

Las empresas de Servicios Basados en Conocimiento para producciones de base biológica: el caso de la agricultura y ganadería de precisión

Jeremías Lachman¹ y Andrés López² (IIEP BAIRES, UBA-CONICET)

Resumen

El objetivo del presente trabajo es reflexionar sobre las implicancias y alcances de la conformación de un nuevo paradigma tecno-productivo aplicado a la producción de bienes de base biológica. El mismo da cuenta de un proceso creciente de servificación y digitalización de las tareas llevadas a cabo en estas producciones, el cual va de la mano del desarrollo de emprendimientos especializados en la provisión de servicios basados en conocimiento (SBC) y TICs para las llamadas agricultura y ganadería de precisión. El trabajo discute las derivaciones de estos cambios en el marco del concepto de cadenas de valor y las oportunidades para el escalamiento en dichas cadenas de países especializados en producciones de origen biológico. A partir de una metodología de estudio de caso, el trabajo analiza los activos críticos que posibilitaron la creación y el crecimiento de dos emprendimientos lanzados en Argentina, uno en agricultura de precisión y el otro en ganadería de precisión. Los resultados muestran que el proceso de aprendizaje llevado adelante a partir de las necesidades observadas en la demanda local, sumado al desarrollo de capacidades tecnológicas, comerciales y de gestión, fueron centrales para sostener el crecimiento de estas empresas. Por último, se destaca el papel preponderante de las vinculaciones con otros agentes del sistema local de innovación a la hora de acceder a conocimientos no sólo científicos sino también en materia de organización, mercados y acceso a fondos.

Abstract

The objective of this paper is to understand the nature and impacts of a new techno-productive paradigm applied to the production of biological-based goods. This new paradigm, associated to precision farming and precision cattle ranching, is characterized by the increasing role of knowledge intensive services and digitalized based-tasks in agricultural production. In this paper we discuss this technological transformation within a value chain framework and with an eye on upgrading possibilities along agricultural based value chains. Based on a case study methodology, we analyse the critical assets that enabled the creation and growth of two suppliers of knowledge intensive services for precision farming and cattle ranching in Argentina. The results show that the learning process based on the needs and requirements of the local demand, jointly with the development of technological, commercial and management capabilities were central to the growth of these companies. Finally, linkages with other agents of the local innovation system were key for access to specific scientific knowledge, as well as for the development of organizational and commercial capabilities.

¹ Contacto: jeremiaslachman@gmail.com

² Contacto: anlopez1962@gmail.com

1. Introducción

A lo largo de las últimas décadas el sector servicios se ubicó en un lugar central de la estructura productiva global, no solo en el plano del empleo, sino también en materia de comercio exterior, inversiones y cambio tecnológico. A su vez, dicho sector experimentó fuertes transformaciones en su interior, destacándose entre ellas el surgimiento y acelerado crecimiento de firmas dedicadas a los llamados “servicios basados en conocimiento” (SBC). Estas empresas son caracterizadas en la literatura especializada en el tema por su alto nivel de innovación y su aporte sustancial al aumento de la productividad de la economía (Jensen, 2013; Wilen, 2006; Stehrer et al, 2012; Gotsch et al, 2011; Di Meglio et al, 2015).

Dentro de los SBC convergen un abanico amplio de actividades, como por ejemplo software y servicios informáticos, diversos tipos de servicios a empresas (e.g. contabilidad, administración financiera y de RRHH, análisis legal, gestión y asesoramiento, etc.), análisis e inteligencia de mercado y financiera, ingenierías, investigación y desarrollo, servicios de salud, educación, arquitectura, audiovisuales y publicidad entre otros. Las características comunes a todas estas actividades son fundamentalmente dos: i) emplean intensivamente personal de medio y alto nivel de calificación; ii) son transmisoras y generadoras de conocimiento para el conjunto de la economía (Desmarchelier et al, 2013).

En este marco, a lo largo de los últimos 15 años han ido emergiendo empresas de SBC que prestan servicios para las producciones de base biológica (Scaramuzza *et al*, 2014). Este sector todavía incipiente se basa centralmente en la captura de datos generados a partir de los cuasi infinitos microambientes y demás heterogeneidades en los cuales las producciones biológicas son llevadas a cabo –a través de imágenes aéreas, satelitales, datos de sensores y/o de estaciones meteorológicas, etc.-, para luego ser procesados –con la utilización de algoritmos computacionales- y entregados de forma relativamente sencilla a los usuarios finales (FAO, 2013; European Commission, 2017). El rol de las TICs en este proceso es clave en tanto facilita a costos cada vez menores y en tiempos cada vez más breves para la captura y análisis de gran cantidad de datos (vinculados a la evolución de la producción, estado del ambiente, rendimientos, detección temprana de plagas, etc.)

Los usos de estas nuevas tecnologías y servicios por parte de las empresas de producción de bienes biológicos son variados, en correspondencia con la alta customización que caracteriza a los SBC en general. Sin embargo, y de forma estilizada, sus principales aplicaciones se dan en tres planos centrales: i) producción por ambiente en la agricultura o producción segmentada en el caso del ganado; ii) monitoreo de cultivos y/o del ganado; iii) controles operativos. Estas aplicaciones son el corazón del nuevo paradigma productivo en ciernes en el mundo agropecuario, asociado a las llamadas agricultura y ganadería de precisión, las cuales se basan en la incorporación de sistemas informáticos³, dispositivos electrónicos y de

³ Los principales sistemas informáticos que comenzaron a ser utilizados en la producción agropecuaria y agroindustrial estuvieron orientados a ampliar las fronteras de la gestión productiva, por ejemplo, a través de la provisión de servicios de información geográfica, modelos de simulación, gestión de grandes bases de datos y procesamiento de imágenes de alta definición.

telecomunicaciones⁴, o bien una combinación *hard-soft* de los dos anteriores (Robert, 2002; Läderach, 2003; Mincyt, 2009; Satorrey Bert, 2014)⁵.

El mencionado paradigma en ciernes consiste en un modo de producción que contempla la heterogeneidad de climas y suelos, y readapta la función de producción a cada micro-parcela a fin de mejorar la productividad y mantener los servicios ecosistémicos (Satorre y Bert, 2014; Bragachini y Ustarroz, 2016; BCG, 2015)⁶. En paralelo, la conformación de mega-bases de datos agronómicos y climatológicos estaría generando un nuevo modelo de operaciones y de gestión de los recursos biológicos (FAO, 2013; Wolfert et al., 2017; Sonka, 2014). La aplicación de estos nuevos paquetes tecnológicos permite no solo optimizar el potencial productivo de cada micro-ambiente a partir del procesamiento de imágenes satelitales con tecnologías derivadas de la ciencia de datos (*big data, data analytics*) y la inteligencia artificial, sino que su impacto es mucho más general.

Por ejemplo, existen emprendimientos dedicados a facilitar la obtención de fondos de financiamiento para producciones biológicas a través de fuentes alternativas a las convencionales, otros orientados a reducir costos e ineficiencias en la logística y otros que permiten la firma de contratos a partir de la tecnología *blockchain* (FAO, 2013; The Economist, 2014, European Commission, 2017). Asimismo, el uso de las nuevas tecnologías informáticas también habilita mejoras sustantivas en los procesos de selección genética y otras biotecnologías aplicadas (MINCyT, 2016), fenómeno conocido como bio-informática o biología computacional (Robbins, 1996). Todos estos emprendimientos están enmarcados dentro de lo que se conoce como actividades Agtech, las cuales reúnen al conjunto de nuevos negocios de base digital dedicados a la provisión de soluciones tecnológicas para uno o más eslabones de las cadenas de valor basadas en la producción de bienes de base biológica.

El desarrollo de estas tecnologías y servicios innovadores para las producciones de base biológica es incipiente para la región y el mundo, habiendo sido escasamente estudiado hasta el momento, en particular en América Latina. Sin embargo, consideramos que su análisis es de gran interés, dadas las claras complementariedades productivas que existen en la región. En efecto, a partir de su amplia superficie cultivable, América Latina dispone de un potencial distintivo en materia de producciones biológicas y de biomasa en general. De este modo, una

⁴ Dentro de los principales dispositivos electrónicos y de telecomunicaciones que son crecientemente utilizados en la producción agropecuaria se encuentran los sensores directos y remotos (a través de los cuales se puede recolectar información de interés, como temperatura, humedad, índice verde, etcétera), aquellos que proveen conectividad a distancia (por ejemplo a través de redes y antenas de comunicación de alto alcance que proveen conexión a Internet en áreas rurales, dispositivos de entrada y salida de datos para distancias cortas y largas, redes de fibra óptica para grandes volúmenes de datos, etcétera) y diversos dispositivos micro-electrónicos para la múltiples investigaciones biológicas, principalmente para el mejoramiento genético (como por ejemplo biochips que simulan procesos biológicos).

⁵ Gran parte de los sistemas informáticos y dispositivos electrónicos y de telecomunicaciones mencionados suelen utilizarse como *set* tecnológico de forma tal de combinar y potencializar sus funciones y utilidades. Un ejemplo en este sentido es el desarrollo de sistemas embebidos de adquisición y administración de datos los cuales son incorporados a dispositivos de uso específico como maquinarias agrícolas.

