

DOSSIER

El Agro 4.0. ¿Cómo puede Argentina transformarse en líder del nuevo paradigma tecnoproductivo?

Agriculture 4.0. How can Argentina become a leader of the new technoproductive paradigm?

Jeremias Lachman

CONICET-Universidad de Buenos Aires.

jeremiaslachman@gmail.com

Hernán Braude

Coord. del Laboratorio Latinoamericano de Políticas Públicas en Ciencia y Tecnología de la UNESCO

hernanbraude22@gmail.com

Jésica Monzón

Lic. en Biotecnología, esp. en Gestión Pública, Universidad Nacional de Rosario. Secretaría de Industria y Desarrollo Productivo, Ministerio de Economía y Finanzas de la Nación, Argentina

monzonjesica@gmail.com

Santiago López

Lic. en Economía, Universidad de Buenos Aires, Argentina

Sebastián Gómez-Roca

Instituto Interdisciplinario de Economía Política, UBA, CONICET

sj.gomezroca@gmail.com

Fecha de recepción: 04/10/2022. Fecha de aceptación: 01/12/2022



URL de la revista: revistas.uncu.edu.ar/ojs3/index.php/cuyonomics

ISSN 2591-555X

Esta obra es distribuida bajo una Licencia Creative Commons Atribución No Comercial – Compartir Igual 4.0 Internacional

Resumen

Este trabajo se propone ofrecer un diagnóstico sobre las capacidades existentes y potenciales que presenta el ecosistema de innovación ligado al Agro 4.0 en Argentina. El estudio se llevó adelante a partir del relevamiento de información primaria y secundaria (datos estadísticos y documentos), tanto a nivel internacional como nacional; y de la conducción de entrevistas con empresas de larga trayectoria en el país y otras de reciente creación (*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. Los resultados del estudio señalan que el ecosistema local del Agro 4.0 se encuentra en proceso de maduración, como actores que disponen amplias capacidades tecnológicas. Sin embargo, hay poca articulación entre los diversos actores (*e. g.*, instituciones de ciencia y técnica) y las empresas. El trabajo identifica diversos espacios de intervención públicos y de cooperación público-privado.

Palabras clave: transformación digital, agricultura, recursos naturales, innovación

Abstract

The objective of this work is to offer a diagnosis of the existing and potential capacities in the Argentinean Agro 4.0 innovation ecosystem. The study was carried out using primary and secondary sources of information, both at the international and national levels. We also interviewed a wide range of local referents, among them companies' and startups' CEOs, leaders of research teams from science and technology institutions, other stakeholders and policy makers at the national and provincial level. The results of the study indicate that the local ecosystem of Agro 4.0 is in the process of maturation, as actors that have extensive technological capabilities. However, there is little articulation between the various actors -*e.g.*, S&T institutions and companies. The work identifies various spaces for public intervention and public-private cooperation.

Keywords: digital transformation, agriculture, natural resources, innovation

Journal of Economic Literature (JEL): L70, O13, O14

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 (*e. g.*, inteligencia artificial, *big data*, internet de las cosas, etc.), las cuales tienen la capacidad de modificar el modo según 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 conjunto de los sectores económicos, esta transformación del entramado productivo global (Peerallya et al., 2022) también ingresó a las actividades de base biológica, como sería el caso de la agricultura o la ganadería.

Tal como se discutirá más adelante, el concepto de Agro 4.0 se refiere al uso de las tecnologías emergentes recién mencionadas para el desarrollo de servicios o productos para su aplicación en las cadenas de valor de la agricultura, la ganadería y las demás actividades productivas de base biológica. La región de América Latina en general, y Argentina en particular, ha sido testigo de un importante florecimiento de empresas que se ubican en este nuevo segmento de mercado (Lachman et al., 2021; Lachman y López, 2022). De hecho, relevamientos recientes muestran que en el país hay más de un centenar de estas empresas, muchas de las cuales pudieron llevar sus operaciones a escala regional o global.

Este trabajo se propone ofrecer un diagnóstico sobre las capacidades existentes y potenciales que presenta el ecosistema argentino para poder ampliar las posibilidades de desarrollo de este segmento de negocio en procesos de conformación. 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 ya consolidadas en el mercado local y a empresas de reciente formación (*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.

El trabajo se organiza en cinco secciones. Luego de esta introducción se presenta el concepto de Agro 4.0 y se destacan sus aplicaciones en el ámbito productivo y su proceso de creación de valor. En la siguiente sección se presenta la metodología

que sustenta los resultados alcanzados en esta investigación. A continuación, se caracteriza el entorno competitivo haciendo hincapié en las estrategias empresarias de los jugadores más importantes a escala global, ya sean las grandes corporaciones con larga trayectoria en el sector del agro y afines o bien los nuevos incumbentes y los fondos de capital de riesgo. Posteriormente, se describe y analiza al ecosistema argentino, desde las capacidades empresarias existentes hasta las del subsistema científico-tecnológico. Para finalizar, se ofrecen las conclusiones del trabajo y recomendaciones para la política pública.

El concepto de Agro 4.0: aplicaciones y creación de valor

El concepto de Agro 4.0¹ 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 estos bienes de base biológica. De forma estilizada, la capacidad de captar datos (en este caso, provenientes del mundo físico), su almacenamiento, la capacidad de procesamiento y, en particular, la aplicación con fines productivos de inteligencia artificial, pasan a ser ejes centrales del nuevo modelo tecnoproductivo. La tabla 1 muestra de forma sintética los diversos espacios de generación de valor a partir de la irrupción de este nuevo paradigma.

Tabla 1. La creación de valor a partir de tecnologías 4.0 en la cadena del agro

Aplicaciones upstream del proceso productivo	Micro-ambientación y segmentación	Automatización, control y aplicación variable	Monitoreo de cultivos y/o ganado	Aplicaciones downstream
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, etc.; aplicación selectiva, rastreo de tareas prescritas; control de BP..	Monitoreo de rendimientos; monitoreo de tasa de conversión en ganado; detección temprana de plagas y enfermedades.	Logística; trazabilidad; contratos inteligentes; crowdfunding. Aplicaciones en acopios, industria de alimentos, etc.
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.
IA, Big data, Cloud, Analytics, Simulación de entornos.	IA - Análisis de big/small data - Conectividad y Cloud - Simulación de entornos - Robótica avanzada y sistemas embebidos - Analytics			Blockchain, IA, Cloud, Simulación entornos.
Grandes players, algunas startups (e.g. EIIWA, Agrofy, AgroDisponible, S4, Auravant, etc.)	Grandes players y startups (Auravant, Taranis, GeoAgro, Kilimo, etc)	Grandes players de MA, GeoAgris, Acronex, Plantium, AC, Agrospray	Grandes players y startups (Auravant, DigiRodeo, Taranis, etc.)	ZoomAgri, Carnes validadas, Avancargo, Humber, Pago Rural, AgroToken, etc.
tranqueras afuera	en la finca			tranqueras afuera

Fuente: Lachman et al. (2022).

