

De la agricultura a la revolución biológico-digital

Nuevas perspectivas para el cambio estructural en la Argentina

Pablo Lavarello y Sebastián Sztulwark
(coordinadores)

Colección Ciencia, innovación y desarrollo

EDICIONES **UNGS**



Universidad
Nacional de
General
Sarmiento

De la agricultura a la revolución biológico-digital
Nuevas perspectivas para el cambio estructural
en la Argentina

Pablo Lavarello y Sebastián Sztulwark
(coordinadores)

**De la agricultura
a la revolución biológico-digital**
Nuevas perspectivas para
el cambio estructural
en la Argentina

EDICIONES **UNGS**



Universidad
Nacional de
General
Sarmiento

De la agricultura a la revolución biológico digital : nuevas perspectivas para el cambio estructural en la Argentina / Pablo Lavarello ... [et al.] ; Coordinación general de Pablo Lavarello ; Sztulwark, Sebastián. - 1a ed. - Los Polvorines : Universidad Nacional de General Sarmiento, 2025.

Libro digital, PDF - (Ciencia, innovación y desarrollo ; 21)

ISBN 978-987-630-797-0

1. Biotecnología. 2. Economía. 3. Agricultura. I. Lavarello, Pablo II. Lavarello, Pablo, coord. III. Sztulwark, Sebastián, coord.

CDD 338.1

EDICIONES **UNGS**

© Universidad Nacional de General Sarmiento, 2025

J. M. Gutiérrez 1150, Los Polvorines (B1613GSX)

Prov. de Buenos Aires, Argentina

Tel.: (54 11) 4469-7507

ediciones@ungs.edu.ar

www.ungs.edu.ar/ediciones

Diseño gráfico de la colección: Franco Perticaro

Diseño de tapa: Daniel Vidable

Corrección: María Inés Castaño

Diagramación: Eleonora Silva



Licencia Creative Commons 4.0 Internacional
(Atribución-No comercial-Compartir igual)



Libro
Universitario
Argentino

Índice

| | |
|--|---|
| Prólogo..... | 9 |
| <i>Pablo Lavarello y Sebastián Sztulwark</i> | |

| | |
|---|----|
| Introducción. De la convergencia a la complementariedad tecnológica. Ventanas de oportunidad para los complejos tecnológicos vinculados a la producción primaria en la Argentina..... | 13 |
| <i>Pablo Lavarello y Sebastián Sztulwark</i> | |

Sección 1. Escenario internacional

| | |
|---|----|
| Capítulo 1. Oligopolio y cambio tecnológico. Adquisiciones en las industrias de semillas y maquinaria agrícola frente a la difusión de la biotecnología y las TIC | 31 |
| <i>Federico Langard, Melisa Girard, Regina Vidosa y Federico Jelinski</i> | |

| | |
|---|----|
| Capítulo 2. El nuevo escenario de la industria agrobiotecnológica mundial | 61 |
| <i>Sebastián Sztulwark, Valentina Locher, Melisa Girard y Pablo Wahren</i> | |

| | |
|--|----|
| Capítulo 3. Crisis, convergencia tecnológica y reconfiguración del oligopolio en la industria de maquinaria agrícola | 87 |
| <i>Damián Bil, Regina Vidosa, Federico Langard y Pablo Lavarello</i> | |

Sección 2. Respuestas a escala local y nacional

| | |
|---|-----|
| Capítulo 4. La respuesta nacional frente a un marco de transición paradigmática en la industria agrobiotecnológica mundial..... | 123 |
| <i>Sebastián Sztulwark, Pablo Wahren, Valentina Locher y Melisa Girard</i> | |

| | |
|---|-----|
| Capítulo 5. Proximidades frente a la convergencia tecnológica y la internacionalización de las tramas de maquinaria agrícola. Un estudio de caso en la Argentina..... | 149 |
| <i>Pablo Lavarello, Regina Vidosa, Damián Bil, Luciana Guido, Federico Jelinski y Gonzalo Sanz Cerbino</i> | |
| Conclusiones. Desafíos de política industrial y tecnológica para la Argentina | 177 |
| <i>Sebastián Sztulwark y Pablo Lavarello</i> | |
| Sobre los autores y las autoras..... | 185 |

Prólogo

Pablo Lavarello y Sebastián Sztulwark

La cuestión del agro siempre estuvo en el centro del debate histórico sobre el desarrollo económico argentino. Vector central de la conformación de la Argentina moderna y de su inserción internacional como proveedor de bienes primarios, el agro se constituyó como una “solución” a los dilemas de la integración del país a la economía mundial en la segunda mitad del siglo XIX. Sin embargo, a la sombra de su propio despliegue, comenzó a manifestarse su propio límite. Tanto por su papel de “receptor” de la moderna maquinaria industrial (por tratarse de una actividad sujeta al deterioro de los términos de intercambio) como por representar el núcleo productivo de una oligarquía rentística, el agro comenzaba a manifestarse como un “problema” para el desarrollo nacional.

El proyecto de industrialización por sustitución de importaciones puede ser leído como un intento de superar los rasgos de ese modelo primario-exportador, tanto en lo tecnológico (a partir de una mayor densificación del entramado técnico nacional), en lo económico (por un mayor crecimiento de las ramas con retornos crecientes a escala) como en lo político (con la emergencia de un nuevo núcleo de poder). Este proyecto de industrialización, sin embargo, tenía un carácter semiperiférico. Ese carácter se expresa en el hecho de que, por un lado, la semiperiferia, a diferencia del centro, cuenta con un nivel de ingresos muy bajo como para superar en forma endógena los umbrales de aprendizaje y escala necesarios para el ascenso industrial; por otro, en que, a diferencia de la periferia, presenta ingresos por arriba de los necesarios para industrializarse a partir de bajos salarios.

Hacia los años setenta del siglo pasado, y en el marco de una nueva geoeconomía y geopolítica mundial, el carácter “trunco” de esa industrialización, siguiendo la célebre expresión del economista chileno Fernando Fajnzylber, puso de manifiesto, esta vez, la dificultad para trascender ese

carácter semiperiférico. Y, en un giro conservador, volvió a emerger, en un nuevo contexto histórico, la promesa del agro como “solución” a los problemas del desarrollo nacional.

Entrados los años noventa, la economía mundial comenzaba a evidenciar señales de un cambio profundo. Sobre la base de un nuevo paradigma tecnoeconómico (PTE) mundial, basado principalmente en las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), pero también en la biotecnología, la industria manufacturera mundial, con un nuevo protagonismo de los países de Asia oriental y, en particular, de China, pega un salto revolucionario de productividad que amplía la brecha existente con los países de la periferia de la economía mundial, volviendo inalcanzables, en particular para los países de ingresos medios, muchos de los intentos de promover una industria integrada nacionalmente y orientada al mercado interno. Esta situación, sin embargo, también plantea la existencia de espacios de oportunidad transitorios para aquellos países que, a partir de sus ventajas naturales, logren reorientar sus excedentes hacia las actividades con rendimientos crecientes.

En ese marco, el modo de innovación agrícola mundial vive una transformación mayor. Sus vectores de cambio centrales son, por un lado, aquellos que se presentan en aquellas ramas que proveen insumos y medios de producción, esto es, en el complejo tecnológico de la metal-mecánica que, en el marco de la revolución de las TIC, se rejuvenece para producir una nueva generación de maquinaria y dispositivos de producción agrícola de tipo electrónico-informacional y, por otro, el complejo químico-biológico que, a través de los notables avances de la ingeniería genética, provee una nueva generación de insumos agrícolas articulados en paquetes tecnológicos que generan un alto impacto productivo. La cuestión ambiental aparece, en este marco, como un terreno de disputa entre los efectos regresivos de una fuerte intensificación productiva y la emergencia de una nueva industria “verde” que ve en ese carácter problemático un espacio de oportunidad para el desarrollo de nuevos productos.

Sobre esas nuevas condiciones tecnoeconómicas, la agricultura argentina se reconfigura y se presenta de un modo renovado como eje central de la inserción económica internacional de la Argentina. La producción de soja y sus derivados son el emblema de ese proceso. Los límites del modelo son evidentes. Desde un punto de vista tecnoeconómico predomina un papel de adoptante de las innovaciones fundamentales desarrolladas en los principales centros tecnológicos del capitalismo mundial, condición que está asociada a un bajo nivel tecnológico de densificación

del entramado productivo nacional. Además, a pesar de las fluctuaciones producidas por la emergente demanda asiática, el problema de los términos de intercambio persiste. Y en términos políticos, se produce en esta actividad nuevas relaciones de fuerza a partir de la consolidación de un oligopolio global que tiene una fuerte capacidad para configurar el marco institucional que regula las condiciones de acumulación y que limita el grado de autonomía de los actores semiperiféricos.

Lo que emerge, de este modo, es un desplazamiento de la pregunta sobre el agro como problema o solución para el desarrollo económico argentino. Este acto de desplazamiento es el que posibilita abrir un nuevo interrogante de investigación que se puede formular de la siguiente manera: dado que el agro, por sus condiciones tecnológicas, económicas y políticas en las que se despliega, no puede constituirse en el núcleo endógeno del desarrollo económico argentino, ¿qué rol puede jugar en ese proceso? La respuesta tentativa que proponemos en este libro es que en los complejos tecnológicos que proveen insumos y medios de producción para el agro existe una ventana de oportunidad mayor, con relación a lo que ocurre en el resto de las actividades, para el desarrollo de un núcleo endógeno de base nacional. La tesis que sostenemos de modo exploratorio es que la fortaleza relativa con la que cuenta el país en ese rubro podría ser el punto de partida para el desarrollo de las capacidades productivas centrales del nuevo PTE mundial: aquellas vinculadas a las TIC y a la biotecnología.

Para abordar esta problemática de investigación en este libro se presenta un enfoque que consta de dos elementos principales. En primer lugar, una perspectiva multiescalar que combina tres dimensiones de análisis complementarias: la global, la nacional y la local. El elemento fuerte a considerar es que las transformaciones tecnoeconómicas que afectan la dinámica productiva de los complejos productivos que proveen de insumos y medios de producción al agro argentino están estructuradas mundialmente; que existe un modo nacional de integrarse es esa estructura y que parte del modo en que puede verse la respuesta nacional es a nivel del análisis local o sectorial. En segundo lugar, la comprensión de las dinámicas económicas que asumen esos complejos tecnológicos demanda un aparato de lectura a nivel “meso” que sea capaz de identificar cuáles son las variables centrales de ese proceso. En este sentido, se presenta, por un lado, la distinción entre innovación fundamental, elemento que (des) estructura las relaciones económicas principales de una determinada industria, y los activos complementarios, esto es, los

activos productivos necesarios para crear y realizar el valor a partir de esa innovación estructurante. Por otro lado, se establece la relevancia del marco institucional (producto de una determinación multiescalar) y, en particular, de aquellas instancias que permiten establecer los estándares regulatorios y tecnológicos de producto y las reglas de apropiación de la renta innovativa.

Sobre esta base teórico-metodológica, en esta investigación se aborda, en diferentes escalas de análisis, aunque con un predominio de la interacción entre las instancias global y nacional, la dinámica económica de los complejos tecnológicos asociados a la provisión de insumos y medios de producción agrícolas, con el objetivo de estudiar si existe en estas actividades una ventana de oportunidad que permita avanzar en la constitución de un núcleo endógeno, instancia clave de un potencial proceso de desarrollo económico nacional.

La investigación se desarrolló durante los años 2019 y 2023 en el marco del proyecto de investigación PICT 2018-03700, “Complementariedad tecnológica y desarrollo regional: implicancias para las industrias de maquinaria agrícola y semillas en la región centro pampeana”, con sede en el Centro de Estudios Urbanos y Regionales (CEUR) del Conicet y financiado por la Agencia Nacional de Promoción de la Investigación, el Desarrollo Tecnológico y la Innovación de Argentina. Este proyecto, con sede en el CEUR, involucró la participación de investigadores y becarios de las líneas del CEUR e investigadores del área de Economía del Conocimiento del Instituto de Industria (IDEI) de la Universidad Nacional de General Sarmiento (UNGS).

Agradecemos al conjunto de investigadores de las líneas del CEUR y del IDEI por sus generosos comentarios en distintas instancias de este trabajo. En particular, los de Graciela Gutman, Silvia Gorenstein, Analía Erbes y todos los becarios, investigadores y personal de apoyo de “Economía Industrial y de la Innovación” y “Tecnología Poder y territorio” del CEUR, que participaron en distintos seminarios internos. También agradecemos a Martine Gibert, con quien compartimos los resultados del proyecto y nos brindó importantes comentarios.

Introducción

De la convergencia a la complementariedad tecnológica

Ventanas de oportunidad para los complejos tecnológicos vinculados a la producción primaria en la Argentina

Pablo Lavarello y Sebastián Sztulwark

Introducción

La persistencia de los problemas estructurales que enfrenta la Argentina pone de manifiesto la necesidad de repensar los senderos posibles de desarrollo para nuestro país. Una especialización productiva asociada a actividades de baja complejidad tecnológica y la consecuente restricción externa son factores recurrentes de una dinámica económica y social empobrecedora. Este escenario no solo demanda respuestas a corto plazo, también abre importantes oportunidades y desafíos para pensar, en una perspectiva de más largo plazo, el papel de la política industrial y tecnológica en un horizonte de transformación estructural.

La literatura pionera del desarrollo económico ha discutido, en el marco de la segunda revolución industrial, las posibilidades de transformación estructural en los denominados procesos de industrialización tardía, señalando las denominadas “ventajas económicas del atraso” (Gerschenkron, 1968; Hirschman, 1980). Esta discusión fue retomada posteriormente y aplicada al caso de los países llamados de industrialización “muy tardía”, aquellos que emprendieron un proceso de ascenso industrial a partir de la segunda mitad del siglo XX. La existencia de altas barreras a la entrada de naturaleza tecnológica (complejidad de la innovación de base científica) e institucional (existencia de derechos de

propiedad intelectual sobre las nuevas tecnologías) fueron elementos que forzaron a estos países a seguir una trayectoria diferente, asociada al “aprendizaje temprano” de capacidades de manufactura sin el dominio de las innovaciones fundamentales de su época (Amsden, 1989; Hikino y Amsden, 1995). Estas experiencias mostraron que dichas ventajas del atraso correspondieron al período de transición entre las tecnologías y actividades asociadas al motor a combustión y las fases iniciales de la microelectrónica.

De este modo, todo diseño de política industrial requiere de un análisis de los cambios en las estructuras productivas a escala mundial que se han asociado históricamente con ciclos largos (u ondas largas) de acumulación (Kondratieff, 1926; Mandel, 1979). Varios autores neoschumpeterianos, como Freeman y Pérez (1988) y Pérez (2002), han estudiado en particular cómo estas revoluciones tecnológicas pueden conceptualizarse a partir de la noción de PTE, entendida como una constelación de tecnologías que se apoyan en ciertos insumos ampliamente accesibles e industrias clave con potencial difusor del progreso técnico. La instalación de un nuevo PTE tiene implicancias mayores en la jerarquía entre los Estados nación y define el campo de posibilidad para el ascenso industrial de los países semiperiféricos. Sin embargo, en el escenario actual, no resulta tan simple de identificar si el actual PTE se apoya principalmente en una sola constelación de tecnologías, aquella asociada a las TIC o, por el contrario, si de hecho nos enfrentamos a un marco tecnológico de tipo “dual”, en el que la constelación de las TIC convive (en una situación de dominancia parcial) con la constelación de la biotecnología (Tylecote, 2019).

Desde esta perspectiva se abre la siguiente pregunta general de investigación: ¿en qué medida la existencia de una creciente complementariedad entre las TIC y las biotecnologías, con un potencial proceso de convergencia tecnológica entre ellas, representa una nueva ventana de oportunidad que habilita un proceso de ascenso industrial para los países de la periferia de la economía mundial? Entendemos que este es un interrogante de relevancia para un país como la Argentina, que basa su inserción internacional en la exportación de bienes de base agrícola, y cuya dinámica productiva nacional se articula a dos grandes complejos tecnológicos: el electrónico-metalmecánico, con foco en la maquinaria agrícola (MA) y la agricultura de precisión (AdeP), y el químico-biológico, en el que adquieren una creciente relevancia los avances de la moderna biotecnología. De este modo, la política industrial se presenta como indisoluble de la constitución de un núcleo endógeno en el que se articulen

distintos capitales locales y organismos de ciencia y tecnología, y sobre cuya base definir un conjunto de industrias pivote (Fajnzylber, 1983). La pregunta por la convergencia o complementariedad entre TIC y biotecnología adquiere, en este sentido, un carácter crucial para la definición de un proyecto de cambio estructural.

El objetivo de este artículo es desarrollar un marco conceptual que permita, en primer lugar, identificar si existe un proceso de convergencia o complementariedad entre las TIC y la biotecnología, y en función de ello, establecer criterios que permitan definir los sectores que actuarían como pivote de un eventual núcleo endógeno para la Argentina y cómo este proceso impactaría en las trayectorias sectoriales previas existentes.

El trabajo se organiza de la siguiente manera. En la sección 1 se propone un marco analítico que interroga sobre la existencia de convergencia o complementariedad entre las TIC y la biotecnología, con una perspectiva crítica del concepto de PTE de matriz neoschumpeteriano. En la sección 2 se analizan las consecuencias de ese proceso sobre el establecimiento de la innovación fundamental y de los activos complementarios que operan en las industrias que se articulan en torno a la producción primaria, como la de insumos agrobiotecnológicos o de MA. En la sección siguiente se aborda la relación entre los cambios a nivel del PTE y las dinámicas mesoeconómicas que se presentan en las industrias consideradas. Se concluye con una presentación general del libro y con el detalle de los contenidos de cada uno de los capítulos que lo integran.

Las constelaciones de innovaciones a nivel sistémico: convergencia o complementariedad entre las TIC y las biotecnologías

Con el objetivo de identificar los sectores que podrían jugar un rol pivote en la política industrial ante un nuevo cambio de PTE mundial, en esta sección se busca analizar cómo las trayectorias de innovación de esas industrias se constituyen a partir de su relación con (i) las innovaciones estructurantes del sistema mundial y (ii) con las estrategias empresariales de construcción de activos complementarios.

El primer elemento a considerar es la relación de las trayectorias sectoriales de innovación con la innovación estructurante del sistema mundial. Esta última ha sido trabajada en la literatura a partir del concepto de PTE (Pérez 2002; Freeman y Pérez, 1988). La innovación estructurante del sistema mundial se deriva de la relación entre un insumo abundante

y barato (carbón, gas, electricidad, acero, petróleo) y una técnica de procesos (máquina de vapor, procesos Bessemer, motor a combustión, línea de montaje, etc.) que, en conjunto, permite obtener saltos “cuánticos” de productividad respecto del PTE previo. A partir de estos elementos materiales se definen, por un lado, las industrias motrices que producen el insumo abundante y barato, y por el otro, las industrias vectoras que son las que a partir del uso intensivo de este insumo clave juegan el rol de pivote en la difusión intersectorial de la tecnología. El desarrollo de estas industrias demanda una infraestructura específica y está asociada a nuevos patrones de organización de la producción.

Este enfoque mostró una gran capacidad para explicar la dinámica tecnoeconómica de las primeras cuatro ondas largas de Kondratieff, no así en la última, en la que distintos argumentos se fueron sucediendo desde los años ochenta. Entre ellos, el más respaldado es aquel que sostiene que la difusión de una nueva onda larga requiere un “buen ajuste” con el modelo socioinstitucional que aún no ha llegado a consolidarse (Pérez, 2002).

Queda por fuera del objeto de este artículo discutir razones por las cuales la quinta onda nunca replicó las previas, relanzando el empleo y la inversión. En todo caso, se puede aventurar que a cincuenta años en que sus promesas no se realizan, la quinta onda larga (postsetentas) indica una mutación en la dinámica de largo plazo del capitalismo mundial que opera en distintos planos y genera problemas con la propia categoría de PTE.

A diferencia de los paradigmas tecnoeconómicos previos, las innovaciones fundamentales del sistema no derivan de la relación entre insumo clave y tecnología de procesos, como lo era en el caso de las revoluciones tecnológicas previas (máquina de vapor y carbón, grandes procesos y acero, motor a combustión y petróleo). No queda claro qué insumo reemplazaría el carbón, el acero y el petróleo. La literatura oscila entre un intermediario relativamente complejo como el microprocesador y un “bien” tan desarticulado como la información.

Es en este marco que es posible plantear una convergencia entre las TIC y la biotecnología. Esta hipótesis plantea que si el ADN es información, las biotecnologías se incorporarían al PTE de las TIC, lo que implicaría un proceso de convergencia en sus bases de conocimiento y en sus tecnologías. Desde esta perspectiva, la modificación del ADN podría asimilarse a los bits de información (Tylecote, 2019; Pérez, 2010). Es posible profundizar esta línea de razonamiento y plantear que estas tecnologías

se diferenciarían de los paradigmas tecnoeconómicos anteriores en que no consisten en la “transformación” de un insumo clave, sino en la “recombinación” de información.

La posibilidad de convergencia entre ambos campos de conocimiento dependería, por lo tanto, de las particularidades que asuman los procesos de recombinación de información tanto en el caso de las TIC como en el de la biotecnología. En el caso de la biotecnología, la recombinación de información opera sobre la transformación biológica de la materia viva, como en el caso de la biomasa o de los microorganismos. La posibilidad de producir saltos “cuánticos” de productividad o de crear productos radicalmente nuevos de un modo sistemático depende de un saber sobre la relación entre la técnica de recombinación y el soporte en el que esta opera. Un saber que permite codificar procesos y controlar efectos.

No obstante, tal convergencia no se produjo. Hasta el momento, las TIC pudieron avanzar más en ese proceso de innovación que la biotecnología. Uno de los elementos fundamentales a considerar tiene que ver con que el campo de los sistemas biológicos demostró ser de una mayor complejidad (menor grado de codificación y de estabilidad de las interfaces entre los distintos componentes y, consecuentemente, una mayor incertidumbre sobre sus efectos) que el de los sistemas basados en materia inerte.

Las diferencias no se agotan en ese aspecto. En el caso de las TIC, la innovación fundamental es una nueva tecnología de procesos (la informática) que opera sobre un soporte material inanimado (la electrónica) y que utiliza una infraestructura de telecomunicaciones. En el caso de la biotecnología, en cambio, se trata de un conjunto de técnicas que van desde la ingeniería genética, la genómica y la proteómica hasta las modernas técnicas de edición génica que actúan sobre la materia viva, esto es, sobre un soporte biológico que está asociado a procesos de producción que no son totalmente codificables. El avance en las innovaciones fundamentales depende, por lo tanto, del dominio de campos de conocimiento heterogéneos vinculados a la electrónica y a la informática, en un caso, y de la biología molecular, en el otro. A partir de estos elementos es posible plantear ciertas proposiciones:

- Proposición 1: no existe convergencia entre las TIC y la biotecnología porque en cada una de ellas la innovación fundamental depende de un campo del saber sobre dominios heterogéneos: el primero, sobre el campo de los sistemas de información que operan sobre un soporte inerte (informática), y el segundo, sobre el campo

de los sistemas de información que operan sobre la materia viva. Estos campos del conocimiento tienen leyes de funcionamiento autónomos y se han constituido en cada uno de ellos heurísticas de investigación muy diferentes.

- Proposición 1b (corolario de 1): la relación entre los soportes de información y su soporte material es compleja en ambos casos, en la medida en que la intensidad de sus interacciones no es reducible a una sumatoria de técnicas. No obstante, mientras que en el caso de las TIC es posible descomponer el diseño y la manufactura en distintos subsistemas (o módulos) con una mayor intensidad de interacciones en su interior pero menor entre cada uno de ellos, en el caso de la biotecnología la situación es diferente: las interacciones entre las distintas técnicas que intervienen en el diseño y la modificación de la materia viva requieren una alta interacción entre sí y con otros procesos “aguas abajo” (como los bioprocesos o los análisis clínicos), por lo que las interfaces no son codificables en estándares de diseño estables. Esto implica que la organización de la innovación y producción es más posible de modularizar en las TIC que en la biotecnología.
- Proposición 2: existe una complementariedad entre las TIC y la biotecnología. Las TIC operan como medios de producción para el desarrollo y la renovación de la innovación fundamental de la biotecnología. Sin embargo, esta complementariedad se limita solo a la fase de investigación y desarrollo (I+D), no así a la interacción con las fases clínicas, regulatorias y de producción más allá del uso de métodos y sensores que habilitan la captación y el procesamiento de aquella parte de información codificable del proceso biológico.
- Proposición 3: en este sentido, las TIC (al menos por el momento) tienen un campo de actuación más general que la biotecnología, dado que adquiere un carácter transversal a la mayoría de los sectores de la economía; con relación a la biotecnología, en cambio, sus innovaciones fundamentales se constituyen en medios de producción dominantes en un conjunto más acotado de industrias.
- Proposición 3b (corolario de 3): esto nos lleva a plantear, para el caso particular de los complejos agroindustriales, que mientras se verifica una convergencia entre las TIC con la electrónica para el

agro (AdeP) y, a través de ella, con la MA, se verifica una relación de complementariedad entre las TIC y la biotecnología en el campo de los desarrollos de nuevos productos vegetales.

Las trayectorias de innovación sectoriales y las estrategias empresariales: el rol de los activos complementarios

Luego de considerar la emergencia de un PTE dual, con una dominancia solo parcial de las TIC sobre la biotecnología, en esta sección se abordan los procesos de innovación en un nivel mesoeconómico. En este sentido, es importante considerar que, a diferencia de lo que plantean los abordajes asignativos de la microeconomía convencional, la innovación no se distribuye homogéneamente en todo el espacio de técnicas, direccionándose flexiblemente según los precios, sino que sigue ciertos patrones o trayectorias de innovación. La literatura evolucionista ha desarrollado el concepto de trayectoria tecnológica como conjunto de patrones de resolución de problemas tecnoeconómicos a partir de un conjunto seleccionado de principios científicos y mecanismos de apropiación de las ganancias extraordinarias de las innovaciones (Dosi, 1982). También se han elaborado distintas taxonomías de trayectorias sectoriales (Pavitt, 1984; Bell y Pavitt, 1995). Sin embargo, en coyunturas largas de crisis de los paradigmas tecnoeconómicos y de emergencia de nuevas tecnologías fundamentales, como sucede desde los setenta, se redefinen las trayectorias innovativas sectoriales existentes y surgen nuevas trayectorias. Este es el caso de las nuevas trayectorias asociadas a las TIC y a la biotecnología.

El nivel en el que se definen las nuevas trayectorias es el del mesosistema (De Bandt, 1989). Dadas las oportunidades que abren las revoluciones tecnológicas, se configuran los nuevos sectores y se redefinen los existentes. La emergencia de las TIC como la principal innovación estructurante del sistema habilitó todo un entramado de nuevos sectores que fueron desde la microelectrónica hasta los sectores de servicios informáticos. Con la biotecnología, los nuevos sectores fueron menos diversos y predominó la redefinición de sectores previos, que mutaron de su base química a una base biotecnológica a partir de cambios de lo que ciertos autores denominan las “carteras” de activos complementarios de las corporaciones (Teece *et al.*, 1994).

Es en el marco del mesosistema que se definen estas nuevas configuraciones sectoriales a partir de relaciones de rivalidad y cooperación

entre los principales actores de cada industria. Es posible establecer al respecto ciertas proposiciones generales. En primer lugar, las empresas buscan explotar en su beneficio los grados de libertad que abren las nuevas tecnologías. El control de los activos complementarios es una vía central para apropiarse de las ganancias extraordinarias que se derivan de la innovación (Teece, 1986; 2006). De esta manera, cuando esta estrategia se generaliza, se modifica el alcance, la estructura y la organización del mesosistema. Por ejemplo, cuando Apple busca superar su estrategia de nicho fundada en su capacidad de diseño de hardware, ampliando la cartera de capacidades complementarias hacia el control de plataformas de aplicaciones, de la misma manera que la empresa de maquinaria John Deere busca cambiar su cartera de capacidades hacia la electrónica y el control de plataformas de software en la agricultura.