⁶ Para el caso de la ganadería de precisión este nuevo paradigma productivo busca contemplar las heterogeneidades –sea en términos biológicos o conductuales– en los animales de forma tal de readaptar los procesos de producción a fin de obtener una mayor eficiencia técnica.

forma de plantear una alternativa para el *upgrading* en cadenas de valor de producciones biológicas (el cual usualmente se asocia a un mayor nivel de procesamiento de los recursos naturales exportables), podría basarse en el impulso para el desarrollo de SBC para el agro (así como han hecho países como Australia o Noruega en el caso de la minería o el petróleo⁷).

En este escenario, el primer objetivo del trabajo es analizar las implicancias y alcances de la conformación del nuevo paradigma tecnológico aplicado a la producción de bienes de base biológica. A su vez, se intenta discutir como este nuevo paradigma abre posibilidades para escalar en las cadenas de valor agropecuarias a partir del desarrollo de empresas proveedoras de SBC y TICs para dichas producciones. Finalmente, a partir del estudio de casos (en base a entrevistas con los principales responsables de cada firma), el trabajo analiza los activos críticos que posibilitaron la creación y el crecimiento de dos emprendimientos, uno para la agricultura de precisión y el otro para la ganadería de precisión.

El trabajo se estructura en cinco secciones. Luego de esta introducción, en la sección dos se discuten los principales rasgos de las transformaciones en los procesos de producción a escala global y sus efectos sobre las industrias de base biológica. En la tercera sección se analiza el despliegue del nuevo paradigma tecnológico asociado a la agricultura y ganadería de precisión en el caso argentino. La cuarta sección presenta los dos casos de estudio mencionados. Finalmente, en la sección 5 se presentan las conclusiones.

2. Cadenas de valor y servificación de las producciones de base biológica: las oportunidades para el *upgrading*

El concepto de cadena de valor se ha impuesto como esquema analítico básico dominante en buena parte de la literatura reciente sobre comercio y desarrollo. Este fenómeno es sin dudas bienvenido en varios sentidos, incluyendo el hecho de que permite salir de las taxonomías sectoriales tradicionales, para proponer la idea de que los procesos productivos (históricamente, pero con mayor fuerza en las décadas recientes), involucran procesos de coordinación entre diferentes agentes y actividades. Así, una cadena de valor ha sido definida como “*the full range of activities that are required to bring a product from its conception, through its design, its sourced raw materials and intermediate inputs, its marketing, its distribution and its support to the final consumer*”⁸.

En las últimas décadas la fragmentación de estas cadenas se ha hecho global, gracias a la baja de los costos de transporte (incluidos los arancelarios), pero fundamentalmente por la enorme reducción de los costos y tiempos requeridos para coordinar actividades llevadas adelante en lugares remotos, resultante del acelerado desarrollo y expansión de las TICs (lo que Baldwin (2011) llama “*the second unbundling*”).

En este escenario, una creciente literatura ha hecho hincapié en la necesidad de identificar oportunidades de escalamiento (*upgrading*) dentro de las distintas cadenas de valor, entendidas como aquellas que permiten pasar a desarrollar actividades más

⁷ Sasson y Blomgren (2011), Urzua (2011) y Martínez-Fernández (2010).

⁸ <http://www.globalvaluechains.org/concepts.html>

complejas dentro de esas cadenas. Esto puede incluir producir más eficientemente (escalamiento en los procesos o *process upgrading*), orientarse a líneas de producto con mayor valor unitario (escalamiento en los productos o *product upgrading*), desplazarse hacia tareas que requieran mayores capacidades –por ejemplo, diseño o marketing– (escalamiento funcional o *functional upgrading*) o aplicar la competencia adquirida en una función particular para desplazarse hacia otro sector (escalamiento intersectorial o *intersectoral upgrading*) -Pietrobelli y Rabellotti (2005).

En paralelo, los servicios, y en particular los SBC, juegan un rol cada vez mayor en la economía global. Entre los factores que están detrás de este fenómeno se incluye la tendencia de las corporaciones a focalizarse en sus *core business*, terciarizando actividades que anteriormente se realizaban al interior de cada empresa. Este proceso de desverticalización también ha ocurrido en torno a las actividades primarias (agro, minería, petróleo, forestación, etc.), dando como resultado la emergencia de un creciente número de proveedores de servicios especializados en actividades como ingeniería, I+D, software y servicios informáticos, calidad, trazabilidad, logística, comunicaciones, asesoramiento y consultoría profesional y otros diversos servicios profesionales y técnicos específicos a cada cadena (Zurbruggen y Sierra. 2015; Dahl Andersen *et al.*, 2018).

Pero adicionalmente se observa que, al descomponer el valor agregado de un producto industrial, agroindustrial o primario, la porción del mismo que es generado por actividades de servicios es creciente. Este proceso se enmarca en la llamada “servificación” de la economía, de la cual la agricultura y ganadería de precisión son un ejemplo. Finalmente, las firmas de los más variados sectores, pero en particular las que producen bienes de origen biológico, enfrentan cada vez con más frecuencia requerimientos en materia de calidad, trazabilidad, sanidad, medio ambiente, relaciones laborales, etc. y deben en consecuencia adoptar sistemas que garanticen y acrediten el cumplimiento de los mismos (los cuales generalmente son desarrollados por proveedores especializados independientes).

Más allá de algunos avances en las áreas de biotecnología agropecuaria o bioinformática (ver Gajst y Frugoni, 2016), o de ciertas exportaciones de ingeniería asociadas al sector energía, la Argentina todavía está lejos de aprovechar las oportunidades de generar plataformas con proyección internacional de proveedores de servicios conocimiento-intensivos en cadenas basadas en recursos naturales (como sí han hecho naciones tales como Australia, Canadá o Noruega). En este sentido, existe la posibilidad de “montarse” sobre la base de RRNN del país promoviendo la formación de *clusters* de proveedores de dicho tipo de servicios, los cuales pueden no solo abastecer al mercado doméstico, sino ganar proyección internacional y exportar a otros mercados con demandas similares.

Esto generaría al menos dos potenciales impactos positivos. Por un lado, impulsar un *upgrading* en las cadenas de valor agropecuarias vía encadenamientos hacia empresas de servicios que pueden desarrollar competencias y capacidades que les permitan luego expandirse incluso hacia otros nuevos negocios. En paralelo, el desarrollo de proveedores locales de SBC para producciones de base biológica abre una ventana de oportunidad para promover en Argentina la adopción de estas novedosas tecnologías aprovechando el carácter altamente idiosincrático de dichas

producciones y la consecuente necesidad de desarrollar soluciones customizadas para adaptarse a las especificidades agronómicas, climáticas, etc.

3. El agro argentino: de la producción extensiva a la agricultura de precisión

En el campo de la economía del desarrollo, tradicionalmente se consideraba que las actividades del sector agropecuario tenían un bajo potencial para generar encadenamientos productivos y una escasa dinámica innovadora. Esta caracterización se ajustaba con bastante precisión a la realidad del agro y la ganadería en Argentina hasta hace unas décadas, en un contexto donde: i) la función técnica que regía el proceso productivo resultaba ser relativamente más intensiva en tierra y mano de obra en detrimento de la utilización del factor capital -equipamiento y maquinaria- (Reca 1982).; ii) los beneficios de la actividad eran distribuidos entre relativamente pocos agentes, en base a un esquema de rentabilidad regido por las variaciones en la cotización internacional de los *commodities* –o algunos otros productos primarios escasamente diferenciados- (Barsky y Gelman 2009); iii) las innovaciones –ya sea en productos como en procesos- eran esporádicas (Barsky y Gelman, 2009) y las mejoras en productividad provenían de una optimización técnica de las escalas (Teubal *et al.*, 2005) o a partir de la adopción de innovaciones desarrolladas por los proveedores de maquinarias o de fitosanitarios (Pavit, 1984).

Sin embargo, diversos autores (Ekboir 2003; Bisang, 2007; Pognante, 2011) muestran que desde mediados de la década del noventa la estructura productiva del sector agrícola se modificó sustancialmente dando lugar a una masiva incorporación de nuevas tecnologías. Este nuevo esquema de organización de la producción implicó un pasaje de una estructura caracterizada por una rígida integración vertical, a una más flexible coordinación en red mediada por contratos entre los agentes.

En esta misma dirección, Anlló, Bisang y Campi (2013) destacan como elemento central del cambio en la organización productiva a la novedosa forma de interacción entre los agentes. Los autores definen a este esquema de coordinación como “agricultura por contrato”: bajo este modelo los dueños de la tierra ceden su uso a las empresas de producción agropecuaria –las cuales asumen el riesgo inherente a la producción-, y a su vez estas empresas subcontratan una parte sustancial de las tareas que tienen que ser realizadas. Esta dinámica es a su vez complementada por los proveedores de insumos industriales y de servicios, quienes inciden fundamentalmente en el armado técnico y operacional del nuevo paquete tecnológico.

A su vez, este nuevo paquete tecnológico supuso el pasaje a una función de producción sustancialmente más intensiva en capital, con un mayor consumo de insumos -herbicidas, semillas, etc.- y más demandante en el uso de diversos servicios, los cuales van desde siembra, cosecha y fumigación, hasta otros intensivos en conocimiento y asociados a la aplicación de tecnologías de agricultura de precisión (Anlló, Bisang y Katz, 2015; Reca *et al.*, 2010; Borlaug, 2004).

