020 y consistió en un programa de financiamiento a través de créditos a tasa cero o a través de Asistencia Financiera Líquida Condicionada. Los montos de financiamiento iban de los \$3 millones a los \$15 millones y apuntaban a emprendimientos que buscaran realizar adopción y/o desarrollo de tecnologías que permitan escalar la producción y/o la provisión de bienes y prestación de servicios que ofrece el emprendimiento; ampliación y/o mejoras de infraestructura y adquisición de activos físicos que permitan escalar la producción y/o la provisión del servicio; mejoras de procesos (correspondientes a las distintas actividades que lleva adelante el emprendimiento para producir los bienes y/o prestar los servicios), obtención de certificaciones y habilitaciones y/o realización de ensayos tendientes a cumplir con los objetivos de escalar la provisión de bienes y servicios. En esta convocatoria se presentaron 609 proyectos –de los cuales 16 se correspondían con el vertical de agtech– y se financiaron 58, de los cuales 2 fueron de agtech, por un monto de \$8,4 millones.

Por otro lado, Emprendimientos Dinámicos, lanzado en agosto de 2021, cuenta con un presupuesto de hasta \$700 millones para ser utilizados para apoyar emprendimientos de base tecnológica y científica, y cuenta con un presupuesto de hasta \$700 millones. Los de base científica, que surgen de actividades de I+D, deberán estar articulados con instituciones académicas o científicas, apuntando a generar productos o servicios comercialmente viables y que puedan ser incorporados al mercado. El financiamiento máximo al que pueden acceder los emprendimientos de base tecnológica es de \$3 millones, mientras que para los de base científica es de \$5 millones. En ambos casos, se da esta asistencia a través de ANR, y el financiamiento no puede superar el 70% del costo total del proyecto. A la fecha, esta convocatoria cuenta con 61 proyectos aprobados, de los cuales 8 corresponden al vertical de agtech. Paralelamente, se abre una convocatoria para entidades de apoyo (incubadoras, aceleradoras, cámaras empresariales, universidades, entre otras instituciones especializadas en apoyo a emprendedores) para que acompañen los proyectos seleccionados. Esta convocatoria cerró en septiembre de 2021 y se seleccionaron 30 entidades.

6.1.2. Iniciativas para la articulación institucional y la vinculación de actores

A finales de 2021, el Ministerio de Desarrollo Productivo lanzó, a través de la Subsecretaría de Economía del Conocimiento, un proyecto de mesas de trabajo para el desarrollo tecnológico del sector agropecuario. El objetivo es que en estas mesas, de las que participarán *startups*, cámaras empresariales, INTA, INTI y CONAE, se aborden tanto los desarrollos biotecnológicos, como aquellos que impacten en la transformación digital y profundización del paradigma 4.0 en el agro. Las mesas se dividirán en subgrupos según la temática buscando llegar a diagnósticos que permitan el diseño de políticas públicas que contribuyan al desarrollo del sector.

Esta mesa de trabajo, coordinada con el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, confluye con las acciones que venía desarrollando la Dirección de Innovación, Buenas Prácticas y Tecnología Agrícola de la Subsecretaría de Agricultura. Entre ellas, cabe destacar el mapeo de los emprendimientos agtech, a través de una convocatoria que a la fecha permitió registrar 150 emprendimientos.

Con la información recabada, esta dirección persigue la vinculación entre distintas empresas, en aras de hacer confluir proveedores con capacidades complementarias para cogenerar nuevas soluciones. Esta iniciativa podría potenciarse con el Programa Producción Colaborativa Economía del Conocimiento, bajo la órbita de la Subsecretaría de Economía del Conocimiento. A través de la convocatoria 2021, destinada a financiar proyectos asociados que involucren al menos dos actividades de la economía del conocimiento para llevar adelante desarrollos en forma colaborativa, se financiaron veinte proyectos, cinco de los cuales correspondieron de hecho al vertical agtech, por un monto total de \$88 millones en ANR y \$168 millones en crédito.

Ya con perspectiva de vinculación cliente-proveedor, la Subsecretaría de Economía del Conocimiento cuenta con el Programa Soluciona, cuya primera convocatoria se dio durante la pandemia y la segunda durante mayo y junio de 2022. La primera tuvo el objetivo de potenciar tanto a los sectores de la economía del conocimiento (software y servicios informáticos y digitales, producción y postproducción audiovisual, biotecnología, nanotecnología, industria aeroespacial y satelital, ingeniería, industria 4.0, organismos descentralizados del Estado y universidades) como a aquellos tradicionales afectados por la pandemia. El financiamiento otorgado consistía en un ANR con un máximo de \$15 millones. A través de la primera edición del Soluciona se apoyó a 171 proyectos por un monto total de \$1.700 millones. Entre los 171 proyectos, 33 correspondieron a emprendimientos del vertical agtech, los cuales recibieron aportes no reembolsables por un total de \$340 millones, lo que representa aproximadamente un 20% del financiamiento otorgado por este programa. Por su parte, una derivación de este programa, llamada Soluciona Verde, tiene por objetivo apoyar a proyectos sustentables (entendido de forma amplia, tanto económica como ambiental) y/o que busquen generar sustentabilidad. Este último se materializa a través de ANR de hasta \$20 millones.