A su vez, los modos de organización específicos de los agentes económicos y, particularmente, las confrontaciones entre ellos, condicionan la dinámica del mesosistema. Por un lado, las trayectorias sectoriales de innovación asociadas a las TIC, habilitadas por la potencia y velocidad de los desarrollos de nuevos microprocesadores, se orientan a la proliferación de innovaciones incrementales aplicadas, por ejemplo, a las aplicaciones digitales (por ejemplo, en la agricultura) en un contexto de condiciones de baja apropiabilidad. Estas trayectorias tienden a ser condicionadas por la concentración que resulta de los efectos de red de las plataformas. Por ello se evidencia una creciente confrontación entre distintos actores de la agroindustria por el control de las plataformas tecnológicas. En el caso de la biotecnología, la dinámica muestra una sucesión de ciclos de promesas de aumento de la productividad de la I+D que no necesariamente se hacen efectivas. En particular, en el caso del segmento biofarmacéutico, que representa el mayor esfuerzo en I+D, no se ha revertido la caída en la productividad de la I+D condicionada por la dificultad para superar el modelo de organización de centralización de capitales propio de la industria química y de avanzar hacia otro ligado a las nuevas perspectivas que se abren en el campo de lo propiamente biológico.

En esta dinámica del mesosistema hay trayectorias innovativas en ciertas ramas vectoras que, más que simples usuarias, juegan un rol pivote al regenerar las posibilidades de saltos en la productividad en otras ramas y que, en momentos de cambio estructural, repercuten sobre la dinámica del conjunto del sistema productivo. Las ramas pivote son aquellas que juegan un papel central en la difusión intersectorial

de una innovación fundamental. Las industrias de maquinaria y equipo jugaron en los paradigmas tecnoeconómicos previos ese rol (Patel y Pavitt, 1994).¹ En el caso de la industria electrónica, ya en los años setenta asumen este rol de sectores pivote una variada gama de ramas de ingeniería proveedoras de servicios de automatización, que en los noventa se amplían hacia aplicaciones de software específicas (como la AdeP) y en los años dos mil hacia los servicios de nube. En la biotecnología los sectores pivote están asociados a las empresas proveedoras de distintas actividades de I+D y, en particular, a aquellas que desarrollan organismos genéticamente modificados.

Esto último nos lleva a considerar el último nivel, el de las estrategias de las empresas. En este punto el elemento fundamental a considerar es la relación entre las restricciones dadas, por un lado, y las variables de acción o grados de libertad,² por el otro. Cuando existen grados de libertad, las soluciones adquieren una mayor indeterminación y la empresa busca precisar cuáles son las decisiones eficaces en términos de ampliación de su cartera de activos complementarios, esto es aquellos activos productivos, de marketing, y fundamentalmente las capacidades tecnológicas que les permitan continuar los procesos de acumulación, transformación y apropiación, teniendo en cuenta los límites y las restricciones impuestas en el mesosistema.

Una visión de conjunto: los distintos niveles de análisis de las transformaciones estructurales

Luego de analizar los distintos niveles de análisis involucrados en el proceso de cambio estructural, en esa sección se presenta, de un modo esquemático, las relaciones que existen entre ellos y que se asocian a

1 Aún en el PTE de las TIC juegan este rol, a través del proceso de automatización y la transformación de distintas máquinas en dispositivos inteligentes articulados en el internet de las cosas (IoT, por sus siglas en inglés).

2 Plantear la existencia de grados de libertad (o de indeterminación de las soluciones) choca con la literatura tradicional de organización industrial y su tríptico estructura-comportamiento-desempeño, que reduce la acción de los actores a juegos secuenciales en los que el equilibrio está determinado por el supuesto de completitud de información y racionalidad de los agentes. Aún la noción de trayectoria tecnológica señalada previamente parece ambigua, en la medida en que los mayores grados de libertad de acción de los agentes están acotados a un “cilindro” y más allá de ello reina el determinismo del paradigma tecnológico.

diferentes niveles de determinación de la estructura sobre las estrategias de los agentes económicos.

En un nivel más general, se producen los cambios en las innovaciones estructurantes del sistema mundial: ante el agotamiento, desde los años setenta, de las tecnologías fundamentales del fordismo y por su impacto sobre la tasa de ganancia, se inicia un proceso de búsqueda, por parte de los capitales, de la ampliación de los grados de libertad que existen dentro de las trayectorias innovativas previas. Las TIC permitieron responder a estas necesidades con nuevas técnicas de gestión y automatización (parcial) de procesos, garantizando la sobrevida del PTE previo. Aun si las nuevas innovaciones fundamentales de la biotecnología ofrecen respuestas para evitar la caída en la rentabilidad en sectores como el farmacéutico y de insumos agrícolas, esas oportunidades se encuentran latentes, sin poder establecerse aún cual es la importancia de las nuevas restricciones y las modalidades en que estas operarán: si se tratará simplemente de su convergencia con las TIC adoptando su modo organizacional o, como se planteó más arriba, manteniendo su autonomía con sus propias restricciones.³

En un segundo nivel menos general, que es el mesosistémico, existe un conjunto de trayectorias de innovación observables que, si para algunas empresas implican avances, para otras se manifiestan como amenazas en el marco de la competencia tecnológica. El grado de avance o amenaza se resuelve, al menos parcialmente, en el plan regulatorio.

Con la emergencia de la biotecnología, el complejo químico-biológico aplicado a la agricultura encuentra la posibilidad de extender sus mercados, como por ejemplo con el caso del desarrollo de eventos resistentes a sus productos agroquímicos. En otros casos, sin embargo, se avizoran amenazas, como con el desarrollo de eventos tolerantes al ataque de insectos que inducen una reducción de la demanda de agroquímicos. La extrapolación de estas amenazas no es aún una restricción (aunque se la considere como tal), sino una hipótesis de trabajo sobre cómo operar en la definición del marco regulatorio en su propio interés. De la misma manera, la definición de qué tipo de estándares predominarán en la industria de MA y AdeP tendrá un peso decisivo sobre la definición de los

³ Dilucidar estas restricciones y su forma de manifestación es la tarea tortuosa de la prospectiva tecnológica, que más allá de listar oportunidades, debe evaluar las exigencias de coherencia que va imponiendo el nuevo paradigma.

ganadores y perdedores en la nueva oleada de innovación de la denominada “agricultura 4.0”.

Por último, al nivel de las empresas, existe una situación altamente heterogénea. Para la mayor parte de las empresas que operan reproduciendo la mejor técnica existente, las cosas parecen bien determinadas. Es el caso, por ejemplo, de las empresas que producen implementos agrícolas en condiciones tecnológicas medias o semillas bajo estándares internacionales. Ellas no pueden jugar sino sobre el ritmo, las modalidades y los campos de aplicación de las tecnologías de acuerdo con las especificaciones de las licencias internacionales. Los grados de libertad se limitan a algunas variantes en la aplicación de los cambios tecnológicos que, por otro lado, se le escapan.

No obstante, existe un conjunto reducido de empresas, o más precisamente de grupos o *holdings* con ventajas tecnológicas y financieras, que a partir de un fuerte apoyo en la infraestructura de ciencia y tecnología de sus países de origen (Chesnais, 1979) tienen la posibilidad de cambiar su cartera de actividades en forma coherente e internalizar (o controlar mediante alianzas) aquellas capacidades y activos complementarios necesarios para impulsar las nuevas innovaciones fundamentales (Teece, 1986; Teece *et al.*, 1994). Es el caso de firmas como John Deere que, en un proceso acelerado de adquisición de empresas de AdeP y una estrategia de captación de datos, avanza hacia el control de las plataformas agrícolas (Vidosa *et al.*, 2022). Estos activos complementarios no se acotan a lo estrictamente tecnológico, productivo o de marketing, sino que incluyen su cercanía a las oficinas regulatorias y el respaldo de los Estados nación de origen de sus capitales para la determinación de las reglas de apropiación de las nuevas trayectorias innovativas. En el caso de la agrobiotecnología esto ha resultado central para acelerar la difusión de los organismos genéticamente modificados (OGM) de primera generación (Sztulwark, 2012).

De este modo, se pasa de altos grados de indeterminación (en el paradigma) a bajos grados de determinación en las firmas reproductivas. Esta perspectiva choca con las interpretaciones deterministas que sostienen que los paradigmas imponen ciertos sistemas técnicos que se consolidan como resultado de una sucesión de ajustes mutuos entre agentes descentralizados y de carácter acumulativo, que darían la coherencia al sistema en su conjunto. Contra esta visión dominante, en este trabajo se afirma que la articulación entre los grandes grupos y los Estados nación con una posición superior en la jerarquía internacional juegan un

papel fundamental en el nivel mesosistémico, tanto en la generación de las nuevas trayectorias sectoriales de innovación como en la definición de los mecanismos de apropiación. Las acciones de los agentes descentralizados reforzados por las acciones colectivas llegan a pesar sobre las evoluciones globales y a imponer selecciones de trayectorias. Acciones que son retroalimentadas por rendimientos crecientes de adopción asociados a indivisibilidades tecnológicas o de efectos de red.

Sin embargo, es necesario interrogarse acerca de cómo las acciones particulares, aún de los grandes holdings y sus Estados nación que hoy se disputan el control de las (potenciales) tecnologías fundamentales, pueden ser eficaces en términos de evoluciones tecnológicas, teniendo en cuenta las restricciones globales de compatibilidad de un sistema tecnológico que no es en sí mismo predeterminado. La respuesta que se da desde nuestra visión es que esta eficacia se manifiesta en el mesosistema –y únicamente en ese nivel– en la medida en que los agentes comparten ciertos denominadores comunes asociados a las restricciones y necesidades que impone la acumulación de capital y que el paradigma previo no logra resolver.

A partir de estos elementos conceptuales, en el resto del libro se aborda una problemática general de investigación que se orienta al estudio de la relación entre los cambios que se vienen produciendo en los complejos tecnológicos que funcionan como insumos de la producción primaria mundial y las dinámicas tecnoproductivas que operan a nivel nacional (y subnacional) en la Argentina. La relevancia de esta problemática remite, por un lado, a una dimensión teórico-metodológica, vinculada a cómo abordar las dinámicas mesoeconómicas tanto en su aspecto tecnológico e institucional como en las diferentes escalas espaciales (global-nacional-local); por otro, a una dimensión política, referida al desarrollo de una perspectiva estratégica sobre la dinámica productiva de la Argentina, considerando la posibilidad de construir un núcleo endógeno basado en los complejos tecnológicos que giran en torno a la producción primaria del país.

El libro se estructura en dos secciones. Por un lado, una primera sección en la que se analizan las principales tendencias en la reestructuración mundial de la agrobiotecnología y la maquinaria agrícola, y los desafíos que esta implica para la Argentina. Por otro lado, una segunda

sección en donde se presenta cómo estas dinámicas mundiales se realizan concretamente en el espacio nacional y subnacional.

El capítulo 1 de este libro analiza, a partir de un relevamiento de las principales adquisiciones y fusiones de las industrias de semillas y de MA, cómo se asiste en la última década a un proceso de crisis y reestructuración de los oligopolios mundiales en el que las empresas líderes de cada una de estas industrias redefinen sus carteras de capacidades tecnológicas hacia las nuevas innovaciones fundamentales de las biotecnologías y de las TIC. Esta perspectiva mesosistémica jerarquizada nos permite aprehender cómo serán las evoluciones en las empresas que no son líderes en materia de capacidades centrales y complementarias. Estas empresas se encuentran en una encrucijada. Por un lado, tienen la posibilidad de insertarse en forma estática a partir de sus capacidades complementarias. Por el otro, pueden hacerlo a partir de la integración en una base nacional de estas capacidades complementarias y las innovaciones fundamentales. De esta manera las industrias semilleras locales enfrentan la opción entre insertarse en las capacidades acumuladas en fitomejoramiento o potenciar estas capacidades a partir del desarrollo de nuevos eventos biotecnológicos. En el caso de la MA, existe la posibilidad de aprovechar las capacidades metalmecánicas o bien combinarlas con nuevas tecnologías digitales.

El capítulo 2 realiza una caracterización del proceso de transición paradigmática que se está viviendo en la industria agrobiotecnológica mundial. El análisis realizado pone de manifiesto que la trayectoria de innovación que se viene desplegando en esta industria a partir de la emergencia de la edición génica como innovación fundamental implica un corte relativo respecto de lo ocurrido con la transgénesis vegetal. En el marco de un conjunto de factores de continuidad, emergen elementos de cambio que tienden a promover una reducción de las barreras tecnológicas e institucionales para el desarrollo de nuevos productos. Esta reconfiguración de las condiciones productivas existentes representa, a su vez, una oportunidad para el reposicionamiento de los países que tradicionalmente han jugado un papel subordinado en la dinámica innovativa de esta industria.

El capítulo 3, por su parte, analiza cómo en el caso de la industria de MA se avizora un proceso de convergencia tecnológica con las TIC en el marco de la denominada industria 4.0. Se discute cómo el oligopolio mundial se estructura a partir de relaciones de rivalidad y cooperación entre las grandes empresas de MA, e involucra la adquisición de empresas

de AdeP. Se discute en este marco cuáles son los umbrales institucionales necesarios para entrar en el oligopolio mundial, abriendo el interrogante de si los estándares de interconectividad abren o cierran la posibilidad para la convergencia tecnológica en la industria de MA argentina.

La sección dos, referida a la realización de estas dinámicas en los espacios nacionales (o subnacionales), comienza en el capítulo 4 con un análisis de la respuesta que se viene produciendo en la Argentina ante los cambios en el escenario de la industria agrobiotecnológica mundial. El marco analítico propuesto vincula la trayectoria tecnológica de la industria con su configuración institucional. Como resultado se observa que la respuesta nacional implicó la consolidación de un sistema científico y tecnológico de cierta relevancia internacional y una base empresarial de un creciente dinamismo que, sin embargo, ha tenido limitaciones para articular y movilizar un conjunto heterogéneo y limitado de recursos hacia un foco estratégico común

El capítulo 5, por su parte, analiza cómo las posibilidades de convergencia entre la metalmecánica y las TIC en la industria de MA se traducen en distintas dinámicas de la industria local y de la configuración de entramados locales en el espacio subnacional de la región centro de la Argentina. En este marco se analizan las condiciones de proximidad necesarias para cada una de estas dinámicas y se reconoce, por un lado, la importancia (al menos transitoria) de la proximidad geográfica en la fase inicial de convergencia tecnológica y, por el otro, la necesidad de evitar un encerramiento en un solo estándar de interconectividad que limite las posibilidades de controlar la apropiación de ganancias de la innovación por parte de las empresas o habilite la subordinación a las empresas multinacionales (EMN).

En las conclusiones se presentan los principales resultados del libro y se discute la necesidad de construir un núcleo endógeno de la política industrial que logre pivotear entre las innovaciones fundamentales en la actual fase de transición paradigmática.

Bibliografía

- Amsden, A. (1989). *Asia's next giant. South Korea and late industrialization*. Oxford: Oxford University Press.
- Bell, M. y Pavitt, K. (1995). "The development of technological capabilities". *Trade, technology and international competitiveness*, vol. 22, n° 4831, pp. 69-101.
- Chesnais, F. (1979). "L'impact des entreprises multinationales sur le potentiel scientifique et technologique national". DSTI, OCDE.
- De Bandt, J. (1989). "Approche méso-économique de la dynamique industrielle". *Revue d'économie industrielle*, vol. 49, pp. 1-18.
- (2002). "A teoria do regime de acumulação financeirizado: conteúdo, alcance e interrogações". *Economia e Sociedade*, vol. 11, n° 1, pp. 1-44.
- Dosi, G. (1982). "Technological paradigms and technological trajectories: a suggested interpretation of the determinants and directions of technical change". *Research Policy*, vol. 11, n° 3, pp. 147-162.
- Fajnzylber, F. (1983). *La industrialización trunca de América Latina*. Buenos Aires: CEAL.
- Freeman, C. y Pérez, C. (1988). "Structural crises of adjustment, business cycles and investment behavior". En Dosi *et al.*, *Technical Change and Economic Theory*. Londres: Pinter Publisher.
- Gerschenkron, A. (1968). "El atraso económico en la perspectiva histórica". *Investigación Económica*, vol. 28, n° 111/112, pp. 141-165.
- Hikino, T. y Amsden, A. (1995). "La industrialización tardía en perspectiva histórica". *Desarrollo Económico*, vol. 35, n° 137, abril-junio.
- Hirschman, A. (1980). "Auge y ocaso de la teoría económica del desarrollo." *El Trimestre Económico*, vol. 47, n° 188.
- Kondratieff, N. ([1979] 1926). "The long waves in economic life". *Review*, vol. 2, n° 4, pp. 519-562.
- Mandel, E. (1979). "Late capitalism". *Science and Society*, vol. 43, n° 1.
- Patel, P. y Pavitt, K. (1994). "The continuing, widespread (and neglected) importance of improvements in mechanical technologies". *Research Policy*, vol. 2, n° 5, pp. 533-545.

- Pavitt, K. (1984). Sectoral patterns of technical change: towards a taxonomy and a theory. *Research Policy*, 13(6), 343-373.
- Pérez, C. (2002). *Technological Revolutions and Financial Capital. The Dynamics of Bubbles and Golden Ages*. Cheltenham: Edward Elgar.
- (2010). “Technological revolutions and techno-economic paradigms”. *Cambridge Journal of Economics*, vol. 34, n° 1, pp. 185-202.
- Sztulwark, S. (2012). *Rentas de innovación en cadenas globales de producción. El caso de las semillas transgénicas en la Argentina*. Los Polvorines: UNGS.
- Teece, D. (1986). “Profiting from technological innovation. Implications for integration, collaboration, licensing and public policy”. *Research Policy*, vol. 15, n° 6, pp. 285-305.
- (2006). “Reflections on ‘profiting from innovation’”. *Research Policy*, vol. 35, n° 8, pp. 1131-1146.
- Teece, D.; Rumelt, R.; Dosi, G. y Winter, S. (1994). “Understanding corporate coherence. Theory and evidence”. *Journal of Economic Behavior & Organization*, vol. 23, n° 1, pp. 1-30.
- Tylecote, A. (2019). “Biotechnology as a new techno-economic paradigm that will help drive the world economy and mitigate climate change”. *Research Policy*, vol. 48, n° 4, pp. 858-868.
- Vidosa, R.; Iglesias, N.; Jelinski, F.; Tapia, E. y Lavarello, P. (2022). “Reestructuración de la industria de maquinaria agrícola mundial. Nuevos estándares frente a la agricultura 4.0”. *SaberEs*, vol. 14, n° 1, pp. 85-110.

Sección 1

Escenario internacional

Capítulo 1

Oligopolio y cambio tecnológico

Adquisiciones en las industrias de semillas y maquinaria agrícola frente a la difusión de la biotecnología y las TIC

*Federico Langard, Melisa Girard, Regina Vidoso
y Federico Jelinski*

Introducción

La difusión de nuevas tecnologías en los sistemas agrícolas está motorizada por la necesidad de aumentar la productividad, disminuir los costos de producción y reducir los tiempos de rotación del capital, aunque sean limitados por el carácter biológico de los procesos productivos. En la actualidad, las firmas líderes de las industrias de semillas y MA despliegan diferentes estrategias para la incorporación de capacidades tecnológicas, asociadas a las nuevas tecnologías del paradigma de las TIC y la biotecnología.

A partir de 1970, la difusión del paradigma biotecnológico reforzó su expansión mediante la adopción de semillas resistentes a ciertos agroquímicos y el uso de nuevas técnicas de cultivo, proceso facilitado por la complementariedad entre las nuevas herramientas de biotecnología (como el empleo de las técnicas de transgénesis) y la experiencia previa en fitomejoramiento de semillas (Sztulwark, 2012). Hacia mediados de los años dos mil, el interés de las grandes corporaciones de la industria de semillas buscó acelerar los procesos de innovación y aprobación regulatoria de nuevas variedades a partir de distintas estrategias, entre las que se encuentra incluida el desarrollo y la adopción de técnicas de edición génica (CRISPR, TALEN/Fok1, entre otras).

En forma paralela, la difusión de las TIC también habilitó nuevas oportunidades para dar un nuevo impulso a la productividad del sistema agrícola. Desde la década del noventa en adelante, uno de los principales vectores de la difusión de estas tecnologías fue el proceso de informatización de la industria de MA, facilitado por la confluencia entre la metalmecánica y la electrónica especializada en agricultura 3.0 o AdeP. Luego, con la difusión de internet y los avances en robótica, inteligencia artificial (IA) y *big data*, emerge la agricultura 4.0 o AgTech, a partir de la cual se desarrollan plataformas bajo servicios de suscripción para definir y distribuir criterios y recomendaciones a los agricultores sobre cómo, dónde y cuándo plantar las semillas, irrigar, aplicar pesticidas o fertilizantes, entre otras cuestiones (Liu *et al.*, 2021; Lowenberg-DeBoer y Erickson, 2019).

Retomando el marco conceptual del capítulo 1, este apartado se centra en analizar las reestructuraciones de las grandes empresas globales que operan en los sectores proveedores de la agricultura. En este sentido, por un lado se indaga aquí acerca de la modalidad que adoptan los procesos de complementariedad (o convergencia) tecnológica entre las innovaciones fundamentales biotecnológicas y digitales, y por el otro, entre estas y las capacidades tecnológicas en MA y semillas.

Frente a la difusión de las TIC y la biotecnología, las grandes firmas proveedoras de insumos y equipamiento agrícola se orientan a aprovechar las complementariedades entre un conjunto de nuevas tecnologías facilitadoras. Para este salto tecnológico, las empresas llevan adelante diferentes estrategias, entre las que predomina la centralización del capital a partir de la adquisición y fusión de empresas especializadas en las nuevas tecnologías.

Luego, evitando toda interpretación meramente técnica, asumiendo que el cambio tecnológico es indisoluble de la rivalidad y cooperación en los oligopolios, el presente trabajo busca contribuir al análisis de los procesos de desestructuración/reestructuración del capital a escala global, en el marco de las diferentes olas de difusión de las TIC y la biotecnología. Para ello, se analizan las adquisiciones y fusiones de las industrias de semillas y de MA para el período 1990-2021. Se identifican las operaciones intersectoriales de aquellas vinculadas a las nuevas tecnologías, en función de especificar si se observan cambios respecto de la jerarquía de las tecnologías dominantes en los sectores seleccionados.

El desarrollo de las cuestiones expuestas se ordena del siguiente modo: primero se presentan los elementos conceptuales y metodológicos

del trabajo, luego se exponen los resultados para los sectores seleccionados y, finalmente, se esbozan las reflexiones e interrogantes a los que se ha arribado.

Elementos teórico-conceptuales

La difusión de nuevas tecnologías suele redefinir el rol y la jerarquía de sectores económicos y territorios e incidir fuertemente en las dinámicas de acumulación del capital, lo que afecta la permanencia, el desplazamiento y la reestructuración de empresas, sectores económicos y áreas o regiones productivas (Chesnais, 1995; Malerba y Orsenigo, 2002).

Con posterioridad a la crisis del año 2008, los principales capitales de la cadena global agroalimentaria atraviesan una crisis y un proceso de recomposición de su estructura productiva. Con la difusión de las TIC y la biotecnología, las firmas de la industria de semillas y de MA orientan sus estrategias para aprovechar las complementariedades entre un conjunto de nuevas tecnologías facilitadoras. Las relaciones estables entre los miembros del oligopolio son puestas en tensión en el plano de la competencia por el control de las nuevas tecnologías, las cuales pasan a ser el espacio de cooperación y rivalidad de los capitales. Se agudiza la rivalidad intrasectorial e intersectorial entre las firmas, mediante la absorción de empresas en el propio sector y en los nuevos segmentos de las TIC y la biotecnología (Lavarello *et al.*, 2019; Sztulwark y Girard, 2020).

Como se discutió en el capítulo 1 de este libro, la complementariedad tecnológica puede suponer un reto. Las firmas deben contar con las diversas capacidades que requiere desarrollar el complemento internamente o, en su defecto, adquirir, licenciar o aliarse con quienes fabriquen las tecnologías asociadas al nuevo paradigma (Teece, 2018). Al margen de que las adquisiciones puedan estar motivadas por razones distintas a las estrictamente tecnológicas (Trautwein, 1990), es posible interpretarlas también como una herramienta, a partir de la cual las empresas acceden a conocimientos externos para expandir sus bases de conocimiento y adquirir aquellas capacidades que no logran desarrollar internamente (Vermeulen y Barkema, 2001; Clodt *et al.*, 2006; Makri *et al.*, 2010; Berkovicht y Narayanan 1993; Chapman, 1999; 2003; Cooke, 1988; Teece y Chesbrough, 1996; Lavarello, 2018).

En términos de Teece *et al.* (1994), la diversificación coherente es la forma en que las empresas logran enfrentar un entorno competitivo exigente, en

cuanto logran explotar las complementariedades entre líneas de producción y mercados. La diversificación conglomeral, por su parte, solo puede asegurar la rentabilidad de la firma en contextos poco competitivos. La coherencia de las empresas no implica una cartera de capacidades estática, sino que resulta que esta varía en su composición en forma no aleatoria, condicionada por los mecanismos de selección de la competencia o determinadas políticas públicas. Así, las adquisiciones y fusiones (en adelante AyF) pueden ser un vehículo para la incorporación de capacidades en nuevas tecnologías que operan como una especie de pivote, en donde un conjunto de tecnologías o activos que pueden haber sido complementarios en un momento se convierten luego en innovaciones de carácter fundamental, disruptivo y estructurante para la propia industria. De esta manera, a lo largo de la historia de las firmas con las ventajas y la organización en grupos o *holdings*, pueden mantener sus ventajas competitivas en la medida en que las tecnologías previamente fundamentales se convierten en complementarias en un entorno tan dinámico como el descripto (Lavarello y Gutman, 2019). Estos elementos son importantes a la hora de analizar las adquisiciones y fusiones de las firmas a lo largo del tiempo.

Metodología y fuentes

Se elaboró una matriz de datos sobre la base de fuentes secundarias provenientes de Crunchbase (CB).¹ La utilización de esta base tuvo el objetivo de captar las adquisiciones realizadas por las industrias de semillas y MA. Se analizaron un total de 221 adquisiciones realizadas durante el período 1990-2021.

Debido a que CB propone una clasificación de industrias en la cual se superponen diversas categorías (sectores, áreas de negocios, etc.) que

¹ Crunchbase fue fundada en el año 2007 y contiene información de 1,2 millones de entidades, situadas en 199 países diferentes. Pese a que esta base contiene información desde el año 1908, debido al año de su creación y a que la información procede principalmente de empresas e inversores, el número de AyF incluidas en ella es predominantemente posterior al año 2000. A su vez, se pueden reconocer otro tipo de limitaciones que presenta la base, tales como: la mayor parte de las empresas incluidas son *start-ups* de alta tecnología, por lo cual es posible que haya una sobrerrepresentación de campos de conocimiento vinculados a las nuevas tecnologías; existe una subrepresentación de países asiáticos; las compañías se encuentran clasificadas geográficamente por el origen del capital y no por la ubicación de los establecimientos; y la clasificación de los campos de conocimiento no se modifica a lo largo del tiempo, aun si su actividad y las tecnologías que desarrollan sí lo hagan (Vázquez *et al.*, 2021b).

imposibilitan utilizar la taxonomía industrial propia de las codificaciones sectoriales o productos tradicionales (CIIU, CICU), se abordaron los siguientes pasos: en primer lugar, se limitó el universo de empresas compradoras a las industrias de interés (semillas y MA) mediante una búsqueda de palabras clave en las descripciones largas de su actividad. A su vez, con el fin de trabajar con las firmas más relevantes de cada sector, se excluyeron las empresas de menor tamaño, para lo cual se tomó el criterio de un número de empleados e ingresos según el sector.² Como resultado, se obtuvo un universo de 17 empresas compradoras de la industria de semillas (firmas dedicadas a la provisión de insumos agrícolas y de servicios de biotecnología para las empresas desarrolladoras de semillas o de otros insumos asociados) y 14 empresas compradoras de la industria de MA (tractores, cosechadoras, pulverizadoras, sembradoras, agropartes, entre otras). Finalmente, se identificaron las 221 empresas adquiridas por parte de las compañías previamente definidas.