La agricultura y ganadería de precisión buscan adecuar las técnicas y prácticas productivas a cada “micro-ambiente” (definido para el caso del agro por ciertas condiciones ambientales, edafológicas, geográficas –por ejemplo, a partir de la identificación de diversas inclinaciones del suelo- y climáticas presentes en todo

entorno natural) de forma tal de optimizar el proceso productivo. A partir de un conocimiento más preciso de la multiplicidad de ambientes que conviven en un determinado espacio agrícola, los productores pueden adoptar decisiones dirigidas a explotar el máximo potencial de cada uno de estos micro-ambientes. A modo de ejemplo, decisiones tales como la “densidad de siembra”, la variedad de cultivo a ser utilizado, la aplicación de herbicidas o la cantidad y el momento apropiado para fertilizar la producción se tomarán en base al análisis de una gran multiplicidad de variables derivadas de datos presentes e históricos. Dichos datos –generados a partir de sensores, imágenes satelitales, etc.- proporcionarán prescripciones donde se consideren las particularidades propias de cada micro-ambiente de forma tal de incrementar los rendimientos productivos, así como también reducir el uso innecesario de productos fitosanitarios (y por tanto amortiguando los impactos ambientales colaterales)⁹.

A su vez, la aplicación de tecnologías de agricultura y ganadería de precisión posibilita un control permanente de los cultivos y/o de los animales. A partir de dispositivos específicos –como drones o imágenes satelitales en agro o instrumentos ligados a tecnologías de *Internet of Things* (IoT) para el caso de producciones pecuarias-, el usuario de este servicio puede mantener un monitoreo completo y sistemático de su producción. Esto le permite desde la detección temprana de malezas, plagas o enfermedades hasta la identificación de la evolución de rendimientos (sea en términos de granos para las producciones agrícolas como en relación al nivel de peso y el “engrasamiento”¹⁰ del rodeo en producciones pecuarias).

Esquema 1. Principales usos y aplicaciones de los SBC para agricultura y ganadería de precisión

Micro-ambientación y segmentación	Monitoreo de cultivos y ganado	Control de tareas y procesos productivos
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Densidad variable en siembra	<input type="checkbox"/> Monitoreo de rendimiento agrícola	<input type="checkbox"/> Control de tareas en el campo (siembra, fertilización, etc)
<input type="checkbox"/> Fertilización variable	<input type="checkbox"/> Monitoreo de tasa de conversión ganadera (peso ganado por kg de alimento consumido)	<input type="checkbox"/> Seguimiento de tareas prescritas
<input type="checkbox"/> Aplicación selectiva de herbicidas	<input type="checkbox"/> Detección temprana de plagas y malezas resistentes	<input type="checkbox"/> Control de "buenas prácticas"
<input type="checkbox"/> Planes de alimentación segmentada para animales	<input type="checkbox"/> Detección temprana de enfermedades en el ganado	<input type="checkbox"/> Trazabilidad del ganado

Nota: elaboración propia.

⁹ Con respecto a la ganadería de precisión, los impactos son análogos a lo ocurrido en el caso de la agricultura de precisión. Aquí, en lugar de maximizar el potencial productivo de cada micro-ambiente identificado, lo que se buscará será captar las singularidades presentadas en el desarrollo de los animales para elaborar estrategias de producción que puedan potenciar los rasgos presentes en cada uno. De este modo, tomando como ejemplo la producción ganadera dedicada al engorde –también llamada de invernada-, podrán diseñarse programas de alimentación segmentados según la respuesta productiva de cada animal.

¹⁰ El engrasamiento de un animal está asociado al nivel de grasa corporal desarrollado. Esta variable es un indicador de corte más cualitativo, en relación a la variable de peso, sobre el proceso de engorde del ganado.

Por último, tal como ilustra el Esquema 1, el uso de estas tecnologías también puede estar dirigido a controlar las labores realizadas a campo. De este modo, a partir de datos georreferenciados capturados y procesados en tiempo real se puede conocer el estado de las tareas operativas que están siendo llevadas a cabo en cada momento del tiempo. Esto suele ser de gran interés para los departamentos de producción de las empresas de base biológica a partir del uso de tableros de control, pero también podría ser utilizado para la fiscalización y control de “buenas practicas” por parte de organismos públicos, por ejemplo, en la aplicación de herbicidas.

Sobre estos tres segmentos de aplicación de los SBC ligados a la agricultura y ganadería de precisión, converge en un plano superior el empleo de tecnologías ligadas a la robótica y a la inteligencia artificial. Si bien la adopción de estas tecnologías es todavía escasa, estando todavía en fase de prueba, su masificación derivaría en una mayor automatización de los procesos productivos y una superior autonomía de los equipos utilizados para la toma de decisiones¹¹.

Para la prestación de los SBC ligados a la agricultura y ganadería de precisión son tres los segmentos críticos a ser sorteados de manera secuencial, tal como ilustra el Esquema 2. El proceso se inicia con la captura de datos que puede provenir de sensores incorporados a la maquinaria agrícola, de equipos específicos (e.g. drones, corrales, bebederos, etc.), de imágenes satelitales (o similares) y/o de la carga manual de datos capturados de forma tradicional. El paso posterior consiste en la codificación y procesamiento de los datos recolectados en la etapa anterior a fin de convertirlos en una herramienta útil para brindar información de interés, por ejemplo, a partir de la generación de mapas micro-ambientados, mapas de rindes, detección temprana de plagas, enfermedades, errores en las labores productivas, etc.

Finalmente, se generan soluciones contingentes ante la multiplicidad de variantes a las que se ven sometidas las producciones llevadas a cabo en ambientes biológicos (Bragachini, 2011). Estas soluciones, las cuales surgen a partir de la implementación de técnicas y herramientas de análisis provenientes, por lo general, de la ciencia de datos y/o de la computación, estarán dirigidas a mejorar el proceso de toma de decisiones del empresario. De este modo, además de la información de interés generada en el paso anterior, estas tecnologías posibilitan el armado de prescripciones orientadas a, por ejemplo, identificar la densidad de siembra óptima, elaborar diversas estrategias de fertilización y/o de fumigación basadas en la probabilidad de ocurrencia de múltiples fenómenos climatológicos, o diseñar programas de alimentación para el ganado segmentados según requerimientos.

¹¹ <https://www.intel.com/content/www/us/en/big-data/article/agriculture-harvests-big-data.html>

Esquema 2. Tareas y tecnologías asociadas a los SBC ligados a la agricultura y ganadería de precisión



Nota: elaboración propia

En Argentina ya existen documentados desarrollos locales asociados a la agricultura y ganadería de precisión, los cuales están cercanos a las mejores prácticas internacionales (Bisang y Fuch, 2016; Trigo, 2016; López et al, 2017) y han dado lugar a emprendimientos comercialmente exitosos (Satorre y Bert, 2014). Asimismo, diversos trabajos analizan las potencialidades económicas de la agricultura y ganadería de precisión y sus impactos en las producciones agropecuarias y agroindustriales, así como sus beneficios eco-sistémicos (Rodríguez et al, 2016; INTA, 2014; Scaramuzza, 2016). Este proceso corre en paralelo y se retroalimenta con una tendencia similar en curso en las principales agroindustrias internacionales, incluyendo Estados Unidos, Canadá, Australia, Alemania, Israel y Brasil (Schimmelpfennig, 2016; Bramley y Trengove, 2013). De hecho, las llamadas *AgroTICs* son uno de los sectores estratégicos abordados en el trabajo de prospectiva hacia el 2020 elaborado por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva -MINCyT (MINCyT, 2009). El comportamiento innovador, la dinámica productiva y la potencialidad para crear empleos son aspectos señalados en el mencionado trabajo de prospectiva elaborado por MINCyT, así como también en otros informes internacionales (Gakuru et al, 2009; Kora et al, 2010; Qianget al, 2011; FAO, 2013; BCG, 2015).

A continuación, se presentan dos estudios de caso, uno ligado a SBC para la agricultura de precisión, y el otro dedicado al desarrollo de productos de IoT y de SBC para la ganadería de precisión. El objetivo de la presentación de estos casos está dirigido a poder identificar los activos críticos que posibilitaron la creación y el crecimiento de estas dos firmas. Ambos casos dan cuenta de un complejo desarrollo de capacidades –tanto en el plano tecnológico como comercial- asociado al objetivo de expandirse desde el inicio no solo en el mercado local sino en terceros países.

4. Análisis de casos

Frontec S.A.

Frontec S.A. es una empresa que brinda servicios para el agro a partir del procesamiento de imágenes satelitales y de grandes bases de datos -tanto públicas como privadas- generadas a partir de series históricas de clima, mapas de suelo y rendimiento de campañas anteriores. Estos servicios están basados en el desarrollo de algoritmos para el procesamiento de datos y modelos de simulación que le permiten al productor agrícola optimizar la productividad de su campo y maximizar la rentabilidad de manera ambientalmente sostenible.

A partir de los productos que la empresa ofrece –entre ellos, ambientación y prescripciones de siembra y fertilización, monitoreo *online* de cultivos y mapa de rindes-, los usuarios pueden implementar esquemas de producción flexibles y adaptables a las necesidades específicas de los micro-ambientes identificados en una determinada unidad productiva. Esto posibilita reducir considerablemente los costos por tonelada producida, incrementando en algunos casos la calidad del producto. Además, a partir de las prescripciones elaboradas por la plataforma, el servicio brinda apoyo al productor agrícola en la toma de decisiones, que van desde la identificación de densidad de siembra óptima para cada uno de los ambientes detectados en un campo hasta la configuración de múltiples estrategias de fertilización.