6.2. Nivel subnacional (provincias y municipios)

A nivel subnacional, una serie de provincias implementaron una agenda muy nutrida orientada al fomento del ecosistema ligado al mundo del agro 4.0. En particular las provincias de Santa Fe y Córdoba son las que más avances realizaron en esta materia, a partir del diseño de instrumentos específicos para este sector. También, en menor medida, la provincia de Mendoza cuenta con algunos programas relevantes para este vertical. Poder identificar el rol desempeñado por las provincias constituye una tarea relevante de cara a la propuesta de políticas públicas a nivel nacional, dado que esta agenda debería poder articularse y apoyarse en las capacidades e instituciones que se encuentren actualmente en vigencia.

De forma estilizada, en estas provincias se identificaron cuatro ejes centrales de intervención y de promoción al ecosistema del agro 4.0: i) financiamiento al desarrollo de nuevas tecnologías; ii) promoción al desarrollo de capacidades empresariales; iii) fomento a la adopción; y iv) vinculación entre actores del ecosistema. A continuación, se presentan de forma sintética los modos en que las provincias de Córdoba, Santa Fe y Mendoza comenzaron a implementar programas específicos sobre estos elementos.

6.2.1. Iniciativas de financiamiento para el desarrollo de nuevas empresas y tecnologías

Estas tres provincias, con Santa Fe a la cabeza a través del trabajo de la Agencia Santafesina de Ciencia, Tecnología e Innovación (ASACTEI), cuentan con una considerable variedad de programas e instituciones que apoyan el desarrollo de la cadena a través del financiamiento a emprendedores y nuevas tecnologías de bienes y servicios, crucial para impulsar el paradigma 4.0 en el agro.

Por el lado de Santa Fe se destacan tres programas destinados a financiar actividades de I+D en etapas avanzadas o validación de tecnologías e ideas de negocio con el objetivo principal de introducir nuevos bienes y servicios en el mercado, el Emprende EBT, el Santa Fe Innova y el Apoyo a Proyectos de Desarrollo y Transferencia de Tecnología (DTT). Estos tres programas abordan objetivos, modalidades y áreas de desarrollo similares, aunque con algunas diferencias en los tipos de proyectos que son focalizados. Los beneficiarios de estos programas pueden ser *startups*, *spin-offs* de empresas, centros de investigación, instituciones como el INTA, universidades, pymes, etcétera, y, si bien el monto de los beneficios varía según cada programa,²⁴ el financiamiento se da a través de ANR. Entre las tecnologías que afectan al agro 4.0 financiadas en estos programas se destacan: IoT, *blockchain*, apps móviles, *data mining*, *big data*, sensorización, inteligencia artificial, *machine learning*, agrotecnología (en forma general), conectividad y nanotecnología.

²⁴ En las últimas convocatorias de estos tres programas (todas lanzadas hacia finales de 2021) los ANR iban desde un máximo de \$2 millones a un máximo \$6 millones según la modalidad de aplicación al EBT; hasta \$3,125 millones en el Santa Fe Innova; y hasta \$3 millones en el DTT.

Asimismo, cabe destacar que la ASACTEI y la provincia también son socios (con una participación minoritaria del 10% pero también contribuyendo en distintas actividades) del nuevo fondo SF500, fondo de capital emprendedor lanzado por Bioceres. El objetivo del SF500 es, y de allí deriva su nombre, formar un fondo de USD 300 millones que a lo largo de diez años fomente la creación de 500 nuevas *startups* en verticales de “ciencias de la vida”, incluyendo al vertical 4.0. Los proyectos aprobados reciben financiamiento según su estadio (entre USD 50.000 y USD 250.000 para etapas tempranas y hasta USD 1 millón para etapas más avanzadas) y también asistencia técnica, mentorías, *networking*, armado de modelo de negocio, consultorías legales, etcétera. Además de invertir en emprendimientos, el SF500 invertirá también en instituciones, y en fondos que contribuyan al crecimiento y fortalecimiento de todo el ecosistema regional.