Para analizar la evolución de las adquisiciones se creó una clasificación propia, en la cual se recodificó la taxonomía de “industrias” de CB en función del núcleo tecnológico de las firmas analizadas. Esta nueva categorización se aplicó tanto a las empresas compradoras de las industrias en estudio (semillas y MA) como a las firmas adquiridas. Los reagrupamientos se realizaron de modo tal que permitieran una operacionalización de las dimensiones de análisis que estructuran el trabajo. Respecto de las empresas compradoras, las firmas correspondientes a la industria de semillas fueron clasificadas en los siguientes subgrupos: insumos agrícolas y servicios biotecnológicos. Por su parte, la totalidad de las firmas de la industria de MA están contenidas bajo esta misma denominación. Para la clasificación de las firmas adquiridas se hizo especial énfasis en la distinción de las TIC (3.0, 4.0, AdeP, AgTech y Bioinformática) y de la

2 Con el propósito de establecer un número manejable de empresas, haciendo foco en capturar a las más grandes de cada sector, se establecieron los siguientes criterios de búsqueda: para la industria de semillas, solo se incluyeron las empresas con más de 500 millones de dólares de ingresos. Este criterio se basa en la experiencia y nos permitió, por una parte, abarcar a los principales actores de la industria de semillas (ver sección 4.1) y, por otra parte, no descartar algunos casos especiales que forman parte de este grupo de las grandes compañías globales de semillas relacionadas con la industria química. Para la industria de MA, el requisito de admisión por tamaño fue tener más de 51 empleados. Por el mismo motivo que para la industria de semillas, se restringió el número de empresas nos enfocamos en las más grandes, pero en este caso se usó la cantidad de empleados por dos razones: primero, porque así se evitó excluir a muchas empresas medianas que estaban realizando adquisiciones y, segundo, porque muchas de las empresas reportaban ingresos y, por lo tanto, resultaba difícil identificarlas mediante esa variable.

biotecnología (ver tablas 1, 2 y 3). A partir de ello, se identificaron un total de 126 adquisiciones realizadas por empresas pertenecientes a la industria de semillas y 95 adquisiciones realizadas por la industria de MA.

Tabla 1. Clasificación de las empresas adquiridas por la industria de MA

| | |
|----------------------------|-----------------------|
| Maquinaria agrícola | Agropartes |
| | Cosechadoras |
| | Implementos agrícolas |
| | Pulverizadoras |
| | Sembradoras |
| | Tractores |
| | Otros |
| Otra maquinaria | Maquinaria municipal |
| | Maquinaria forestal |
| | Maquinaria industrial |
| | Vehículos |

Tabla 2. Clasificación de las empresas adquiridas por la industria de semillas

| | | | |
|------------------------------|---|--------------------|--|
| Industria de semillas | Servicios de biotecnología –Genómica General– | | |
| | Insumos agrícolas | Biotecnológicas | Desarrollo de sistemas Protección de cultivos |
| | | No biotecnológicas | Protección de cultivos Multiplicación de semillas |
| Otros sectores | Alimentación y salud animal Asesoramiento agronómico y acopiador Automotriz Biofarma Biotecnología industrial Energía Farma Insumos industriales Insumos para industria alimenticia Laboratorios Maquinaria no agrícola Otras biotecnológicas Otras químicas Productos avícolas Productos de jardín | | |

Tabla 3. Clasificación de las empresas adquiridas de TIC

| | | |
|-----------------------------------|-----------------------|---|
| TIC | 3.0 | Dispositivos electrónicos y de comunicación –celulares, computadoras, hardware de red, sistemas satelitales, software embebido, etc. – |
| | 4.0 | <i>Cloud computing</i> , inteligencia artificial, realidad virtual –aumentada–, robótica avanzada, Big Data, Blockchain, impresión 3D, drones |
| TIC especializadas en Agro | AdeP | Guía automática, sensores, monitores de siembra y rendimiento, banderillero satelital, GPS, pilotos automáticos |
| | AgTech | TIC 4.0 especializadas en Agro |
| | Bioinformática | TIC 4.0 especializadas en genómica (<i>cloud computing</i> y Big Data para genómica, compresor de datos genómicos, etc.) |

Reestructuración del capital global en la industria de semillas y MA frente a la difusión de la biotecnología y las TIC

Actualmente, se asiste a un proceso de fortalecimiento de las capacidades corporativas en dos industrias clave dentro del sector de insumos agrícolas: la industria de semillas y la de maquinaria y equipos agrícolas. A continuación, se delimitan algunas de las características principales de los procesos de reestructuración que emergen en el marco de la difusión de las nuevas tecnologías asociadas a la biotecnología y las TIC.

La biotecnología en la industria de semillas

La agrobiotecnología constituye la aplicación de diversas técnicas biológicas dirigidas a la producción agrícola. En términos históricos, estas prácticas experimentaron un punto de inflexión a partir del desarrollo de la moderna biotecnología que se constituyó como una nueva base de conocimiento que dio origen a la ingeniería genética como técnica fundamental. La aplicación de estas nuevas técnicas productivas permitió el desarrollo de productos nuevos, entre los cuales se destacan ampliamente las semillas transgénicas. Estos cultivos han tenido una gran difusión a nivel mundial de la mano de un grupo de empresas de carácter global que, a través del apoyo en un conjunto de innovaciones complementarias, han impulsado una nueva dinámica en la industria de semillas (Parayil, 2003).

La base de conocimiento necesaria para el despliegue de la moderna biotecnología tuvo como principales protagonistas a los centros de investigación y las universidades de Estados Unidos. Sin embargo, a partir de la sanción de la Ley Bayh-Dole en 1980, las herramientas fundamentales para desarrollar un nuevo cultivo transgénico y las bases genéticas para el desarrollo de nuevas funcionalidades fueron rápidamente licenciadas de forma exclusiva a empresas privadas (Graff *et al.*, 2003).³ A su vez, los costos y plazos que demanda el proceso de investigación, desarrollo, gestión de la propiedad intelectual y regulación de los cultivos transgénicos operan como barreras a la entrada para la participación de empresas de menor tamaño o instituciones públicas en la industria de agrobiotecnología (Graff, Rausser y Small, 2003; Pellegrini, 2013). Estos elementos condujeron, hacia la década del noventa, a un proceso de reestructuración económica dentro del sector que derivó en el ingreso de empresas provenientes de la industria química y en un aumento de la concentración económica en la industria de agrobiotecnología. Así, este sector pasó a estar dominado por seis grandes empresas, tres de Estados Unidos (Monsanto, DuPont y Dow) y tres de Europa (Bayer, Syngenta y Basf) que incrementaron su posición oligopólica en el mercado mundial de semillas e insumos agrícolas, y dominaron las técnicas de transgénesis.⁴ Así, aunque la estructura de ingresos de estas empresas no revela una transformación en la actividad principal de estas firmas, en términos económicos se observa que la relación entre la industria química y la industria de semillas propone un nuevo posicionamiento de las firmas como jugadores fundamentales en la industria de semillas, a partir del armado de un paquete de insumos.

A su vez, el desarrollo de la moderna biotecnología permitió, dentro de la industria de semillas, la diferenciación de dos etapas productivas y segmentó esta industria a nivel tecnológico y económico. Así, la primera de estas etapas está conformada por las actividades de diseño y transformación del genoma de una planta, mientras que en la segunda etapa se concentran las actividades de mejoramiento genético convencional y

³ Por ejemplo, la transformación mediada por *Agrobacterium*, desarrollada por la Universidad de Washington (St. Louis), fue concedida mediante una licencia exclusiva a Ciba-Geigy (actualmente Syngenta, propiedad de ChemChina); la técnica de bombardeo de partículas, desarrollada en la Universidad de Cornell, fue licenciada también exclusivamente a DuPont; las patentes de los marcadores de selección más utilizados fueron concedidas a Monsanto, entre otros (Graff *et al.*, 2003; Thomas, 2005).

⁴ Estas seis empresas habían desarrollado el 80,5% de los eventos transgénicos que fueron aprobados hasta el año 2018 (ISAAA, 2018).

de reproducción (Sztulwark, 2012). En consecuencia, las grandes empresas transnacionales, que fueron las que tuvieron acceso a las principales patentes para el desarrollo de innovaciones en biotecnología, dominan las actividades de la primera etapa de producción, mientras que otros actores más pequeños de alcance local quedaron, salvo algunas pocas excepciones,⁵ reducidos a un rol de proveedores de innovaciones complementarias (como la adaptación de los desarrollos de las grandes empresas de biotecnología a las condiciones agroecológicas locales, entre otras).

No obstante, pese a la alta concentración ya existente, por razones vinculadas con la coyuntura⁶ y como consecuencia de la maduración de la transgénesis como innovación fundamental,⁷ en el año 2015 comenzó un nuevo proceso de AyF. En consecuencia, la industria de biotecnología agrícola quedó configurada territorialmente en tres núcleos que actualmente constituyen su polo dominante: Estados Unidos, luego de la fusión entre Dow y DuPont; Alemania, a través de la compra de Monsanto por parte de Bayer; y China, a partir de la adquisición de Syngenta por parte de ChemChina (Bonny, 2017). Es destacable que en la conformación de cada uno de estos nuevos núcleos se unieron, por un lado, una empresa dominante en el mercado de agroquímicos (Dow, Bayer o ChemChina) con otra firma que tenía trayectoria en el desarrollo de semillas y biotecnología (DuPont, Monsanto o Syngenta). Este punto da cuenta de que, pese al movimiento gravitacional hacia el desarrollo de productos de carácter “biológico” frente a los de origen químico que se produce en la industria de semillas a partir de la aparición de la moderna biotecnología, el vínculo entre ambas bases de conocimiento es persistente y, al menos hasta el momento, complementario.

A su vez, el proceso de maduración de la transgénesis como innovación fundamental estuvo acompañado de la aparición de nuevas técnicas de mejoramiento de cultivos (NBT, por sus siglas en inglés). Entre ellas se encuentra la edición génica que aparentemente permitiría, entre otras ventajas, reducir costos y plazos en el proceso de mejora vegetal. En este caso, las principales empresas de la industria de agrobiotecnología

5 Para un mayor detalle, ver Sztulwark y Girard (2016).

6 Entre ellas se encuentran, por un lado, la caída de los precios de los productos agrícolas que tuvo impacto sobre las ventas en los mercados de semillas y agroquímicos y, por otro, la existencia durante el año 2016 de tasas de interés bajas que favorecieron el financiamiento de los procesos de fusión y adquisición (Clapp, 2017).

7 Esto se observa a partir de la disminución en la aparición de nuevas innovaciones con alto impacto productivo y en las dificultades que enfrentó esta tecnología para ofrecer nuevos productos, cuya novedad radique en mejoras en la calidad (Prociur, 2017).

también se aseguraron, sobre todo por medio de la obtención de derechos y licencias y no tanto a partir de fusiones o adquisiciones de otras empresas, la posibilidad de aplicación de estas nuevas técnicas para el desarrollo de nuevas variedades de semillas (Sztulwark y Girard, 2020). Sin embargo, debido al carácter reciente de esta innovación, es difícil predecir el alcance y el impacto que tendrá esta técnica en la industria. No obstante, debido a ciertas características propias de la edición génica y la fase inicial de su ciclo de vida en la que se encuentra, es posible que existan ventanas de oportunidad por las cuales puedan ingresar nuevos actores, diferentes a los que hasta ahora dominan la industria de la agrobiotecnología.

Por último, deben señalarse otros dos elementos que han condicionado la trayectoria de la industria agrobiotecnológica. Uno de ellos es el problema de la inapropiabilidad de las innovaciones destinadas a cultivos de especies autógamas como la soja, las cuales pueden ser reproducidas por los agricultores sin afrontar grandes pérdidas de rendimiento (Rapela, 2020). El segundo elemento refiere a los límites que impusieron a la difusión de las semillas biotecnológicas las controversias y conflictos que habitaron la percepción pública respecto del consumo de alimentos transgénicos (Wunderlich y Gatto, 2015). En este punto, la difusión de las técnicas de edición génica, al prescindir de la introducción de genes foráneos en las especies a mejorar, plantean un interrogante aún no resuelto respecto de la aceptación o el rechazo del consumidor sobre estos productos.

Las TIC en la industria de la maquinaria agrícola

Con posterioridad a la crisis del año 2008, se observa a nivel mundial un proceso de reestructuración de la industria de MA que se expresa en una mayor rivalidad intrasectorial. Las grandes firmas del sector expanden su poder de mercado adquiriendo una gran cantidad de compañías de MA y otro tipo de maquinaria. Con ello, el oligopolio de la MA concentra sus capacidades tecnológicas asociadas a los principales eslabones del sector. Por un lado, el eslabón de fundición y mecanizado de piezas mecánicas, incluidos los componentes estructurales a partir de insumos siderúrgicos, y por el otro, el ensamble de estos conjuntos y subconjuntos con otros componentes de complejidad variable (motores, transmisiones,

diferenciales, cabinas, aires acondicionados) para la construcción del producto final.

Si bien la industria de la MA a nivel mundial se encuentra fuertemente dispersa –existen más de 1500 empresas en más de 50 países–, la importancia de barreras a la entrada asociadas a la I+D, las preferencias por las marcas existentes y las extensas redes de distribución y de financiamiento explican que 15 empresas transnacionales concentren más del 85% del mercado global y conformen un oligopolio mundial (Lavarello *et al.*, 2019).

Estas relaciones oligopólicas del sector tienen una base sólida representada por un grupo líder de empresas. Las 6 primeras de ellas (medido por su facturación en la venta de MA) son: Deere y Co., Kubota, CNH Industrial, AGCO, Yanmar y CLAAS. Estas empresas tienen características particulares que permiten diferenciarlas del resto. Algunas de estas características son: en el año 2021, concentraron más del 75% de la producción y venta a nivel mundial de la MA,⁸ son firmas que desde hace más de dos décadas se posicionan como líderes en el mercado internacional (Lavarello *et al.*, 2009), producen una gama completa de equipos para el agro (*full liners*),⁹ tienen presencia en los cinco continentes y ofrecen toda la gama de equipos y servicios posventa muy especializados; finalmente, poseen sus casas matrices en los países centrales. Por estas razones, a este grupo de empresas lo denominamos firmas líderes de la industria de la MA (*idem*). Las 9 empresas restantes, de las 15 firmas mencionadas anteriormente, tienen características que las identifican con otro subgrupo o clase. Son compañías que por lo general están especializadas en un solo producto y tienen un alcance geográfico más reducido, de tipo regional. A este subgrupo lo denominamos firmas no líderes.¹⁰ Las empresas en cuestión son: Mahindra y Mahindra, Same Deutz-Fahr, TAFE, Bucher Industries, First Tractor Company Limited (subsidiaria de YTO Group), Iseki y Company, Exel, Amazone y Alamo Group. Subgrupo al cual se incorporan también empresas de las potencias asiáticas de India

8 A partir de la información provista por reportes anuales de las empresas, páginas web oficiales de las firmas y Crunchbase (CB).

9 Son empresas productoras de tractores, cosechadoras, pulverizadoras autopropulsadas, sembradoras e implementos agrícolas.

10 Asimismo, existe un pequeño grupo de firmas de Estados Unidos, de MA de tamaño mediano, por fuera del oligopolio mundial (siempre medido en ingresos), que aparecen en la presente investigación debido a que han adquirido otras empresas. Estas firmas son: Salford Group, Art's Way Manufacturing Co. y Rite Way Mfg. Co.

y China, que hace ya unos años participan de forma dinámica en el mercado mundial.¹¹

Ahora bien, en paralelo a la reestructuración intrasectorial, la cadena de fabricación de MA se reestructura incorporando nuevas actividades. Frente a la necesidad de recomponer el mercado, el oligopolio acelera la incorporación de TIC a la MA.

En detalle, la incorporación de nuevas tecnologías vinculadas a las TIC ha mantenido un avance sin pausa desde la década del noventa. De la confluencia entre la industria de MA y la electrónica emerge la AdeP o agricultura 3.0 (CEMA, 2017; Corsini *et al.*, 2015). Dispositivos de sistemas de posicionamiento global (GPS) y otros dispositivos electrónicos –sensores de índice verde, de temperatura y humedad, sensores remotos de teledetección, monitores de rendimiento, etc.– se montan o integran a la MA. Los datos recolectados se transmiten mediante TIC portátiles y se procesan con sistemas de georreferenciación (GIS), a partir de los cuales se generan mapas de rendimiento y muestreos intensivos que facilitan la dosificación variable de los insumos según la heterogeneidad del suelo.

Posteriormente, la reducción en los costos de sensores y microprocesadores, así como también la expansión de internet, potenciaron la digitalización de los datos recolectados por la AdeP y una mejor conexión inalámbrica entre dispositivos. Estas transformaciones, en convergencia con la robótica, habilitaron capacidades de automatización en la MA y los equipos de AdeP. A su vez, la comunicación digital derivó en un incremento significativo del caudal de datos, lo que posibilitó la aplicación de algoritmos (*big data*) e IA, sobre la información recolectada por los equipos de AdeP (Jha, 2019). En este escenario emerge la denominada agricultura 4.0 o AgTech (Liu *et al.*, 2021; Dayioğlu y Türker, 2021), en donde un conjunto de algoritmos transforma los datos y acciona sistemas de IA para la provisión de servicios (agronómicos, meteorológicos, financieros, de monitoreo de la MA, etc.), que se brindan a través de medios digitales (aplicaciones móviles, plataformas, etc.). Este salto tecnológico fue dado a través de diferentes estrategias: la apertura de divisiones internas para el desarrollo y proceso de mejoras de las nuevas tecnologías; la adquisición y fusión de empresas de AdeP y AgTech; y la conformación de *venture capitals* corporativos para invertir, fundamentalmente, en

¹¹ Es importante mencionar que pueden haber sido omitidas algunas empresas de origen chino dado que no es factible encontrar de forma pública los informes anuales (por ejemplo, LOBOL).

empresarios 4.0 (ETC Group, 2015; Lavarello *et al.*, 2019; Cabaleiro, 2020; Passero, 2021).

En este marco, el control de la agricultura digital y las plataformas de datos pasan a ser los espacios de cooperación y rivalidad entre firmas. De este modo, en la última década se evidencia, por parte de un grupo de firmas del oligopolio, un fuerte interés en obtener empresas que desarrollan, producen y venden dispositivos de electrónica TIC asociada al sector agrícola.

A partir del año 2020, los precios internacionales de los granos revirtieron la tendencia a la baja y llegaron en los años 2021 y 2022 a precios récord para el trigo, la soja y el maíz. De esta forma, las firmas se encontraron al comienzo de esta década viendo madurar sus inversiones con un fuerte aumento de la demanda.

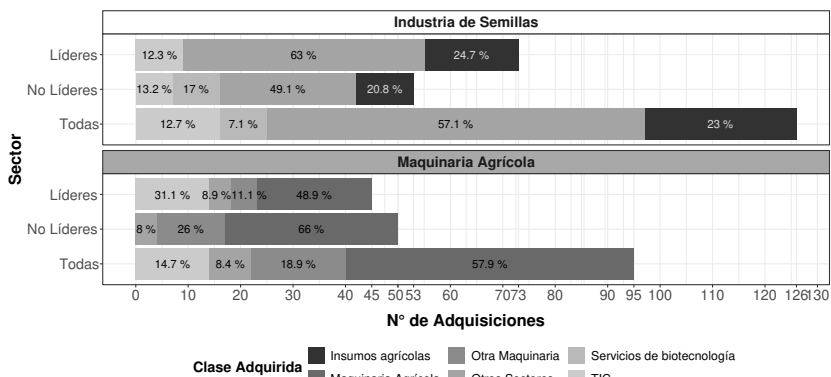
Adquisiciones en las industrias de semillas y de maquinaria agrícola

A continuación, se presenta un análisis de las diferentes adquisiciones que han realizado en los últimos treinta años las industrias de semillas y de MA para la muestra utilizada en este estudio.

El gráfico 1 exhibe las adquisiciones que las firmas de las industrias de semillas y de MA han realizado en los últimos treinta años. Como primer elemento, tal como se observa sobre su eje horizontal, la industria de semillas realizó una mayor cantidad de adquisiciones (126) que las empresas pertenecientes al sector de MA (95). A su vez, si bien de la distribución de estas adquisiciones según sectores se deduce cierta preponderancia por parte de las compras intrasectoriales, también resultan significativas las compras extrasectoriales de empresas TIC en las industrias analizadas.

En detalle, para la industria de semillas se destaca la alta participación que tiene la clasificación denominada “otros sectores” sobre el total de las adquisiciones hechas por la industria. En ella, se encuentran incluidas las adquisiciones de empresas que no se vinculan con la producción agrícola (de forma directa ni indirecta) ni con las TIC. Por lo tanto, más de la mitad de las adquisiciones realizadas por las empresas de la industria de semillas fueron realizadas sobre empresas que no tienen vínculo directo con el desarrollo de esa actividad. A su vez, al observar dentro de la categoría “otros sectores”, se encuentra que casi el 50% de esas adquisiciones las realizó la empresa BASF, y si se incorpora a Bayer y Dow se logra explicar el 74% de estas adquisiciones.

Gráfico 1. Adquisiciones de la industria de semillas y de MA según sector, dividido en líderes del oligopolio y no líderes. En porcentajes. Años 1990-2021



Fuente: CEUR en base a CRUNCHBASE.

Asimismo, el gráfico 1 muestra de forma desagregada las adquisiciones realizadas por las empresas pertenecientes a la industria de semillas y de MA, a partir de la clasificación de las empresas compradoras entre las categorías “líderes” y “no líderes”.¹² En la industria de semillas, las firmas líderes tienen un alto porcentaje de adquisiciones de empresas que se encuentran en la categoría “otros sectores”. Esto se vincula al hecho de que tales empresas son grupos de base química que incursionaron a partir de los años noventa en sectores de base biotecnológica. En efecto, entre las adquisiciones clasificadas como “otros sectores”, el 54% corresponde a empresas de base química y el 23% fueron adquisiciones de empresas de biotecnología no agraria.

Luego de las adquisiciones en “otros sectores”, se destacan las adquisiciones que se realizaron sobre empresas clasificadas como proveedoras de “insumos agrícolas” (entre las que se encuentran actividades de desarrollo y multiplicación de semillas y protección de cultivos). Estas son predominantes entre las empresas líderes y, a su vez, se observa una amplia participación de firmas adquiridas de base biotecnológica (75%), principalmente de las orientadas al desarrollo de semillas (ver tabla 2). A

¹² Esta clasificación contempla la importancia relativa de cada empresa dentro de la industria analizada. De esta forma, en el caso de la industria de semillas se consideran como empresas líderes BASF, Bayer, Monsanto, Syngenta, Dow Chemical y DuPont (MacDonald, 2017); para el caso de la industria de la MA ver sección 4.2.

su vez, todas las principales empresas que conforman el oligopolio de la agrobiotecnología realizaron adquisiciones de firmas clasificadas como de insumos agrícolas (76%) y ellas explican el 86% de las adquisiciones de empresas de base biotecnológica vinculadas al sector agrícola. En el mismo gráfico se observa que el 12,7% del total de las adquisiciones fueron sobre empresas clasificadas como TIC, donde el 56% de ellas lo explican empresas compradoras que pertenecen de forma directa a la industria de semillas y el resto empresas que fueron clasificadas como proveedoras de “servicios de biotecnología”. A su vez, la proporción en las adquisiciones de empresas TIC pareciera ser similar en ambos grupos de empresas de la industria de semillas. Cabe aclarar que en el caso de las empresas que no son líderes, el porcentaje de adquisiciones de firmas TIC se explica por las compras que realizó Illumina (proveedora de servicios biotecnológicos) y Cargill, pero no por adquisiciones que hayan realizado las principales empresas de agrobiotecnología. En consecuencia, solo las grandes firmas que conforman el oligopolio mundial de la agrobiotecnología adquirieron empresas TIC.

Finalmente, en el gráfico 1 se observa que las adquisiciones de empresas clasificadas como “servicios de biotecnología” solo fueron realizadas por empresas compradoras pertenecientes al mismo sector. Illumina realizó 8 de las 9 adquisiciones relevadas, mientras que BGI Group realizó la adquisición restante. En consecuencia, se destaca la ausencia de adquisiciones de empresas de servicios de biotecnología por parte de las firmas líderes.

Para el caso de la industria de MA, en el gráfico 1 se observa que la estructura de compras de las empresas líderes y no líderes presenta similitudes y diferencias a destacar. Una afinidad remarcable entre ambos grupos es que han adquirido mayoritariamente empresas pertenecientes al propio sector (firmas productoras de MA y de otra maquinaria), lo que da muestras de un proceso de concentración del mercado; entre los dos grupos de firmas se puede observar que las empresas no líderes adquieren una mayor cantidad de compañías de metalmecánica con relación a las compañías líderes, lo que expresa una estrategia de consolidación del sector que busca valorizar sus capacidades específicas.

Cabe destacar que las adquisiciones de empresas de MA y de otra maquinaria representan el 60% del total de las compras realizadas por las firmas líderes (John Deere, AGCO, CNH, Kubota y CLAAS). En contraste, en el grupo de empresas no líderes (Mahindra y Mahindra, Same Deutz-Fahr, TAFE, Bucher Industries, First Tractor Company Limited

–subsidiaria de YTO Group–, Iseki y Company, Exel, Amazone y Alamo Group) y el grupo no líder externo al oligopolio mundial (Salford Group, Art’s Way Manufacturing Co. y Rite Way Mfg. Co.), las adquisiciones de compañías pertenecientes a la industria de MA y de maquinaria en general alcanzó el 92% del total.

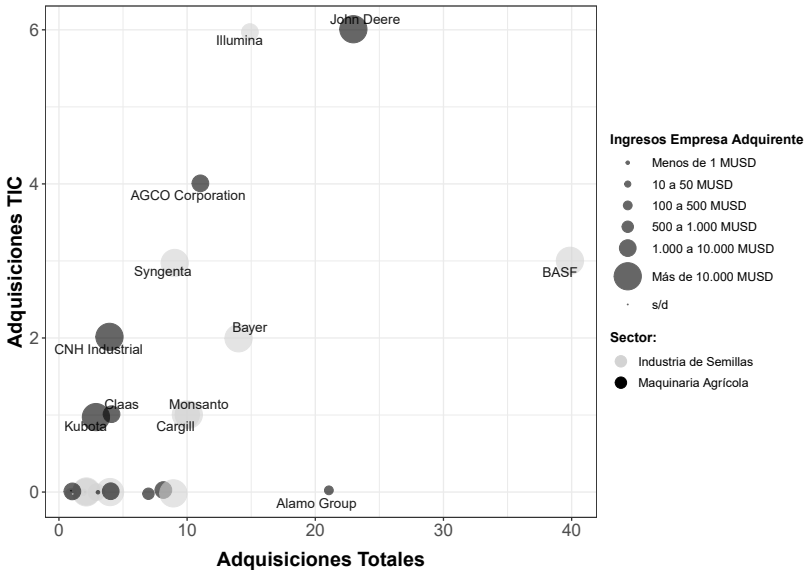
A su vez, es importante aclarar que a pesar de que es mayor el número y la proporción de adquisiciones de empresas del propio sector, hechas por las firmas no líderes de MA, por su parte, las compañías líderes han realizado compras por montos monetarios muy superiores a los que han realizado las empresas no líderes.¹³ Por otro lado, la menor proporción en compras de firmas dentro del propio sector por parte de las líderes se explica por una cuestión que resulta nodal para entender las estrategias que despliegan las grandes firmas del sector, asociada a la necesidad de absorber empresas de otros sectores con desarrollos en nuevas tecnologías que no se encontraban entre las capacidades centrales de la industria de MA. Las adquisiciones de empresas TIC alcanzan el 31% del total de las compras realizadas por las cinco firmas más importantes de la industria de MA,¹⁴ mientras que las no líderes no adquirieron compañías TIC. Además, tres de las empresas más grandes de MA han obtenido por lo menos una empresa TIC emblemática. Deere y Co. compró Blue River en 2017 y Bear Flag Robotics en 2021; CNH adquirió AgDNA en 2019 y Raven en 2021; AGCO hizo lo propio con Precision Planting en 2017.