La empresa, la cual se constituyó en junio de 2014 y en la actualidad cuenta con más de 5 mil usuarios a nivel nacional que utilizan el servicio en un área equivalente al 10% de la superficie sembrada localmente¹², es resultado de una iniciativa pública-privada, creada por INVAP S.E.¹³ y Los Grobo S.A. por el lado privado¹⁴. La idea que surgió en una charla de café entre Guillermo Salvatierra, actual CEO de Frontec y en ese entonces investigador de INVAP, y Gustavo Grobocopatel, presidente del grupo Los Grobo, estaba dirigida a poder brindar un servicio que redujera una asimetría de información propia del nuevo modelo de producción agrícola, llamado “agricultura por contrato”. En efecto, este nuevo modelo de negocios está asociado a una desvinculación de la empresa agrícola que gestiona el proceso productivo de la tenencia de ciertos activos críticos, entre ellos la tierra. De este modo, las empresas de producción agrícola arriendan campos de terceros, bajo diversas estructuras contractuales, para luego gestionar la explotación de los recursos. El problema asociado a este modo de organización productiva es que la parte que va a arrendar el campo no conocerá con certeza y de forma anticipada el histórico potencial productivo del campo, tanto en términos de rendimientos agrícolas como también en relación a la ocurrencia de siniestros derivados de fenómenos meteorológicos o biológicos –

¹² Tal como se menciona más adelante, la empresa firmó un contrato con una empresa semillera líder en el país, la cual ofrece a sus clientes la posibilidad de utilizar de forma gratuita la plataforma de Frontec. El número recién mencionado de extensión cubierta surge principalmente a partir de consultas que realizaron clientes de esta empresa semillera, por lo cual es posible que varios usuarios hayan hecho consultas en el sitio sin luego haber utilizado el servicio brindado a la hora de planear su estrategia productiva.

¹³ INVAP S.E., cuyo acrónimo significa Investigaciones Aplicadas Sociedad del Estado, es una empresa pública dedicada a la fabricación de reactores nucleares, radares metodológicos y satélites especiales, entre otros bienes de alta tecnología.

¹⁴ En el año 2017 el grupo Los Grobo se desprendió de las acciones de Frontec, pasando a ser esta enteramente propiedad de INVAP.

principalmente, inundaciones y afectación por plagas- (este problema se exagera para las empresas que quieran operar en regiones nuevas para ellas).

La solución ideada por estos dos emprendedores fue la de utilizar imágenes satelitales y datos meteorológicos globales para poder reconstruir el pasado productivo de cualquier lote ubicado en la Tierra. A partir de esta reconstrucción, las partes podrían disponer de toda la información necesaria acerca del potencial productivo de un campo y de este modo poder fijar un precio de contrato más transparente.

Los primeros años de la empresa estuvieron enfocados al desarrollo de algoritmos y modelos de simulación que, a partir de herramientas de ciencia de datos y de inteligencia artificial, pudieran procesar inmensas bases de datos. En otras palabras, la idea era sustituir el trabajo de “horas hombre” en la lectura e interpretación de las imágenes satelitales y de los datos meteorológicos, a partir de la sistematización computacional de conocimientos propios de las ciencias agrarias y atmosféricas.

Estos desarrollos se complementaron con la configuración de un esquema de gestión y comercialización de la plataforma del tipo *Software as a Service* (SaaS). Una plataforma SaaS se basa en un modelo de distribución donde tanto el software como los datos procesados por el mismo son almacenados y manejados en servidores a disposición de la compañía, a los cuales los clientes acceden a través de Internet. Así, la empresa que decide adquirir estos servicios puede ingresar a la plataforma de Frontec regularmente y desde cualquier computadora o dispositivo móvil, en cualquier región del planeta. Esta combinación de innovaciones tecnológicas, organizacionales y de métodos de comercialización le posibilitaron a Frontec plantearse desde el inicio como una plataforma de servicios intensivos en conocimientos con amplias posibilidades de escalar el emprendimiento a nivel global. De este modo, clientes en cualquier parte del mundo pueden contratar los servicios de esta compañía, primero creando un usuario en el sitio y seleccionando el servicio que quieren adquirir, para luego ubicar geográficamente la superficie a ser analizada. A su vez, la potencialidad de crecimiento de esta empresa es alta –en términos de la cantidad de explotaciones que podría analizar- dado que en lugar de “horas hombre” de ingenieros agrónomos utiliza algoritmos como soporte para la prestación del servicio.

Sin embargo, lo distintivo de Frontec a la hora de comenzar a comercializar sus servicios estuvo enfocado en haber logrado una plataforma única para el desarrollo de un índice verde¹⁵ histórico a partir del análisis de imágenes satelitales y de datos atmosféricos pasados. Esto demandó el desarrollo de algoritmos que pudieran calibrar y corregir las imágenes históricas captadas por los satélites en base a diversas distorsiones generadas por factores atmosféricos y espaciales.

Para la superación de este desafío Frontec se vinculó a la Comisión Nacional de Actividad Espacial (CONAE) para recibir asistencia en la medición y calibración de las

¹⁵ El Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), también llamado **Índice Verde**, surge a partir de la información captada por las imágenes satelitales, y corresponde a la fracción de la radiación solar absorbida por las plantas. Este índice permite conocer algunas características de la vegetación –e.g. la biomasa, el índice de área foliar (IAF) o la productividad- y, en consecuencia, el rendimiento de los cultivos. A su vez, en la ganadería permite conocer la oferta forrajera de modo tal de poder calcular la carga de ganado óptimo.

imágenes satelitales históricas. Estas labores¹⁶ permitieron alcanzar una elevada calidad en la calibración de las imágenes satelitales, de forma tal de poder comercializar el índice verde histórico de cualquier lote en la Tierra.

Por otro lado, Frontec a partir de las vinculaciones con el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y con el Centro de Investigaciones del Mar y la Atmosfera (CIMA), instituto asociado al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), pudo adquirir, a partir del financiamiento público, una “super-computadora” –valuada en más de 4 millones de dólares- para el procesamiento de bases de datos meteorológicos. Esta inversión ayudó a mejorar sustancialmente los modelos de simulación y la interpretación de los datos meteorológicos, aunque todavía la Argentina, al igual que la mayoría de los países en desarrollo, está muy retrasada frente a las capacidades de procesamiento disponibles en las naciones avanzadas, algo que limita las potencialidades de este tipo de emprendimientos.

Con el tiempo el análisis histórico de lotes productivos fue complementado con el servicio ligado a la identificación de los micro-ambientes presentes en dichos lotes y con la oferta de soluciones productivas a partir del desarrollo de prescripciones dirigidas a identificar las estrategias óptimas para el desarrollo de una agricultura sitio-específica. Para la provisión de estos servicios la empresa trabaja permanentemente en la mejora de los algoritmos a partir de simulaciones logradas a mediante diversas herramientas de inteligencia artificial¹⁷.

En paralelo, se llevan adelante “validaciones a campo” de la micro-ambientación y de las prescripciones generadas para detectar fallas e imperfecciones en los algoritmos. Un elemento central en este sentido es el establecimiento de vínculos específicos con ciertos clientes. En esta materia fue fundamental contar con la participación del grupo Los Grobo S.A. desde la misma gestación del emprendimiento, ya que permitió una constante retroalimentación de los resultados agronómicos obtenidos a partir del servicio brindado por Frontec.

En esta misma dirección se enmarca la vinculación que tiene Frontec con el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Esta relación, que ya tiene más de 3 años de vigencia, le permitió a la empresa continuar con sus ejercicios permanentes de validación de los servicios brindados al tiempo que también le permitió tomar provecho del conocimiento que el INTA dispone de los rasgos y características idiosincráticas de los productores agrícolas nacionales.

¹⁶ Dentro de las principales labores desarrolladas a partir de la vinculación entre Frontec y la CONAE se destaca la medición de variables atmosféricas particulares en ubicaciones geográficas específicas coincidentes con el momento puntual en el cual el satélite pasa por ese punto de la Tierra.

¹⁷ Por ejemplo, una de las rutinas en innovación destacada por el CEO de Frontec es la realización de estudios *expost* sobre los resultados obtenidos en todos los lotes sobre los cuales se realizan prescripciones de siembra o fertilización. De este modo, a partir de la contrastación entre la estrategia productiva sugerida por la plataforma –dentro de la cual se pronostica un rinde esperado- con los resultados agrícolas finalmente obtenidos –que surgen a partir de los datos captados por sensores de la maquina cosechadora-, se realiza un estudio sobre los espacios en los cuales los pronósticos fallaron. Esto permite identificar los principales factores que influyeron en esta falla, los cuales pudieron haber estado asociados a errores cometidos por operarios en el campo (por ejemplo, si se sembró en algún lugar del campo a una velocidad mayor de la prescripta) o bien por problemas en los algoritmos de la empresa.