¹ La aplicación de las tecnologías 4.0 tiene impacto en todas las actividades productivas de orden biológico. Sin embargo, en este trabajo nos focalizaremos con mayor 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, nos vamos a referir a estas actividades productivas simplemente por el término de “agro”.

En términos generales, las tecnologías 4.0 pueden ser aplicadas en los procesos productivos a campo (es decir, en las fincas) o bien 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 (de manera creciente 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 (*e.g.*, 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.

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. De allí que estas tecnologías estén también asociadas a un uso mucho más eficiente de los insumos productivos, lo que reduce el impacto ambiental de la actividad (Saiz-Rubio y Rovira-Máss, 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 o estándares ambientales, elemento central para la competitividad de la agricultura moderna (Ardila et al., 2019; Katt y Meixner, 2020).

En este vertical confluyen centralmente desarrollos basados en Internet de las cosas (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. Esta reconfiguración también alcanzaría al desarrollo de tareas no rutinarias basadas en habilidades manuales o cognitivas.

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 acelerada².

El monitoreo de procesos a campo también puede 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 a cabo en condiciones climáticas adecuadas (*e. g.*, la fumigación en condiciones de altas ráfagas de viento es ineficiente³).

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 al proceso de innovación en el desarrollo de nuevos insumos⁴ (*e. g.*, semillas, fertilizantes, herbicidas, etc.) como también para 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, mediante las cuales se generan indicadores para el seguimiento de cultivos experimentales (vende estos servicios tanto en Argentina como en Brasil y Estados Unidos). En paralelo, y tal como profundizaremos más adelante, las empresas de insumos también se valen de plataformas digitales que emplean tecnologías 4.0 para apuntalar sus procesos de venta y posventa de insumos, y así logran una mayor fidelización de sus clientes.

En el *downstream* emergen variadas aplicaciones de tecnologías 4.0. Entre las 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 también diversas aplicaciones en el proceso de monitoreo y comercialización en poscosecha. Por ejemplo, la *startup* argentina ZoomAgri, a partir de sensores y algoritmos de IA, brinda servicios en la detección de variedades de cebada para la industria cervecera, así como también para la deter-

2 Tal como se profundizará en el apartado 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 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.

3 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 las autoridades gubernamentales. Por ejemplo, la aplicación de herbicidas podría monitorearse mediante estas herramientas y así garantizar en tiempo real que el uso de estos productos químicos no ocurra en zonas aledañas a residencias, escuelas, etc.

4 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 (*e. g.*, manufactura aditiva, simulación de entornos virtuales, etc.).

minación de la calidad física de granos de cebada y soja (brinda estos servicios tanto en Argentina como en la región de AMLAT, 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 tanto en Argentina como en el mundo, 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 (*e. g.*, la ganancia de peso, el consumo de agua, las distancias recorridas, etc.), 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 (*e. g.*, 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.

Abordaje metodológico

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 ya consolidadas en el mercado local y empresas de reciente formación (*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. Se emplearon cuestionarios semiestructurados, se grabó y luego transcribió lo conversado en todos los casos⁶. Con respecto al relevamiento de las estrategias ligadas al mundo 4.0 llevadas a

5 Dado que la transformación tecnológica que vienen experimentando las actividades productivas de base biológica es tan grande, incluyendo desarrollos propios de las ciencias biológicas, la biotecnología moderna, etc., consideramos que resulta pertinente especificar sintéticamente el recorte analítico considerado en este estudio. De forma estilizada, en el trabajo nos estaremos focalizando al hablar de Agro 4.0 en desarrollos tecnológicos emergentes basados en “datos”, los cuales podrán aplicarse a mercados de agronegocios (*e. g.*, mediante plataformas de intercambio de *commodities*, la adquisición de insumos, etc.), el desarrollo de *software* de gestión agrícola (incluyendo dispositivos de captura de datos o *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* (*e. g.*, orientados a proveer trazabilidad, servicios de logística, etc.). De este modo, se excluye de nuestro 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, etc.).

6 El trabajo de campo se realizó en el marco del proyecto “Consultoría en Estimación de las características de la oferta y demanda de tecnologías para la transformación digital en tres cadenas de valor argentinas” por encargo del Ministerio de Desarrollo Productivo de la Nación en el año 2021.

cabo por las grandes corporaciones del sector, utilizamos información secundaria que abarcó a 15 de las mayores corporaciones⁷ del sector con fuerte presencia en el mercado local de cultivos extensivos.

Esta técnica representa una herramienta eficaz para responder por qué y cómo han ocurrido las cosas (Yin, 2009). Los abordajes cualitativos son particularmente útiles cuando el problema que se analiza es complejo y existen múltiples fuentes de causalidad y colinealidad entre las variables. En este escenario, esta metodología puede ayudar a comprender por qué los diferentes actores siguen ciertas estrategias y sus razones para hacerlo.

El trabajo de campo fue realizado entre agosto de 2021 y febrero de 2022. Incluyó más de 25 entrevistas a actores que están directamente involucrados en la toma de decisiones (ya sea en empresas, aceleradoras, incubadoras, instituciones de CyT, productores agropecuarios, etc.), así como también al menos 7 entrevistas semiestructuradas con otros expertos locales. Estas entrevistas adicionales nos ayudaron con el análisis de la naturaleza y la dinámica del ecosistema Agro 4.0, así como con la identificación de las principales oportunidades y obstáculos que enfrenta el sector en Argentina.

El entorno competitivo: las estrategias empresariales de los grandes jugadores internacionales en el mundo del Agro 4.0

El rol de las empresas incumbentes: las grandes corporaciones de insumos biotecnológicos y de maquinaria agrícola⁸

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, desde hace unos años estos actores comenzaron a conformar *venture capitals* corporativos, de forma tal de invertir en emprendimientos independientes basados

⁷ 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, etc. Estas empresas si bien son grandes a nivel local, resultan ser sensiblemente más pequeñas —*e.g.*, en términos de facturación, empleo, gastos anuales en I+D, etc.— que el resto de las corporaciones acá estudiadas.

⁸ Esta subsección se elaboró a partir de información pública de las grandes corporaciones del sector (*e.g.*, reportes anuales) y de entrevistas con referentes locales del sector. También se realizaron diversas búsquedas en Internet sobre anuncios de inversiones, fusiones y adquisiciones llevadas a cabo por estas empresas entre los años 2015 y 2021.

en tecnologías 4.0 con potencial de crecimiento de cara al futuro. Esta estrategia, además de haberles reportado, eventualmente, ganancias económicas, acceso a nuevas tecnologías, etc., contribuyó al crecimiento de empresas independientes, posicionándolas como fuentes de financiamiento para el capital emprendedor.