Luego, los valores analizados muestran que tanto la industria de semillas como la industria de MA refuerzan sus actividades centrales a partir de adquisiciones de firmas del propio sector. En este punto, se destaca una importante diferencia entre la proporción que ocupan las adquisiciones en TIC en las compañías líderes de MA (31%) respecto de las líderes de la industria de semillas (12%). La industria de MA muestra un cambio de cartera de activos más claro hacia estas tecnologías en un proceso de convergencia tecnológica más marcado, mientras que la industria de semillas sostiene un comportamiento mixto mientras continúa adquiriendo empresas de base química.

¹³ Por ejemplo, la compra más onerosa de Deere y Co. ha sido por 4.600 millones de dólares. Sin embargo, Álamo Group, una empresa clasificada como no líder, segunda en la cantidad de adquisiciones a nivel del oligopolio, pagó 15 millones de dólares por su adquisición más cara.

¹⁴ El restante 9% corresponde a “otras” según la clasificación realizada.

Gráfico 2. Adquisiciones de empresas TIC según sector, firmas e ingresos. En valores absolutos. Años 1990-2021



Fuente: CEUR en base a CRUNCHBASE.

El gráfico 2 exhibe las empresas de la industria de semillas y de MA en función de su nivel de ingreso y la adquisición de otras firmas; además, distingue cuáles han incorporado empresas TIC.

Respecto de la industria de semillas, se destaca el desempeño de BASF, cuyas adquisiciones explican casi el 32% del total de las adquisiciones analizadas. Asimismo, al observar el peso relativo de las principales empresas que conforman el oligopolio mundial de la agrobiotecnología, se encuentra que ellas realizaron el 70% del total de las adquisiciones consideradas en este trabajo, y 4 de estas empresas adquirieron empresas TIC. Sin embargo, del total de las empresas compradoras consideradas solo el 35% realizó adquisiciones de empresas TIC.

Por otro lado, es importante destacar la participación de Illumina como empresa compradora. Esta empresa, con origen en Estados Unidos, es una de las líderes en el desarrollo y la comercialización de servicios de biotecnología, y si bien no participa de forma directa dentro de la industria de semillas, ofrece servicios que son claves para el desarrollo de nuevas variedades. Las adquisiciones de Illumina explican el 12% del

total considerado y es la principal adquirente de empresas TIC; además, es la única que realizó este tipo de adquisiciones sin pertenecer al grupo de empresas oligopólicas de la industria de agrobiotecnología.

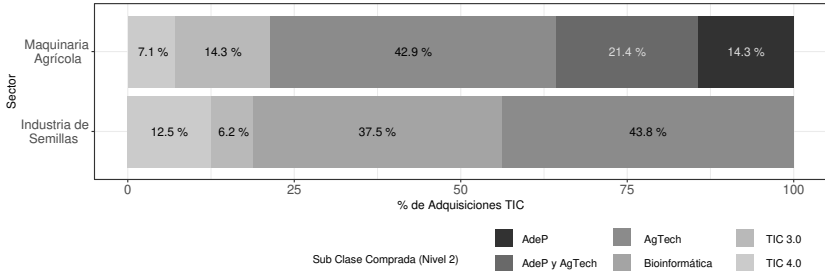
En lo que respecta a la industria de MA, sobresale el rol de Deere y Co., la cual se ubica luego de BASF como la segunda firma que más adquisiciones ha realizado durante el período analizado, y representa el 18% del total de adquisiciones aquí analizadas. En orden de importancia siguen Alamo y AGCO con el 16% y 8%, respectivamente.

Asimismo, de la información que brinda el gráfico 2 se confirma lo expuesto anteriormente, un comportamiento diferenciado en el sector. Solo el grupo de las cinco empresas líderes, John Deere y Co., Kubota, AGCO, CNH y CLAAS,¹⁵ participó en la adquisición de firmas TIC. A saber, aquí también lidera Deere y Co., con un total de 6 adquisiciones TIC, las cuales representan el 26% del total de las adquisiciones realizadas por la firma. Ahora bien, cabe destacar las operaciones de firmas como AGCO y CNH, las cuales han realizado un número menor de adquisiciones de empresas TIC, pero con un peso mayor que Deere y Co. en el total de sus adquisiciones, con un 36% y 50% respectivamente. A la vez que, tal como ya se ha mencionado, estas adquisiciones de TIC involucraron la compra de firmas emblemáticas y de gran envergadura en el sector de AP, tales como Presicion Planting para AGCO, y Raven en el caso de CNH. Por su parte, Illumina y Deere y Co. se ubican a la cabeza, seguidas por AGCO, CNH, BASF y Bayer. No obstante, es importante matizar esta jerarquía de acuerdo con el tipo de empresas TIC que adquieren estas firmas.

El gráfico 3 describe las tecnologías específicas de TIC correspondientes a las actividades centrales de las empresas adquiridas por las firmas de la industria de semillas y de MA aquí analizadas.

¹⁵ Son cinco de las empresas más grandes del oligopolio. Queda por fuera de las seis más grandes la empresa Yanmar, que no figura haciendo adquisiciones en la base de CB.

Gráfico 3. Distribución de las empresas TIC adquiridas por la industria de MA y la industria de semillas. En porcentajes. Años 1990-2021



Fuente: CEUR en base a CRUNCHBASE.

En el caso de la industria de semillas se observa que, dentro de las adquisiciones clasificadas como TIC, la mayoría de ellas se concentraron en la compra de firmas especializadas en tecnologías AgTech (43,8%) y de bioinformática (37,5%), dejando participaciones menores para las adquisiciones de TIC 3.0 y TIC 4.0. Es importante destacar la diferencia entre los actores que participaron de este tipo de adquisiciones. Por un lado, las empresas que realizaron compras de AgTech fueron principalmente las empresas líderes del oligopolio de la industria de agrobiotecnología (Syngenta, Monsanto, Bayer y BASF), las cuales compraron empresas de *cloud computing* para AdeP; y Cargill, una empresa líder de la agroindustria, que realizó una adquisición de *cloud computing* para ganadería de precisión. Por otro lado, las adquisiciones de bioinformática fueron realizadas completamente por la empresa de servicios biotecnológicos Illumina, la cual adquirió en su mayoría empresas de *cloud computing* para genómica y, en menor medida, empresas de software, *big data* y microfluídica digital. Finalmente, las adquisiciones de TIC 3.0 y TIC 4.0 no especializadas en el sector agrícola fueron realizadas por las empresas Bayer y BASF.

En cuanto a la industria de MA, tal como fue descrito anteriormente, las firmas que han desplegado una clara estrategia de adquisición de empresas TIC corresponden todas al grupo de las líderes del sector. En detalle, del total de adquisiciones de empresas TIC realizadas por la industria de MA, el 79% se refieren a firmas TIC especializadas en agro, en donde la mayor proporción la ocupan las compras de empresas AgTech (42,9%). Aquí, a diferencia de la industria de semillas que concentró sus

compras de AgTech en firmas de *cloud computing*, las empresas AgTech incorporadas por las líderes de MA son en su mayoría especializadas en robótica (más del 80% de las adquisiciones de AgTech), lo cual coincide con la tendencia a la automatización de la maquinaria que se observa en el sector (ETC Group, 2015).

Ahora bien, pese a que es notable el avance de la industria de MA sobre firmas AgTech, cabe destacar que si se analizan las adquisiciones más emblemáticas que ha realizado el sector de MA, en términos del tamaño de las empresas adquiridas y el valor de las operaciones, toman mayor jerarquía aquellas compras vinculadas a la AP. En particular, estas grandes adquisiciones son contabilizadas dentro del grupo clasificado como AdeP y AgTech, dado que se trata de firmas de AdeP consolidadas en el desarrollo de dispositivos electrónicos –como sensores de diversos tipos y dispositivos de geolocalización– que han avanzado en los últimos años en el desarrollo de tecnologías 4.0 especializadas en agro –tales como plataformas, *big data* e IA– para ofrecer el paquete tecnológico completo, a partir del cual se reutilizan y brindan servicios con los datos recolectados por los dispositivos de AP, desarrollados previamente. Este tipo de firmas ocupa el 21,4% del total de adquisiciones TIC realizadas por las compañías líderes de MA.

A su vez, la importancia que presenta la adquisición de capacidades en electrónica para la industria de MA se refuerza si se suma a este 21,4% las proporciones que ocupan las compras de firmas de AdeP que no han avanzado en 4.0, y las TIC 3.0 no especializadas en agro. En este punto, las empresas asociadas a las tecnologías 3.0 ocupan el 80% del total de adquisiciones TIC realizadas por la industria de MA. Ello confirma una estrategia de largo plazo en dicha industria, la cual parecería reforzar la tendencia a la convergencia entre capacidades metalmecánica y electrónica en las firmas líderes del sector.

Resultados

Partiendo del enfoque que considera las adquisiciones como un *proxi* a la captación de capacidades tecnológicas, observamos que en los últimos años ha habido una notable difusión de las nuevas tecnologías vinculadas a las TIC y la biotecnología en las industrias de semillas y de MA. Se observa una coherencia general en el tipo de empresas adquiridas, lo cual se mantiene relativamente constante en el período estudiado. Estas

adquisiciones muestran una interrelación basada en ciertas características tecnológicas y de mercado compartidas por ambos sectores. En el contexto de significativos procesos de reestructuración del capital y algunos indicios de cambios en los roles y las jerarquías de determinados sectores y núcleos tecnológicos, a continuación se destacan ciertos elementos dignos de mención.

En primer lugar, cabe destacar una diferencia sustancial respecto de los dos sectores en cuestión. Por su parte, la industria de semillas está compuesta por empresas con un poder de mercado de mayor envergadura que las correspondientes al sector de MA. En esta línea, se entiende el gran peso en las adquisiciones que presenta la industria de semillas respecto de la industria de MA, en donde el oligopolio de agrobiotecnología implica el 70% de las compras totales analizadas.

En cuanto a la estructura de las compras, según el sector al que pertenezcan las empresas adquiridas, sobresale una cuestión que comparan ambas industrias. Tanto las firmas de la industria de semillas como las de MA tienen un comportamiento en sus adquisiciones que refuerza sus actividades y núcleos tecnológicos principales. En este sentido, durante el período en análisis ambos sectores revelan profundos procesos de concentración y centralización del capital a partir de adquisiciones de empresas pertenecientes al propio sector. No obstante, cabe destacar una diferencia de carácter fundamental que se encuentra en aspectos estructurantes hasta el momento de ambas industrias. Por una parte, las principales empresas que conforman el oligopolio de la industria de semillas, a partir de sus adquisiciones, conservan principalmente su núcleo productivo y tecnológico en la industria química que, en la mayoría de los casos, fue el origen de la base tecnológica en empresas de agrobiotecnología. Esto permite sostener la idea respecto de que en la industria de semillas la complementariedad entre la química y la biotecnología permanece como un elemento central en las estrategias de las grandes firmas de la industria. En cambio, las compras de empresas en la industria de MA refuerzan una estructura productiva en la cual coincide su actividad económica principal con lo que sería su núcleo tecnológico fundamental, la metalmecánica.

Ahora bien, otra cuestión a destacar es que si bien estos sectores mantienen y refuerzan sus actividades y capacidades tecnológicas asociadas a su actividad principal, se observan operaciones relevantes que otorgan elementos sobre algunas de las características que presentan los

procesos de reestructuración descriptos, en el marco de las diferentes olas de difusión de las tecnologías del actual PTE: la biotecnología y las TIC.

Por un lado, las grandes firmas de la industria de semillas son las que realizan las principales adquisiciones de empresas biotecnológicas vinculadas al sector agrícola. Por lo tanto, si bien estas empresas conservan su núcleo tecnológico en la química, a la vez son las que realizan el proceso de incorporación de herramientas biotecnológicas a partir de adquisiciones de empresas con estas características. Esto muestra la importancia de la difusión de la biotecnología agrícola tanto para el desarrollo de nuevas variedades de semillas, a través del mejoramiento por medio de la transgénesis y la edición génica, como para la protección de cultivos, a través del desarrollo de bioinsumos, los cuales comienzan a surgir como una alternativa hacia el uso de productos químicos en la agricultura.

Por otro lado, el conjunto de adquisiciones analizadas permite distinguir algunos aspectos importantes sobre la difusión de las TIC en las industrias en cuestión. Pese a que el grueso de las adquisiciones se vincula a las actividades centrales de cada una de estas industrias, cabe destacar que al observar las adquisiciones de manera conjunta, se obtiene que las compras de empresas TIC se acercan al 30% del total de adquisiciones aquí analizadas, las cuales se distribuyen en porcentajes similares entre ambas industrias con una ligera diferencia a favor de la industria de semillas.

Sin embargo, si se toma en cuenta cuáles han sido las firmas compradoras de empresas TIC, se obtienen elementos muy distintivos respecto de las estrategias que despliegan las firmas líderes de uno y otro sector. En este punto, para el conjunto de las firmas líderes de MA, los valores de adquisiciones TIC más que duplican los correspondientes a las firmas líderes de la industria de semillas. A su vez, en la industria de MA fueron únicamente las empresas líderes del oligopolio mundial las que adquirieron compañías TIC, mientras que en el caso de la industria de semillas, si bien se observa un fenómeno similar, fueron solo algunas de las empresas líderes las que incorporaron tecnologías TIC a partir del proceso de adquisiciones. No obstante, la principal diferencia se encuentra en la participación de Illumina dentro del grupo de empresas compradoras de firmas TIC. Esta empresa fue la única firma que sin pertenecer al oligopolio de la industria de semillas realizó la mayor cantidad de adquisiciones orientadas a la incorporación de tecnologías TIC, en el conjunto de compras del sector.

Igualmente, cabe destacar algunos otros elementos distintivos entre las industrias en análisis respecto de la incorporación de nuevas capacidades tecnológicas, a partir de la adquisición de empresas especializadas en ciertos tipos de TIC y no otras. Como primera cuestión, sobresale el hecho de que la gran mayoría de las adquisiciones realizadas tanto por la industria de semillas como por la industria de MA se concentran en la incorporación de capacidades tecnológicas asociadas a la nueva ola de difusión de TIC 4.0, en particular aquellas especializadas en agro, de modo que se destaca la preeminencia de compras de empresas AgTech.

En detalle, la industria de semillas denota un comportamiento que se condice con su núcleo tecnológico en la medida en que la mayor cantidad de adquisiciones de empresas TIC fueron realizadas sobre tecnologías de AgTech, especializadas en bioinformática y *cloud computing* para genómica, en donde Illumina lidera las compras del sector. En cambio, las adquisiciones AgTech por parte de la industria de MA se enfocan fundamentalmente en empresas especializadas en robótica, proceso liderado exclusivamente por las líderes del sector en una clara estrategia de incorporación de capacidades asociadas a una de las tendencias de la nueva ola de difusión de TIC 4.0, la automatización de la maquinaria.

A su vez, las líderes de MA han adquirido algunas empresas AgTech especializadas en *cloud computing* y análisis de datos, lo cual está en línea con la estrategia de garantizar la centralización y el análisis de los datos que proveen a través de sus plataformas, para diversificar servicios complementarios a sus productos principales y fortalecer las barreras internas mediante la fidelización de sus clientes. No obstante, en la centralidad de estas tecnologías en las estrategias de las firmas llama la atención el bajo número de adquisiciones de empresas especializadas en este tipo de tecnologías. Ello podría estar vinculado a que las grandes firmas de AdeP adquiridas ya contaban con tales capacidades o al hecho de que, en paralelo al proceso de adquisiciones, estas grandes firmas de MA han conformado *venture capitals* corporativos para invertir, fundamentalmente, en emprendimientos 4.0 de *cloud computing*, *big data* e IA, generando estas capacidades de un modo que permite externalizar los riesgos asociados al desarrollo de las nuevas tecnologías.

Ahora bien, en línea con lo expuesto, es importante matizar la jerarquía que presentan las adquisiciones propias a la última ola de difusión de TIC 4.0 especializadas en agro, delimitando algunas cuestiones centrales respecto de las diferencias entre las AgTech y las firmas pertenecientes a las TIC especializadas en agro de la ola de difusión precedente, las

empresas de AdeP. Al respecto, las compañías de mayor relevancia –en términos de ingresos y cuota de mercado– son las firmas de AdeP, que partiendo de una base de microelectrónica y software embebido, han avanzado hacia capacidades 4.0 como *cloud computing*, *big data* e IA. Tal es el caso de las grandes firmas de AdeP, entre las cuales se destacan Trimble, Raven, Precision Planting, Topcon, entre otras. Algunas de estas firmas han sido adquiridas por las líderes de la industria de MA. En efecto, si se considera que tanto las firmas TIC 3.0, AdeP y las que combinan sus capacidades AdeP y AgTech corresponden fundamentalmente a firmas con capacidades en microelectrónica, la relevancia de las adquisiciones con base de conocimiento propias de las tecnologías de la primera ola de difusión de las TIC se incrementa. Con ello, se matiza el avance sobre capacidades 4.0 o, en todo caso, se refuerza la idea de que la industria de MA, en un proceso que se ha mantenido sin pausa desde la década del noventa, podría estar convirtiéndose en un complejo donde convergen capacidades propias de la metalmecánica con la electrónica, en particular a partir de la integración de capacidades en AdeP.

Conclusiones

El análisis aquí expuesto abre algunos indicios respecto de las adquisiciones de los grandes líderes de la industria de MA y la industria de semillas. En particular se vislumbran algunos patrones de cambios en el perfil de sus capacidades tecnológicas, en la medida en que la incorporación de competencias en las innovaciones fundamentales opera como una especie de pivote, en donde un conjunto de tecnologías o activos que pueden haber sido complementarios en un momento se convierten luego en innovaciones fundamentales para la propia industria.

Al respecto, con las limitaciones que el análisis exclusivo de las adquisiciones de otras compañías implica, es posible sostener como uno de los principales hallazgos de la investigación que los principales grupos mundiales de la industria de MA, líderes por facturación y por vanguardia tecnológica, se encuentran avanzando de forma decidida en la incorporación de todo el paquete de habilidades y tecnologías TIC para el sector agrícola, aunque mantienen su capacidad metalmecánica como activos complementarios para capturar las rentas que se derivan de la innovación tecnológica de las TIC. En este sentido, surge a modo de interrogante si la industria de MA se proyecta en un futuro no muy lejano como una

industria de captura, procesamiento y venta de servicios de información, quedando la metalmecánica como un activo complementario.

Por su parte, la industria de semillas tiene claro su sendero de innovación, enfocado en el desarrollo de técnicas de ingeniería genética. Las TIC se adoptan, sobre todo, en los servicios biotecnológicos. En consecuencia, gran parte de las compras de otras firmas que hace la industria de semillas están enfocadas en incorporar capacidades digitales que le permitan acelerar los procesos tradicionales de *breeding* o la I+D sin modificar la base de conocimientos centrales dominada por la biotecnología.

Estos resultados muestran que las tecnologías digitales, por el momento, no convergen con las biotecnologías. Por su parte, se verifica una convergencia entre las tecnologías digitales y la metalmecánica, en donde las primeras pasan a formar parte de las capacidades centrales de las firmas líderes de la MA. Esta convergencia no se produce en el caso de la agrobiotecnología, en donde las TIC solo llevan adelante actividades secundarias de apoyo a la actividad de I+D biotecnológico o a procesos de *breeding* tradicional.

Bibliografía

- Albornoz, I. (2020). “AgTech. El nuevo paquete tecnológico del sector agropecuario”. *Papeles del Observatorio*, n° 13. Observatorio Iberoamericano de la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad de la Organización de Estados Iberoamericanos (OCTS-OEI). Disponible en: <https://observatorioocts.oei.org.ar/?s=agtech>.
- Archibugi, D. (2016). “Blade Runner economics: Will innovation lead the economic recovery?”. *Research Policy*, vol. 46, n° 3, pp. 535-543.
- Berkovicht, E. y Narayanan, E. (1993). “Motive for takeovers: an empirical investigation”. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, vol. 28, n° 3, pp. 347-362.
- Bonny, S. (2017). “Corporate Concentration and Technological Change in the Global Seed Industry”. *Sustainability*, vol. 9, n° 9, p. 1632.
- Bragachini, M. (2018). *La maquinaria agrícola: innovaciones y tendencias al 2030*. Disponible en: <https://www.tecnosem.com.ar/2018/02/24/la-maquinaria-agricola-innovaciones-y-tendencias-al-2030/>.

- Bresnahan, T. y Trajtenberg, M. (1995). "General purpose technologies 'Engines of growth?'. *Journal of Econometrics*, vol. 65, n° 1, pp. 83-108.
- Cabaleiro, F. (2020). "El socio menos pensado: Bill Gates desembarca en el sistema agroalimentario argentino". *Biodiversidad LA*. Disponible en: <https://www.biodiversidadla.org/Documentos/El-socio-menos-pensado-Bill-Gates-desembarca-en-el-sistema-agroalimentario-argentino>.
- Chapman, K. (1999). "Merger/adquisition activity and regional cohesion in the EU". En Phelps, N. y Alden, J. (eds.), *Foering Direct Investment and the Global Economy*, pp. 121-138. Londres: The Stationery Office.
- (2003). "Cross-border mergers/acquisitions: a review and research agenda". *Journal of Economic Geography*, vol. 3, pp. 309-334.
- Chesnais, F. (1995). "World oligopoly, rivalry between 'global' firms and global corporate competitiveness". En Molero, J. (ed.), *Technological Innovations, Multinational Corporations and the New International Competitiveness*. pp. 87-120. Londres: Routledge.
- Clapp, J. (2017). *Bigger is not always better. The drivers and implications of the recent agribusiness megamergers*. Waterloo: University of Waterloo.
- Cloodt, M.; Hagedoorn, J. y Van Kranenburg, H. (2006). "Mergers and acquisitions. Their effect on the innovative performance of companies in high-tech industries". *Research Policy*, vol. 35, n° 5, pp. 642-654.
- Cooke, T. (1988). *International mergers and acquisitions*. Oxford: Backwell.
- Cretini, I.; Robert, V. y Vázquez, D. (2021). "Mergers and acquisitions, knowledge based, and technological trajectories. An exploratory study in the wind energy sector". GLOBELICS.
- Dayioğlu, M., Türker, U. (2021). "Digital transformation for sustainable future-agriculture 4.0. A review". *Journal of Agricultural Sciences*, vol. 27, n° 4, pp. 373-399.
- ETC Group (2015). "Breaking bad. Big Ag Mega-Mergers in Play Dow + DuPont in the Pocket? Next: Demonsanto?". *ETC Group Communiqué*, vol. 155. Disponible en: <https://www.etcgroup.org/content/breaking-bad-big-ag-mega-mergers-play>.

- (2016). “¿Software contra hardware? Maquinaria pesada, agrotóxicos y semillas en un chip”. *ETC Group Communiqué*. Disponible en: https://www.etcgroup.org/sites/www.etcgroup.org/files/files/software_vs._hardware_vs._nowhere_-_briefing_dec_2016.pdf.
- (2021). “Tecno-fusiones comestibles / Mapa del poder corporativo en la cadena alimentaria”. *ETC Group Communiqué*. Disponible en: <https://www.etcgroup.org/content/plate-tech-tonics.G>
- Freeman, C. y Louçã, F. (2001). *As time goes by. From the industrial revolutions to the information revolution*. Oxford: Oxford University Press.
- Freeman, C. (1984). “Prometheus unbound”. *Futures*, vol. 16, n° 5, pp. 494-507.
- Freeman, C. y Pérez, C. (1988). “Structural crises of adjustment, business cycles and investment behavior”. En Dosi *et al.*, *Technical change and economic theory*, Londres: Pinter Publisher.
- Gordon, R. (2000). “Interpreting the ‘one big wave’ in US long-term productivity growth”. En *Productivity, technology and economic growth*, pp. 19-65. Boston: Springer.
- Graff, G.; Cullen, S.; Bradford, K.; Zilberman, D. y Bennett, A. (2003). “The public-private structure of intellectual property ownership in agricultural biotechnology”. *Nature Biotechnology*, vol. 21, n° 9, pp. 989-995.
- Graff, G.; Rausser, G. y Small, A. (2003). “Agricultural biotechnology’s complementary intellectual assets”. *The Review of Economics and Statistics*, vol. 85, n° 2, pp. 349-363.
- Jha, K; Doshi, A; Patel, P; Shah, M. (2019). “Comprehensive review on automation in agriculture using artificial intelligence”. *Artificial Intelligence in Agriculture*, vol. 2, pp. 1-12.
- Lavarello, P.; Silva, D. y Langard, F. (2009). *El desarrollo de las redes de conocimiento tecnológico. El caso de la industria de maquinaria agrícola en Argentina*. Seminario Latino-Iberoamericano de Gestión Tecnológica Altec 2009. Bogotá: Javegraf.
- Lavarello, P. (2018). “Financierización, promesas (latentes) de la biotecnología y nuevas barreras a la entrada. Algunas lecciones para los países semiindustrializados”. *Estado y Políticas Públicas*, n° 10.

- Lavarello, P. y Gutman, G. (2019). “Paradigmas y trayectorias tecnológicas, estrategias corporativas y posibilidades de entrada para países en desarrollo. Reflexiones a partir del caso de las biotecnologías”. En Barletta, F; Robert, V. y Yoguel, G. (comps.), *Tópicos de la teoría evolucionista neoschumpeteriana de la innovación y el cambio tecnológico*, pp. 117-148. Los Polvorines: UNGS.
- Lavarello, P.; Bil, D.; Vidosa, R. y Langard, F. (2019). “Reconfiguración del oligopolio mundial y cambio tecnológico frente a la ‘agricultura 4.0’. Implicancias para las trayectorias de maquinaria agrícola en Argentina”. *Ciclos En La Historia, La Economía y La Sociedad*, vol. 53, pp. 163-193. Disponible en: <https://ojs.econ.uba.ar/index.php/revistaCICLOS/article/view/1614>.
- Liu, Y.; Ma, X.; Shu, L.; Hancke, G. y Abu-Mahfouz, A. (2021). “From industry 4.0 to agriculture 4.0: current status enabling technologies and research challenges”. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, vol. 17, pp. 4322-4334.
- Lowenberg-DeBoer, J. y Erickson, B. (2019). “The record straight on precision agriculture adoption”. *Agronomy Journal*, vol. 111, pp. 1552-1569.
- MacDonald, J. (2017). “Mergers and competition in seed and agricultural chemical markets”. *Amber waves: The economics of food, farming, natural resources and rural América*. United States Department of Agriculture, Economic Research Service, n° 3.
- Makri, M.; Hitt, M. y Lane, P. (2010). “Complementary technologies, knowledge relatedness, and invention outcomes in high technology mergers and acquisitions”. *Strategic Management Journal*, vol. 31, n° 6, pp. 602-628.
- Malerba, F. y Orsenigo, L. (2002). “Knowledge, innovations activities and industrial evolution”. *Industrial and Corporate change*, vol 9, n° 2.
- Passero, S. (2021). „Agrotechnology colonization 4.0. Digital agriculture discourses and new coloniality in Argentina and beyond“. Disponible en: <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1565965/FULLTEXT01.pdf>.
- Parayil, G. (2003). “Mapping technological trajectories of the Green Revolution and the Gene Revolution from modernization to globalization”, *Research Policy*, vol. 32, n° 6, pp. 971-990.