La expansión de la empresa también se dio en el ámbito geográfico, ya que al presente cuenta con clientes en diversos países. Un hito fundamental en este sentido fue el ingreso al mercado de la India, para el cual resultó estratégica la vinculación con su primer cliente en ese país, lo cual permitió expandir las posibilidades de “validación a campo” del servicio brindado teniendo en cuenta una región y cultivos distintos a los que solía trabajar con los clientes de América Latina. Este vínculo resultó tan prospero que para el año 2016 el 50% de los ingresos obtenidos provenían de ese país.

Si bien el crecimiento de la firma en términos de la creación de empleo fue modesto - pasó de tener 6 empleados en el año 2014 a 16 en el 2017-, lo singular radica en la demanda de habilidades y en los cambios en los conocimientos requeridos del personal ocupado. Todos los empleados de la empresa son graduados o estudiantes avanzados de carreras técnicas o de ciencias exactas –en particular profesionales ligados a la ciencia de la computación, la atmosfera, así como también matemáticos y físicos-, y una parte importante de ellos cuenta con nivel de maestría e incluso doctorado. En contrapartida, la empresa al presente no cuenta con ningún ingeniero agrónomo, en parte gracias a la posibilidad de externalizar la provisión de conocimientos propios de las ciencias agronómicas a través de los vínculos establecidos con el grupo Los Grobo y con el INTA. Asimismo, Frontec mantiene relaciones muy cercanas con investigadores de otras organizaciones, en particular de INVAP y del SMN. A su vez, la lectura de *papers* académicos, la participación en congresos y la consulta en plataformas *opensource* para el desarrollo de soluciones técnicas resultan también prácticas habituales al interior de la empresa.

Por último, en relación a los obstáculos identificados para la expansión de la empresa, al comienzo el principal fue la mala experiencia previa que varios *early adopters* habían tenido con servicios similares, pero de inferior calidad. Esta situación se revirtió en 2016/2017 cuando una de las principales semilleras locales comenzó a ofrecer de forma gratuita a todos sus clientes la posibilidad de utilizar los servicios de Frontec, lo cual significó un salto sustancial en la superficie implantada atendida por la empresa.

Un segundo obstáculo está asociado a la dificultad para acceder a grandes inversiones de capitales de riesgo. En esta materia se destaca una diferencia sustancial con las posibilidades que tienen firmas competidoras de Frontec radicadas en otros países –como Estados Unidos, Europa, Israel, e inclusive Brasil-. Si bien la empresa pudo sortear esta dificultad y financiar su crecimiento a través de inversiones privadas –en particular inversores ángel- y del aporte realizado por su principal cliente en el inicio –el grupo Los Grobo-, la posibilidad de disponer de fondos de capitales de riesgo podría acelerar su expansión, en particular en relación al mejoramiento de las capacidades tecnológicas y al ingreso en mercados extranjeros.

Por otro lado, el CEO de la empresa destaca que una de las “facilidades” que encontró en el ámbito local fue la alta calificación de los graduados y la creatividad de estos para hallar soluciones técnicas a diversos problemas presentados. A su vez, la posibilidad de contar con la asistencia de investigadores de larga trayectoria en INVAP, el SMN y el CIMA también fue un elemento central que posibilitó el crecimiento de Frontec. En el mismo sentido operan el hecho de haber establecido vinculaciones con una empresa líder en la producción agrícola, como lo es el grupo Los Grobo, así como también con el organismo público de mayor alcance a nivel nacional en materia de ensayos y experimentación agrícola, el INTA. Ambas organizaciones aportaron

conocimientos específico muy relevante para que Frontec pudiera dar un servicio competitivo a nivel mundial.

Farmin Technologies

Farmin Technologies es una empresa de reciente formación, que desde hace dos años está desarrollando nuevas tecnologías ligadas a *Internet of Things* (IoT), ciencia de datos e inteligencia artificial para ser aplicadas en la producción ganadera. Esta empresa, concebida en Argentina, pero con vinculaciones con en Estados Unidos y Australia, vino a ocupar un espacio vacante dentro de la oferta de SBC para la producción ganadera. En particular, la firma ofrece diversos equipos interconectados y una plataforma digital que procesa los datos generados transformándolos en información valiosa para la toma de decisiones. Los servicios que brinda, principalmente enfocados a la etapa de engorde (o invernada), apuntan no solo a reducir costos, sino también a sustituir ciertas rutinas productivas al interior de los establecimientos.

Parte de lo singular, tanto a escala nacional como internacional, de los productos y servicios ofrecidos por Farmin Technologies es que recolectan datos y generan información antes inexistente para la gestión y el monitoreo de la actividad ganadera. Esta industria tiene la característica de contar con una gran diversidad de costos ocultos¹⁸ asociados a la inexistencia de registros de ciertas prácticas operativas.

En efecto, la información disponible por parte del ganadero para la toma de decisiones, por ejemplo, en relación a la compra-venta de ganado, el diseño de programas de alimentación o la identificación temprana de enfermedades, suele ser muy escasa y no estar disponible en los momentos necesarios. A modo ilustrativo, se puede mencionar que aquellos establecimientos que disponen de sistemas propios de pesado, suelen realizar esta actividad cada 90 a 120 días. A su vez, el resultado que arroja esta tarea, que demanda varias horas de trabajo, es el “peso promedio” de la tropa sin poder identificar la evolución de cada uno de los animales.

Esta escasez de información objetiva -y disponible de forma cotidiana- genera una larga serie de ineficiencias a la hora de gestionar la producción. Por ejemplo, al no poder conocer el peso de cada uno de los animales resulta imposible mantener un monitoreo permanente de la evolución del engorde. A su vez, esta situación dificulta la evaluación permanente de la eficiencia los programas de alimentación prescriptos. De este modo, no se puede determinar de forma objetiva a lo largo del ciclo de engorde si conviene aumentar, reducir o mantener la cantidad de alimento proporcionado a los animales¹⁹. Estos rasgos de la actividad ganadera, donde muchas decisiones

¹⁸ Se entiende por costos ocultos a todos aquellos gastos que no son estrictamente necesarios para el proceso productivo o para el funcionamiento de la empresa. Además, tienen la característica de no poder ser identificables, por ejemplo, en los balances contables. Por este motivo los costos ocultos suelen ser difíciles de reducir. En el ciclo ganadero de invernada se identifican costos ocultos ligados, por ejemplo a: i) ineficiencias en la tasa de conversión de pasto y granos en carne; ii) decisiones de compra-venta tomadas con relativamente poca información del estado de la tropa; iii) prácticas de manejo diario ineficientes o que generan estrés en el ganado y; iv) tardía identificación de anomalías de salud.

¹⁹ Esto lleva a que la tasa de conversión —es decir, pasto y/o granos proporcionados a los animales en relación al resultado obtenido en términos de kilos de carne- sea un dato que los ganaderos podrían llegar a conocer recién al final del ciclo de engorde y en términos promedios

operativas cotidianas se toman en base a criterios y conocimientos tácitos, derivan en una gestión productiva carente de indicadores objetivos, de forma tal que a lo largo del ciclo no se puede conocer la eficiencia de las estrategias productivas implementadas.

Farmin Technologies es una empresa que apunta a transformar esta situación a partir del desarrollo de dispositivos interconectados y de servicios ligados al procesamiento de datos recolectados a lo largo del proceso de producción. El primer producto lanzado al mercado por este emprendimiento fue una plataforma de “auto-pesado” del ganado. Este sistema permite al establecimiento ganadero disponer en tiempo real de un monitoreo permanente del peso y una serie de indicadores sobre la conducta de la tropa de forma tal de detectar posibles anomalías. El sistema consiste de un bebedero al cual se le incorporó una balanza digital y un dispositivo para la identificación de cada animal. De este modo, el sistema identifica y pesa a cada cabeza de ganado en el momento en el cual este se encuentra tomando agua²⁰. Esta información es transmitida en tiempo real, la cual puede ser accedida a través de Internet tanto en una computadora como en un dispositivo móvil. A su vez, sobre la plataforma que realiza el pesado fueron incorporados diversos sensores que captan variables ambientales –como temperatura, radiación solar, humedad, etc.- que en condiciones extremas afectan el proceso de engorde. Estos datos son también procesados por la plataforma, la cual los reporta al usuario y genera alarmas en casos de anomalías.

Para el desarrollo del prototipo de esta plataforma de pesado Farmin Technologies se vinculó con la empresa Balanzas Vesta S.A., una de las mayores firmas del rubro de balanzas y básculas industriales del mercado local y con presencia en múltiples países. Esta vinculación fue estratégica para poder adaptar los componentes electrónicos desarrollados por Balanzas Vesta a las necesidades del producto que habían ideado desde Farmin Technologies. Este factor, además, le permitió a Farmin Technologies la posibilidad de externalizar parte del proceso de producción de la plataforma de auto-pesado, para concentrarse únicamente en aquellos dispositivos que estuviesen directamente relacionados con tecnologías de IoT y en el desarrollo de la plataforma digital para el procesamiento de los datos.

Para el desarrollo tanto de la plataforma de servicios ofrecida por Farmin como del sistema de auto-pesado tuvieron que ser implementadas herramientas de *machine learning* y de ciencia de datos orientadas a resolver diversos problemas tecnológicos que se presentaron en el proceso innovador.