En Córdoba, la Agencia Innovar y Emprender –que comenzó a operar en 2018– lanzó en 2020 dos convocatorias puntuales que apuntaban tanto al desarrollo tecnológico del agro en general, como de las tecnologías 4.0 en particular, un fondo de inversión en emprendimientos agtech, y otro de emprendimientos 4.0. Ambos fondos contaban cada uno con un presupuesto de \$10 millones para invertir en *startups* en estadio semilla (con un MVP validado, pero sin ventas) o en fase temprana (con un prototipo validado y algunas ventas o clientes). Los verticales que entraban dentro de la convocatoria agtech eran tecnologías de comercialización, logística y distribución de alimentos e insumos y financiamiento; eficiencia energética y energía sostenible; tecnología aplicada al gerenciamiento y desarrollo; robótica y automatización; IoT; *big data*; y agricultura de precisión. En la convocatoria 4.0 se incluían, además de *big data*, IoT y robótica, inteligencia artificial, fabricación aditiva, realidad aumentada y realidad virtual, ciberseguridad, y visión artificial. La Agencia también cuenta con convocatorias continuas (Córdoba Acelera) y coinvierte con inversores ángeles, aceleradoras y otros fondos también, en todos los casos con tickets de entre \$1 y \$2 millones.²⁵

Por último, Mendoza cuenta con la agencia Mendoza Emprende que provee créditos y ANR a emprendedores. En marzo de 2021 cerraron dos convocatorias de dos programas de financiamiento distintos, el Mendoza Emprende X 100 y el Fondo de Expansión. El primero es un programa cuyo objetivo es financiar proyectos que estén acompañados por incubadoras en estadios tempranos que tengan altas capacidades de generar innovaciones tecnológicas y que estén vinculados al agro, la industria, el comercio y actividades productivas en general con un ANR de máximo USD 5.000 (otorgado en pesos). El segundo fondo tenía como foco impulsar el desarrollo de Emprendimientos Tecnológicos de Alto Impacto. El programa contó con un presupuesto de USD 980.000 y otorgaba hasta USD 300.000 (también equivalente en pesos) por iniciativa en aportes reembolsables.²⁶ Los beneficiarios podían ser empresas o prestadores de servicios con mínimo tres años de existencia y que estuvieran acompañados por otras empresas, aceleradoras, universidades o centros de investigación y que trabajaran en alguna de las siguientes áreas: IoT, nanotecnología, biotecnología, energías renovables, inteligencia artificial, ciencia de los materiales, almacenamiento de energía, computación cuántica, ciencias de la salud, y tecnología de la información.

²⁵ La agencia espera en el futuro cercano aumentar estos montos a \$6 y \$20 millones.

²⁶ Un 5% de la asistencia podía ser otorgada en ANR.

6.2.2. Iniciativas para el desarrollo de capacidades empresariales

En la provincia de Santa Fe, bajo la órbita de la ASACTEI se destaca el programa Germinar, que tiene como principal objetivo consolidar una red de iniciativas y espacios con capacidad de potenciar el ecosistema de innovación tecnológica autosustentable en la provincia de Santa Fe. Entre sus ejes, se encuentra el de consolidar espacios con la infraestructura tecnológica adecuada para albergar y potenciar a las futuras empresas de conocimiento en un sistema sinérgico. En esta línea, en el año 2021 se lanzó desde la ASACTEI la convocatoria CDAT 2021, destinada a financiar mediante ANR la creación y/o el fortalecimiento de espacios destinados a brindar apoyo en la creación y consolidación de Empresas de Base Tecnológica (EBT). Para el fortalecimiento de espacios de incubación preexistentes el monto máximo del ANR fue de \$8 millones por proyecto y para la creación de nuevos espacios este monto ascendió a \$20 millones.

Otra iniciativa destacable a nivel subnacional es la incubadora agtech de Río Cuarto, Córdoba, lanzada en octubre de 2021. El objetivo de la incubadora es asistir a los emprendimientos, industrias y comercios en cuestiones como diseño, estructura y evaluación técnica de proyectos, asesoramiento y acompañamiento a la hora de presentarse a programas de financiamiento, ayudarlas a vincularse con instituciones del sistema tecnológico y científico, vincularlas con inversores privados, y generar espacios de formación y capacitación en nuevas metodologías que lleven a la aceleración del crecimiento y escalado de los proyectos.

En Mendoza, a través de la colaboración de varios organismos,²⁷ se lanzó el Programa Industria 4.0 cuyo objetivo es asistir a las pymes de la provincia para lograr su transformación digital, con el fin de mejorar su competitividad y afrontar los cambios tecnológicos disruptivos que se están dando. El programa tiene cinco ejes que van desde el autodiagnóstico, el relevamiento de capacidades para brindar soluciones tecnológicas en la provincia (lo que llevó al armado de un catálogo certificado), vinculación entre empresarios y el mundo del desarrollo tecnológico, acceso a financiamiento, y acompañar a las empresas de la provincia con distintas asistencias y capacitaciones, en los ejes definidos según el relevamiento de necesidades y realizar el seguimiento de esos casos.

6.2.3. Iniciativas para fomentar la adopción

Como sucede a nivel internacional, hay evidencia de un mayor número de iniciativas orientadas hacia el desarrollo de tecnologías y no tanto su adopción. En la provincia de Córdoba, dentro del esquema general del Programa Buenas Prácticas Agrícolas (BPA),²⁸ el Ministerio de Agricultura

²⁷ El Ministerio de Economía y Energía de Mendoza junto con el INTI, el INTA, la UTN Mendoza, la UNCuyo, el Polo TIC y el Instituto de Desarrollo Industrial, Tecnológico y de Servicios (IDITS).