- Pellegrini, P. (2013). *Transgénicos. Ciencia, agricultura y controversias en la Argentina*. Buenos Aires: Universidad Nacional de Quilmes (UNQ).
- Pérez, C. (2010). “Technological revolutions and techno-economic paradigms”. *Cambridge Journal of Economics*, vol. 34, n° 1, enero, pp. 185-202.
- Pisano, G. (2006). *Science business. The promise, the reality, and the future of biotech*. Boston: Harvard Business Press.
- Procisur (2017). “Edición génica: una oportunidad para la región”. Documento originado durante la *Primera Reunión del Núcleo de Estudio de Nuevas Técnicas de Mejoramiento Genético*, Procisur, 25 y 26 de agosto, Montevideo.
- Rapela, M. (2020). “La interacción entre los derechos de propiedad intelectual y los procesos de innovación abierta aplicados en el mejoramiento vegetal moderno”. *Revista Iberoamericana de la Propiedad Intelectual*, vol. 13, pp. 9-33. Disponible en: <https://rii.austral.edu.ar/handle/123456789/1086>.
- Sztulwark, S. (2012). *Rentas de innovación en cadenas globales de producción. El caso de las semillas transgénicas en Argentina*. Los Polvorines: UNGS.
- Sztulwark, S. y Girard, M. (2016). “Estrategias nacionales de innovación en biotecnología agrícola. Implicancias para el MERCOSUR”. *Gestión y Gerencia*, vol. 10, n° 3, pp. 46-79.
- (2020). “La edición génica y la estructura económica de la agrobiotecnología mundial. Una mirada desde los países adoptantes”. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad-CTS*, vol. 15, n° 33, pp. 11-41.
- Sztulwark, S. y Lavarello, P. (2021). *¿La biotecnología como base para la constitución de un núcleo endógeno en Argentina?* 1° Jornadas del CEUR, 60° aniversario. Centro de Estudios urbanos y regionales.
- Teece, D. (1986). “Profiting from technological innovation”. *Research Policy*, vol. 15, n° 6, pp. 285-305.
- (2018). “Profiting from innovation in the digital economy. Enabling technologies, standards, and licensing models in the wireless world”. *Research Policy*, vol. 47, n° 8, pp. 1367-1387.

- Teece, D. y Chesbrough, H. (1996). "When is virtual virtuous? Organizing for innovation". *Harvard Business Review*, vol. 74, n° 1, pp. 65-73.
- Teece, D.; Rumelt, R.; Dosi, G. y Winter, S. (1994). "Understanding corporate coherence. Theory and evidence". *Journal of Economic Behavior & Organization*, vol. 23, n° 1, pp. 1-30.
- Thomas, Z. (2005). "Agricultural biotechnology and proprietary rights". *The Journal of World Intellectual Property*, vol. 8, n° 6, pp. 711-734.
- Trautwein, F. (1990). "Merger motives and merger prescriptions. Strategic Management". *Journal*, vol. 11, pp. 283-295.
- Tylecote, A. (2019). "Biotechnology as a new techno-economic paradigm that will help drive the world economy and mitigate climate change". *Research Policy*, vol. 48, n° 4, pp. 858-868.
- Vázquez, D.; Robert, V. y Cretini I. (2021a). *Evolución de la base de conocimiento en el sector mundial de dispositivos médicos*. 1° Jornadas del CEUR, 60° aniversario. Centro de Estudios urbanos y regionales.
- (2021b). Seminario Interno del CEED UNSAM, mayo.
- Vermeulen, F. y Barkema, H. (2001). "Learning through acquisitions". *Academy of Management Journal*, vol. 44, pp. 457-476.
- Wunderlich, S. y Gatto, K. (2015). "Consumer perception of genetically modified organisms and sources of information". *Advances in Nutrition*, vol. 6, n° 6, pp. 842-851.

Capítulo 2

El nuevo escenario de la industria agrobiotecnológica mundial

*Sebastián Sztulwark, Valentina Locher,
Melisa Girard y Pablo Wahren*

Introducción

Los notables avances científicos producidos en el campo de la biología molecular durante las décadas de 1960 y 1970 del siglo XX presagiaban un gran protagonismo de la biotecnología en la dinámica innovativa de la economía mundial (OECD, 2009; Pérez, 2010). Sin embargo, y a diferencia de lo ocurrido con las TIC, su impacto fue más limitado no solo en su extensión sectorial, acotado principalmente a algunos segmentos de las industrias farmacéutica, de ingredientes alimenticios y de insumos agrícolas, sino –sobre todo– por su capacidad para revolucionar los productos y procesos existentes en esas industrias. La biotecnología, a pesar de sus innegables potencialidades productivas, se enfrentó con algunas dificultades para trascender su carácter de gran promesa de la innovación mundial (Tylecote, 2019).

En el caso de las aplicaciones al sector agrícola, el principal elemento de novedad estuvo asociado a las técnicas de transgénesis vegetal orientadas al desarrollo de semillas modificadas genéticamente. En efecto, a partir de mediados de la década del noventa comenzó la difusión comercial de los cultivos transgénicos, que marcaron un hito tecnológico en la agricultura mundial (ISAAA, 2017). Su principal contribución económica se dio a través de la modificación de algunos rasgos agronómicos de las semillas que habilitaron una reducción de los costos de producción y una simplificación del manejo agrícola (Brookes y Barfoot, 2006). Su difusión, a su vez, implicó un proceso de reestructuración de ciertas

innovaciones complementarias en la propia industria de insumos, como el caso de los productos agroquímicos o del mejoramiento vegetal convencional, pero también una serie de transformaciones más generales en las condiciones tecnológicas, organizacionales e institucionales del modelo de producción agrícola dominante a nivel mundial (Bisang, 2022; Kalaitzandonakes y Zahringer, 2018).

Si bien la difusión de las semillas transgénicas tuvo un efecto estructurante sobre la dinámica tecnológica de la industria de mejoramiento vegetal, su impacto productivo tuvo un carácter limitado. En primer lugar, su difusión se concentró en unos pocos rasgos productivos (tolerancia a herbicidas y resistencia a insectos) en un número reducido de cultivos (principalmente soja, maíz y algodón) y en un conjunto acotado de empresas de muy pocos países que lograron establecer el comando comercial sobre esta innovación.¹ En segundo lugar, la liberación comercial de esos productos se dio en el marco de un largo y costoso proceso de desregulación, que actuó como una barrera a la entrada para los actores que no lograron alcanzar cierto umbral crítico en su escala de acumulación. En tercer lugar, en torno a su producto emblemático (la soja tolerante a herbicidas), se produjeron problemas de sustentabilidad –vinculados a la erosión de los suelos– y de resistencia de malezas. En cuarto lugar, en términos de propiedad intelectual, se produjo en muchos países una superposición de los marcos institucionales –patentes y ley de semillas– que tendieron a generar una alta incertidumbre respecto de las condiciones de apropiación de las rentas de innovación. Finalmente, su difusión estuvo limitada por una percepción pública adversa respecto del consumo de alimentos transgénicos (Feingold *et al.*, 2018; Fukuda-Parr, 2006; Rapela, 2020).

En la última década, una novedad tecnológica pareció reactivar el potencial de la biotecnología para impactar de un modo más profundo sobre las industrias cuya innovación fundamental es de base biológica. Se trata de las técnicas de edición génica que permiten realizar modificaciones en la secuencia de ADN dirigidas a genes específicos para alterar su expresión –silenciarlos o sobreexpresarlos–, reemplazar alelos o introducir transgenes en sitios específicos del genoma (Feingold *et al.*, 2018). Sobre la base de estas técnicas se podría avanzar, al menos potencialmente, hacia procesos de transformación vegetal más precisos, con plazos de desarrollo

¹ Efectivamente, cuatro grandes empresas –Bayer, Basf, Corteva y Syngenta– dominan la industria de semillas y agroquímicos a nivel mundial.

más cortos y a un costo significativamente menor que los asociados a la transgénesis vegetal (González *et al.*, 2021; Tylecote, 2019). Estas técnicas permiten, además, realizar el mejoramiento sin necesidad de introducir genes foráneos, lo que podría desligar estos productos de la percepción adversa que existe respecto a los transgénicos. Se trata, sin embargo, de una situación en la que no existe un PTE consolidado, sino más bien un proceso de transición en el que conviven el relativo agotamiento de la transgénesis como innovación fundamental de la industria con el desarrollo emergente de la edición génica, cuyo efecto sobre la estructura es aún más potencial que real (Sztulwark y Girard, 2020).

El objetivo de este capítulo es realizar una caracterización del proceso de transición paradigmática que está viviendo la industria agrobiotecnológica mundial a partir de la difusión, durante la última década, de la edición génica como innovación emergente. Su relevancia radica en la comprensión de un proceso de transformación tecnoeconómica de una industria que tiene un considerable impacto mundial y cuya dinámica afecta de manera significativa a los países que tienen una amplia base agrícola. Los elementos aportados en este artículo, a su vez, pueden ser de utilidad para el diseño de una respuesta nacional en aquellos países que tradicionalmente han jugado un papel de adoptante de la innovación fundamental y que aspiran a considerar esta situación de *impasse* tecnológico como una oportunidad para promover procesos de cambio de posición en esa estructura.

Para el tratamiento de esta problemática se propone un abordaje que vincule la trayectoria tecnológica de la industria con su configuración institucional, distinguiendo, por un lado, entre innovación fundamental y complementaria y, por otro, entre los aspectos regulatorios que inciden sobre la definición del propio estándar de producto, de aquellos que afectan las reglas de apropiación. Desde un punto de vista metodológico, el artículo se apoya en una revisión de la bibliografía internacional especializada sobre el tema, con foco en las dimensiones de análisis señaladas; en la recolección y el análisis de información estadística sobre aspectos globales de la industria proveniente de bases de datos internacionales; y en un conjunto de entrevistas realizadas a referentes de la industria y del sistema de innovación agrobiotecnológico de la Argentina que estuvieron orientadas no a la especificidad del caso nacional, sino al análisis de los cambios ocurridos en el orden internacional.

El principal resultado alcanzado en este trabajo señala que la trayectoria de innovación que se viene desplegando en esta industria a

partir de la emergencia de la edición génica implica un corte relativo respecto de lo ocurrido con la transgénesis vegetal. En el marco de un conjunto de factores de continuidad, emergen algunos elementos de cambio que tienen que ver, centralmente, con las menores barreras tecnológicas y regulatorias para el desarrollo de nuevos productos, situación que podría habilitar una reconfiguración de las jerarquías productivas existentes en esta industria.

El capítulo se organiza de la siguiente manera. En primer lugar, se establecen algunas precisiones sobre los conceptos de innovación fundamental y de trayectoria sectorial en el marco del proceso de transición paradigmática que se vive en la industria agrobiotecnológica mundial. A continuación, se realiza una caracterización de los límites de la transgénesis vegetal como innovación fundamental de la industria. En ese marco, se analizan las potencialidades de la edición génica como tecnología fundamental, tanto en su capacidad de establecer un nuevo diseño dominante como de producir nuevas vías de articulación de los activos complementarios que se despliegan en esta industria. A partir de este análisis, el trabajo aborda los elementos del marco institucional, tanto los que se refieren al estándar regulatorio como a los mecanismos de protección de la propiedad intelectual. Finalmente, se presentan las conclusiones.

Trayectorias sectoriales de innovación en la industria agrobiotecnológica mundial

El cambio tecnológico o la innovación, en términos más amplios, han sido considerados desde diferentes escuelas del pensamiento económico como un elemento central en la dinámica de largo plazo del capitalismo mundial. En particular, la literatura especializada ha tendido a reconocer el papel de ciertas innovaciones que tienen un carácter arquitectónico sobre las estructuras existentes en determinados territorios y en industrias específicas (Freeman, 2002; Malerba y Orsenigo, 1997). Este carácter fundamental remite a su capacidad para reconfigurar las condiciones de competencia y para estructurar nuevas posiciones de centralidad y dominio en el interior de una rama (Altenburg *et al.*, 2008; Kaplinsky, 1998).

En este nivel mesoeconómico, el carácter de innovación fundamental emerge en la medida en que logra establecerse un nuevo diseño dominante –un nuevo estándar de producto o de proceso–, y que este se

articula con los activos complementarios a partir de los cuales es posible revolucionar los procesos y productos existentes (Abernathy y Utterback, 1978; Teece, 1986). Un proceso de ese tipo requiere, a su vez, una coevolución con el marco institucional que regula la actividad económica en ese sector en particular (Freeman y Pérez, 1988). Ese marco es el que habilita y al mismo tiempo redefine el propio diseño dominante y cuyas dimensiones fundamentales son, por un lado, los estándares técnicos que habilitan la interoperabilidad de una tecnología que funciona en el marco de un sistema y, por otro, las reglas de apropiación que son aquellas que regulan la conversión de una ventaja tecnológica en una renta de innovación (Teece, 2006).

El proceso adquiere un carácter cíclico en la medida en que el propio efecto de la innovación es la obsolescencia de los diseños existentes y la reducción del espacio potencial para apropiarse de rentas innovativas (Pérez, 2010; Kaplinsky, 1998). Existen, de este modo, momentos en los que un determinado diseño no logra imponerse como dominante, situaciones en las que conviven las tecnologías declinantes con las emergentes (Pistorius y Utterback, 1997). En términos de Dosi (1988), son períodos en los que la heurística de I+D y los mecanismos institucionales de coordinación productiva y de apropiación de la renta innovativa no logran consolidarse como paradigma de la industria. Esta situación se podría denominar de transición paradigmática a nivel de una determinada trayectoria sectorial de innovación.

Este proceso puede observarse en el caso de la industria agrobiotecnológica mundial, que tiene su principal referencia en la industria de semillas pero que también incluye otros insumos agrícolas de base biológica.² En efecto, se trata de una industria que ha sido afectada durante las décadas posteriores a la segunda posguerra mundial, por lo que se ha dado en llamar “revolución verde”, proceso de transformación productivo cuyos pilares fueron la introducción en la propia actividad agrícola de las tecnologías dominantes del PTE fordista: la nueva MA que emergió a partir del uso del petróleo y el motor de combustión interna, por un lado, y de las innovaciones de la química aplicada a la agricultura, por el otro (Parayil, 2003).

La industria semillera se redefinió, en este marco, a partir de una serie de innovaciones en las actividades de mejoramiento vegetal tales

² Los bioinsumos agrícolas incluyen los biofertilizantes, los bioestimuladores y los bioplaguicidas.

como la hibridación o la mutagénesis, entre otras, que permitieron el desarrollo de una genética de élite con un significativo impacto sobre los rendimientos agrícolas (Ruttan, 1986). En ese marco, el régimen institucional fue avanzando hacia renovados estándares regulatorios y de propiedad intelectual en torno a las nuevas obtenciones vegetales que se plasmaron, principalmente, en el establecimiento de leyes específicas que regulaban la actividad semillera a nivel nacional y que se inscribían, a su vez, en acuerdos internacionales sobre protección de las obtenciones vegetales (Rapela, 2020).

A partir de los avances de la biología molecular llevados a cabo durante las décadas de 1960 y 1970 del siglo XX, que derivaron en el desarrollo de las técnicas de ingeniería genética, se produjo un nuevo proceso de disrupción tecnológica con un impacto significativo sobre las estructuras de este sector. En efecto, de modo equivalente a lo ocurrido en industrias como la farmacéutica o la de ingredientes alimenticios, la industria de insumos agrícolas y en particular la de semillas vivió un proceso de transformación asociado a la emergencia de una innovación fundamental de carácter biológico, que tuvo una fuerte capacidad para redefinir los activos complementarios y el régimen institucional de la industria (Parayil, 2003).

Los primeros desarrollos de cultivos transgénicos comenzaron a realizarse en la década del ochenta (Fukuda-Parr, 2007 Qaim, 2015), al mismo tiempo que la Corte Suprema de Estados Unidos extendió la protección de las patentes a los organismos vivos, y que fue aprobada la Ley Bayh-Dole a partir de la cual se les permitió a las universidades y a las pequeñas empresas poseer las patentes de las invenciones que desarrollaran utilizando fondos federales (Drahos y Braithwaite, 2017). Hacia el año 1986 ya se realizaban pruebas de campo en Estados Unidos y Francia con cultivos transgénicos de tabaco (James y Krattiger, 1996), pero recién a mitad de la década del noventa los cultivos producto de la utilización de la transgénesis lograron instalarse en el mercado de insumos agrícolas.

La transgénesis vegetal como proceso y las semillas transgénicas como producto fueron adquiriendo los rasgos de una innovación fundamental en esta industria.³ En comparación con las técnicas convencionales

3 Esta innovación, a su vez, fue estructurando un nuevo paquete tecnológico que incluyó una serie de innovaciones complementarias, como los nuevos métodos de labranza y los sistemas de almacenamiento, el desarrollo de MA de tipo informacional y el desarrollo de nuevas formas de organización estructuradas en torno a una agricultura de contratos en el marco de redes de producción (Bisang, 2022).

de cruzamiento vegetal, donde el mecanismo se efectuaba mediante repetidos intentos de prueba y error sin el debido control sobre los genes transferidos, la transgénesis permitió una modificación con mayor grado de control del genoma (Sovová *et al.*, 2017), así como la incorporación de atributos que no podrían haber sido alcanzados en la evolución de la propia especie o que hubieran demandado largos períodos de tiempo para ello. El dominio por parte de un acotado conjunto de actores de la capacidad para el desarrollo de nuevos productos, el atravesamiento de costosos y largos procesos regulatorios y la gestión de la propiedad intelectual a escala global provocaron un fuerte proceso de reestructuración de las posiciones competitivas en esta industria (Bonny, 2017; Deconinck, 2020; Sztulwark y Girard, 2020).

En efecto, a partir de la presencia de grandes actores –que en su mayoría venían del campo de la química–, el comando de la innovación fundamental habilitó una posición dominante para la definición y gestión de un nuevo paquete tecnológico, en particular sobre los activos fundamentales de esta industria: el germoplasma de élite y los agroquímicos. Estos cambios a nivel tecnoproductivo, a su vez, se articularon con la redefinición de los estándares regulatorios –asociados principalmente a nuevas normas para aprobar la liberación comercial de un cultivo transgénico– y con la normativa sobre propiedad intelectual, en particular con la legislación sobre patentamiento de microorganismos y en su vinculación con las leyes que regulan los procesos tradicionales de mejoramiento vegetal (Rapela, 2020).

El agotamiento de la transgénesis como innovación fundamental

A pesar de la importancia que tuvo en términos productivos el desarrollo de la transgénesis como innovación fundamental de esta industria, en los últimos años comenzaron a observarse algunos signos de agotamiento de su trayectoria tecnológica.

Uno de estos rasgos se asocia con el hecho de que esta tecnología solo logró difundirse en un número muy reducido de cultivos y sobre muy pocos rasgos agronómicos. Por un lado, esto se verifica al observar la distribución entre cultivos de la superficie mundial sembrada con transgénicos. Allí se encuentra que el 48% está sembrada con soja, el 32% con maíz, el 13% con algodón y, finalmente, el 5% con canola. En consecuencia, solo cuatro cultivos concentran el 99,1% de la superficie

mundial sembrada con transgénicos. Cuando se observa lo que ocurre con los rasgos que son modificados a través de la transgénesis, el escenario es similar: la totalidad de las innovaciones desarrolladas a partir de las técnicas de transgénesis que lograron llegar al mercado se encuentran centradas en la modificación de dos únicos rasgos: tolerancia a herbicidas y resistencia a insectos (ISAAA, 2019).

A su vez, aunque la transgénesis proporcionó mejoras en la precisión de las modificaciones realizadas y permitió la posibilidad de realizar cambios en el genoma que nunca podrían haberse efectuado por sí solos en la naturaleza, esta técnica presenta algunas limitaciones tecnológicas vinculadas a la aleatorización de las transformaciones genéticas producto de la imposibilidad de conocer *a priori* en qué parte específica del genoma se insertará el gen foráneo. Esto deriva en la necesidad de construir varias líneas de transformación para luego verificar en cuál de ellas se expresó el transgén de la forma deseada, lo que aumenta los costos y los tiempos de desarrollo.

Por otro lado, si bien la transgénesis brindó un amplio abanico de mejoras que podrían realizarse a partir del uso de esta técnica, la gran mayoría de ellas estuvo concentrada en el aumento de la productividad agrícola a partir del desarrollo de rasgos vinculados con la tolerancia a herbicidas y la resistencia al ataque de insectos, que fueron aplicados a cultivos de gran extensión. En cambio, los eventos que incluyen modificaciones en las características agronómicas dirigidas a mejorar la calidad del producto, o las modificaciones realizadas en cultivos no tradicionales, no lograron alcanzar la difusión comercial a nivel internacional. En consecuencia, en la actualidad se observa, por un lado, la carencia de nuevos eventos biotecnológicos con carácter disruptivo en la producción agrícola y, por otro lado, las dificultades para difundir comercialmente los eventos que proveen mejoras en la calidad del producto (Sztulwark y Girard, 2016).

A estos elementos también se incorporan los altos costos regulatorios que deben afrontar los desarrolladores para liberar un producto transgénico al mercado, lo cual impone importantes barreras a la entrada para la introducción de nuevos actores al desarrollo de cultivos transgénicos. En la mayoría de los países, estos cultivos, que implican la creación de un nuevo material genético que no preexiste en la naturaleza, deben atravesar un estricto y costoso proceso regulatorio en donde se les exige demostrar su inocuidad en términos ambientales y también sanitarios. A su vez, esta evaluación se realiza a partir de una hipótesis de riesgo

amplia por la cual los cultivos transgénicos son evaluados por todos los daños potenciales que podrían generar –alergias, toxicidad, daños a otras especies, entre otros– para habilitar su aprobación comercial (Martín Lema,⁴ comunicación personal, 23 de agosto de 2022).

Adicionalmente, la existencia de una superposición de marcos institucionales para regular la propiedad intelectual de la innovación en transgénesis tendió a desincentivar el desarrollo de nuevas innovaciones. En este sentido, el Acuerdo sobre los Aspectos de los Derechos de Propiedad Intelectual Relacionados con el Comercio (ADPIC), realizado en el marco de la Organización Mundial del Comercio, permite –en el art. 27.3.b– que los Estados miembros excluyan de la patentabilidad a las plantas. Sin embargo, se debe dar protección a todas las obtenciones vegetales a través de patentes, mediante un sistema eficaz sui generis o mediante una combinación de aquellas y este (Organización Mundial del Comercio, 1994). En muchos países, las plantas no son patentables y esta exclusión opera incluso en plantas que se obtuvieron a través de procesos biotecnológicos. En consecuencia, las variedades vegetales quedan protegidas por el sistema de derechos de obtentor regulado a partir de la Ley de Semillas. Sin embargo, los genes y las secuencias de genes sí son patentables cuando fueron modificados por las personas y cumplen con los requisitos de patentabilidad.

Finalmente, la percepción pública sobre la transgénesis es compleja y en ella impactan elementos como la comprensión de la ciencia, el estilo de vida y las creencias religiosas de las personas. Así, la transgénesis no ha estado libre de controversias y conflictos en torno a su desarrollo, y ciertos sectores sociales la han considerado como una amenaza tanto para la sociedad como para el medio ambiente (Kiran y Pandey, 2020). En consecuencia, la percepción pública sobre el riesgo de la producción y el consumo de cultivos transgénicos jugó un importante rol en el desarrollo y alcance de esta tecnología (Wunderlich y Gatto, 2015).

El nuevo potencial tecnológico asociado a la edición génica

Los signos de agotamiento que se presentan en la transgénesis vegetal como innovación fundamental y la emergencia de la edición génica

⁴ Ex director nacional de Biotecnología del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación Argentina (2012-2020).

como nuevo vector de cambio habilitan a considerar la existencia de un marco de transición paradigmática en la industria agrobiotecnológica mundial, en el que conviven ambas tecnologías sin que aún se consolide un nuevo diseño dominante.

En efecto, la edición génica hace referencia a un conjunto de NBT que utilizan sofisticados mecanismos de biología molecular para cortar, insertar o silenciar secuencias de ADN, y de este modo “editar” el genoma de una planta. Esta técnica y, en particular, la herramienta más difundida, la llamada CRISPR-Cas9,⁵ tiene una serie de ventajas respecto de las técnicas de mejoramiento vegetal existentes, ya sea por su impacto en las innovaciones de proceso como en las de producto.

La primera de estas ventajas es la precisión de la técnica para llegar a los resultados deseados. En este sentido, a través de edición génica pueden obtenerse productos similares a los obtenidos con mutagénesis, por ejemplo, pero con mayor certeza dado que las mutaciones no son “al azar”, sino dirigidas de forma específica para lograr la modificación buscada. Algo similar ocurre respecto de la transgénesis. La edición génica permite definir de forma precisa el sitio del genoma en el que serán introducidas las secuencias de ADN y de este modo evitar efectos no deseados de la transformación.

La segunda ventaja tiene que ver con los tiempos de desarrollo ya que, al reducir los procesos de prueba y error vinculados a técnicas menos precisas, se pueden obtener nuevos productos en plazos considerablemente más cortos. Esta reducción en los tiempos de desarrollo, a su vez, tiene un impacto considerable sobre los costos del proceso de innovación y, por lo tanto, opera, con relación a lo que ocurriría con la transgénesis vegetal, como una caída en las barreras tecnológicas a la entrada para el desarrollo de nuevos productos. Esta situación podría provocar el ingreso de nuevos actores que previamente no alcanzaban la escala mínima de inversión y la viabilidad del desarrollo de cultivos que no tienen un mercado tan amplio (Martín Mariani,⁶ comunicación personal, 26 de agosto de 2022).

Con relación a las innovaciones de producto, la edición génica podría permitir el desarrollo de vías más precisas y económicas para el avance de los llamados atributos de primera generación, esto es, aquellos asociados

⁵ CRISPR son las siglas en inglés que refieren a las “repeticiones palindrómicas cortas agrupadas y regularmente interespaciadas”. Asociada a la proteína Cas9, se la utiliza como una poderosa herramienta de edición de genes.

⁶ Responsable global de semillas y tecnologías de Bioceres Crop Solutions.

a la introducción de nuevos rasgos agronómicos. Sin embargo, donde esta tecnología pareciera tener un mayor potencial es en el desarrollo de atributos de segunda generación, aquellos vinculados a la calidad de los alimentos o de los cultivos en cuanto insumos de otros procesos productivos. Aquí se destacan los desarrollos que buscan mejorar la calidad nutricional o reducir la toxicidad de algunos productos.

De este modo, si bien es posible plantear que con la difusión de la edición génica tienden a reducirse las barreras tecnológicas que se requieren para realizar una modificación genética en una planta, a su vez emerge una nueva relación entre el desarrollo de nuevos productos y el conocimiento genómico necesario para identificar el rasgo que se desea modificar. Así, por ejemplo, el conocimiento del genoma completo de una especie puede ser de gran utilidad para poder transformar una planta con un mayor grado de precisión, evitando daños colaterales o efectos indeseados (Raquel Chan,⁷ comunicación personal, 19 de agosto de 2023). Fenómenos de este tipo podrían sesgar el desarrollo de nuevos productos hacia los cultivos comercialmente más difundidos (como la soja, el maíz o el trigo), que son aquellos en lo que más se ha avanzado en términos del mapeo de su genoma (Martín Mariani, comunicación personal, 26 de agosto de 2022).

Por otra parte, la posibilidad de avanzar hacia el desarrollo de nuevos productos no solo está vinculada con el conocimiento de las secuencias de los genomas, sino también de los genes responsables del fenotipo deseado (Massa *et al.*, 2021). De este modo, si bien el proceso de transformación del ADN de una planta puede ser más sencillo, rápido y económico respecto de lo que ocurriría con la transgénesis, lo que constituye en sí mismo una caída de las barreras tecnológicas a la entrada, al observar otros elementos del proceso de innovación el resultado podría ser diferente: una elevación de las barreras para el acceso al conocimiento necesario para identificar nuevos rasgos productivos con potencial disruptivo y una nueva centralidad del conocimiento genómico de frontera, situación que está condicionada, en buena medida, por las capacidades existentes en los sistemas de innovación que se despliegan en cada territorio. Este elemento, dadas las asimetrías existentes a nivel mundial en el financiamiento y desarrollo de estos sistemas, podría provocar una reemergencia de procesos de diferenciación espacial en torno a la innovación

7 Directora del Instituto de Agrobiotecnología del Litoral (UNL-Conicet), Argentina.

fundamental, como ocurría en el caso de la transgénesis, aunque sobre nuevas condiciones tecnológicas.

En suma, un nuevo potencial tecnológico emerge a partir de la difusión de la edición génica y de su posible estabilización como innovación fundamental de la industria. Sin embargo, la dirección y profundidad de ese cambio dependerá de cómo esta innovación pueda articularse con los activos complementarios necesarios para su llegada al mercado y de cómo se defina el marco institucional que regula su difusión.