El primero de ellos estuvo asociado a la eliminación de los errores generados en el pesado. Resulta habitual que los animales cuando están bebiendo agua se amontonan o se trepan el uno al otro, situación que podría arrojar errores tanto en el peso como en la identificación de los mismos. A partir del uso de las mencionadas herramientas computacionales en Farmin Technologies pudieron idear una solución que anulase de forma prácticamente total los errores de pesados ligados al caso antes mencionado. A su vez, esta tecnología les permitió desarrollar y perfeccionar algoritmos que neutralicen el aumento del pesado del animal asociado al consumo de agua en el bebedero. Dado que el animal puede llegar a consumir hasta 30 litros de agua en su

para toda la tropa. Esto imposibilita, por ejemplo, la adopción de programas de alimentación flexibles, impactando negativamente en los márgenes de rentabilidad.

²⁰ Sobre la oreja de los animales se incorpora un dispositivo –llamado caravana UHF- el cual registra la identidad.

paso por el bebedero, resultó central poder aislar estas posibles distorsiones generadas al momento en el cual se lo está pesando.

A partir del sistema de auto-pesado y del procesamiento de los datos recolectados, la empresa ganadera puede disponer de forma cotidiana de un conocimiento objetivo del pesado y el estado general del ganado. Sobre estas bases Farmin Technologies desarrolló nuevos servicios para el productor. Así, la aplicación genera alarmas si algún animal no está bebiendo agua con la frecuencia debida, hecho que por lo general se asocia al padecimiento de alguna enfermedad. A su vez, la plataforma también realiza informes y provee métricas periódicas sobre la eficiencia obtenida en el engorde de los animales según la alimentación proporcionada. Si bien en la versión actualmente disponible para esta función el productor debe ingresar el alimento proporcionado al ganado, en la empresa desarrollaron un prototipo donde dicho registro es digitalizado de forma automática.

A partir de un dispositivo provisto de sensores y de equipamiento GPS que es aplicado a la maquinaria agrícola que suministra el alimento al ganado –llamada *mixer*-, se generan registros del alimento proporcionado en cada corral. De este modo, el sistema registra la cantidad exacta de alimento suministrada a cada grupo de animales de forma tal de facilitar el desarrollo y monitoreo de estrategias diferenciales de alimentación. A su vez, la plataforma reporta los resultados obtenidos en términos de la variación del peso de cada uno de los animales, analizando la eficiencia de los programas de alimentación implementados en cada caso.

Esta plataforma de servicios también realiza una pre-selección automática de los animales listos para ser cargados a camión y transportados al frigorífico. Este servicio le posibilita al ganadero fijar una serie rangos de interés, por ejemplo, peso y edad, y como resultado le reporta todos los animales incluidos dentro de ese conjunto de variables y la ubicación de los mismos en el campo. Esta posibilidad de segmentar e identificar a la tropa con las características deseadas permite al ganadero no solo tener un conocimiento más preciso de la producción, sino que también le facilita aprovechar oportunidades de mercado.

Por otro lado, la empresa se encuentra realizando las últimas pruebas antes del lanzamiento al mercado de un nuevo producto llamado “auto-apartador”. Este sistema, que fue desarrollado de forma conjunta con la empresa MICRO Automación y financiado en una parte importante por uno de los principales clientes de Farmin, está orientado a automatizar la distribución y segmentación del ganado en distintos corrales según criterios predeterminados (por ejemplo, el peso). Estas labores, que suelen demandar varias horas de trabajo diario, donde inclusive son habituales los errores por parte de los operarios, son sustituidas por este producto que, a partir del pesaje, la identificación de cada cabeza de ganado y el desarrollo de compuertas automáticas conectadas a la plataforma de gestión, permite separar digitalmente a los animales. De hecho, la configuración y segmentación del ganado deseada puede ser realizada por el ganadero de forma remota desde una computadora o un dispositivo móvil.

Por otro lado, Farmin se encuentra en una etapa muy avanzada del desarrollo de un implemento para la plataforma basado en la lectura de imágenes, las cuales son captadas por cámaras colocadas en el sistema de auto-pesado. Este servicio está orientado a indicar, en base a criterios objetivos, la evolución del desarrollo físico –por ejemplo, captando el nivel de grasa corporal- de los animales. Este servicio permite a

empresas de producción ganadera no solo medir la cantidad de peso ganado en los animales, sino también disponer de variables que indiquen una evolución más cualitativa del engorde de los mismos. Esto posibilitaría el desarrollo de estrategias productivas dirigidas a una mayor segmentación en la calidad del producto obtenido, permitiendo a la empresa ganadera la obtención de cuasi-rentas a partir de la diferenciación de producto.

Para el desarrollo de esta plataforma y los diversos servicios asociados fue necesaria la generación de capacidades ligadas al manejo de tecnologías de IoT, *machine learning* y ciencia de datos. Con tal propósito, los dos emprendedores originales del proyecto –un economista dedicado a la producción ganadera y un ingeniero agrónomo especializado en lectura de imágenes satelitales-, debieron sumar al equipo de trabajo a tres especialistas de otras áreas de formación. En particular, fueron incorporados a la firma dos ingenieros electrónicos –ambos con amplia experiencia en el desarrollo de sistemas embebidos y en tecnologías IoT- y un físico especializado de ciencia de datos e inteligencia artificial.

La formación y la capacidad de trabajo en equipo de los recursos humanos empleados en el desarrollo de los productos y servicios ofrecidos por Farmin Technologies son elementos destacados por el CEO como uno de los principales activos intangibles que le permitieron avanzar en la superación de los desafíos tecnológicos enfrentados. De los 5 integrantes que conformaban la empresa en el año 2016, tres tenían formación de maestría y dos de doctorado. Todos habían pertenecido a equipos de investigación académica –cada uno en su correspondiente área de trabajo-, habiendo publicado artículos científicos en revistas y participado de congresos. A su vez, a la hora de incorporarse a este emprendimiento todos ya disponían de experiencia laboral en empresas privadas o en organismos públicos de investigación científica y tecnológica.

Las rutinas de innovación llevadas a cabo en la empresa son permanentemente nutridas por la lectura de *papers* académicos, la asistencia a congresos –especialmente en las áreas de inteligencia artificial y ciencia de datos-, así como también la participación habitual en foros y plataformas digitales para el desarrollo tecnológico colaborativo. Estas fuentes de información tecnológica son complementadas con estrechos vínculos mantenidos con los clientes, los cuales aportan conocimientos tanto en aspectos vinculados al *usability* de la plataforma de servicios como también en los problemas productivos que podrían ser solucionados por alguna aplicación de Farmin. De hecho, los sistemas de auto-apartador y de determinación del nivel de grasa corporal a partir de la lectura de imágenes fueron proyectos que surgieron a partir de la solicitud de un cliente.

Por otro lado, la firma también recibe cotidianamente asistencia ligada a temas tecnológicos, pero principalmente organizacionales y de gestión, del CEO de Satellogic²¹ (Emiliano Kargieman), a la vez que también mantiene estrechos vínculos con una de las mayores redes de agricultores del país (AACREA) para mejorar sus estrategias de comercialización y de llegada a clientes. Estas vinculaciones, si bien estarían en un segundo orden en términos de la obtención de soluciones tecnológicas, son relevantes para el desarrollo de estrategias de crecimiento e internacionalización

²¹ Satellogic es una empresa argentina fundada en el año 2010 la cual se dedica al desarrollo de tecnología espacial, así como también a la fabricación de nano-satélites. En la actualidad dispone de varios satélites en órbita.

de la empresa. Aspectos tales como la gestión del espacio de trabajo, el desarrollo de estrategias para la obtención de financiamiento o el diseño del modelo de negocios fueron y son discutidos con estos dos actores.

En relación al financiamiento obtenido por Farmin para sustentar su proceso de gestación y crecimiento, el mismo estuvo ligado a dos fuentes principales: clientes y un fondo de inversión de capital de riesgo. El financiamiento obtenido a partir de clientes estuvo presente desde los inicios del proyecto, inclusive antes de que este saliera al mercado. Esta fuente de financiamiento fue de gran importancia para el progreso del emprendimiento no solo por los fondos que fueron apartados, sino también porque permitió establecer vínculos cercanos que posibilitaron conocer mejor las particularidades de la demanda y así perfeccionar las estrategias comerciales.

En segundo lugar, el financiamiento recibido de un fondo de inversión de capitales de riesgo, llamado StarLight Venture Capital y radicado en Estados Unidos, fue relevante tanto por el monto de la inversión recibida como para posibilitar la apertura a uno de los mayores mercados globales en relación a la producción de carne bovina. De este modo, el lanzamiento al mercado de los productos y servicios ofrecidos por Farmin se hizo de forma simultánea tanto en Argentina como en Estados Unidos. De hecho, la plataforma de auto-pesado fue primero patentada en Estados Unidos y luego en Argentina. Adicionalmente, Farmin está buscando activamente ingresar a los principales mercados regionales, como Brasil, Uruguay y Paraguay.