Por otro lado, estos actores también se han convertido en protagonistas en el desarrollo y oferta de tecnologías 4.0. Sobre este aspecto centramos la discusión en la presente subsección, a partir del relevamiento de información secundaria que abarcó a 15 de las mayores corporaciones del sector con fuerte presencia en el mercado local de cultivos extensivos. En la tabla 2 se listan estas empresas y se destacan algunos elementos ligados al tipo de servicios 4.0 que ofrecen, cómo desarrollan estas tecnologías (*in-house* o mediante la adquisición de otras empresas), y si disponen de plataformas para la integración de datos entre sí.

Como principal hecho estilizado que emerge de la tabla 2, se destaca que todas las empresas ofrecen algún tipo equipamiento o servicio basados en tecnologías 4.0. Las empresas de maquinaria agrícola e implementos iniciaron relativamente antes que las firmas biotecnológicas 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.

Tanto las empresas de maquinaria agrícola como las de insumos biotecnológicos para el sector lanzaron al mercado sus plataformas para la gestión de datos generados a campo entre 2017 y 2019, en promedio⁹, años para los cuales la oferta de estas tecnologías por parte de empresas independientes ya estaba relativamente establecida 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 y a partir de la apertura de divisiones internas para el desarrollo o proceso de mejoras de las plataformas. El lanzamiento de plataformas digitales por parte de estas empresas estuvo directamente orientado, al menos en su etapa inicial, a 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 (*e. g.*, la duración de una campaña). A su vez, en estas plataformas digitales los productores pueden acceder a herramientas de prescripción que se ajustan a la cartera de productos que venden estas 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.

⁹ 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.

Tabla 2. Las empresas incumbentes y el Agro 4.0 (período 2015-2021)

	Negocio core	Oferta 4.0	Desarrollo In-house	Adquisiciones de empresas del mundo Agro 4.0	Integración de datos ¹⁰
Syngenta	Biotecnología	Cropwise seed selector, AgriEdge, Estación experimental	Departamento de IT y Digitalización	Cropio, Strider, FarmShoots	
Bayer	Biotecnología	Fieldview	Digital Excellence Council, Hubs de digitalización en Polonia y Alemania para agro	Monsanto (The Climate Corporation)	
BASF	Biotecnología	Xarvio, Intelligent Planting System y Smart Spraying en JV con Bosch	Departamento de IT junto a Bosch (en Colonia, Alemania)	Xarvio, ZedX	Bosch BASF Smart Farming (BBSF) GmbH
Corteva	Biotecnología	Corteva Flight, Mi Lote	Sí, en formación		
Pioneer	Biotecnología	Granular	Sí	Granular	
Don Mario	Biotecnología	DonMario Exacto, OPTIMUS (beta)	Sí, en formación		Los datos de Exacto se cargan sobre una plataforma externa que integra muchas empresas (CropChain)
Bioceres	Biotecnología	Okaratech	No, en alianza con Okaratech		
Yara	Biotecnología	CheckIT, Tankmix, N-Tester, N-Sensor y Atfarm	Sí		
John Deere	Maquinaria agrícola	Plataforma MyJohnDeere	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	My NH	Sí		
Case IH	Maquinaria agrícola	My Case IH y AFS Connect	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 a partir de información pública de las empresas proveniente de diversas fuentes

¹⁰ “Integración de datos” se refiere a programas conjuntos de una o más plataformas que permiten utilizar datos de diversas fuentes como insumos, por ejemplo, DataConnect integra los datos de todas las maquinarias de múltiples empresas, lo que permite al usuario un manejo mucho más sencillo y rápido de la información generada en su campo.

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 recolectan de sus usuarios también tiende a ser utilizada para lograr su fidelización. 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 amplia mayoría de las empresas analizadas dispone hoy de divisiones *in-house* para el desarrollo de estas herramientas. Si bien las firmas de maquinaria agrícola ya disponían de centros de I+D ligados al desarrollo tecnológico de robots inteligentes, IoT, etc., 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, en 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, *machine learning*, etc. al centro llamado Life Sciences iHUB, ubicado en Silicon Valley, y en Langenfeld, Alemania, en 2020 comenzó a implementar una estrategia de relocalización de estos programas. De este modo, en 2021 Bayer anunció la apertura de un *hub* Varsovia, Polonia, que estará focalizado únicamente en tecnologías 4.0. Allí trabajarán aproximadamente 400 personas, entre ellos expertos en IA, ingenieros de *software*, programadores *full-stack* y científicos e ingenieros de datos, entre otros.

En paralelo a la adquisición de empresas independientes y al desarrollo *in-house* de tecnologías 4.0, empresas como John Deere, AGCO, Syngenta y Bayer, entre otras, llevan una agenda muy dinámica en lo que respecta a fomentar el desarrollo emprendedor. Esta estrategia suele materializarse en la participación de estas corporaciones en programas de incubación y aceleración de emprendimientos, algunos de los cuales pueden estar asociados a espacios universitarios y *research parks*.

En síntesis, las empresas ya posicionadas en segmentos específicos de mercado ligados a la provisión de insumos para el sector agrícola encontraron 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. En particular, las plataformas digitales se convirtieron en espacios importantes para la prestación de servicios de venta y posventa, y, de este modo, contribuir con la fidelización de clientes.

El rol del capital emprendedor y las *startups*

Las inversiones de capital de riesgo (CR) en el segmento de emprendimientos basados en tecnologías disruptivas para el sector agrícola vienen experimentando un proceso de fuerte crecimiento desde 2013, tendencia que se aceleró en el 2020, cuando alcanzó la cifra global de 7.900 MUSD (un 41 % más que lo reportado en 2019) (AgFunder, 2021). Sin embargo, este sector constituye un nicho pequeño dentro del universo de las inversiones globales de (CR): en 2015 representó el 1,6 % de las operaciones concretadas (o *deals*), y en 2020, el 2,7 % (AgFunder, 2021). De todos modos, cabe destacar que el ritmo de crecimiento del sector agrícola —ya sea en términos de *operaciones concretadas* como de monto total captado— es mayor que el promedio de las inversiones en general de los CR. En simultáneo, y 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 atraviesan etapas avanzadas de crecimiento.

Tal como resulta esperable, EE. UU. es el líder en términos de la captación de financiamiento de CR en el vertical de agro, concentra aproximadamente 4.000 de los 7.900 MUSD 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)¹¹, con el 19 y el 16 %, respectivamente, y lo restante se divide entre América Latina y África. De forma alternativa, si se analiza la ubicación geográfica de las operaciones concretadas en este sector, EE. UU. concentra el 38 %, Europa y Asia en segundo lugar —destaca aquí India (9 %) y China (6 %)—, 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 captación de fondos y de número de operaciones concretadas, habiendo captado en 2020 casi 70 MUSD (por encima de países como Japón, Australia o Suecia), a través de 18 *deals* reportados por AgFunder (2021).