La evolución de los activos complementarios

La consolidación de la transgénesis vegetal como innovación fundamental de la industria vino de la mano de una serie de innovaciones complementarias que tendieron a articularse en la figura de un nuevo paquete tecnológico, conformado principalmente por los eventos transgénicos, el germoplasma de élite y los productos agroquímicos. En efecto, la difusión comercial de un evento transgénico demanda su introducción en un material genético adaptado a las condiciones agrícolas específicas de cada territorio, lo que demanda programas de desarrollo de genética de élite diferenciada según la particularidad agronómica de cada región. El caso emblemático fue el de la soja tolerante al herbicida glifosato, que combina el rasgo de tolerancia, el propio agroquímico y el desarrollo de nuevas variedades de alto rendimiento. En el caso del maíz Bt, en cambio, si bien existió una fuerte complementariedad entre el rasgo de resistencia al ataque de insectos y el desarrollo de híbridos de alto rendimiento adaptados regionalmente, la relación con los agroquímicos, más que de complementariedad, fue de sustitución.

A su vez, las características técnicas de las semillas definen otras particularidades del armado del propio paquete tecnológico. Sobre este punto cabe hacer una distinción entre las semillas alógamas como el maíz, cuya mejora se realiza mediante hibridación, y las semillas autógamias, que se autofecundan como la soja. De este modo, el proceso de fitomejoramiento tiende a ser más complejo y costoso, y las posibilidades de apropiación de la renta innovativas mayores en el primer caso (Miguel Rapela,⁸ comunicación personal, 15 de noviembre de 2021).

⁸ Ex director ejecutivo de la Asociación de Semilleros Argentinos (ASA) y de la Asociación Argentina de Protección de las Obtenciones Vegetales (ArPOV).

De esta forma, la industria de insumos agrícolas tendió a estructurarse sobre la base de la gestión de este proceso de complementariedad, ya sea a través de mecanismos de integración vertical o de alianzas estratégicas. El fuerte proceso de concentración que se dio a finales de la década pasada tiene como base tecnológica esta tendencia general (Bonny, 2017; Deconinck, 2020).

Ahora bien, la comprensión de los rasgos que definen una nueva trayectoria sectorial de innovación en esta industria requiere considerar algunos cambios que se vienen produciendo en los activos complementarios y, por lo tanto, en la propia definición del paquete tecnológico a partir del cual es posible consolidar una nueva innovación fundamental.

En primer lugar, en el caso del germoplasma, la emergencia de la edición génica no modifica el hecho de que el material genético adaptado a las condiciones específicas de cada ambiente constituye el vehículo central a partir del cual se da la difusión material de las innovaciones biotecnológicas. Sin embargo, un elemento de cambio a considerar es que, en el caso de la transgénesis, existe una secuencia temporal de la innovación según la cual primero se desarrolla el evento y luego se introduce en líneas que son de interés comercial. En cambio, con la edición génica esa secuencia podría invertirse dada la existencia de condiciones técnicas favorables para editar directamente sobre germoplasmas ya mejorados (Carlos Pérez,⁹ comunicación personal, 23 de septiembre de 2022; Martín Mariani, comunicación personal, 26 de agosto de 2022). Así, es posible que una empresa biotecnológica realice una alianza estratégica con semilleros para editar directamente sus variedades ya mejoradas y que este luego se ocupe de la multiplicación y la comercialización. Este tipo de asociaciones pueden darse en distintas partes del mundo, ya que la edición podría proveer una solución estandarizada para diversas semillas adaptadas a condiciones agronómicas particulares. Asimismo, podría promover el interés de los mejoradores de variedades por incursionar en la edición génica a fines de acelerar sus procesos de mejoramiento. De este modo, se podría producir un nuevo modo de articular la innovación fundamental con la complementaria, en un modelo que tiende a ser más interactivo que el secuencial asociado a la transgénesis vegetal.

En segundo lugar, en el caso de la industria de protección de cultivos, los principales vectores de cambio están vinculados con los propios signos de agotamiento existentes en el modelo de producción agrícola

⁹ Gerente general de BioHeuris.

dominante, en particular con el uso intensivo de insumos químicos. Ya sea tanto por razones de eficiencia vinculadas a una capacidad decreciente de los nuevos productos para mejorar la productividad de los cultivos, con fenómenos notorios como, por ejemplo, el de la resistencia de las malezas, como por motivos relacionados con la nueva centralidad que viene adquiriendo la agenda ambiental en este sector, emergen algunos elementos de cambio que podrían tener impacto sobre el devenir de la innovación fundamental en esta industria.

Por un lado, se amplía el nuevo espacio para el desarrollo de nuevos productos, en particular aquellos que puedan ser complementarios con los cultivos desarrollados para tener una mejor adaptación a condiciones de estrés ambiental como el calor, las heladas, la sequía o la salinidad de los suelos (Nishimoto, 2019). Otro espacio de creciente complementariedad remite al desarrollo de nuevas semillas “editadas” que sean tolerantes a agroquímicos de menor toxicidad que los actuales o que requieran una menor dosificación del producto químico para obtener un resultado equivalente al uso actual.

A su vez, también adquiere relevancia el desarrollo reciente de los denominados “bioinsumos”, esto es, productos de protección y de estimulación de cultivos de base biológica que podrían ser una alternativa a los productos de base química. Los productos principales son los inoculantes –que se usan en el tratamiento de semillas como un sustituto de los fertilizantes nitrogenados– y los biocontroladores, focalizados en la protección de bacterias, hongos e insectos, entre otros. Tradicionalmente asociado a la agricultura orgánica y a las investigaciones del sector público, recientemente se viene produciendo un creciente interés de las EMN que ven en este segmento un nicho de alto crecimiento económico (Goulet y Hubert, 2020). Desde el punto de vista tecnológico, existe cierto grado de complementariedad entre los conocimientos de la biología que se requieren para la edición del genoma de una planta con aquellos que se utilizan para el desarrollo de este tipo de insumos.

Finalmente, el tercer conjunto de activos complementarios que afectan esta industria tiene que ver con las nuevas tecnologías digitales aplicadas al sector agrícola. De acuerdo con Deconinck (2020), la agricultura digital provee herramientas que permiten optimizar de un modo significativo la aplicación del propio paquete tecnológico. De este modo, estas tecnologías digitales podrían actuar como un poderoso activo complementario de tipo comercial para asociar la venta de los insumos del complejo químico-biológico con la provisión de los servicios informáticos.

La reconfiguración del marco institucional

El potencial tecnológico que se abre a partir del desarrollo de la edición génica y sus posibilidades de articulación con los activos complementarios en esta industria definen un nuevo escenario para la redefinición de la trayectoria de innovación en la agrobiotecnología mundial. Sin embargo, la consolidación de la edición génica como innovación fundamental demanda, además, una reconfiguración del marco institucional que regula la actividad. Este no es independiente de los cambios en las reglas de juego más generales que afectan la economía mundial, pero son los cambios específicos a la industria los que tienen una relevancia decisiva en la dirección de la trayectoria de innovación seguida. En el caso de la agrobiotecnología, dos elementos del marco institucional cobran una particular importancia: las reglas de apropiación de la renta innovativa y el estándar regulatorio que define las condiciones para la liberación comercial de un nuevo producto. Ninguna de estas dimensiones tiene un carácter universal y, a pesar de que existen ciertas reglas generales, su aplicación está sujeta a las definiciones que se dan en los marcos normativos nacionales o regionales.

En el caso de las reglas de apropiación, el marco normativo de la propiedad intelectual derivado de la difusión de las transgénesis vegetal estuvo marcado por una diferenciación entre el tratamiento otorgado a los eventos biotecnológicos, regidos en general por leyes de patentes y lo ocurrido con las obtenciones vegetales que, según lo definido en el marco de la Organización Mundial de Comercio, habilita el uso de sistemas de protección *sui generis* que regulan el uso y la comercialización de las nuevas variedades. La superposición de estos marcos regulatorios ha creado dificultades para la protección de las innovaciones biotecnológicas, en particular cuando estas se difunden en especies autóгамas que pueden ser reproducidas sin grandes pérdidas de rendimiento por los propios agricultores (Rapela, 2020).

Con la difusión de las nuevas técnicas de edición génica, el principal elemento de novedad radica en un muy significativo aumento de la cantidad de solicitudes de patentes relacionadas con esta tecnología. En efecto, de acuerdo con la base de datos de IP Studies,¹⁰ más de 8.100 familias de patentes a nivel mundial estarían relacionadas con tecnologías CRISPR al 30 de enero de 2021. De ese total, 1.400 estarían vinculadas al sector

¹⁰ Ver Bagley (2021: 4).

agrícola vegetal, que involucra investigación en células y organismos vegetales. Un segundo elemento de novedad radica en el incremento de la complejidad del entorno de patentes, que puede involucrar la existencia de patentes relacionadas –y, por lo tanto, de licencias– de múltiples entidades (Bagley, 2021).

A pesar de estos cambios, el marco normativo general, aunque heterogéneo a nivel mundial, se mantiene con cierta estabilidad. En la mayoría de los países, del mismo modo que ocurría en el caso de la transgénesis (o con otros cultivos obtenidos por medio de la intervención humana), el resultado del proceso de mejora genética –la planta– no es patentable. Solo se puede proteger la variedad y el método empleado para lograrlo, siempre que este sea reproducible. Así, debido a que la edición génica reduce la aleatoriedad en el proceso de desarrollo de una nueva variedad, esta técnica facilita la protección a través de una patente del método por el cual se obtuvo la semilla editada (Martín Lema, comunicación personal, 23 de agosto de 2022). Sin embargo, esa mayor facilidad no modifica los mecanismos de apropiación que continúan siendo similares tanto para los productos derivados de las técnicas de transgénesis como para los editados genéticamente, los cuales se concentran principalmente en acuerdos a partir del otorgamiento de licencias.

Por otro parte, si bien las técnicas de edición génica que se emplean en el desarrollo de innovaciones en el campo vegetal –tales como CRISPR-Cas9, CRISPR-Cas12, CRISPR-Cms1, entre otras– se encuentran ampliamente patentadas, existen diferencias en las características de las licencias que se otorgan en función del uso concreto al cual estas técnicas se aplican. Corteva Agriscience es la empresa que se está posicionando como líder en el licenciamiento de patentes CRISPR-Cas9 destinadas a la agricultura. Esta empresa tiene el derecho de sublicenciar patentes de esta técnica que son propiedad del Broad Institute, la Universidad de California Berkeley, ERS Genomics, Caribou Biosciences, entre otras. Así, Corteva ofrece cinco tipos diferentes de licencias en función de su uso específico. Entre ellas, se destaca un tipo de licencia no oneroso que se otorga para la realización de investigación académica (Bagley, 2021).

En la mayoría de los países, este tipo de licencia puede ser tomada por las instituciones mientras se encuentran en las fases de I+D de productos editados genéticamente, o bien, dependiendo del país, se puede tomar una licencia para I+D de bajo costo. Posteriormente, una vez que el producto ya se encuentra en condiciones de ser comercializado, las empresas toman un tipo de licencia onerosa específica para cultivos y semillas

comerciales (Carlos Pérez, comunicación personal, 23 de septiembre de 2022). Esta licencia incluye pagos por los objetivos comerciales cumplidos y regalías que varían en función del cultivo y el mercado, los cuales resultan de negociaciones entre las partes (Bagley, 2021). Es importante destacar que esta licencia, pese a ser onerosa, pareciera no operar como una barrera a la entrada para que actores pequeños participen del desarrollo de innovaciones a partir del uso de las técnicas de edición génica.¹¹

Por su parte, donde sí se verifican cambios del marco institucional que pueden afectar de manera significativa la trayectoria sectorial de innovación de la industria es en lo referido al estándar regulatorio que define las condiciones para la liberación comercial de nuevos productos. En los países del mundo que autorizaron el uso de OGM, la aprobación de un evento transgénico requiere atravesar al menos dos pruebas distintas: una evaluación de riesgo ambiental, en la que se constata que el nuevo material genético sea bioseguro, y las pruebas sobre inocuidad y calidad del alimento derivado de la semilla genéticamente modificada a fines de discernir si es apto alimentariamente.¹² Asimismo, para comercializar un OGM se requiere la aprobación de cada país en que se desee licenciar o vender. Esta regulación también alcanza los granos derivados de estas semillas. Es decir, un alimento producido con una semilla genéticamente modificada no se puede exportar a un país donde esta no se encuentra aprobada. De este modo, desregular un evento transgénico implica una tarea de alcance internacional.

Según distintas estimaciones relevadas, los costos de desarrollar y desregular un evento transgénico se ubican entre 100 y 287 millones de dólares (McDougall, 2016; Miguel Rapela, comunicación personal, 15 de noviembre de 2021). De estos, entre el 10% y el 37% –según la estimación– corresponden al desarrollo tecnológico, y lo restante al abordaje del proceso regulatorio y la registración del evento. Dentro de estos últimos, lo mayores costos se ubican en las pruebas de bioseguridad, ya que para probar que el evento no es perjudicial para el ecosistema se realizan ensayos regulados que implican requerimientos varios y demandan

11 Se estima que el costo que deben afrontar las empresas por utilizar la técnica CRISPR-Cas9 con fines comerciales representa entre el 5% y el 10% de las utilidades (Carlos Pérez, comunicación personal, 23 de septiembre de 2022).

12 Los criterios de evaluación y aprobación están regidos en el plano ambiental por el Protocolo de Cartagena, que a su vez provee una definición acerca de qué es un OGM, y en el alimentario por el *Codex Alimentarius*.

repeticiones en distintos años y distintas condiciones agroclimáticas (Dalia Lewi,¹³ comunicación personal, 24 de noviembre de 2021).

Estas barreras regulatorias que afectan a los productos considerados como OGM podrían operar de un modo diferente sobre los productos derivados de la edición génica. De acuerdo con el Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología del Convenio sobre la Diversidad Biológica, para ser considerado OGM un producto tiene que cumplir dos condiciones: que posea una combinación nueva de material genético y que se haya obtenido mediante la aplicación de la biotecnología moderna (Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica, 2000). En el caso de la edición génica, efectivamente se cumple esta última condición, pero no necesariamente la primera. De acuerdo con esta definición, en la medida en que el producto derivado se realice a partir de un proceso de silenciamiento, sobreexpresión o reemplazo alélico de un gen de la propia especie, no se estaría generando un OGM.

Esta cuestión abrió la puerta a que un conjunto de países como Estados Unidos, la Argentina, Brasil y Canadá, entre otros, decidiera tratar los productos editados genéticamente con los mismos criterios regulatorios que las variedades mejoradas por técnicas convencionales. Como resultado, los marcos regulatorios nacionales enfrentan el desafío de redefinir o clarificar su alcance frente a los productos editados genéticamente (Dederer y Hamburger, 2019).

En el caso de Estados Unidos, el criterio regulatorio aplicado a los productos editados genéticamente establece la excepción de considerar como OGM a las plantas que tienen ciertas modificaciones que podrían haberse logrado a través de la reproducción convencional. Así, los argumentos esgrimidos por las firmas que trabajan con edición génica para que sus desarrollos sean exceptuados son que no utilizan virus y bacterias para la transformación ni insertan genes de otra especie.

Un caso que reviste particular interés es el de la Argentina, por tratarse del primer país del mundo en regular los productos mejorados con estas técnicas y por servir de base para las normativas de otros países de la región como Chile, Brasil, Paraguay, Colombia, Guatemala y Honduras, así como también de Japón e Israel (ídem; Goberna *et al.*, 2022). En 2015 se instrumentó una regulación específica para las NBT, que incluye la edición génica. Uno de los aspectos que introduce la normativa es la

¹³ Directora nacional de Bioeconomía del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación Argentina.

posibilidad de presentar los proyectos en una fase preliminar para constatar la potencial regulación. Este sistema permite a los productores anticiparse a los aspectos regulatorios que deberán enfrentar al momento de decidir qué tecnología utilizar (Lema, 2019).

Actualmente, la única excepción relevante en el tratamiento de los productos editados genéticamente es la Unión Europea, que los considera como OGM, ya que se basa en una definición más amplia de los mismos (Dederer y Hamburger, 2019). No obstante, dado que su regulación sobre OGM frenó el desarrollo de la biotecnología moderna en ese continente, las autoridades de la Unión Europea decidieron afrontar un debate público sobre opciones de política relativas al marco regulatorio de las NBT (Comisión de Salud y Seguridad Alimentaria de la Unión Europea, 29 de abril 2021). Por su parte, China aprobó recientemente nuevas reglas para la aprobación de los cultivos editados genéticamente, los cuales podrán sortear las largas y costosas pruebas propias de los OGM (Patton, 2022).

Conclusiones

La transgénesis vegetal ha adquirido, durante las últimas décadas, el carácter de innovación fundamental de la industria agrobiotecnológica mundial. Sin embargo, la trayectoria sectorial de innovación que se viene desplegando a partir de la difusión de sus productos emblemáticos, las semillas transgénicas, se ha enfrentado con ciertos obstáculos tecnológicos, institucionales y culturales para sostener esa condición a lo largo del tiempo. Esta situación ha dado lugar a un proceso de emergencia de nuevas tecnologías y de transición paradigmática en esta industria. Entre todas las variantes emergentes, la edición génica se destaca como aquella tecnología que tiene el mayor potencial para ocupar ese lugar. Desde la perspectiva asumida en este artículo, sin embargo, la consolidación de una nueva trayectoria sectorial de innovación no se reduce al plano tecnológico, sino que demanda una nueva articulación con los activos complementarios de la industria y una nueva configuración del marco institucional que regula su dinámica productiva.

Los resultados alcanzados en este trabajo revelan la existencia de elementos de novedad en la trayectoria sectorial de innovación de esta industria. Desde el punto de vista tecnológico, el impacto fundamental de la edición génica se vincula con la posibilidad de realizar procesos de modificación genética en plantas de un modo más preciso, en plazos

más cortos y a un costo económico significativamente menor que lo que ocurre con la transgénesis vegetal. Estos cambios en las tecnologías de proceso del mejoramiento vegetal, a su vez, son las que podrían promover el desarrollo y la difusión de innovaciones de producto, tanto en aquellas que se orientan a mejorar la adaptación de los cultivos al estrés biótico –plagas, insectos, bacterias– o abiótico –heladas, sequía, salinidad de los suelos– como aquellas que promueven mejoras en la calidad nutricional o mejoras para el uso productivo de los cultivos.

La realización de este potencial de nuevas innovaciones de producto demanda, a su vez, una serie de cambios complementarios que permitan una redefinición del paquete tecnológico existente. En relación con los activos complementarios, se presentan las siguientes tendencias: primero, una relación menos lineal y más interactiva entre el desarrollo de eventos biotecnológicos y de germoplasma de élite; segundo, un agotamiento del paradigma de intensificación química para la protección de cultivos y un proceso de reestructuración parcial de esa industria hacia productos biológicos o químicos de menor impacto ambiental; y tercero, un proceso de complementariedad más comercial que tecnológica entre las innovaciones del complejo biológico-químico con las del complejo electrónico-informático, que adquieren una gran relevancia para la eficiencia en la aplicación del paquete de insumos.

En lo relativo al marco institucional, se verifica un intenso proceso de patentamiento y un entorno de mayor complejidad relacionado con las patentes asociadas a la edición génica en general y de las técnicas CRISPR en particular. Sin embargo, las evidencias recogidas hasta el momento indican la existencia de un proceso de licenciamiento de la tecnología con un carácter no prohibitivo para los actores que hacen uso de esa tecnología. Por otro lado, persiste el problema de superposición de los marcos legales que regulan la propiedad intelectual de eventos y germoplasma, hecho que tiene repercusiones significativas sobre la apropiación de la renta de innovación, en particular en los cultivos de especies autógenas.

El cambio más significativo del marco institucional, sin embargo, es aquel relacionado con las condiciones del estándar regulatorio asociado a la liberación comercial de nuevos productos. En un proceso que aún no es generalizado, se verifica una tendencia mundial a considerar los productos de la edición génica, al menos en aquellas innovaciones que no implican la inserción de material genético foráneo, como no equivalentes a los transgénicos y, por lo tanto, podrían evitar el atravesamiento de un complejo y costoso proceso regulatorio. De consolidarse esta tendencia,

que tiene a Europa como el territorio en el que existe la mayor resistencia a ese cambio, podría provocarse una muy significativa caída de las barreras a la entrada en esta industria y, de este modo, acelerar notablemente las potencialidades tecnológicas que existen en torno a la nueva innovación fundamental. Sin embargo, permanece aún como pregunta lo que podría ocurrir con la aceptación del consumidor en un escenario de cambio regulatorio como el mencionado.

Finalmente, la consolidación de una nueva trayectoria sectorial de innovación plantea un nuevo horizonte para el despliegue espacial de esta industria. El elemento de cambio fundamental remite a una posible reducción significativa de las barreras a la entrada de tipo tecnológica e institucional que podría facilitar el desarrollo de una nueva generación de productos y, por lo tanto, una nueva articulación con los activos complementarios de la industria, en un proceso potencialmente más abierto para el acceso de actores que hasta el momento habían asumido principalmente un papel de adoptantes de las innovaciones fundamentales de la industria. Este escenario de mayor apertura, sin embargo, pareciera estar acotado a aquellos territorios que han alcanzado un cierto umbral de capacidades tecnológicas e institucionales y que logren construir una respuesta nacional en el plano de las políticas públicas que sea consistente con las nuevas dinámicas de estructura que se presentan en esta industria.

Bibliografía

- Abernathy, W. y Utterback, J. (1978). “Patterns of industrial innovation”. *Technology Review*, vol. 64, n° 7, pp. 254-228. Disponible en: <http://teaching.up.edu/bus580/bps/Abernathy%20and%20Utterback%2C%201978.pdf>.
- Altenburg, T.; Scmitz, H. y Stamm, A. (2008). “Breakthrough? China’s and India’s Transition from Production to Innovation”. *World Development*, vol. 36, n° 2, pp. 325-344. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2007.06.011>.
- Bagley, M. (2021). *Edición génica aplicada a la agricultura: políticas de patentes y licencias CRISPR en América Latina*. Documento para discusión n° 876. Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Disponible en: <https://doi.org/10.18235/0003409>.

- Bisang, R. (2022). “Del sector agropecuario a las redes agroindustriales. Revisando supuestos del modelo de Stop and Go”. *Desarrollo Económico*, vol. 62, n° 236, pp. 1-26. Disponible en: <https://www.jstor.org/stable/48695943>.
- Bonny, S. (2017). “Corporate concentration and technological change in the global seed industry”. *Sustainability*, vol. 9, n° 9, p. 1632. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/su9091632>.
- Brookes, G. y Barfoot, P. (2006). *GM crops. The first ten years-global socio-economic and environmental impacts*. Dorchester: PG Economics Limited.
- Deconinck, K. (2020). “Concentration in seed and biotech markets. Extent, causes and impacts”. *Annual Review of Resource Economics*, vol. 12, n° 1, pp. 129-147. Disponible en: <https://doi.org/10.1146/annurev-resource-102319-100751>.
- Dederer, H. y Hamburger, D. (2019). *Regulation of genome editing in plant biotechnology*. Springer International Publishing.
- Drahos, P. y Braithwaite, J. (2017). *Information feudalism. Who owns the knowledge economy?* Londres: Routledge.
- Dosi, G. (1988). “Sources, procedures, and microeconomic effects of innovation”. *Journal of Economic Literature*, vol. 16, n° 3, pp. 1120-1171. Disponible en: <https://www.jstor.org/stable/2726526>.
- Feingold, S.; Bonnacarrère, V.; Nepomuceno, A.; Hinrichsen, P.; Cardozo Tellez, L.; Molinari, H.; Barba, P.; Eyherabide, G.; Ceretta, S. y Dujack, C. (2018). “Edición génica: una oportunidad para la región”. *RIA. Revista de Investigaciones Agropecuarias*, vol. 44, n° 3, pp. 424-427. Disponible en: <http://ref.scielo.org/7f5c49>.
- Freeman, C. (2002). “Continental, national and sub-national innovation systems. Complementarity and economic growth”. *Research Policy*, vol. 31, n° 2, pp. 191-211. Disponible en: <https://doi.org/10.4337/9781035306176.00011>.
- Freeman, C. y Pérez, C. (1988). “Structural crises of adjustment. Business cycles and investment”. En Dosi, G. et al. (eds.), *Technical change and economic theory*, pp. 39-62. Londres: Pinter.
- Fukuda-Parr, S. (2007). *The gene revolution. GM crops and unequal development*. Londres: Earthscan.

- Goberna, M.; Whelan, A.; Godoy, P. y Lewi, D. (2022). “Genomic editing. The evolution in regulatory management accompanying scientific progress”. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, n° 10. Disponible en: <https://doi.org/10.3389/fbioe.2022.835378>.
- González, M.; Massa, G. y Feingold, G. (2021). “Edición génica con el sistema CRISPR/Cas9. Historia de su descubrimiento y alcances en agricultura”. *Avances en Química*, vol. 16, n° 1, pp. 11-20. Disponible en: <https://repositorio.inta.gob.ar/handle/20.500.12123/13347>.
- Goulet F. y Hubert, M. (2020). “Making a place for alternative technologies. The case of agricultural bio-inputs in Argentina”. *Review of Policy Research*, vol. 37, n° 4, pp. 535-555. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/ropr.12384>.
- ISAAA (International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications) (2017). “Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops in 2017. Biotech Crop Adoption Surges as Economic Benefits Accumulate in 22 Years”. *ISAAA Brief*, n° 53. Disponible en: https://www.agi.gov.vn/files/files/ISAAA/ISAAA%20Brief%20No_%2053%20-%202017_compressed.pdf.
- (2019). “Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops in 2019. Biotech Crops Drive Socio-Economic Development and Sustainable Environment in the New Frontier”. *ISAAA Brief*, n° 55. Disponible en: <https://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/55/>
- James, C. y Krattiger, A. (1996). “Global Review of The Field Testing and Commercialization of Transgenic Plants: 1986 to 1995”. *ISAAA Brief*. Disponible en: <https://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/01/download/isaaa-brief-01-1996.pdf>.
- Kalaitzandonakes, N. y Zahringer, K. (2018). “Structural change and innovation in the global agricultural input sector”. En Kalaitzandonakes, N.; Carayannis, E.; Grigoroudis, E. y Rozakis, S. (eds.), *From agriscience to agribusiness. Innovation, technology and knowledge management*, pp. 75-99. Londres: Springer.
- Kaplinsky, R. (1998). “Globalisation, industrialisation and sustainable growth. The pursuit of the Nth Rent”. IDS Discussion Paper n° 365. University of Sussex. Disponible en: <https://www.semanticscholar.org/paper/Globalisation%2C-Industrialisation-and->

Sustainable-of-Kaplinsky/43e088d605eb1ed00c31c17b8b9888b3b7305d79.