Dado que el servicio que ofrecen desde Farmin Technologies está basado en datos e información recolectada en la plataforma de auto-pesado –la cual se complementa con los sistemas de auto-apartado y de lectura de imágenes-, la dificultad que enfrentan para acelerar el proceso de crecimiento e internacionalización está ligada a las tareas de instalación y mantenimiento de estos sistemas. Esta situación llevó, en primer lugar, a que uno de los emprendedores que inició el proyecto y actual CEO se radicara en Estados Unidos, mientras el resto del equipo avanza con los desarrollos tecnológicos y comerciales en Argentina. A su vez, la empresa busca activamente socios en otros países para facilitar el ingreso a nuevos mercados. Un ejemplo en este sentido es la vinculación con la empresa australiana Agersens –también dedicada al desarrollo de soluciones tecnológicas para el sector ganadero- para posicionar la plataforma de Farmin en el mercado de Australia.

Por último, desde la empresa identifican como un obstáculo importante para su crecimiento en el mercado doméstico la falta de conocimientos, así como también la desconfianza hacia las nuevas tecnologías de una parte importante de los productores ganaderos. Este sector se caracteriza por tener una gran heterogeneidad, expresada en términos del tamaño de las explotaciones, pero sobre todo en relación a la disposición a adoptar nuevas tecnologías. Este hecho provoca que, al día de hoy en el ámbito local, el mercado objetivo de Farmin este acotado a un puñado relativamente pequeño de empresas dinámicas e innovadoras. De este modo, si bien el potencial de crecimiento a nivel nacional de Farmin podría ser muy amplio, el mismo se ve limitado por un patrón de inversión en nuevas tecnologías lento en una parte importante de los establecimientos ganaderos.

5. Conclusiones

En este trabajo hemos documentado brevemente las profundas transformaciones en curso en los procesos de producción de bienes de base biológica, asociadas a un proceso creciente de digitalización y servificación de dichas producciones. En efecto, a partir de avances ocurridos principalmente en las áreas de la ciencia de la computación –incluyendo las herramientas de inteligencia artificial-, la ciencia de datos y las tecnologías ligadas a IoT se ha abierto la posibilidad de cambios significativos en al menos tres ámbito clave: i) una gestión productiva orientada a identificar y aprovechar las heterogeneidades ambientales y biológicas de forma tal de adaptar el proceso de producción en función de dichas variaciones²²; ii) el monitoreo preciso y en tiempo real de la evolución de las producciones de base biológica, las cuales se ven sometidas a variables climáticas, biológicas y sanitarias, y por último; iii) la mayor productividad de las labores operativas llevadas a cabo en los establecimientos, principalmente a partir del uso de tecnologías que permiten establecer controles sobre el trabajo realizado o bien que automatizan dichas tareas.

Estos cambios tecno-productivos, además de posibilitar mejoras en los rendimientos agropecuarios y reducir los impactos ambientales de las producciones respectivas, abren la oportunidad de generar mayores encadenamientos productivos hacia otros sectores, en particular con empresas de servicios intensivas en conocimiento y proveedoras de TICs, tal como se ejemplifica con los dos casos aquí analizados. Otro aspecto singular de estas transformaciones es que no solo logran ahorrar -o aumentar la productividad- del trabajo poco calificado, sino que también en algunos casos comienzan a sustituir trabajo potencialmente realizado por empleados calificados, como por ejemplo algunas tareas propias de ingenieros agrónomos. En efecto, a partir del desarrollo de plataformas digitales, orientadas a sugerir esquemas de producción a partir del análisis de una gran multiplicidad de datos, algunas tareas complejas también son factibles de ser brindadas de manera automatizada.

Los dos casos presentados están ligados a empresas relativamente jóvenes que ofrecen bienes y servicios basados en la utilización de herramientas derivadas centralmente de la ciencia de datos, la inteligencia artificial y las tecnologías IoT –esto último para el caso de Farmin-. A su vez, es posible identificar una serie de activos críticos, vinculados al desarrollo de capacidades propias que, sumados a ciertos rasgos del contexto local, fueron centrales para explicar el proceso de creación y posterior crecimiento experimentado por estas dos empresas.

En primer lugar, se destacan las capacidades tecnológicas internas a la firma necesarias para desarrollar las plataformas digitales a partir de las cuales se brindan los servicios. Estos últimos están orientados a resolver problemas que habían sido identificados en el contexto de las producciones agrícolas o ganaderas locales, pero que sin embargo también son de aplicación a producciones de otros países y regiones. Esta situación llevó a las dos empresas a pensar, desde el inicio de sus actividades, en estrategias de expansión de alcance global.

²² Esto lleva a la configuración de un esquema de producción donde los insumos –e.g. semillas, herbicidas, fertilizantes, etc. en el caso de las producciones agrícolas-, son utilizados en su proporción óptima dadas las variantes presentadas en cada micro-ambiente. Este uso flexible de insumos suele representar ahorros significativos de costos productivos, generando a su vez menores impactos eco-sistémicos.

En segundo lugar, la demanda local operó como un espacio central para el aprendizaje y el perfeccionamiento de la calidad de los servicios prestados, los cuales tienen la característica de ser fácilmente escalables. En este sentido la vinculación con los primeros clientes fue de crucial relevancia y permitió obtener información valiosa para el posterior desarrollo de ambos emprendimientos. En el mismo sentido operó la búsqueda de contactos con clientes o socios fronteras afuera, en busca de adaptar los servicios a las demandas específicas de diversos mercados.

En tercer lugar, la elección de un soporte digital para la prestación de los servicios fue central para facilitar el proceso de internacionalización. Por ejemplo, Frontec, que adoptó un modelo de negocio enteramente SaaS, pudo pasar a comercializar sus servicios en diversas regiones sin mayores dificultades. Por su parte, Farmin Technologies, que requiere sistemas físicos para ofrecer sus servicios de plataforma digital, tuvo que adoptar una política orientada a establecer vínculos con empresas del mismo segmento en otros países.

Cuarto, otro aspecto central a la hora de desarrollar las capacidades necesarias fue la vinculación con otras empresas u organismos locales. La base científica que sustenta la prestación de los servicios de ambos emprendimientos es permanentemente alimentada vía las relaciones establecidas con organismos públicos de ciencia y tecnología. Por ejemplo, las vinculaciones con CONAE, el SMN o el CIMA del CONICET para el caso de Frontec fueron y son estratégicas para el desarrollo de nuevas tecnologías. Estas vinculaciones permitieron tanto la concreción de inversiones en conjunto –como la adquisición de una computadora especial para el desarrollo de modelos de simulación y el procesamiento de datos climatológicos-, como también el perfeccionamiento de los algoritmos empleados para prestar los servicios respectivos.

Por otro lado, estas dos empresas también fueron dinámicas a la hora de establecer vinculaciones con otras firmas u organismos a la hora de buscar soluciones no tecnológicas. En esta dirección se enmarcan las relaciones establecidas por Farmin con Satellogic, la cual la brindó asistencia para planificar las estrategias de crecimiento, internacionalización y obtención de financiamiento.

Quinto, ambas empresas mencionaron el uso de similares fuentes externas de información para resolver dificultades técnicas o para pensar el desarrollo de innovaciones. En efecto, la lectura de *papers* académicos, la asistencia a congresos y la participación en plataformas digitales dedicadas al desarrollo colaborativo de innovaciones fueron rutinas señaladas en los dos casos.

En sexto lugar, otro activo crítico del que dispusieron estas empresas para crecer fue el acceso a financiamiento. En ambos casos, el mismo provino de fuentes externas a la empresa, siendo algo esperable tratándose de firmas nacientes, incluyendo clientes, inversores independientes -para el caso de Frontec- y fondos de capital de riesgo -para el caso de Farmin-. Si bien la disponibilidad de fondos de todos modos fue y es un obstáculo para escalar en ambos casos, los emprendimientos analizados pudieron sortearlo. Un rasgo particular identificado como factor relevante por ambos CEOs para poder acceder a estas fuentes de financiamiento estuvo ligado a las vinculaciones personales e institucionales preexistentes a la conformación de estas empresas.

El último activo crítico que estuvo a disposición de las empresas a la hora de generar las capacidades necesarias para crecer está ligado a la posibilidad de contratar recursos humanos con las calificaciones necesarias. A su vez, en los dos casos estudiados, los vínculos previos de los emprendedores y del personal contratado con universidades u organismos públicos de investigación eran muy estrechos. Esto ilustra el rol clave de los sistemas de innovación también en el plano de la formación de capital humano en disciplinas científico-tecnológicas.

En síntesis, el surgimiento y expansión de estas empresas se basa en una combinación de elementos propios del contexto local –existencia de una demanda dispuesta a adoptar innovaciones, disponibilidad de capital humano calificado-, el desarrollo de capacidades internas a cada emprendimiento, la adopción de una visión de mercado global desde la propia concepción del negocio y la trama de vínculos tanto con organizaciones del sistema científico-tecnológico como con financiadores y clientes. La agenda en esta área sugiere la necesidad de explorar más acerca de los factores que pueden ayudar a un mayor desarrollo de este tipo de emprendimientos y a promover los procesos de adopción de los servicios que prestan con el fin de aprovechar las oportunidades que abren tanto en materia de diversificación productiva y exportadora como en el plano de la mejora en la eficiencia y la reducción de impactos ambientales de las producciones de bienes de origen biológico.