¹¹ Israel es otro país de gran peso en este vertical, ocupa el sexto puesto a escala internacional en la captación de fondos en términos de montos, y el quinto puesto en cantidad de *deals*. Esto ubica al país por arriba de otros países líderes en este vertical, como Reino Unido o Países Bajos.

Los emprendimientos de biotecnología aplicada al agro y las empresas que desarrollan sistemas de agricultura novedosos (*e. g.*, equipamiento para cultivos hidropónicos, granjas verticales, etc.) lideraron los montos captados en rondas de inversión. Dentro del mundo 4.0, los emprendimientos que desarrollan plataformas de *e-commerce* y aquellos abocados al desarrollo de *software* o equipamiento para la gestión basada en datos en el agro fueron los que recibieron más fondos. 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, quienes en promedio obtuvieron 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 *operaciones concretadas* superior al promedio (AgFunder, 2021).

Los CR más activos en las inversiones sobre el sector del agro en el año 2020 provinieron de países de ingresos altos (EE. UU, Europa y Asia). La tabla 3 presenta los cinco mayores inversores, con la ubicación geográfica de sus oficinas centrales y el número de inversiones en este vertical para el mencionado año.

Tabla 3. Fondos de inversión con mayor actividad en el vertical de agro

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

Fuente: elaboración propia a partir de AgFunder (2021).

Con relación al universo de *corporate venture capital* (CVC) —es decir, inversiones en capital emprendedor provenientes de fondos conformados por una o más grandes corporaciones económicas—, se verifica un patrón de crecimiento similar al de las inversiones de CR (AgFunder, 2021). Dentro de los mayores representantes de este grupo se pueden destacar los casos de Cargill, Syngenta Ventures, FMC, ADM, BASF y Leaps de Bayer. La tabla 4 que figura a continuación presenta la evolución en términos de *operaciones* concretados por cada una de estas corporaciones.

Tabla 4. Evolución en la cantidad de operaciones concretadas entre los mayores CVC a escala global

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

Fuente: elaboración propia a partir de AgFunder (2021).

Al igual que los 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 —*e. g.*, inversiones en Serie C (típicamente entre 50 y 100 MUSD) o incluso en Serie D (más de 100 MUSD).

De forma estilizada emergen una serie de patrones en la estrategia de inversión de estas grandes corporaciones. Si bien no de forma exclusiva, estas empresas suelen invertir mayoritariamente en *startups* que desarrollan tecnologías ligadas a sus negocios *core*. De este modo, 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, etc. En algunos casos, estas inversiones a través de CVC de forma conjunta a la firma de acuerdos para el desarrollo tecnológico pueden representar la antesala de la adquisición de estas empresas.

Tal fue el caso de Prospera, una compañía fundada en el 2014 en Israel, que provee servicios para cultivos extensivos e intensivos a través del análisis de datos e IA. Las capacidades tecnológicas desarrolladas *in-house* en materia de *big data* e IA 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. A finales de 2020 fue adquirida por la estadounidense Valmont Industries—firma líder en el desarrollo de equipos de riego para la agricultura— por 300 MUSD. Esta firma norteamericana ya había invertido en Prospera y firmado convenios para el codesarrollo de tecnologías de gestión en el uso del agua.

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 en el mundo 4.0, fueron estas firmas las que primero identificaron aquellas oportunidades de negocio, para que luego las corporaciones del sector entraran a competir.

A su vez, a partir de una gestión de los procesos de innovación más ágil —en comparación con los procesos y aprobaciones típicamente necesarios en las corporaciones—, una misma firma puede estar enfocada en múltiples espacios de la generación de valor (tabla 4) y luego especializarse en nichos específicos.

Ejemplo de ello es Indigo Agriculture, una empresa radicada en EE. UU., que también cuenta con oficinas en Argentina. Fue la *startup* que mayor financiamiento captó en el 2020 (360 MUSD). Se originó en 2014 a partir de desarrollos biotecnológicos —en particular, avances en microbiológicos aplicados a semillas— y avanzó luego a brindar servicios digitales. Sin embargo, la apuesta distintiva de cara al futuro está 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 y hacerse acreedores de bonos de carbono para luego intercambiarlos en el mercado.

Los mismos productores son muchas veces parte del equipo fundador, pero la disponibilidad de fondos de VC o de CVC es central para el despliegue y crecimiento de estas empresas. Muestra de esto es el caso de Farmers Business Network (FBN), una de las firmas de Marketplace y gestión agrícola de mayor crecimiento en EE. UU. 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. La propuesta de valor de la empresa está orientada a promover la transmisión de información entre productores —de forma anónima—, para, de este modo, identificar los planteos agronómicos óptimos, los mejores precios para la compra de insumos, etc. La firma fue fundada en el 2014 a partir de un grupo de productores, y en 2020 recibió inversión por 250 MUSD, entre otros, del fondo Blackrock.

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 el 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 el 2015 en el cual se pueden comprar y vender diversos productos/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.

Estrategias empresarias en el Agro 4.0: implicancias para la política pública

A partir del trabajo de campo llevado a cabo resulta posible estilizar el interés creciente por parte de las corporaciones del sector agrícola en las tecnologías 4.0, que se ha plasmado en tres estrategias 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 o capacidades tec-

nológicas 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 estables¹².

Esto abre dos ventanas de posibilidades para los países en desarrollo, como es el caso argentino. En primer lugar, resulta evidente que empresas argentinas de insumos para el sector —ya sean 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 las empresas semilleras argentinas Don Mario y Bioceres, mediante la alianza con terceras partes (Lachman et al., 2022). Como se discutirá en la siguiente sección, son pocas las empresas del ámbito local que han iniciado de forma sostenida actividades para incorporar tecnologías 4.0 complementariamente a los productos *core* que ofrecen¹³.

En segundo lugar, aquellos países que tienen 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* 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 —*e. g.*, 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 o validación de las tecnologías (*e. g.*, en universidades, centros tecnológicos, etc.), participar en espacios de incubación o aceleración. Pero, por sobre todas las cosas, poder captar el financiamiento requerido para 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

12 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, focalizaron las inversiones en montos elevados en pocas empresas.

13 Se recomienda leer la nota publicada en <https://blogs.iadb.org/innovacion/es/inteligencia-artificial-donde-el-agro-argentino-necesita-abrirse-campo/> para mayores precisiones.

la generación de capacidades tecnológicas en estas *startups* (e. g., 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*. Atraer el interés de los fondos de CVC y “curar” estratégicamente a 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.