²⁸ Se trata de un programa del Ministerio de Agricultura y Ganadería de la provincia lanzado en 2017, que hasta la edición de 2020 inclusive alcanzó a más de 10.800 productores, nucleados en alrededor de 4 millones de hectáreas, tiene previsto para 2021 otorgar \$250 millones, alcanzando los \$730 millones si se suman los montos de financiamiento de ediciones anteriores. Cabe destacar que el programa fue convertido en Ley provincial en 2019.

y la Agencia Innovar y Emprender llevan en conjunto una iniciativa para la adopción de nuevas tecnologías. Dentro de este programa se incluye el uso de agtech y/o prácticas de agricultura de precisión. Con respecto a las prácticas ligadas al uso de agtech, la Agencia selecciona en primera instancia emprendimientos de este vertical para participar del programa que brinden servicios al sector categorizados en cuatro áreas: tecnología aplicada al gerenciamiento y desarrollo, IoT, robótica-automatización, y eficiencias energéticas-energía sostenible. Luego, los productores que certifiquen que son usuarios de al menos uno de los emprendimientos podrán acreditar la práctica, y reciben con ello un pequeño beneficio de hasta \$43.200.

Como se mencionó, el programa BPA también incluye la práctica agricultura de precisión, y para poder adherir a ella los productores deberán presentar una prescripción o mapa de aplicación de las labores de siembra, pulverización y/o fertilización. El beneficio máximo es idéntico al de la práctica agtech.

6.2.4. Iniciativas para fomentar la vinculación entre desarrolladores y usuarios

Uno de los espacios más relevantes en esta dirección lo constituye la Agencia Innovar y Emprender de Córdoba, la cual realiza no solo coinversiones, sino también actividades que buscan unir a los emprendedores y desarrolladores de tecnologías con posibles clientes y usuarios. En ese sentido, la Agencia es parte del Hub de Innovación Agtech (de índole público-privada), que fomenta el desarrollo del ecosistema agrícola-tecnológico a partir de dos iniciativas: la Academia Agtech y los Espacios de Productores, las *meetups*²⁹ por verticales. En la Academia se llevan a cabo ciclos de sensibilización y formación en tecnologías disruptivas, de estos ciclos participan empresas vinculadas (directa o indirectamente) al agro, productores y emprendedores agtech. La estructura tiene tres componentes: primero los emprendimientos muestran sus desarrollos, luego empresas de base tecnológica de otras industrias explican cuál puede ser el impacto de las tecnologías y cómo se pueden aplicar para potenciar al agro, y por último referentes en las tecnologías presentadas comentan sus experiencias. Los Espacios de Productores generan encuentros que favorecen la discusión y el intercambio entre productores. El objetivo es relevar sus demandas y necesidades en torno a la oferta actual de productos y servicios, y sus problemáticas específicas diferenciadas por zona geográfica, para ayudarlos en la búsqueda de la tecnología que pueda potenciar sus actividades.

También a nivel público-privado, con participación del gobierno municipal de Rosario, el gobierno de la provincia, la Universidad Nacional de Rosario y la Universidad Tecnológica Nacional, se destaca la labor del Polo Tecnológico de Rosario. El Polo está dividido en ocho comisiones directivas, una de las cuales es la Comisión Agtech, y cuyo objetivo reciente ha sido acercar a las empresas del Polo a las necesidades de los productores. Para ello han mantenido reuniones con dos estaciones experimentales del INTA de la Provincia de Santa Fe, a partir de las cuales se han identificado una serie de necesidades y puntos a desarrollar que devinieron en la firma de un convenio de colaboración entre ambas instituciones. Algunas de esas

²⁹ Reuniones informales de trabajo orientadas a promover la creación de redes y los vínculos entre los participantes.

necesidades ya tienen soluciones provistas por empresas del Polo, y otras generan la necesidad de nuevos desarrollos. Para este último caso el plan de acción es difundir estas necesidades entre las empresas del Polo y fomentar el asociativismo para presentar distintas soluciones al INTA y que luego éste decida qué opción tomar. El INTA actuará tanto como validador de las tecnologías como comprador.

6.3. Síntesis y espacios de mejora

Tanto el estado nacional como algunos de los estados subnacionales con mayor capacidad económica y grado de desarrollo de capacidades, tanto del subsistema empresarial como del científico-tecnológico, han desplegado desde el comienzo de esta década programas y acciones tendientes a promover el desarrollo del agro 4.0.

La agenda de esas intervenciones evidencia tanto ámbitos de complementación y confluencia, así como también espacios relativamente “vacíos”. De allí que, en primer lugar, uno de los aspectos que se requiere para elevar el potencial de impacto de dichas intervenciones sea el de tender a consolidar la coordinación de esfuerzos, tanto a nivel nacional entre los distintos ministerios como en la interacción interjurisdiccional (nación-provincias) y público-privada.