6. Bibliografía

- Anlló, G. Bisang R. y Katz J (2015). *Aprediendo con el Agro*. BID. Marzo 2015.
- Anlló, G., Bisang, R. y Campi, M. (2013). “Claves para repensar el agro argentino”, Eudeba, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.
- Baldwin, R. (2011), “Trade and Industrialization after Globalization’s 2nd Unbundling: How Building and Joining a Supply Chain Are Different and Why It Matters”, NBER Working Paper, 17716.
- Barsky, O. and J. D. Gelman (2009). “Historia del agro argentino: desde la Conquista hasta comienzos del siglo XXI”, Sudamericana, Buenos Aires, Argentina.
- Bisang R. y Fuch M. (2016). *Las empresas de biotecnología en Argentina*. Publicado por Mincyt, abril de 2016.
- Bisang R. (2007). *El desarrollo agropecuario en las últimas décadas: ¿volver a creer?*, en: Kosacoff B. (Ed.) *Crisis, recuperación y nuevos dilemas. La economía argentina 2002-2007*, Oficina de la CEPAL en Buenos Aires.
- Borlaug, N.E. (2004). *Prospects for world agriculture in the twenty-first century*. In: *Sustainable Agriculture and the International Rice-Wheat System* Lal, R.; Hobbs, P.R.; Uphoff, N. & Hansen, D.O. (Eds.), pp. 1-18, Marcel Dekker, ISBN: 0-8247-5491-3, New York.
- Bramley R. y Trengove A. (2013). *The adoption of precision agriculture in an Australian broadacre cropping system: Challenges and opportunities*. *Eng. Agríc.* vol.33 no.3 Jaboticabal May/June 2013
- Bragachini (2011). *Desarrollo industrial de la Maquinaria Agrícola y Agropartes en Argentina: Impacto Económico y Social*. Publicaciones INTA.

Dahl Andersen, A., Marín, A., y Simensen, E. (2018) Innovation in natural resource-based industries: a pathway to development? Introduction to special issue, *Innovation and Development*, 8:1, 1-27, DOI: 10.1080/2157930X.2018.1439293

Desmarchelier B., Djellal F., Gallouj F. (2013). Knowledge-intensive business services and long term growth, *Structural Change and Economic Dynamics*, vol. 25 pp. 188-205

Di Meglio, G., Gallego, J., Maroto, A., Savona, M. (2015). Services in Developing Economies: A New Chance for Catching-Up? SPRU Working Paper Series, SWPS 2015-32, November, ISSN 2057-6668.

Ekboir, J. (2003). Adoption of no-till by small farmers: Understanding the generation of complex technologies. *Conservation agriculture*, Springer: 501-508.

European Commission (2017). Shaping the digital (r)evolution in agriculture. Disponible en https://ec.europa.eu/eip/agriculture/sites/agri-eip/files/eip-agri_brochure_digital_revolution_2017_en_web.pdf

FAO (2013). ICT uses for inclusive agricultural value chains. FAO Publications, Rome 2013.

Gajst, N. y Frugoni, M. L. (2016). Informes de cadenas de valor: Software y Servicios Informáticos. Año 1 - N° 12 – septiembre 2016, ISSN 2525-0221

Gakuru, M., Winters, K. and Stepman, F. (2009). Inventory of Innovative Farmer Advisory Services Using ICTs. The Forum for Agricultural Research in Africa. Disponible en http://www.fara-africa.org/media/uploads/File/NSF2/RAILS/Innovative_Farmer_Advisory_Systems.pdf

Gotsch, M., Hipp, C., Gallego, J. y Rbalcaba, L. (2011): Knowledge Intensive Services Sector, Europe INNOVA.

INTA (2014). Tecnología precisa. INTA Informa, Edición especial sobre la Red Agricultura de Precisión del INTA EEA Manfredi.

Jensen, J. B. (2013): Overlooked Opportunity: Tradable Business Services, Developing Asia, and Growth, Asian Development Bank.

Kora, G. and Kassem, M. (2010). The Application of Information and Communication Technologies in Agricultural and Rural Development in Egypt. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/013/i1930e/i1930e00.pdf>

Läderach, P. (2003). Evaluation of precision agriculture potential for by-lot management in small and medium coffee plantations in Turrialba, Costa Rica (In Spanish with German summary). M.S. Thesis, University of Bern. Switzerland.

López A., Pascuini P. y Ramos A. (2017). “Al Infinito y Más Allá: Una Exploración sobre la Economía del Espacio en Argentina”, IIEP-BAIRES, Serie Documentos de Trabajo 17, Buenos Aires, Mayo 2017.

Martínez-Fernández, C. (2010). Knowledge-Intensive Service Activities in the Success of the Australian Mining Industry, *The Services Industries Journal*, Vol 30, N° 1, pp 55-70.

Mincyt (2009). Libro blanco de la prospectiva TIC: Proyecto 2020. Edición N. 1. - Buenos Aires, Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, 2009.

Mincyt (2016). Biotecnología argentina al año 2030: Llave estratégica para un modelo de desarrollo tecno-productivo. Edición N. 1. - Buenos Aires, Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, noviembre de 2016.

Pavitt, K. (1984). Sectoral patterns of innovation; Towards a taxonomy and a theory. *Research Policy*, 13, 343–373.

Pietrobelli, C., Rabellotti, R., (2005). Mejora de la competitividad en clusters y cadenas productivas en América Latina: El papel de las políticas. Banco Interamericano de Desarrollo, Serie de buenas prácticas del Departamento de Desarrollo Sostenible Washington, D.C.

Pognante, J. (2011). "Siembra directa." INTA, Actualización Técnica (58).

Qiang, C., Kuek, S., Dymond, A. and Esselar, S. (2011). Mobile Applications for Agriculture and Rural Development. The World Bank publications. Disponible en: http://siteresources.worldbank.org/INFORMATIONANDCOMMUNICATIONANDTECHNOLOGIES/Resources/MobileApplications_for_ARD.pdf

Reca, L. G. (1982). "El sector agropecuario pampeano: situación actual y posibilidades de crecimiento", Fundación de Estudios Contemporáneos, Ciudad de Buenos Aires, Argentina.

Reca, L. G., Lema, D. y Flood, C. (2010). "El crecimiento de la agricultura argentina. Medio siglo de logros y desafíos" Editorial Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina.

Robbins, R. J. (1996). Bioinformatics: essential infrastructure for global biology. *J. Computat. Biol.*, 3: 465–478, 1996

Robert, P. (2002). Precision agriculture: a challenge for crop nutrition management. *Plant and Soil*. 247:143-149

Rodriguez, R., Sopena, R, Vicini, L, Morales, G., Puzitanelli, M., Juarez, E. y Miraglio, W. (2016) Dosis variable (VRT) de fertilizantes sólidos en el cultivo de caña de azúcar 2015 en Tucumán, Argentina. En "Agricultura y Ganadería de precisión y agregado de valor en origen". Ediciones INTA, 2016.

Sasson, A. y Blomgren, A. (2011). Knowledge Based Oil and Gas Industry. Research Report 3/2011, ISSN: 0803-2610

Satorre E. y Bert F. (2014) Agricultura por ambiente: Conceptos para su incorporación eficaz en el manejo de nuestros campos. Cultivar Decisiones Nro. 13 marzo 2014. www.cultiagro.org.

Scaramuzza, F., Accoroni, C., Méndez, A., Villarroel, D., Vélez, J. (2014). El potencial de la Agricultura de Precisión actual y futuro. Publicaciones Bolas de Comercio de Rosario, Año CIII - N° 1523.

Scaramuzza, F.; Vélez, J.; Villarroel, D. (2016). Adopción de Agricultura de Precisión en Argentina: Evolución en los principales segmentos. En "Agricultura y Ganadería de precisión y agregado de valor en origen". Ediciones INTA, 2016.

Schimmelpfennig, D. (2016). Farm Profits and Adoption of Precision Agriculture. No. 249773. United States Department of Agriculture, Economic Research Service.

Sonka, S., (2014). Big Data and the Ag sector: more than lots of numbers. *International Food and Agribusiness Management Review* 17, 1.

Stehrer, R., Biege, S., Borowiecki, M., Dachs, B., Francois, J. F., Hanzlweiss, D., Hauknes, J., Jäger, A., Knell, M., Lay, G., Pindyuk, O. y Schartinger, D. (2012): Convergence of Knowledge-intensive Sectors and the EU's External Competitiveness, Viena, The Vienna Institute for International Economic Studies.

Teubal, M., Domínguez, D. y Sabatino, P. (2005). Transformaciones agrarias en la Argentina. En N. Giarraca y M. Teubal, El campo en la encrucijada, Buenos Aires, Argentina.

The Economist (2014). The disruption of the digital farm. May 24th 2014.

Trigo, E. (2016). 20 años de cultivos genéticamente modificados en la Argentina. Publicado por ArgenBio, noviembre, 2016.

Urzúa, O., Wood, A., Iizuka, M., Vargas, F., y Baumann, J. (2017). Discovering new Public-Private Partnerships for productive and technological development in emerging mining countries. RedSur Background Documents Series of the Natural Resources and Development Report, working paper n° 5, Edition 2016 - 2017

Wilen, H. (2006): Which are the characteristics of Europe's highly qualified human resources? European Communities.

Wolfert, S., Gea, L., Verdouw, C. and M. Bogaardt (2017). Big Data in Smart Farming – A Review. Agricultural Systems, 153: 69-80.

Zurbriggen, C. y Sierra, M. (2015). Redes, innovación y trazabilidad en el sector cárnico uruguayo. CAF/CIEPLAN, ISBN: N° 978-956-204-049-5.