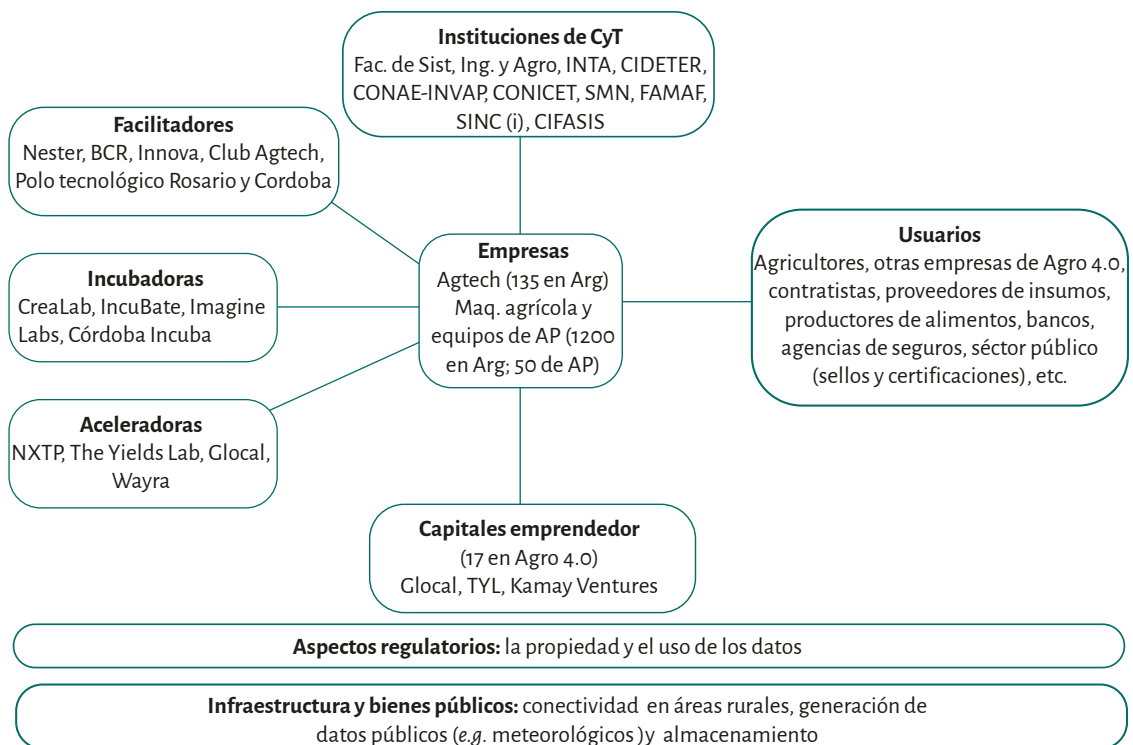
La contracara de este proceso es que, dado el rol preponderante que tienen las grandes corporaciones del sector en el diseño del paquete tecnológico que luego aplican los productores, el espacio para el desarrollo de empresas independientes de Agro 4.0 puede verse amenazado en el futuro, al menos en 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 un corto período, aventajar a competidores independientes. No obstante, las empresas independientes, cuyas capacidades productivas centrales están radicadas en los campos tecnológicos que constituyen al mundo 4.0 —e. g., *big data*, IA, IoT, etc.— podrían diferenciarse de estas grandes corporaciones a partir del desarrollo de servicios más potentes y versátiles, mas no anclados a algún set de productos preexistentes.

Al tratarse de un paradigma tecnoproductivo en ciernes, la definición de estas tensiones está aún abierta. Esto sugiere que la orientación de las políticas públicas podría estar dirigida tanto al desarrollo emprendedor como a la atracción de las firmas globales con el fin de que instalen en el país sus centros de I+D para el desarrollo de tecnologías 4.0 para el sector.

El ecosistema argentino del Agro 4.0: actores, capacidades y dinámicas

El ecosistema argentino del Agro 4.0 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 1 presenta de forma estilizada a los principales actores que inciden en la competitividad de todo el sistema. Y a continuación se describe su composición.

Figura 1. Ecosistema del Agro 4.0 en Argentina



Fuente: elaboración propia a partir de Lachman et al. (2021) y Lachman et al. (2022).

El subsistema empresarial: firmas de *agtech* y de equipos para la agricultura de precisión

Se considera empresas *agtech* 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 agricultura de precisión* (AP) son aquellas que desarrollan implementos luego utilizados a campo en el marco del paradigma de Agro 4.0.

El sector *agtech* en Argentina abarca a 135 emprendimientos, que en su conjunto dispondrían de ingresos para el año 2021 por 40 MUSD y emplean a 1.300 trabajadores (Lachman et al., 2021; 2022). Por su parte, el segmento de equipos de AP está conformado por cincuenta empresas¹⁴, que dispondrían —según una estimación propia— de ingresos por 76 MUSD por la venta de estos dispositivos electrónicos (con ingresos totales de 188 MUSD) y emplearían a 2.193 trabajadores. En otras pa-

¹⁴ Cabe destacar que, según las estadísticas de la Fundación CIDETER, en el país hay cerca de 1.200 empresas de maquinaria agrícola (incluyendo a las mencionadas de equipos de AP), de las cuales el 50 % son ensambladoras y el resto son de agrocomponentes (es decir, que desarrollan diversos insumos para la industria, como dispositivos electrónicos, mecánicos, etc.).

labras, se trata de un universo empresario de poco menos de 200 empresas, que en total emplean a unas 3.500 personas y que para el año 2021 alcanzarían una facturación de 116 MUSD.

Tabla 5. Rasgos estructurales de las empresas incluidas dentro del paradigma Agro 4.0

Agtech	Aquiños de AP
▶ Encuesta 2019-2020: padrón 135 empresas (fuente diversas)	▶ Encuesta 2019-2020: paron 50 empresas (fuentes diversas)
▶ Respuestas: 59 empresas (de 63) con servicios Agtech como actividad principal	▶ Respuestas: 36 empresas
▶ Con ingresos al momento de la encuesta: 86%	▶ Todas con ingresos al momento de la encuesta
▶ Ingreso medio 2018 = USD 375.000 ▶ Top 3= 47% de las ventas ▶ Top 10 = 81% de las ventas	▶ Ingreso medio 2018 = USD 1.470.000 ▶ Top 3= 46% de las ventas ▶ Top 10 = 90% de las ventas
▶ Promedio: 10 trabajadores	▶ Promedio: 45 trabajadores
▶ 80% profesionales , 17% de ellos con posgrado	▶ 52% profesionales , 16% de ellos con posgrado
▶ El 41% exportó en los últimos 3 años	▶ El 66% exportó en los últimos 3 años
▶ Gasto en I + D/Ventas de firmas con ingresos: 41%	
▶ Inicio de actividades: 50% luego de 2015	▶ Inicio de actividades: 64% antes del 2000, 6% luego de 2010
▶ Casi todas capital nacional	▶ 92% de capital nacional ▶ 42% Buenos Aires (45% sumando CABA), 29% Córdoba y 17% Santa Fe.
▶ 43% opera desde CABA	
	▶ 94% de las empresas recolecta datos. De estas: ▶ 53% brindan ervicios con estos datos ▶ 50% tienen acceso a ellos (55% los usan para propia innovación

Fuente: elaboración propia a partir de Lachman et al. (2021) y Lachman et al. (2022).