- Kiran, U. y Pandey, N. (2020). "Transgenic food crops. Public acceptance and IPR". En Kiran, U.; Abdin, M. y Kamaluddin, A. (eds.), *Transgenic technology based value addition in plant biotechnology*, pp. 273-307. Academic Press.
- Lema, M. (2019). "Regulatory aspects of gene editing in Argentina". *Transgenic Research*, vol. 28, n° 2, pp. 147-150. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11248-019-00145-2>.
- Malerba, F. y Orsenigo, L. (1997). "Technological regimes and sectoral patterns of innovative activities". *Industrial and Corporate Change*, vol. 6, n° 1, pp. 83-117. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/icc/6.1.83>.
- Massa, G.; González, M. y Feingold, S. (2021). "Avances y desafíos para la edición génica para el mejoramiento de plantas. *Revista Farmacéutica*", vol. 162, n° 2, pp. 36-42. Disponible en: <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/149636>.
- McDougall, P. (2016). *The cost of new agrochemical product discovery, development and registration in 1995, 2000, 2005-8 and 2010-2014*. Disponible en: <https://croplife.org/wp-content/uploads/2016/04/Cost-of-CP-report-FINAL.pdf>.
- Nishimoto, R. (2019). "Global trends in the crop protection industry". *Journal of Pesticide Science*, vol. 44, n° 3, pp. 141-147. Disponible en: <https://doi.org/10.1584/jpestics.D19-101>.
- Organización Mundial del Comercio (1994). *Acuerdo sobre los aspectos de los derechos de propiedad intelectual relacionados con el comercio*. Disponible en: https://www.wto.org/spanish/docs_s/legal_s/27-trips.pdf.
- OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) (2009). *The bioeconomy to 2030. Designing a policy agenda*. OECD. Disponible en: <https://www.oecd.org/futures/long-term-technological-societal-challenges/the-bioeconomy-to-2030-designing-a-policy-agenda.htm>.
- Parayil, G. (2003). "Mapping technological trajectories of the green revolution and the gene revolution from modernization to globali-

- zation”. *Research Policy*, vol. 32, n° 6, pp. 971-990. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(02\)00106-3](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(02)00106-3).
- Patton, D. (25 de enero de 2022). “China to allow gene-edited crops in push for food security”. *Reuters*. Disponible en: <https://www.reuters.com/world/china/china-drafts-new-rules-allow-gene-edited-crops-2022-01-25/>.
- Pérez, C. (2010). “Dinamismo tecnológico e inclusión social en América Latina. Una estrategia de desarrollo productivo basada en los recursos naturales”. *Revista CEPAL*, vol. 100, pp. 123-145. Disponible en: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/11357/100123145_es.pdf.
- Pistorius, C. and Utterback, J. (1997). Multi-Mode Interaction among Technologies. *Research Policy*, 26(1), 67–84. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(96\)00916-X](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(96)00916-X).
- Qaim, M. (2015). *Genetically modified crops and agricultural development*. Londres: Palgrave Macmillan.
- Rapela, M. (2020). “La interacción entre los derechos de propiedad intelectual y los procesos de innovación abierta aplicados en el mejoramiento vegetal moderno”. *Revista Iberoamericana de la Propiedad Intelectual*, vol. 13, pp. 9-33. Disponible en: <https://rii.austral.edu.ar/handle/123456789/1086>.
- Ruttan, V. (1986). “Technical change and innovation in agriculture”. En Landau, R. y Rosenberg, N. (eds.). *The positive sum strategy*, pp. 333-356. National Academy Press.
- Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica (2000). *Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología del Convenio sobre la Diversidad Biológica: texto y anexos*. Montreal: Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica. Disponible en: <https://bch.cbd.int/protocol/outreach/new%20protocol%20text%202021/cbd%20cartagenaprotocol%202020%20es-f%20web.pdf>.
- Sovová, T.; Kerins, G.; Demnerová, K. y Ovesna, J. (2017). “Genome editing with engineered nucleases in economically important animals and plants. State of the art in the research pipeline”. *Current Issues in Molecular Biology*, vol. 21, n° 1, pp. 41-62. Disponible en: <https://doi.org/10.21775/cimb.021.041>.

- Sztulwark, S. y Girard, M. (2016). "Genetically modified seeds and the de-commodification of primary goods". *International Journal of Biotechnology*, vol. 14, n° 2, pp. 132-150. Disponible en: <https://doi.org/10.1504/IJBT.2016.077955>.
- (2020). "La edición génica y la estructura económica de la agrobiotecnología mundial. Una mirada desde los países adoptantes" *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad-CTS*, vol. 15, n° 44, pp. 11-41. Disponible en: <http://ojs.revistacts.net/index.php/CTS/article/view/157>.
- Teece, D. (1986). "Profiting from technological innovation. Implications for integration, collaboration, licensing and public policy". *Research Policy*, vol. 15, n° 6, pp. 285-305. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/0048-7333\(86\)90027-2](https://doi.org/10.1016/0048-7333(86)90027-2).
- (2006). "Reflections on 'Profiting from innovation'". *Research Policy*, vol. 35, n° 8, pp. 1131-1146. Disponible en: [1016/j.respol.2006.09.009](https://doi.org/10.1016/j.respol.2006.09.009).
- Tylecote, A. (2019). "Biotechnology as a new techno-economic paradigm that will help drive the world economy and mitigate climate change". *Research Policy*, vol. 48, n° 4, pp. 858-868. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.respol.2018.10.001>.
- Wunderlich, S. y Gatto, K. (2015). "Consumer perception of genetically modified organisms and sources of information". *Advances in Nutrition*, vol. 6, n° 6, pp. 842-851. Disponible en: <https://doi.org/10.3945/an.115.008870>.

Capítulo 3

Crisis, convergencia tecnológica y reconfiguración del oligopolio en la industria de maquinaria agrícola

Damián Bil, Regina Vidosa, Federico Langard y Pablo Lavarello

Introducción

La crisis económica global desatada en el año 2008 en la esfera financiera plantea nuevos desafíos para los países con una especialización de base agrícola. Los efectos de esa crisis no se manifestaron en los países exportadores agroindustriales hasta que la desaceleración de la economía china impactó en los precios de las materias primas agropecuarias. Frente a este nuevo escenario, la incorporación de nuevas técnicas digitales en la MA asume un rol clave para sustentar el aumento de la productividad agrícola. No obstante, el pasaje de una tímida política de apoyo a la industria de bienes de capital entre 2003 y 2023 a un esquema de políticas de apoyo a grandes proyectos de inversión con débil encadenamiento local aumentó la fragilidad de varios sectores de empresas medianas metal-mecánicas en los que se apoya el dinamismo de la agricultura.

Frente a esta crisis, las empresas líderes del sector a nivel internacional fortalecieron sus estrategias tecnológicas y de comercialización, dando lugar a una recomposición de su estructura de mercado. Recomposición que se desarrolla en el marco de un proceso de rivalidad y cooperación que la literatura de organización industrial internacional caracteriza como rasgos del oligopolio mundial (Chesnais, 1994). Las principales firmas que forman parte del oligopolio mundial se expandieron sobre una demanda agrícola que se recuperó a tasas menores que el período previo al 2013, con una reconfiguración de sus cadenas de aprovisionamiento. Contra toda visión de oligopolio como estructura estable, se agudiza la rivalidad intrasectorial e intersectorial entre las firmas, mediante la

absorción y alianzas con empresas en los nuevos segmentos, en los que el control de la agricultura digital y las plataformas de datos pasan a ser los espacios de cooperación y rivalidad.

En este marco de crisis y recomposición en el oligopolio mundial de la MA, este capítulo busca analizar el actual proceso de convergencia entre la industria de MA y las nuevas tecnologías digitales. La convergencia entre las trayectorias tecnológicas de la MA y las tecnologías digitales ha abierto un gran campo de difusión de la IA, la robótica, la impresión 3D y el IoT, que combinados con nano y biotecnologías vienen a definir lo que ciertos autores y organizaciones vinculadas a la cúpula de los grandes capitales globales han popularizado como *la cuarta revolución industrial* (Schwab, 2017). Si bien es importante señalar que dicha denominación posee una mayor carga simbólica que histórica, es innegable que constituye una nueva fase en la difusión del PTE de las TIC con implicancias mayores sobre la competencia.¹

Apoyada en la reducción sensible de los costos de los microprocesadores, sensores y el desarrollo de la infraestructura digital de internet, esta nueva fase de consolidación de las TIC posibilitaría la difusión hacia los procesos productivos a partir de la convergencia tecnológica con la metalmecánica. Las TIC dejarían de orientarse exclusivamente hacia la reducción del tiempo –y los costos– de circulación para avanzar sobre los tiempos de producción y generar una recuperación de la rentabilidad a partir de la reducción del tiempo, en el cual los medios de producción se encuentran en estado latente.

Aun si dicha promesa de recuperación de la rentabilidad de la nueva fase del paradigma de las TIC aún no se ha hecho efectiva, pone en tensión la apropiación del excedente a través de la competencia, y en el marco del recrudescimiento de dicho proceso en varios casos redefine las fronteras sectoriales hacia las que se expanden los grandes grupos, así como las formas de competencia y la relación entre el Estado y la sociedad.

En este marco, este trabajo discute cómo las *relaciones estables* entre los miembros del oligopolio son puestas en tensión en el plano de la competencia tecnológica por el control de las plataformas y los estándares en la transferencia de datos. Es detrás de esta tensión que es posible repensar la industria 4.0 como una nueva fase de difusión del paradigma de las TIC. A diferencia de las fases previas, que se basaban en una dinámica de sustitución de tecnologías existentes por otras nuevas con la entrada de nuevos actores, la industria 4.0 se encuentra asociada a aprovechar

1 Para una discusión sobre lo apropiado de este concepto, ver Brixner *et al.* (2019).

las complementariedades entre un conjunto de nuevas tecnologías *facilitadoras*—como el IoT, la analítica en la nube y el *big data*— y las trayectorias tecnológicas existentes, de por ejemplo la metalmecánica y la AdeP.

En esta línea, a continuación, el trabajo discute cuáles son las oportunidades tecnológicas asociadas a la difusión de las nuevas tecnologías digitales e identifica las tecnologías del nuevo sistema técnico. Luego, se indaga en cómo la reestructuración de la cadena de valor de la industria de MA responde a una reconfiguración del oligopolio mundial, frente al proceso de convergencia tecnológica MA y TIC, en los sistemas de agricultura digital a nivel internacional. En la tercera sección se analiza, para el caso de la Argentina, la trayectoria histórica de esta industria y su evolución reciente. La quinta sección indaga en la difusión reciente de la AdeP en la Argentina y las posibilidades de articulación con la AgTech en un nuevo sistema técnico digital con el sector de MA. En las conclusiones se resumen los principales resultados y se presentan las heurísticas para investigaciones futuras.

Nuevo paradigma tecnológico y agricultura digital: convergencia entre trayectorias tecnológicas

Ciertos autores, apoyados en el legado de Schumpeter, plantearon durante la década del ochenta que la revolución microelectrónica, y luego la difusión de las TIC, dieron lugar a la emergencia de un nuevo PTE con implicancias mayores en las estructuras industriales (Freeman, 1984; Freeman y Pérez, 1988). En cuanto transversales, estas tecnologías generarían oportunidades para el desarrollo de nuevas actividades y afectarían al conjunto de actividades a través de aumentos de productividad —y empleo— en la economía.

En particular, Freeman (1984) señaló un conjunto de criterios para identificar las tecnologías que pueden dar lugar a lo que denominaba un PTE: i) una reducción drástica de los costos en varios productos y servicios; ii) mejoras dramáticas en las características técnicas de muchos productos y procesos; y (iii) efectos transversales en la totalidad del sistema económico, lo que luego daría lugar a la concepción de *tecnología transversal* o de *propósito general* (Bresnahan y Trajtenberg, 1995). A partir de estos criterios, Freeman fue capaz de predecir que la microelectrónica se transformaría en la tecnología central del nuevo PTE. En los últimos años, con la denominada cuarta revolución industrial —con el potencial del internet industrial, la nube, el *big data*, la IA y la robótica avanzada— ha

reaparecido el debate en las economías desarrolladas respecto a una nueva fase de consolidación del PTE de las TIC con aumentos significativos en la productividad de la economía (McKinsey, 2013).

Dicho proceso de convergencia contribuiría, por un lado, al mayor control y optimización de los procesos productivos, y aseguraría en forma autónoma que la producción se ajuste a los requisitos de producción rentables, aun si existieran desviaciones asociadas a las condiciones climáticas, edafológicas, pestes, etc. Por otro lado, y quizá sea el gran aporte del *big data*, brindaría modelos predictivos (de rendimiento, de alimentación animal, etc.) para conducir operaciones en tiempo real. Aun si estos procesos avanzan hacia la automatización, los humanos siempre estarían involucrados en el proceso de planificación pero a un nivel de inteligencia muy superior, y dejarían la mayor parte de las actividades operativas a las máquinas, con impactos significativos en la absorción de fuerza de trabajo.

Para ciertos autores, la tercera revolución industrial de las TIC implicó aumentos en la productividad solo en la década del noventa y alcanzó su clímax con la burbuja de los *punto.com* (Gordon, 2000). Desde los años 2000, las TIC se han centrado en las comunicaciones y las tecnologías de procesamiento de datos en las actividades de servicios y distribución sin generar mayores aumentos de productividad en la industria manufacturera. Para otros, apoyados en estudios de consultoras internacionales, el potencial de aumento de productividad de la industria se encuentra latente (Manyika *et al.*, 2013). Es en este marco que surge a nivel internacional un conjunto de iniciativas de política industrial asociadas a la denominada industria 4.0, que buscan impulsar la adopción de las tecnologías digitales en la manufactura.

Más allá de este debate, lo que ofrecen estas tecnologías por el momento es una capacidad sin precedentes de reorganización de los procesos productivos existentes y fundamentalmente el poder de mercado de ciertos grupos que, a través de un acelerado proceso de concentración y centralización del capital, y la realización de alianzas en el marco del oligopolio mundial, buscan controlar plataformas digitales y definir estándares para la captación y el procesamiento de datos. A diferencia de las burbujas tecnológicas previas, que abrían esperanzas de rejuvenecimiento de las estructuras industriales, esta nueva oleada de TIC se encuentra asociada, por un lado, a la entrada de grandes grupos de tecnología triunfantes de la expansión de internet de los años 1990 (Google, Facebook, Amazon), y por el otro, grandes incumbentes industriales (General Electric, Siemens) y grupos vinculados al agronegocio (John Deere, AGCO, Monsanto).

En particular, la denominada agricultura digital (*digital farming*) es uno de los terrenos de expansión privilegiados de los grupos de base metalmeccánica y de agroquímicos (Corsini *et al.*, 2015). El avance de la AP, también denominada agricultura 3.0, constituye el punto de partida de este nuevo espacio de diversificación de los grupos hacia los datos. Estas posibilidades darían lugar, en la segunda década de los dos mil, a la emergencia de la denominada agricultura 4.0, apoyada en la reducción de costos de los sensores y los microprocesadores, así como en la disponibilidad de servicios de comunicación por banda ancha, servicios de nube y de análisis de *big data* (CEMA, 2017).

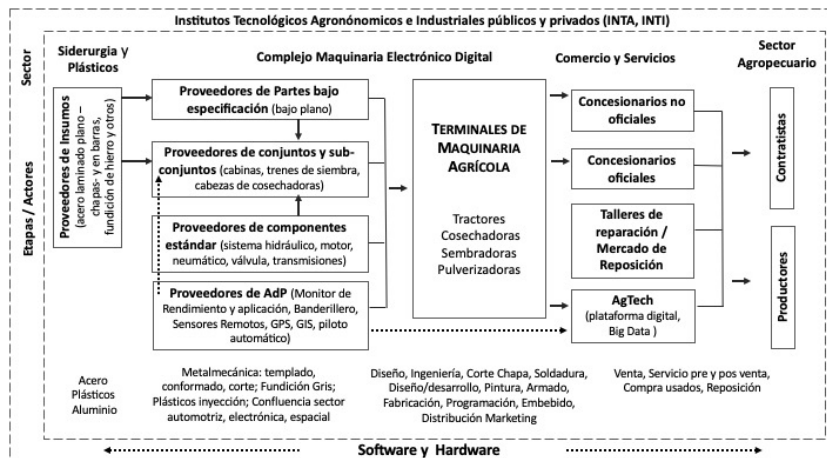
En un plano estrictamente tecnológico, y haciendo abstracción de las estrategias de las empresas, es indudable que las tecnologías digitales presentan importantes posibilidades de aumento de la productividad a partir de la convergencia tecnológica con las industrias preexistentes, particularmente la de MA (Corsini *et al.*, 2015). No obstante, como analizaremos en la tercera sección, estas dinámicas son indisociables de las estrategias de los grandes grupos por reforzar su poder de mercado colectivo. Los grandes grupos de MA desarrollaron distintos componentes incorporados en los equipos estándar, como dispositivos inteligentes de control en tractores y cosechadoras, sensores, automatización en la conducción, colocación de semillas, pulverización y tecnología de comunicación incorporada en los vehículos. A partir de la incorporación de estos dispositivos y la centralización de los datos, los grandes grupos buscan diversificar servicios complementarios a sus productos principales. En esta línea, la tercera sección de este trabajo discute si la entrada de nuevos actores disruptivos logra revertir esta dinámica a la concentración y centralización a partir de sus capacidades previas, ya sea en equipamiento o paquetes agrobiotecnológicos.

Este conjunto de cambios en el plano de la rivalidad y cooperación entre capitales se cristaliza en la emergencia de un nuevo conjunto de tecnologías centrales complementarias y nuevos dispositivos, articulándose en lo que el historiador de las técnicas Bertrand Guille (1977) denominaría un nuevo “sistema técnico”. Tradicionalmente, y como consecuencia de la división del trabajo en el marco de la manufactura, la industria de MA comprendía una sucesión de actividades con distintos grados de mecanización que se articulaban a partir de relaciones verticales, (directas e indirectas) y, en ciertos casos, horizontales. Si bien la organización industrial era diferente para el caso de equipos autopropulsados o de arrastre, la cadena técnica incluía dos etapas encadenadas: por un lado,

la de fundición y mecanizado de piezas mecánicas, incluidos los componentes estructurales a partir de insumos siderúrgicos; y por el otro, el ensamble de estos conjuntos y subconjuntos con otros componentes de complejidad variable (motores, transmisiones, diferenciales, cabinas, aires acondicionados) para la construcción del producto final.

Con la emergencia de la AdeP en los años 1990, y posteriormente el desarrollo de servicios y plataformas de datos, la MA (tractores, cosechadoras, pulverizadoras, sembradoras, etc.) comenzó a equiparse con herramientas digitales como sensores remotos, imágenes aéreas y acceso a servidores remotos. Las empresas de fabricación de maquinaria y equipos agrícolas –como Deere y Co., CNH y AGCO– están realizando inversiones en empresas de manejo de grandes volúmenes de datos (*big data*), así como en la llamada AdeP. En efecto, la cadena de fabricación industrial de MA se reestructura incorporando nuevas actividades: proveedores de módulos electrónicos, plataformas digitales y servicios de *big data*, aguas arriba.

Gráfico 1. Cadena técnica de MA y su interacción con la AdeP, big data, etc.



Fuente: CEUR-PUE con base en Lavarello et al. (2009).

Contrariamente a las visiones (aparentemente) ingenuas que sostienen que los productores agropecuarios son los poseedores de los datos que pueden transferir a distintos *portales* de empresas de software de clima, suelo y asesoramiento de paquetes agronómicos, es importante

identificar cuáles son los actores con las capacidades de centralizar, procesar y valorizar la información. Lejos de mantener la propiedad de los datos en manos de los productores, aquellos grupos (o alianzas) que definan los estándares entre los distintos dispositivos y actores son los que tendrán posibilidad de captar las ganancias extraordinarias o rentas de las nuevas tecnologías.

De esta forma, la convergencia entre las tecnologías digitales y la industria de MA darían lugar a una reconfiguración de las actividades clave y de los actores que intervienen en el proceso de producción agrícola. En este marco cabe interrogar si los fabricantes de equipos agrícolas han avanzado en el control de las nuevas actividades que les posibilitarían un rol preponderante en la captación de datos, a partir de sensores en equipos combinados a otras fuentes y tipos de datos, establecer algoritmos y ejecutar las operaciones planificadas y mapeadas. Ventajas cruciales a la hora de reforzar su poder de monopolio colectivo apropiando y codificando la información de las prácticas agronómicas.

En este proceso de apropiación y codificación de datos resulta crucial cómo y quiénes definen los estándares de la información. Dada la complejidad de los procesos agrícolas, en términos de actividades y productos heterogéneos, las distintas bases técnicas involucradas y la variedad de fuentes de información, surgen estructuras de comunicación extensivas y diferenciadas con distintos tipos de estándares (IoF, 2020; Wolfert *et al.*, 2017). En este sentido, los estándares son cruciales para lograr la interoperabilidad de soluciones modulares.

Existen distintos tipos de estándares con implicancias diferentes sobre las dinámicas de difusión y apropiación. Por un lado, estándares cerrados y propietarios, ya que solo los dispositivos y softwares autorizados por las firmas propietarias pueden acceder a la información y las funcionalidades de los dispositivos y plataformas correspondientes, tales como los de Precision Planting o FarmSight (de John Deere), entre otras (Wolfert *et al.*, 2017). Estos son impulsados por distintas firmas locales e internacionales que buscan proteger su mercado (Lavarello, *et al.* 2024). Por otro lado, se encuentran los estándares abiertos, entre los cuales se destaca ISOBUS.² El interés de las grandes firmas de MA y AdeP en la implementación y difusión de esta norma se corrobora en sus estrategias de

² ISOBUS (Sistema de Bus Abierto de Implementos) es un estándar internacional y abierto de comunicación electrónica que permite que los diferentes componentes de la MA y AP, como el tractor y los implementos, se comuniquen y compartan información. Así, los datos de un componente pueden ser utilizados por otro, a la vez que posibilita que diferentes

adquisiciones,³ así como también en la conformación de organizaciones intermedias como Agricultural Industry Electronics Foundation (AEF) para su promoción (Vidosa *et al.*, 2022b).

Los estándares, establecidos a partir de acuerdos entre los grandes grupos en el oligopolio mundial, se van abriendo selectivamente a nuevas empresas a medida que las firmas líderes expanden el número de usuarios conectados a sus plataformas, reforzando sus economías de red y generando efectos de encerramiento del resto de actores. La infraestructura de estas redes se basa generalmente en el suministro de grandes proveedores de software. Tanto los proveedores nuevos como los tradicionales reconfiguran sus roles frente a la creciente importancia que toma el *big data* en la agricultura, en donde sobresale el papel de las grandes empresas de tecnología y datos como Google e IBM.

Frente a estas alternativas, las grandes empresas –que venían adoptando, salvo excepciones, estándares cerrados–, desde 2008 están avanzando en la difusión de estándares abiertos, mientras que las pequeñas y medianas empresas de países en desarrollo aún adoptan un criterio de *wait and see*. Aún entre los grandes grupos existen dificultades para adoptar un criterio único de estandarización, dadas las diferencias de intereses y el bajo grado de madurez de las áreas tecnológicas, que pueden dar lugar a efectos de encerramiento negativo y conflictos en la apropiación de las cuasirrentas de estas tecnologías.

Además de los actores empresariales, se destacan algunas instituciones públicas y privadas –universidades, el Departamento de Agricultura de Estados Unidos, la Federación Estadounidense de Agencias Agrícolas, Global Open Data for Agriculture and Nutrition, Big Data Coalition, Open Agriculture Data Alliance y AgGateway– que trabajan activamente en la difusión de *big data* en la agricultura, a través de la defensa de un uso abierto de los datos en pos de promover una mayor interoperabilidad en el intercambio de datos dentro de la cadena de producción agrícola. Entre las cuestiones que abarcan estas organizaciones se identifican tópicos como: principios de propiedad, recopilación, notificación, acceso,

marcas de MA y AdeP puedan trabajar juntas, en una única pantalla de control (Vidosa *et al.*, 2022a; Iglesias *et al.*, 2015).

³ En 2012 la empresa de MA japonesa Kubota adquirió Kverneland, pionera en el desarrollo de ISOBUS, lo que les permitió a su vez ingresar en AEF. En 2017, la empresa especializada en AdeP, Trimble, adquirió Müller Elektronik, una de las mayores especialistas mundiales en ISOBUS. A fines de 2021 CNH Global adquirió la empresa NX9, especialista en ingeniería de software, a fin de optimizar la implementación de ISOBUS en sus equipos (www.interempresas.net, 3/12/21; www.profesionalagro.com, 30/9/2919).

uso de terceros, transparencia, coherencia, portabilidad y seguridad de los datos (Wolfert *et al.*, 2017). Como se discute en las secciones siguientes, los procesos de concentración y centralización en marcha, así como el proceso de estandarización, definirán la nueva estructura del oligopolio mundial. Dependiendo del momento en el que este proceso de convergencia se completa, existen distintos grados de libertad para definir una estrategia sectorial para países de industrialización muy tardía.

Contexto internacional: crisis y recomposición del oligopolio mundial de maquinaria agrícola

Las estructuras de mercado predominantes actualmente en las economías capitalistas son los oligopolios mundiales, los cuales se caracterizan –más allá del pequeño número de firmas que comparten el poder del mercado colectivo– por la fuerte rivalidad entre sus miembros y la tendencia a establecer alianzas que trascienden las relaciones estables en la fijación de precios o los niveles de producción (Chesnais, 1994). Esta definición posibilita la coexistencia entre los grandes grupos dominantes y las empresas medianas y pequeñas, en algunos casos.

Estructura de la industria de maquinaria agrícola global

Esta industria ha sido caracterizada como una estructura de carácter oligopólico diferenciado y concentrado a nivel mundial, en la que coexisten barreras externas basadas en economías de escala y variedad (*scope*) y la construcción de barreras internas asociadas a la innovación de productos y la diferenciación por fidelización de clientes por marcas.⁴ Una de las principales ventajas de las firmas que forman parte del oligopolio mundial, poco analizada por la literatura convencional, es su organización como grupos –o *holdings*– que controlan diversas unidades de negocios a partir de participaciones en las sociedades, lo que les permite acelerar el

⁴ Los oligopolios pueden ser clasificados en función de la estructura tecnoproductiva (escala mínima eficiente y característica de los productos que definen las barreras a la entrada) y el tipo de proceso competitivo (precio, diferenciación de productos, lanzamiento de nuevos modelos, escala, costos, etc.). En función de esta caracterización, es posible distinguir entre oligopolios concentrados, diferenciados, diferenciados-concentrados (o mixtos), competitivos y mercados competitivos (Sylos Labini, 1956).

proceso de concentración mediante la centralización, y en caso de reestructuraciones, desprenderse de líneas de productos que no consideren centrales a su estrategia.

Pocos trabajos analizan la evolución de la industria de MA a nivel global (Mehta y Gross, 2007; Lavarello y Goldstein, 2011). A fin de caracterizar la evolución reciente de los niveles de concentración y centralización de los principales grupos, se ha realizado una búsqueda de fuentes primarias en los informes a inversores de las páginas web de las principales empresas y de fuentes secundarias en los escasos informes sectoriales disponibles.

Una de las características de esta estructura oligopólica es el carácter estratificado de la competencia –*oligopole à franges*–, con pocas empresas con alcance global y muchas con alcance regional o local (Lavarello y Goldstein, 2011). Si bien hay más de 1.500 firmas que fabrican MA a nivel global, de las cuales 1.100 se encuentran en Estados Unidos, seis EMN tienen fuerte presencia a través de una expansión de sus capacidades de producción y distribución a escala global, y representan más de 40% del mercado global.

El primer grupo comprende las tres grandes multinacionales con una gama completa de equipos (*full liners*): John Deere, CNH Global y AGCO. El siguiente grupo comprende empresas que partiendo de una base regional ya disputan los mercados globales: Kubota, CLAAS y Yanmar. En el grupo restante se identifican diversas empresas especializadas y de alcance regional como Deutz-Fahr, Mahindra y Mahindra, Caterpillar Iseki, Bucher Industries y Kverneland. Puede observarse que entre el año 2008 y 2014, en el marco del sostenimiento de los precios agrícolas impulsados por el contrapeso de China, las industrias líderes reforzaron su presencia en la industria. A partir de 2017 este proceso se revertirá al reforzarse la competencia con el crecimiento de la franja de empresas de alcance regional. Es de destacar que en el segundo y tercer grupo aparecen EMN japonesas y de la India que compiten con las grandes empresas dominantes en el sector. De hecho, la firma Kubota –en 2017 y 2021– alcanzó el tercer puesto en el ranking y consolidó esta tendencia, y la empresa india Mahindra y Mahindra ha incrementado su parte de mercado, apoyada en una importante expansión de sus ventas locales que la colocan en una situación de fuerte competencia frente a las firmas líderes de la industria global. Atendiendo al gran potencial del mercado indio, esta empresa ocuparía en los años próximos una importante parte de las ventas mundiales de tractores a nivel mundial, incluso llegando a liderar este segmento.