Esa coordinación no debiera solo apuntar a las acciones ya definidas, sino también a poder trazar la ruta hacia adelante, identificando las necesidades de intervención y distribuyendo responsabilidades, en línea con la experiencia que Brasil ha comenzado a transitar. Esto serviría, entre otras cosas, para fortalecer la complementación entre los esfuerzos nacionales y provinciales. A modo de ejemplo, y aunque se podría pensar que atañe al conjunto de la política de desarrollo emprendedor, el Estado nacional podría focalizarse en fortalecer el capital de riesgo en etapas más avanzadas de inversión (Serie A en adelante) por un lado, y en las provincias con menor grado de desarrollo apuntalar las etapas iniciales (capital semilla) y a las instituciones del ecosistema.

Asimismo, permitiría aunar esfuerzos para intervenir en dimensiones relevantes como el cambio de conducta que debería impulsarse en ciertos actores, en particular, los del complejo metalmecánico abocado a la mecanización agrícola. Si bien algunas iniciativas existentes a nivel nacional ofrecen incentivos potencialmente aprovechables con ese fin, la importancia de la problemática podría ameritar un abordaje más dirigido, que contribuya a convocar la atención. En el mismo sentido, existen iniciativas a nivel provincial (más puntualmente, en la provincia de Córdoba) que marcan un sendero interesante para fomentar el cambio de conducta de los productores agrícolas y utilizarlo como tractor del desarrollo tecnológico nacional. Aprovechar la experimentación a nivel local y contemplar su escalamiento a nivel federal podría contribuir a acelerar el proceso de aprendizaje de la política pública y elevar la eficiencia de los dispositivos escalados.

7. Conclusiones y recomendaciones de políticas públicas: productividad y apropiación de la productividad

La transformación paradigmática que apenas ha comenzado a atravesar el agro a partir de la adopción del paquete de tecnologías 4.0 no solo redundará en un menor impacto ambiental de la actividad, sino también en un incremento de la productividad agrícola, tanto por la vía de la reducción de costos por menor uso de insumos, como por el aumento de los rendimientos producto de una aplicación más inteligente de los mismos.

La distribución territorial de los beneficios resultantes de ese aumento de productividad dependerá en buena medida de la capacidad que se tenga, no tan sólo para incorporar esas tecnologías, sino también para desarrollarlas.

Argentina tiene la oportunidad de ser parte de ese proceso. Por un lado, su escala como potencial demandante le ofrece una ventaja para acelerar el desarrollo de nuevas soluciones a partir de la interacción con los usuarios. Por el otro, cuenta con una base empresarial conformada por un conjunto de empresas que ya habían incursionado en la denominada agricultura de precisión y un grupo creciente de *startups*. También cuenta con un entramado institucional de apoyo al desarrollo y la difusión de soluciones consolidado, que sin embargo requiere de ajustes para adecuarse a las características (bases de conocimiento, dinámicas de desarrollo, infraestructuras y equipamiento de soporte) del nuevo paquete tecnológico.

Sin embargo, el escenario tampoco está exento de amenazas. En particular, la necesidad de consolidar paquetes de información de diverso origen y la posibilidad de que ese creciente caudal de información tienda a centralizarse en plataformas para la gestión del conocimiento dominadas por las grandes empresas globales, puede poner en jaque, de no mediar estrategias de coordinación más explícitas –que incluyan pero que trasciendan la generación de protocolos comunes–, la estrategia de especialización que a hoy despliegan las firmas nacionales del complejo metalmecánico abocado a la mecanización agrícola.

En función de estos escenarios, y sobre la base de los espacios de mejora analizados a lo largo del documento, se proponen a continuación una serie de lineamientos de acción para la política pública que apuntan a maximizar la probabilidad de aprovechar las oportunidades y minimizar la de ocurrencia de los riesgos planteados.