En relación con los emprendimientos *agtech*, prestan una gran diversidad de servicios, cubriendo los diversos segmentos identificados en la tabla 1, aunque con una mayor preponderancia de los servicios aplicados tranqueras adentro. Estas firmas utilizan diversas fuentes de datos —*e. g.*, 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 IA, son utilizados como insumo para la generación de diversos tipos de servicios, por lo general prestados a través de plataformas digitales —*e. g.*, aplicaciones móviles—.

La amplia mayoría de estas empresas tienen al *agtech* como su principal unidad de negocio. Si bien para 2018 el ingreso promedio fue de 375.000 USD, el relevamiento muestra una fuerte concentración de los ingresos en las mayores firmas, donde las tres más grandes juntan el 47 % del total. A su vez, un número no menor de las empresas relevadas para el momento de la encuesta no había reportado ingresos.

Las empresas de equipos de AP desarrollan diversos tipos de dispositivos electrónicos o electromecánicos que 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 que los de los emprendimientos *agtech*, y también es posible destacar cierta concentración de estos en las empresas más grandes. Asimismo, 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 del 2015, más del 64 % de las empresas de equipos de AP lo hizo antes del 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, el 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 EE. UU., México y España.

Ambos grupos de empresas se caracterizan por sus grandes 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 incluso con experiencia en investigación académica. Los equipos de desarrollo de estos servicios basados en tecnologías emergentes suelen tener un fuerte componente multidisciplinario —incluyen ingenieros agrónomos, físicos, matemáticos y diversos profesionales con habilidades avanzadas de programación—.

El desarrollo de los equipos o servicios involucrados dentro del paradigma del Agro 4.0 tiende a 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 testeado de la tecnología ocurre lo más pronto posible, para luego conocer, a partir de los usuarios, qué aspectos de la propuesta aportan valor y cuáles son los más importantes para 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 IA, etc., 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 CyT aplicadas al agro, cámaras de empresas, etc. 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 testeado de tecnologías. A pesar de esto, instituciones tales como INTA¹⁵, CREA¹⁶ o AAPRESID¹⁷ 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 cuanto a los principales obstáculos para el surgimiento y la consolidación de estas empresas cabe destacar algunos de entorno y otros más propios del ecosistema. Respecto de los primeros, sobresalen los efectos no deseados de la política cambiaria. Dado que muchos de los trabajadores especializados en las áreas de programación, *big data*, IA, etc. son requeridos para trabajar para empresas en el extranjero, la brecha cambiaria refuerza la desventaja de las firmas locales en la competencia por esos recursos.

También resalta la relativa escasez de capital de riesgo más allá de la etapa conocida como de capital semilla, fenómeno que pone al ecosistema emprendedor local en desventaja respecto no solo a otros países desarrollados, sino también a pares regionales como Brasil. 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 —*e. g.*, radicando el *holding* en el extranjero—.

Con relación a los problemas del ecosistema, se destaca: i) la poca permeabilidad del sistema de CyT para interactuar a la hora de recibir asistencia en el desarrollo de tecnologías, con valiosas excepciones como el INTA Manfredi; ii) la baja integración para el desarrollo conjunto de tecnologías entre las empresas del ecosistema o para el aprovechamiento de oportunidades comerciales específicas¹⁸, y

15 Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

16 Consorcios Regionales de Experimentación Agrícola.

17 Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa.

18 Paradójicamente, al momento de finalización de este trabajo se encuentra abierta una convocatoria para impulsar la digitalización e innovación del sector de maquinaria agrícola argentino

iii) los bajos niveles de adopción de estas tecnologías 4.0. Estos elementos se abordan con mayor detalle en la sección final del trabajo.

El capital de riesgo

En el año 2021 en Argentina se identificaron 28 fondos de capital emprendedor¹⁹. Dentro de estos fondos, más de la mitad (17) tienen entre sus sectores de interés a la agricultura, e incluso dos de ellos (Glocal y The Yield Lab) se concentran exclusivamente en esta actividad.

Glocal es una aceleradora ubicada en Rosario que comenzó sus actividades en el año 2018 y administra dos fondos por un total de 11 MUSD. Actualmente cuenta con diez inversiones en portfolio en los emprendimientos Auravant, Kilimo, Agrofy, Zoomagri, Eiwa, Nanótica, Rubikia, Circular, Simpleat y Ucrop.it. Glocal realiza inversiones de entre 25.000 y 500.000 USD en semilla, preserie A y serie A. La aceleradora es una de las diez que participan del Fondo Aceleración del Ministerio de Desarrollo Productivo en el marco del FONDCE. Bajo este programa realizaron seis inversiones por 275.000 USD, 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 sector de interés a la agricultura. Cuatro de estos CVC operan en Argentina: Kamay Ventures, Globant Ventures, Grupo Murchison y Softbank Latin American Fund. De todas maneras, solo uno (Kamay Ventures) ha realizado inversiones en el vertical del Agro 4.0 (ARCAP, 2021).

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. 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 de entre 50.000 y 300.000 USD.

El relevamiento realizado por ARCAP muestra que el ecosistema nacional dispone de una nutrida oferta de fondos de inversión. Sin embargo, en el país aún no

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.

¹⁹ Directorio de Gestores de Fondos de Capital Privado, Emprendedor y Semilla elaborado por la Asociación Argentina de Capital Privado, Emprendedor y Semilla (ARCAP, 2021).

han ingresado los VC y CVC más grandes a escala global, que lideran la agenda de inversiones en el vertical de Agro 4.0. Su importancia radica, fundamentalmente, en que proveen financiamiento por volúmenes mucho mayores que los disponibles en el país, y a la vez contribuyen al desarrollo de las empresas a partir de ampliarles la red de contactos, facilitarles nuevos canales de comercialización, etc. Si bien esto implica 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 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 parece estar más asociada al fortalecimiento del ecosistema local y a las condiciones que se pueden establecer para las *startups* potencialmente coinvertidas con fondos públicos.

Instituciones de CyT de apoyo al ecosistema

En esta subsección se presentan los resultados del relevamiento llevado a cabo entre las principales instituciones públicas (o público-privadas) de CyT que apoyan al desarrollo tecnológico del ecosistema. Para esto se indagó sobre las capacidades tecnológicas existentes en cada caso, sus principales líneas de acción vinculadas con el Agro 4.0, así como también las eventuales limitaciones que el subsistema enfrenta para desempeñar un rol más activo. En la tabla 6 se presentan con detalle las principales instituciones, sus líneas de acción y las capacidades tecnológicas que disponen. A continuación, se estilizan los principales patrones que emergieron de este relevamiento.