CUADRO 8. ESPACIOS DE MEJORA Y LÍNEAS DE ACCIÓN PARA LA POLÍTICA PÚBLICA

1. Surgimiento y desarrollo de emprendimientos del agro 4.0		
	Espacio de mejora	Líneas de acción
A	Falta de alineación entre los objetivos y modelos de vinculación de las instituciones de ciencia y tecnología y las empresas desarrolladoras de soluciones 4.0 (problemas con los tiempos, propiedad intelectual, etcétera).	Adecuación de los modelos institucionales para la vinculación de las instituciones de ciencia y tecnología con los desarrolladores de soluciones 4.0.
B	Dificultad de las instituciones de ciencia y tecnología para competir por la atracción y retención de personal calificado.	Analizar alternativas de diseño institucional que permitan crear un Centro de referencia, independizado de las remuneraciones y el sistema de evaluación de resultados del sistema científico.
C	Inexistencia de espacios donde los emprendedores puedan recibir una guía (o mentoría) para el desarrollo tecnológico del emprendimiento.	Conformación de una red de mentores (referentes con trayectoria en el desarrollo de tecnologías 4.0, tecnologías de la información, etcétera) para asistir y guiar a los nuevos emprendedores.
D	Débil institucionalización de los espacios de validación de tecnologías (dependiente de vinculaciones interpersonales previas).	Creación de una red centros técnicos para brindar servicios de testeo y validación de tecnologías del agro 4.0. Organizaciones públicas como el INTA o privadas como CREA o AAPRESID podrían ser los espacios donde se lleven a cabo estas labores.
E	No hay sellos ni certificaciones vigentes para tecnologías que hayan sido testeadas y validadas por entidades públicas o privadas de ciencia y tecnología.	Elaboración de un sello o certificación de las contribuciones técnicas de desarrollos 4.0.
F	Bajo aprovechamiento de los bienes públicos generados por diversas instituciones de ciencia y tecnología nacionales –por ejemplo, datos meteorológicos, desarrollos en análisis de imágenes satelitales, modelos de simulación agronómica, etcétera–.	Lanzamiento de convocatorias para que emprendedores propongan soluciones en "la última milla".

Continúa en la página siguiente.

Espacio de mejora		Líneas de acción
G	Escasez de fondos de inversión para SERIE A en adelante	1. Promoción a fondos de esa escala, con criterios de selección de proyectos que tiendan a maximizar el beneficio social de las inversiones.
		2. Elaboración de un programa para la atracción de fondos de VC y CVC extranjeros, mejorando la inserción del ecosistema local en los flujos de inversiones internacionales (en el punto 3 A, a continuación, se profundiza esta línea de acción).
		3. Elaboración de un programa que genere incentivos para que productores del agro inviertan en fondos de inversión locales abocados al agro 4.0

2. Transformación 4.0 en actores incumbentes

Espacio de mejora		Líneas de acción
A	Poca vinculación entre empresas de insumos biotecnológicos y, sobre todo, de maquinaria agrícola, con <i>startups</i> de base en tecnologías de la información.	Consolidar los incentivos existentes y fortalecer su direccionamiento hacia el agro 4.0 para promover codesarrollos y procesos de innovación abierta a escala sectorial.

3. Inserción del ecosistema local en el plano global

Espacio de mejora		Líneas de acción
A	Las grandes empresas globales del sector no eligen al país para radicar sus centros de SBC para el desarrollo de tecnologías para el agro 4.0.	Incentivar la creación de Centros de Servicios para el agro 4.0 por parte de grandes <i>players</i> internacionales que quieran desarrollar tecnologías 4.0 en el país.
B	Alto costo de entrada individual a mercados extranjeros para pymes y <i>startups</i> .	Reforzar el trabajo de la Dirección de Innovación del MAGyP a través de la formulación de una estrategia con Cancillería para acelerar el desembarco de emprendimientos locales en el extranjero. Se aprovecharía así la experiencia positiva que en su momento se tuvo con el clúster de maquinaria agrícola.

Continúa en la página siguiente.

Espacio de mejora		Líneas de acción
C	Falta de una estrategia nacional que promueva el potencial para el desarrollo de soluciones tecnológicas en Argentina para el agro 4.0	Elaboración anual de un <i>brochure</i> del ecosistema local que permita mejorar su posicionamiento a escala global, tanto como opción para la atracción de fondos de inversión extranjeros, incubadoras y aceleradoras, como para promocionar las exportaciones de empresas locales.

4. Difusión de tecnologías del agro 4.0

Espacio de mejora		Líneas de acción
A	Falta de información y/o desconfianza hacia las nuevas tecnologías 4.0 en potenciales adoptantes.	Creación de centros de demostración y testeo (por ejemplo, <i>roadshows</i>) para que potenciales usuarios de soluciones para el agro 4.0 puedan ver el desempeño de estas en tiempo real. Aprovechamiento de los espacios de esponsorio público de eventos como ExpoAgro para visibilizar soluciones provistas por <i>startups</i> .
B	Nuevo paquete tecnológico, con costos de aprendizaje	Incentivos para la adopción de nuevas tecnologías, en línea con el modelo de BP de Córdoba

5. Infraestructura y marco regulatorio

Espacio de mejora		Líneas de acción
A	Mala conectividad en áreas rurales, lo que limita la plena utilización de herramientas 4.0.	Elaboración de estudios para diagnosticar las necesidades técnicas y las mejores vías para su abordaje sobre los aspectos de infraestructura en telecomunicaciones (oportunidad también para el Consejo de Políticas de Infraestructura) y las fallas actuales del marco regulatorio entorno a la propiedad de los datos que se generan bajo el paradigma 4.0 en general y, si correspondiese, para el vertical del agro 4.0 en particular.
B	Marco regulatorio en torno a la propiedad de los datos débil.	

Continúa en la página siguiente.