En su conjunto, los centros cuentan con capacidades para:

- ▶ Desarrollar y transferir nuevos algoritmos, *software* y *hardware* (incluyendo *big data*, IA, IoT, robots autónomos, etc.); 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 RR. HH. en áreas específicas del conocimiento científico, 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.

Tabla 6. Principales instituciones de CyT y sus líneas de acción

Centro	Dependencia	RR. HH.	Capacidades de I+D+i
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
CIDETER	Iniciativa público-privada (Ministerio de Producción de Santa Fe y empresas del clúster de Las Parejas)	14 personas en 3 departamentos: - 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/exportación. Desarrollo de prototipos; modelos para matrices; digitalización 3D y simulaciones, entre otros
Servicio Meteorológico Nacional (SMN)	Secretaría de Ciencia, Tecnología y Producción del Ministerio de Defensa de la Nación	Más de 30 personas en dos áreas: Observación y Modelación (meteorólogos, físicos, químicos e ingenieros) y 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. Modelación de distintas predicciones a partir de la observación de los datos
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)	Generación de datos útiles para los proveedores de servicios o productos 3.0 y 4.0. El proyecto SAOCOM se basa en dos satélites que, a través de tecnología de radar, generan diariamente datos y mapas sobre la humedad del suelo; información sobre rendimiento de cultivos; alertas sobre proximidad de plagas y crecidas de ríos; modelos de elevación de terreno; etc.
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. Estudios sobre la interacción entre atmósfera y suelo, sobre la humedad del suelo y predicción de sequías e inundaciones, entre otros
Facultad de Matemática, Astronomía, Física y Computación (FAMAF)	Universidad Nacional de Córdoba (UNC)	4 personas en el Centro de Cómputo de Alto Desempeño (CCAD) 32 personas en el grupo de Inteligencia Artificial	Servicios de cómputo de alto desempeño; desarrollo de prototipos en <i>machine learning</i> (posee una plataforma que permite realizar <i>fine tuning</i>) y desarrollo de <i>software</i> y aplicaciones basadas en IA y ciencias de datos
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 <i>software</i> especializado, principalmente para el procesamiento de imágenes, optimización de procesos, monitoreo automático y simuladores de entrenamiento. Principales tecnologías utilizadas: imágenes, <i>deep learning</i> , bases de datos, computación científica, VR y drones
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
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 (asistencia técnica, capacitación y sensibilización para la implementación de ISOBUS). Principales tecnologías utilizadas: robótica, IA, sensores, nube, conectividad, <i>machine learning</i> , drones
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 TIC. Impulsa la transferencia de tecnología y realiza tareas de vinculación y concientización

Fuente: elaboración propia sobre datos de Lachman et al. (2022).

- ▶ 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 ISOBUS²⁰).
- ▶ 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. Así, 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.

La tabla 6 resume 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 o el desarrollo de tecnologías 4.0.

Repensando el rol del subsistema científico-tecnológico nacional

El principal rol que hoy cumplen las instituciones de CyT, en particular las universidades, es la formación de recursos humanos de alta calificación, que luego, de forma individual, son estos sujetos los que desarrollan tecnologías 4.0 en el sector productivo. Si bien en varias de estas instituciones de CyT hay programas de avanzada en el desarrollo propio de tecnologías 4.0 para el sector agrícola, las iniciativas tienden a estar escasamente articuladas con el resto de los actores del ecosistema, centralmente a partir de pocos espacios de vinculación con las empresas.

Las instituciones de CyT podrían desempeñar un papel significativo en el marco de una estrategia nacional para el desarrollo del Agro 4.0. En este sentido, sobresalen cuatro espacios formalmente vacantes en los cuales las instituciones de CyT 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) habilitación de espacios para el codesarrollo de tecnologías; iii) de testeo y validación de tecnologías; y iv) mejora de 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

²⁰ 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.

de tecnologías 4.0. Empresas entrevistadas mencionaron que en esas etapas 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 —*e. g.*, conocimientos avanzados en IA, pero poca experiencia en programación en áreas de *back-end*— les limita la disponibilidad de un plan de desarrollo para la solución que quieren lanzar al mercado. Esto redundante 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. Espacios de este tipo podrían ser una solución más flexible, que se adapte mejor a las necesidades que las empresas suelen tener de las instituciones de CyT. El INTI apunta a generar internamente esa capacidad, pero es importante que también se articule con ese fin las capacidades preexistentes.

La generación de espacios de codesarrollo 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, que 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.

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

Otras necesidades recurrentes 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 tien-

den a probar sus tecnologías con *early adopters*, pero el subsistema de CyT podría contribuir a acelerar ese proceso. El INTA ocupa un rol protagónico en este espacio, ha contribuido al testeo de múltiples desarrollos 4.0 hoy disponibles en el mercado. Sin embargo, sería deseable que este espacio crezca y alcance 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 CyT podrían potenciar su rol como proveedoras de bienes públicos. Ya sean datos que son relevados o generados por algunas de estas instituciones —*e. g.*, datos atmosféricos, climatológicos, etc.—, o bien desarrollos tecnológicos que emergen de los programas de investigación internos —*e. g.*, avances en modelos de siembra, fertilización, manejo de microambientes, etc.—, podrían aportar gran valor al sector productivo. El ejemplo de EMBRAPA es una referencia interesante en este sentido.

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 los de desarrollo tecnológico enfrentan con serias dificultades la competencia del sector privado nacional y, sobre todo, extranjero. De hecho, fueron varios los casos relevados en los que se advirtió sobre la imposibilidad de cubrir las vacantes abiertas y la salida de jóvenes investigadores hacia el sector privado, lo que llega a poner en riesgo la propia continuidad de los grupos de trabajo.

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 con lo que ocurre en otros campos del conocimiento, como, por ejemplo, los desarrollos biotecnológicos, la contribución de los centros de CyT 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.

Por último, caben 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—.

Los actores intermedios en el ecosistema emprendedor

En una etapa temprana del desarrollo de nuevos emprendimientos, las incubadoras son actores clave para contribuir, entre otras cosas, a definir la propuesta de valor, el modelo y el plan de negocios, generando vinculaciones con referentes tecnológicos y comerciales, potenciales usuarios y fondos de inversión. La incubadora especializada en el sector de agro más importante del país es CREALab, de CREA, que se conformó en 2014 e inició sus actividades al año siguiente. 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 —*e. g.*, sistemas pastoriles, riego, fertilización, manejo de malezas, alimentación animal, etc.—. Estos técnicos (que intervienen según demandas puntuales de las empresas incubadas), además de su formación profesional, tienen una gran cercanía con los problemas productivos que enfrentan los productores agropecuarios miembros de CREA.