6. Gobernabilidad		
Espacio de mejora		Líneas de acción
A	Descoordinación de las acciones llevadas adelante por distintas áreas ministeriales, y entre el Estado Nacional y los estados provinciales	Consolidar la mesa de trabajo interinstitucional de agtech, haciendo hincapié no solo en la articulación entre los ministerios del Estado nacional, sino también en el eje nación-provincias y la complementación de las entidades facilitadoras del cambio tecnológico para concertar acciones y responsabilidades, y hacer seguimiento de su ejecución.



Referencias

- Abuhamad, G., Braga, C., Salvesson, C., y Stubrin, S. (2021). Inteligencia Artificial: Donde el agro argentino necesita abrirse campo. BID. Disponible en <https://blogs.iadb.org/innovacion/es/inteligencia-artificial-donde-el-agro-argentino-necesita-abrirse-campo/>
- AgFunder (2021a). Farm Tech Investment Report. Disponible en: <https://agfunder.com/research/2021-farm-tech-investment-report/>
- AgFunder (2021b). Agriculture CVC Insights Report. Disponible en <https://onrampagricultureconference.com/report>
- Akudugu, M. A., Guo, E., y Dadzie, S. K. (2012). Adoption of modern agricultural production technologies by farm households in Ghana: What factors influence their decisions. *International Institute for Science, Technology and Education*, 2(3).
- Albrieu, R., Ballesty, M., de la Vega, P., Di Crocco, F., y Allerand, M. (2020). Hacia una economía de baja proximidad física. Documento de Trabajo N°196, CIPPEC.
- Albrieu, R., Rapetti, M., Brest López, C., Larroulet, P. y Sorrentino, A. (2018). Inteligencia artificial y crecimiento económico. Oportunidades y desafíos para Argentina. Inteligencia Artificial y Crecimiento Económico en América Latina. CIPPEC.
- ARCAP (2021). Directorio de gestores de fondos de capital privado, emprendedor y semilla. Asociación Argentina de Capital Privado, Emprendedor y Semilla. Disponible en <https://arcap.org/wp-content/uploads/2021/08/2021-Directorio-ARCAP-ESP-ALTA-3.pdf>.
- Ardila, S., Ghezzi, P., Reardon, T., y Stein, E. H. 2019. Modern Agri-Food Markets: Fertile Ground for Public-Private Cooperation. En M. M. Moreira, E. H. Stein (eds.), *Trading Promises for Results: What Global Integration Can Do for Latin America and the Caribbean*. Inter-American Development Bank.
- Baldwin, R. (2016). *The Great Convergence: Information Technology and the New Globalization*. Harvard University Press.
- Banerjee, S. y Martin, S. (2008). A Binary Logit Analysis of Factors Impacting Adoption of Genetically Modified Cotton. *AgBioForum*, 12.
- Basco, A. I., Beliz, G., Coatz, D., y Garnero, P. (2018). Industria 4.0: fabricando el futuro (Vol. 647). Inter-American Development Bank.
- Bisang, R., Lachman, J., López, A., Pereyra, M. y Tacsir, E. (2022). Agtech: startups y nuevas tecnologías digitales para el sector agropecuario: los casos de Argentina y Uruguay. Banco Interamericano de Desarrollo, Nota Técnica N°2252. Disponible en: <https://publications.iadb.org/es/agtech-startups-y-nuevas-tecnologias-digitales-para-el-sector-agropecuario-los-casos-de-argentina-y>.

De Clercq, M., Vats, A. y Biel, A. (2018). Agriculture 4.0: The future of farming technology, Proceedings of the World Government Summit. UAE, pp. 11-13.

EIP-AGRI. (2015). Eip-agri focus group: Precision farming (Inf. T'ec.). European Commission. Disponible en https://ec.europa.eu/eip/agriculture/sites/default/files/eip-agri_focus_group_on_precision_farming_final_report_2015.pdf

Elijah, O., Rahman, T. A., Orikumhi, I., Leow, C. Y. y Hindia, M. N. (2020). An overview of internet of things (IoT) and data analytics in agriculture: Benefits and challenges. *IEEE Internet of Things Journal*, 5(5), pp. 3758-3773.

English, B. C., Roberts, R. K., y Larson, J. A. (2000). A logit analysis of precision farming technology adoption in Tennessee. The University of Tennessee Agricultural experiment Station, Department of Agricultural Economics.

FAO (2020). Agriculture 4.0: Agricultural robotics and automated equipment for sustainable crop production. FAO Global. <http://www.fao.org/3/cb2186en/CB2186EN.pdf>

Frey, C. B., y Osborne, M. A. (2017). The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation? *Technological Forecasting and Social Change*, 114, pp. 254-280. doi:10.1016/j.techfore.2016.08.019

IICA, BID y Microsoft. (2020). Conectividad rural en América Latina y el Caribe. Un puente al desarrollo sostenible en tiempos de pandemia. Disponible en: <https://repositorio.iica.int/handle/11324/12896>

Kamleitner, B., y Mitchell, V. (2019). Your data is my data: a framework for addressing interdependent privacy infringements. *Journal of Public Policy & Marketing*, 38(4), pp. 433-450.

Kaplinsky, R., y Morris, M. (2016). Thinning and thickening: productive sector policies in the era of global value chains. *The European Journal of Development Research*, 28(4), pp. 625-645.

Katt, F., y Meixner, O. (2020). A systematic review of drivers influencing consumer willingness to pay for organic food. *Trends in Food Science & Technology*, 100, pp. 374-388.

Lachman, J., Gómez-Roca, S. y López, A. (2022). Resultados del segundo relevamiento a empresas desarrolladoras de equipos e implementos para la agricultura de precisión. Documento de Trabajo, Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Económicas, Instituto Interdisciplinario de Economía Política (IIEP-BAIRES). En Prensa.

Lachman, J., López, A., Tinghitella, G., y Gómez-Roca, S. (2021). Las Agtech en Argentina: desarrollo reciente, situación actual y perspectivas (N° 2021-57).

Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Económicas, Instituto Interdisciplinario de Economía Política (IIEP-BAIRES).

Lachman, J., y López, A. (2018). Nuevas oportunidades y desafíos productivos en la Argentina: resultados de la primera encuesta nacional a empresas de agricultura y ganadería de precisión (N° 2018-38). Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Económicas, Instituto Interdisciplinario de Economía Política (IIEP-BAIRES).

Lezoche, M., Hernandez, J. E., Díaz, M. D. M. E. A., Panetto, H., y Kacprzyk, J. (2020). Agri-food 4.0: A survey of the supply chains and technologies for the future agriculture. *Computers in industry*, 117, pp. 103-187.

Liu, Y., Ma, X., Shu, L., Hancke, G. P., y Abu-Mahfouz, A. M. (2020). From Industry 4.0 to Agriculture 4.0: Current status, enabling technologies, and research challenges. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 17(6), pp. 4322-4334.

Lowenberg-DeBoer, J. M., y Erickson, B. (2019). Setting the record straight on precision agriculture adoption. *Agronomy Journal*.

Ministerio de Desarrollo Productivo (2021). Plan de Desarrollo Productivo Argentina 4.0. Disponible en https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/plan_de_desarrollo_productivo_argentina_4.0.vf__1.pdf

Pandit, M., Paudel, K. P., Mishra, A. K., y Segarra, E. (2012). Adoption and Nonadoption of Precision Farming Technologies by Cotton Farmers. *Agricultural & Applied Economics Association* (N° 323-2016-11350).

Rapela, M. A. (2019). *Fostering innovation for agriculture 4.0: A comprehensive plant germplasm system*. Springer International Publishing.

Roberts, R. K., English, B. C., Larson, J. A., Cochran, R. L., Goodman, W. R., Larkin, S. L., Marra, M. C., Martin, S. W., Reeves, J. M., y Shurley, W. D. (2004). Adoption of site-specific information and variable-rate technologies in cotton precision farming. *Journal of Agricultural and Applied Economics*, 36(1), pp. 143-158.

Roberts, R. K., English, B. C., Larson, J. A., Cochran, R. L., Goodman, W. R., Larkin, S. L., Marra, M. C., Martin, S. W., Shurley, W. D., y Reeves, J. M. (2002). Precision farming by cotton producers in six southern states: Results from the 2001 southern precision farming survey (N° 1767-2016-141596).

Robertson, M. J., Llewellyn, R. S., Mandel, R., Lawes, R., Bramley, R. G. V., Swift, L., Metz, N., y O'callaghan, C. (2012). Adoption of variable rate fertiliser application in the Australian grains industry: status, issues and prospects. *Precision Agriculture*, 13(2), pp. 181-199.

Saiz-Rubio, V., y Rovira-Más, F. (2020). From smart farming towards agriculture 5.0: A review on crop data management. *Agronomy*, 10(2), p. 207.

Symeonidis, I., Tsormpatzoudi, P., Preneel, B. (2015). Collateral damage of Facebook Apps: an enhanced privacy scoring model. Disponible en <https://eprint.iacr.org/2015/456.pdf>

Taddy, M. (2018). The technological elements of artificial intelligence (Working Paper n° 24301). National Bureau of Economic Research. DOI: 10.3386/w24301

Tey, Y. S., y Brindal, M. (2012). Factors influencing the adoption of precision agricultural technologies: a review for policy implications. *Precision agriculture*, 13(6), pp. 713-730.

Vitón, R., Castillo, A., y Lopes-Teixeira, T. (2018). AGTECH: Mapa de la innovación Agtech en América Latina y el Caribe. BID. <http://dx.doi.org/10.18235/0001788>

Wang, C., Zhang, N., y Wang, C. (2021). Managing privacy in the digital economy. Fundamental Research. DOI: 10.1016/j.fmre.2021.08.009.

ARGENTINA PRODUCTIVA 2030



Ministerio de
Desarrollo Productivo
Argentina