Por el lado de los “facilitadores”, se pueden destacar diversas instituciones que están orientadas a promover la sinergia del ecosistema, en particular vinculando a los oferentes de tecnologías 4.0 con sus eventuales demandantes. Por ejemplo, en el Polo Tecnológico de Rosario²¹ (PTR) 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. Para ello firmaron un convenio de colaboración con dos estaciones experimentales del INTA en la provincia de Santa Fe, con las que han realizado un relevamiento de demandas tecnológicas insatisfechas.

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, 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 el 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.

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 —de base 4.0, biotecnológica o de *fintech*—. En este espacio se organizan diversas activida-

21 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 también participa en el Polo el sector educativo, con la Universidad Nacional de Rosario y la Universidad Tecnológica Nacional.

des, 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 —*e. g.*, operativo, comercial, de logística, etc.— 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 los 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.

Conclusiones y reflexiones para las políticas públicas

La conformación del nuevo paradigma tecnoproductivo que 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 insumos.

Este trabajo da cuenta de que en Argentina existe un dinámico ecosistema emprendedor, el cual ha dado importantes pasos en el avance del nuevo paradigma. De hecho, no solo se trata de actores que están adoptando tecnologías digitales y de base 4.0, sino que hay un nutrido conjunto de empresas que desde hace ya algunos años desarrollan y comercializan estas tecnologías tanto en el ámbito local como internacional, muchas de ellas disruptivas a escala global.

En particular, el trabajo de campo llevado a cabo para este estudio evidencia que a pesar del contexto macroeconómico adverso a lo largo de los últimos años hubo un fuerte crecimiento de empresas altamente innovadoras que diseñaron y desarrollaron soluciones de avanzada. Esto fue posible gracias a la existencia de un ecosistema emprendedor integrado por diversos actores públicos y privados. En el trabajo se presentaron las principales líneas de acción a través de las cuales participan estas instituciones y organismos de apoyo, destacándose el caso del capital emprendedor, el subsistema científico-tecnológico nacional y los actores intermedios del sistema.

Si bien todos estos actores de apoyo al ecosistema presentaron programas de acción especialmente enfocados en el mundo del Agro 4.0, el trabajo de campo también muestra que existen importantes espacios de mejora. Por ejemplo, el subsistema científico-tecnológico nacional, si bien adquirió un rol crítico en la formación de los recursos humanos demandados por las empresas de este ecosistema,

poco impacto tuvieron las diversas iniciativas de articulación con el sector privado. Así, fueron prácticamente inexistentes los desarrollos conjuntos de tecnología.

Por otro lado, este paradigma tecnoproductivo en proceso de gestación también está siendo rápidamente ocupado por las grandes corporaciones globales que hay en el sector agro, tal como se discutió en la sección “el rol de las empresas incumbentes: las grandes corporaciones de insumos biotecnológicos y de maquinaria agrícola”. Si bien estas firmas entraron relativamente más tarde que los emprendedores independientes, dado que estos pudieron de forma más ágil aprovechar los avances tecnológicos para posicionarse en el Agro 4.0, los diversos recursos tecnológicos y no tecnológicos (*e. g.*, financiamiento, canales de comercialización, complementación con otros productos) que disponen las grandes corporaciones del agro las podrían llevar a reconfigurar al ecosistema tal y como hoy lo conocemos. Un escenario posible podría estar asociado a que estas grandes empresas desplacen a los emprendimientos independientes.

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.

Esta estrategia debería, por un lado, apuntar a aprovechar las oportunidades que se abren a partir de la propia reconfiguración de las estrategias desplegadas por las grandes empresas globales de la agroindustria del siglo XX, y, por el otro, fortalecer el ecosistema de innovación nacional, apuntalando la inversión en capital de riesgo a mayor escala, adecuando los modelos institucionales del subsistema científico-tecnológico y consolidando a los actores intermedios del ecosistema emprendedor.

Referencias bibliográficas

- AGFUNDER (2021). *Farm Tech Investment Report*.
<https://agfunder.com/research/2021-farm-tech-investment-report/>
- AGFUNDER (2021b). *Agriculture CVC Insights Report*.
<https://onrampagricultureconference.com/report>
- ALBRIEU, R.; BALLESTY, M.; DE LA VEGA, P., DI CROCCO, F. y ALLERAND, M. (2020). *Hacia una economía de baja proximidad física*. CIPPEC, 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 (Asociación Argentina de Capital Privado, Emprendedor y Semilla). (2021). *Directorio De Gestores De Fondos De Capital Privado, Emprendedor Y Semilla*. <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". In Moreira, M. M. y Stein, E. H. (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.
- BASCO, A. I., BELIZ, G.; COATZ, D. y GARNERO, P. (2018). *Industria 4.0: fabricando el futuro*. Inter-American Development Bank.
- DE CLERCQ, M.; VATS, A. y BIEL, A. (2018). *Agriculture 4.0: The future of farming technology, Proceedings of the World Government Summit*. UAE.
- 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), 3758–3773.
- 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, 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*. <https://repositorio.iica.int/handle/11324/12896>
- 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), 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, 374-388.
- LACHMAN, J. y LÓPEZ, A. (2022). The nurturing role of the local support ecosystem in the development of the Agtech sector in Argentina. *Journal of Agribusiness in Developing and Emerging Economies*, 12(4), 714-729. <https://doi.org/10.1108/JADEE-10-2021-0264>
- LACHMAN, J.; GÓMEZ-ROCA, S.; BRAUDE, H.; MONZÓN, J. y LÓPEZ, S. (2022). *El potencial del agro 4.0 en Argentina: Diagnóstico y propuestas de políticas públicas para su promoción*. Documentos del Plan Argentina Productiva 2030, N° 28.
- 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). Universidad de Buenos Aires.
- LACHMAN, J.; LÓPEZ, A.; TINGHITELLA, G. y GÓMEZ-ROCA, S. (2021). *Las Agtech en Argentina: Desarrollo reciente, Situación actual y perspectivas*. Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Económicas, Instituto Interdisciplinario de Economía Política (IIEP-BAIRES).
- LEZOCHÉ, M.; HERNÁNDEZ, 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, 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), 4322-4334.
- PEERALLYA, J.; SANTIAGO, F.; DE FUENTES, C. y MOGHAVVEMI, S. (2022). Towards a firm-level technological capability framework to endorse and actualize the Fourth Industrial Revolution in developing countries. *Research Policy*, 51(10). <https://doi.org/10.1016/j.respol.2022.104563>
- RAPELA, M. A. (2019). *Fostering innovation for agriculture 4.0: A comprehensive plant germplasm system*, *Fostering Innovation for Agriculture 4.0*. Springer International Publishing.
- SAIZ-RUBIO, V. y ROVIRA-MÁS, F. (2020). From smart farming towards agriculture 5.0: A review on crop data management. *Agronomy*, 10(2), 207.
- YIN, R. K. (2009). *Case study research: design and methods*. Sage.