Cuadro 1. Empresas seleccionadas de fabricación de MA. Ventas en millones de dólares y participación % en el mercado

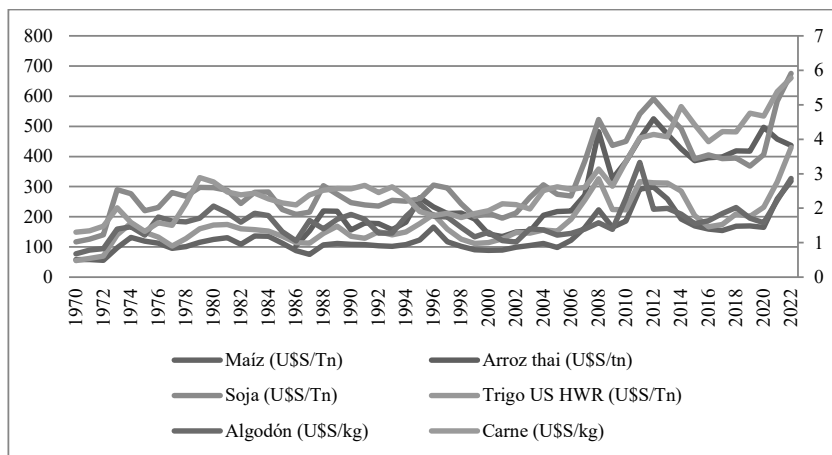
| Empresa (división) | País de origen | Año 2007 | | Año 2014 | | Año 2017 | | Año 2019 | | Año 2021 | |
|--------------------------------------|----------------|---------------|-----------------|---------------|-----------------|---------------|-----------------|---------------|-----------------|----------------|-----------------|
| | | Ventas MA | % en el mercado | Ventas MA | % en el mercado | Ventas MA | % en el mercado | Ventas MA | % en el mercado | Ventas MA | % en el mercado |
| Deere y Co. | Estados Unidos | 12.121 | 15,5% | 26.380 | 34,6% | 20167 | 23,8% | 23.666 | 25,9% | 28.189 | 27,2% |
| CNH Global | Italia | 9.948 | 12,7% | 15.204 | 20,0% | 11130 | 13,2% | 10.958 | 12% | 14.754 | 14,2% |
| AGCO | Estados Unidos | 6.828 | 8,7% | 9.724 | 12,8% | 8307 | 9,8% | 9.041 | 9,9% | 11.138 | 10,7% |
| Kubota | Japón | 5.458 | 7,0% | 8.400 | 11,0% | 10760 | 12,7% | 15.097 | 16,5% | 13.113 | 12,6% |
| CLAAS | Alemania | 3.380 | 4,3% | 3.821 | 5,0% | 3761 | 4,4% | 3.898 | 4,3% | 5.514 | 5,3% |
| Yanmar Agrícola* | Japón | 2.821 | 3,6% | 3.905 | 5,1% | 4596 | 5,4% | 7.637 | 8,4% | 7.112 | 6,8% |
| Same Deutz-Fahr | Italia | 1.262 | 1,6% | 1.210 | 1,6% | 1212 | 1,4% | 1.482 | 1,6% | 1.702 | 1,6% |
| Mahindra y Mahindra | India | 1031,7 | 1,5% | 2.824 | 3,7% | 3099 | 3,7% | 2.466 | 2,7% | 1.399 | 1,3% |
| Iseki y Company | Japón | 1.138 | 1,5% | 1.010 | 1,3% | 1169 | 1,4% | 858 | 0,9% | 1357 | 1,3% |
| Bucher Industries | Suiza | 774 | 1,0% | 958 | 1,3% | 909 | 1,1% | 1.139 | 1,2% | 1.529 | 1,4% |
| Total ventas | | 78.100 | | 76.140 | | 84.600 | | 91.368 | | 103.600 | |
| Participación 4 primeras (c4) | | | 44,0% | | 78,4% | | 59,5% | | 64,3% | | 64,8% |
| Participación 6 primeras (c6) | | | 55,0% | | 88,5% | | 74,5% | | 76,9% | | 77% |

Fuente: elaboración propia según los informes anuales de las empresas (Vidosa et al., 2022; Freedonia, 2019; Lavarello et al., 2009; Donoso, 2007; Metha y Gross, 2007).

Dinámica de los mercados agrícolas poscrisis

La industria de MA depende en gran medida de la *performance* del negocio agropecuario. Un impulso en el precio de los *commodities* provoca la expansión de cultivos sobre nuevas áreas, antes dedicadas a otras explotaciones o vírgenes, e incrementa la demanda de equipos en las campañas subsiguientes. El fenómeno inverso, una caída de precios, posiblemente deprime el mercado de equipamiento e insumos, aunque en renglones específicos la exacerbación de la competencia entre las firmas de maquinaria, debido a la crisis, puede fomentar la búsqueda de nuevas tecnologías que reduzcan costos o amplíen mercados. Esto último ocurre –en cierta medida– sobre todo a partir de 2014, como se verá más adelante. En este sentido, se distinguen al menos dos ciclos bien claros luego de la crisis de 2001 con relación a los precios de los bienes agrarios, como se observa en el gráfico 2.

Gráfico 2. Precio de commodities seleccionados, en dólares corrientes, 1970-2022



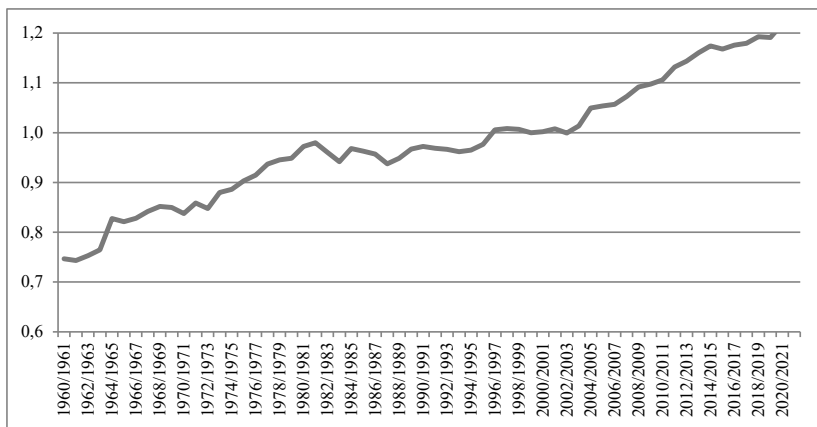
Referencia: precios agrarios en el eje izquierdo; carne en el eje derecho.

Fuente: elaboración propia según el Banco Mundial e Indexmundi.

Desde los años 1970 hasta la crisis de 2001, los precios agrarios oscilaron moderadamente. Desde fines de la década del noventa al año 2003

se estancaron en términos nominales, pero a partir de entonces y hasta 2012 crecieron drásticamente, por varios motivos. Entre los más relevantes, la creciente demanda de China y la política monetaria de Estados Unidos. Luego de la crisis de 2001, la Reserva Federal se embarcó en una política de emisión y depreciación del dólar, que generó a nivel mundial la búsqueda de refugio en activos como los *commodities*. Esto provocó un aumento de precios de las materias primas (petróleo, metales, alimentos), que se intensificó desde 2006 (Lewinger *et al.*, 2012). Este proceso se vio interrumpido a partir del año 2014 para volver a enfrentar un aumento drástico tras la guerra de Ucrania. La bonanza de precios, más allá de su volatilidad, aceleró la expansión del área sembrada (gráfico 3).

Gráfico 3. Mundo. Maíz, algodón, soja, arroz y trigo: área cosechada. Campañas 1960/61 a 2021/22. 1999/2000 = 1



Fuente: elaboración propia según datos del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA).

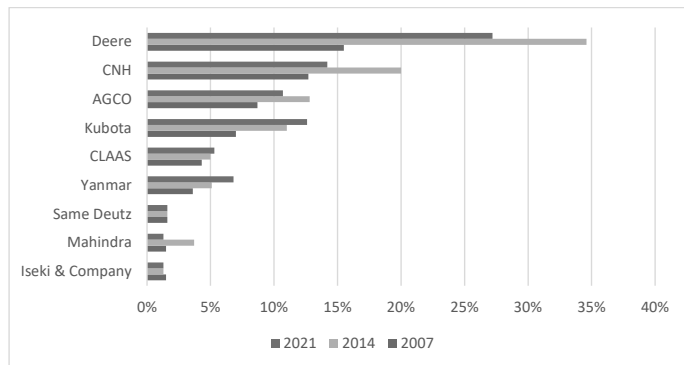
El mayor precio de los productos agrícolas repercutió en el negocio del equipo agropecuario, lo que provocó reconfiguraciones del oligopolio mundial a partir de la búsqueda de las firmas líderes de nuevos productos y tecnologías para sostener la participación en un mercado que mantiene dinamismo, con la aparición con fuerza de jugadores de otros sectores, absorciones, nuevos *joint-ventures*, etc. Con la pandemia, los precios de las *commodities* y alimentos volvieron a incrementarse, en algunos casos

alcanzando récords históricos. Queda por ver qué consecuencias tendrá sobre la demanda de equipos en el futuro próximo.

Recomposición del oligopolio mundial: centralización y alianzas frente a la agricultura digital

Frente a la caída de los precios agropecuarios, las firmas del sector adoptaron diversas estrategias. No solo las líderes, sino también otros competidores que apuntan a nichos particulares. Eso explica la dinámica particular del sector durante los últimos años, con una sucesión de cambios en el mapa de participantes. Aún así, las firmas tradicionales continúan liderando esta industria (gráfico 4).

Gráfico 4. MA. Participación de las firmas principales en el mercado mundial 2007, 2014 y 2021. En porcentaje sobre las ventas totales



Fuente: elaboración propia según Freedonia (2021); Lavarello et al. (2009), Donoso (2007) y Metha y Gross (2007).

En la cima de la pirámide, lo relevante es atender los cambios de posiciones relativas. En los últimos diez años, Kubota ganó una participación relevante en detrimento de otras firmas como CLAAS o incluso CNH. Frente al recrudecimiento de la rivalidad en el oligopolio mundial, la tecnología se ha transformado en un arma competitiva central para estas empresas. Algunas firmas que perdieron participación, como la alemana CLAAS, decidieron reforzar la batalla tecnológica: en 2014 abrió una

subsidiaria con 200 empleados, Claas E-Systems, para el desarrollo de software y hardware electrónico, entre ellos sistemas de optimización, dirección automática por satélite, paneles especiales para operadores de máquinas, etc. (CLAAS, 2017).

Esto evidencia la creciente importancia de las tecnologías de AdeP y la búsqueda por controlar las plataformas digitales en el negocio de la MA. De ahí la participación cada vez con mayor peso propio de compañías proveedoras de tecnologías asociadas a la recolección, el procesamiento y la aplicación de datos en la cadena de la maquinaria. En ese sentido, es posible apreciar en el cuadro 2 cómo en 2014 las firmas de equipamiento agrícola han adquirido empresas de AdeP o realizado alianzas con ellas.

Estas operaciones de adquisiciones, fusiones y alianzas reflejan las relaciones de rivalidad y cooperación propias de los oligopolios mundiales (Chesnais, 1994). Como ciertos informes bien fundamentados de agrupaciones ecologistas han señalado, las ramas de la maquinaria industrial agrícola, las semillas, los fertilizantes y agroquímicos están hoy vinculados como nunca antes: Monsanto colabora con las tres principales empresas globales de MA (Deere y CO., CNH Industrial y AGCO) (ETC Group, 2015: 3).

En el gráfico 5 se profundizan las características de estas relaciones de rivalidad y cooperación. La empresa John Deere mantiene alianzas estratégicas con todas las grandes empresas de plaguicidas y semillas. Por su parte, AGCO cuenta con alianzas con tres y CNH con una. El móvil de las alianzas es compartir datos extraídos de distintas fuentes y fundamentalmente establecer plataformas comunes para su captación y procesamiento. La rivalidad por el momento parece manifestarse con más crudeza entre las grandes multinacionales de la MA, evidenciado en la pelea entre John Deere y AGCO por la adquisición a Monsanto –previo a quedar controlada por Bayer– de la empresa de AdeP Precision Planting LLC. Pareciera revelarse por el momento una rivalidad entre los grandes grupos de MA por el control de empresas de AP, robótica, servicios de *big data* y computación en la nube. En este punto, es apresurado señalar que la disputa entre capitales se estaría dando en torno a qué sector (bio o metalmecánica) logra controlar la información sobre la calidad de los suelos, los patrones históricos del clima y los rendimientos de los cultivos, así como de las tecnológicas robóticas para el depósito de semillas, plaguicidas y fertilizantes (ídem). Por el contrario, predominan las alianzas intersectoriales entre distintas industrias que operan, a partir de la economía digital, la industria de maquinaria y la biológica.

Cuadro 2. Industria de MA mundial: fusiones, adquisiciones y alianzas, 2014-marzo 2018

| Empresa compradora | Empresa adquirida | País originador | País destinatario | Fecha | Área | Tipo |
|---------------------------|-----------------------------|------------------------|--------------------------|--------------|---------------------|-------------|
| AGCO | JCA Industries | Estados Unidos | Canadá | my.-22 | AgTech | AF |
| Amazone | Agxeed | Alemania | Países Bajos | jun.-22 | AgTech | AF |
| CNH Industrial | Specialty Enterprises | Italia | Estados Unidos | my.-22 | Agropartes | AF |
| CNH Industrial | Stout Industrial Technology | Italia | Estados Unidos | dic.-22 | AdeP y AgTech | AF |
| John Deere | Innerplant | Estados Unidos | Estados Unidos | sep.-22 | Agrobio tecnología | AF |
| John Deere | Light | Estados Unidos | Colombia | my.-22 | AgTech | AF |
| John Deere | Hello Tractor | Estados Unidos | Kenia | my.-22 | AgTech | AF |
| Kubota | Clarifruit | Japón | Israel | dic.-22 | AgTech | AF |
| CNH Industrial | Raven | Italia | Estados Unidos | dic.-21 | AdeP y AgTech | AF |
| CNH Industrial | Augmenta | Italia | Grecia | mzo.-21 | AgTech | AF |
| CNH Industrial | Monarch | Italia | Estados Unidos | mzo.-21 | MA | AF |
| John Deere | Kreisel Electric | Estados Unidos | Austria | dic.-21 | Movilidad eléctrica | AF |
| John Deere | AgriSync | Estados Unidos | Estados Unidos | dic.-21 | AgTech | AF |
| John Deere | Bear Flag Robotics | Estados Unidos | Estados Unidos | ag.-21 | AdeP y AgTech | AF |
| AGCO | Appareo Systems | Estados Unidos | Estados Unidos | dic.-21 | AdeP y AgTech | AF |
| AGCO | Faromatics | Estados Unidos | España | sept.-21 | AdeP y AgTech | AF |
| Kubota | AgJunction | Japón | Estados Unidos | oct.-21 | AdeP y AgTech | AF |
| Kubota | ROC | Japón | Italia | oct.-21 | MA | AF |
| Kubota | Fede | Japón | España | oct.-21 | MA | AF |
| Kubota | Escorts Group | Japón | India | mzo.-21 | MA | AF |
| CNH Industrial | Zasso Group AG | Italia | Alemania | nov.-20 | AdeP | AF |

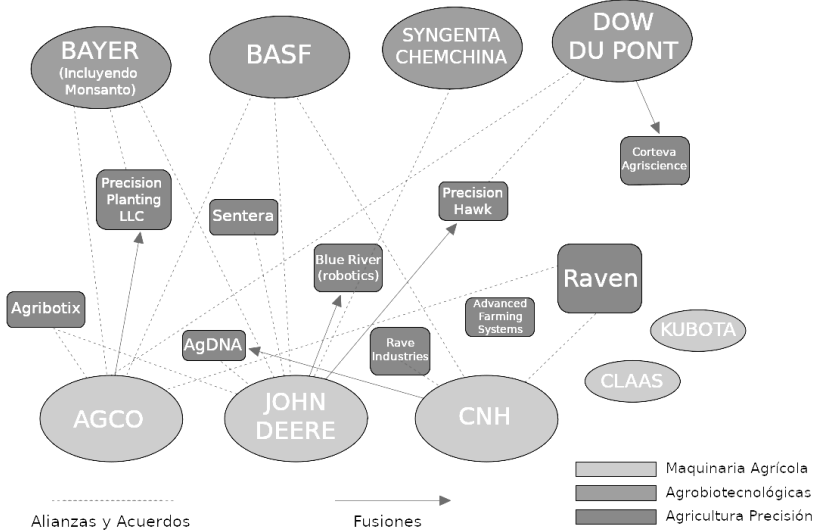
| Empresa compradora | Empresa adquirida | País originador | País destinatario | Fecha | Área | Tipo |
|---------------------------|------------------------------------|------------------------|--------------------------|--------------|----------------------------|-------------|
| AGCO | 151 Research | Estados Unidos | Canadá | sept.-20 | AdeP | AF |
| John Deere | Unimil | Estados Unidos | Brasil | oct.-19 | Agropartes | AF |
| Mahindra y Mahindra | Gamaya | India | Suiza | jul.-19 | AgTech | AF |
| CNH Industrial | Geoprospectors | Italia | Austria | dic.-19 | AdeP | AF |
| CNH Industrial | Dolphin N2 | Italia | Reino Unido | dic.-19 | Agropartes | AF |
| CNH Industrial | ATI Track Systems | Italia | Estados Unidos | nov.-19 | Agropartes | AF |
| CNH Industrial | K-Line | Italia | Australia | nov.-19 | MA | AF |
| CNH Industrial | Horwood Bagshaw | Italia | Australia | my.-18 | MA | AF |
| John Deere | PLA | Estados Unidos | Argentina | jul.-18 | MA | AF |
| John Deere | King Agro | Estados Unidos | España (Argentina) | mzo.-18 | Agropartes | AF |
| CNH | Kongsilde | Holanda | Dinamarca | en.-18 | MA | AF |
| John Deere | Sentera | Estados Unidos | Estados Unidos | dic.-17 | AdeP y AgTech | AL |
| John Deere | Dupont | Estados Unidos | Estados Unidos | dic.-17 | Agrobiotecnología | AL |
| John Deere | Agdna | Estados Unidos | Australia | dic.-17 | AdeP | AL |
| AGCO | Precision Planting LLC. (Monsanto) | Estados Unidos | Estados Unidos | sept.-17 | AdeP | AF |
| Mahindra y Mahindra | Erkunt Traktor Sanayii | India | Turquia | sept.-17 | Agropartes | AF |
| John Deere | Mazzotti | Estados Unidos | Italia | jul.-17 | MA | AF |
| John Deere | WIRTGEN Group | Estados Unidos | Alemania | feb.-17 | Construcción y forestación | AF |
| John Deere | BLUE RIVER TECHNOLOGY | Estados Unidos | Estados Unidos | en.-17 | AdeP | AF |
| Mahindra y Mahindra | Hisarlar | India | Turquia | en.-17 | Agropartes | AF |
| John Deere | Precision Hawk | Estados Unidos | Estados Unidos | nov.-16 | AdeP | AL |

| Empresa compradora | Empresa adquirida | País originador | País destinatario | Fecha | Área | Tipo |
|---------------------------|----------------------------|------------------------|--------------------------|--------------|-----------------------|-------------|
| AGCO | Agribotix | Estados Unidos | Estados Unidos | ag-16 | AdeP | AL |
| AGCO | Cimbria | Estados Unidos | Dinamarca | jun.-16 | Diverso | AF |
| Kubota | Great Plains Manufacturing | Japón | Estados Unidos | my.-16 | MA | AF |
| John Deere | Monosem | Estados Unidos | Francia | feb.-16 | MA | AF |
| John Deere | 360 Yield Center | Estados Unidos | Estados Unidos | feb.-16 | AdeP | AL |
| AGCO | Tecno Poultry Equipment | Estados Unidos | Italia | feb.-16 | Otros metal-mecánicos | AF |
| John Deere | Hagie Manufacturing | Estados Unidos | Estados Unidos | feb.-16 | MA | AF |
| John Deere | Carraro | Estados Unidos | Italia | feb.-16 | Otros metal-mecánicos | AL |
| CNH | Raven | Italia | Estados Unidos | nov.-15 | AdeP | AL |
| Deere | Basf | Estados Unidos | Alemania | jul.-15 | Agrobio-tecnología | AL |
| AGCO | Basf | Estados Unidos | Alemania | jun.-15 | Agrobio-tecnología | AL |
| AGCO | Farmer Automatic | Estados Unidos | Alemania | abr.-15 | Otros metal-mecánicos | AF |
| AGCO | Raven | Estados Unidos | Estados Unidos | feb.-15 | AdeP | AL |
| John Deere | DN2K | Estados Unidos | Estados Unidos | en.-15 | AdeP | AL |
| Mahindra y Mahindra | Peugeot Motorcycles | India | Francia | oct.-14 | Otros metal-mecánicos | AF |
| AGCO | Dupont | Estados Unidos | Estados Unidos | jun.-14 | Agrobio-tecnología | AL |
| AGCO | Intersystem International | Estados Unidos | Estados Unidos | my.-14 | Otros metal-mecánicos | AF |

Nota: AL: Alianza; AF: Adquisición y Fusión.

Fuente: elaboración propia según CB y Maquinac.

Gráfico 5. Convergencia tecnológica en el oligopolio mundial: alianzas y adquisiciones



Fuente: base de datos de PUE-CEUR según ETC Group (2015) y CB.

Trayectoria de la industria de maquinaria agrícola en la Argentina. Evolución reciente

A fin de discutir las implicancias de esta reestructuración de la industria mundial de MA en la Argentina, se presenta en forma estilizada la trayectoria local de esta actividad. El sector de MA en la Argentina tiene un origen temprano, al calor de la expansión de la frontera agrícola en el marco de la transición entre la segunda y tercera revolución industrial, primero en las colonias de Santa Fe y luego en la zona triguera de Buenos Aires. Durante el último cuarto del siglo XIX, herreros rurales comenzaron a construir los primeros implementos de origen local. Los más famosos fueron los de Luis Tabernig y Nicolás Schneider, ambos de la localidad de Esperanza, Santa Fe; y los accesorios de Juan Istilart, en

Tres Arroyos, provincia de Buenos Aires.⁵ Al poco tiempo, algunos desarrollaron equipos propios como las sembradoras de Schneider. Hacia finales de la década de 1910, aparecieron constructores de equipos más complejos, como las novedosas cosechadoras. Al menos una decena de iniciativas surgieron en esos años y durante toda la década de 1920, principalmente en la zona cerealera de Santa Fe-Córdoba, para proveer demandas regionales: Juan y Emilio Senor, Andrés Bernardín, Hnos. Flaminio (San Vicente), Rotania y Alasia (Sunchales), Gardiol (Susana), Puzzi (Clucellas), Ramón y Amadeo Guasch (Bigand), Daniele y Cía. (Porteña), Druetta (Ciudadela, Buenos Aires), entre los principales (Barrale, 2007). Por lo general, estos agentes reparaban y mantenían maquinaria importada. Luego, comenzaron a diseñar y armar sus propios equipos con base en los importados, con los materiales disponibles en plaza. Así, fueron agregando mejores sistemas de limpieza (segunda zaranda, cernidores especiales) y otras mejoras. El punto máximo de ese impulso ocurrió en 1929, cuando Rotania, de Sunchales, fabricó la primera cosechadora autotopulsada del mundo.

Como señala Hybel, la diversidad y localización geográfica de la producción agropecuaria generó un sector de fabricantes de MA de tipo artesanal-familiar, que poco a poco fue incorporando mano de obra asalariada, dividiendo el trabajo y convirtiéndose en pequeñas o medianas empresas con alcance local e incluso nacional, como el caso de la firma de los hermanos Senor, ya para la década del treinta. Esto se produjo gracias a la demanda de la agricultura extensiva, con utilización de equipos con capacidades similares a los de Estados Unidos o Canadá (Hybel, 2006: 27). Aún así, y a pesar de tener algunas firmas clientes en varias provincias del país, según nuestros cálculos, la producción nacional proveía poco más del 2% del mercado interno durante los años 1920, y alrededor del 10% en la década posterior. Es decir, un porcentaje más bien reducido de la demanda que era cubierta mayoritariamente con equipos estadounidenses y canadienses.

Los efectos combinados de la crisis de 1930, la Segunda Guerra Mundial y la crisis de balance de pagos de 1949-52 interrumpieron el flujo de maquinaria hacia la Argentina. Por ello el parque envejeció peligrosamente y superó en un buen porcentaje el límite de edad de obsolescencia, cerca

5 Más información sobre este período puede verse en Martino y Delgado (1977), Frank (2004), Barsky y Gelman (2005), Hybel (2006), Langard (2008), Bil (2009), Djenderedjian (2010), entre otros.

de 15 años según los especialistas. Para 1950, el ingeniero Giberti (1951) calculaba que al menos un 65% de las 40.000 cosechadoras que existían en el país superaba los 15 años de uso. Para 1952, otro estudio señalaba que casi un tercio de los tractores existentes deberían estar fuera de uso (Llosa, 1963). En ese contexto, el gobierno decidió declarar de interés nacional varios sectores de la metalmecánica, entre ellos la MA. Se dispuso una estructura arancelaria que protegió de hecho el mercado interno para las firmas locales. Así, para el caso de las cosechadoras, varias empresas que surgieron en el período previo y otras conformadas durante los años 1940 fueron las proveedoras exclusivas, hasta la segunda mitad de la década del setenta, de las poco más de 1.800 unidades promedio vendidas anualmente en ese período. Entre las nuevas firmas, aparecieron GEMA (Rosario), Vassalli (Firmat), Giubergia (Venado Tuerto), Boffelli (San Vicente), Marani (Casilda), Aumec (Arequito), Araus (Noetinger, Córdoba), Magnano (San Francisco, Córdoba), Aipridec (Laguna Larga, Córdoba), RyCSA-Rosati y Cristófaró (Buenos Aires), entre varias otras. Algunas de ellas, como Vassalli y Senor, llegaron a exportar a otros mercados de la región. También se inició la producción local de tractores, primero a cargo del Estado desde la empresa Industrias Aeronáuticas y Mecánicas del Estado (IAME), con el lanzamiento del Pampa, un modelo basado en el Lanz Bulldog alemán de los años 1930, ya obsoleto para ese entonces, y luego con la apertura a la iniciativa privada. En esos años se instalaron multinacionales como la italiana Fiat, la estadounidense John Deere, las alemanas Fahr, Hanomag y Deutz, y más tarde Massey Ferguson.

Cabe señalar que aun para un período muy complicado para las importaciones de insumos y materias primas, como los primeros años de la posguerra y en plena crisis económica, el impulso innovador en el sector no se detuvo. Tanto es así que, por ejemplo, en 1949 se inventó la plataforma maicera, que permitió la mecanización definitiva de la cosecha del maíz. La originalidad de este invento fue reclamada por dos empresas: Vassalli (Firmat) y Giubergia (Venado Tuerto), ambas de la zona sur de la provincia de Santa Fe.

La apertura económica de 1976 provocó una caída de la producción interna y un aumento en el ingreso de equipos importados. La crisis que se desató en la economía mundial en general y la Argentina en particular desde fines de la década del setenta y comienzos del ochenta condicionó el desenvolvimiento económico (Langard, 2014). Aun así, el sector agrícola tuvo, en la primera mitad de la década del ochenta, un período de aumento de producción con subas moderadas en los precios internacionales de los

cereales, al punto que la Argentina alcanzó un récord de producción de 44 millones de toneladas de granos en la campaña 1984/85. Esto fue consecuencia de cambios tecnológicos importantes en las formas de producción (Obstchako, 1988; Pereira, 1988). En ese contexto, el devenir de la industria de MA tuvo luces y sombras. A pesar de las dificultades ocasionadas por la crisis y las medidas económicas del gobierno militar, hasta mediados de los años 1980 la producción y venta de maquinaria aumentó. Hasta mediados de la década, la producción local seguía dominando el mercado interno (Huici, 1988; Hybel, 2006). Pero justamente durante esos años, la producción se contrajo por la caída de los precios internacionales de los granos. Hacia 1984 la caída en la producción y venta de cosechadoras y tractores se ubicó en torno al 75% y 50%, respectivamente. Como dato saliente de estos años, en 1981 se incorporó al mercado argentino la empresa Zanello de capitales nacionales, que ingresó en la producción de tractores, en particular en el segmento de equipos grandes de más de 100 CV (caballos de fuerza) y tracción en las cuatro ruedas⁶ (Huici, 1988; Raccanello, 2011).

Este período vio la introducción de cambios tecnológicos relevantes que sentaron las bases de una nueva base tecnológica, en la que convergerán veinte años después los desarrollos metalmecánicos y los biotecnológicos. Los más destacables fueron el uso de semillas mejoradas (híbridos), proceso iniciado a partir de mediados de 1970; la lenta adopción de la labranza *cero* del suelo (siembra directa) a fines de los años 1980; y también un aumento del uso de agroquímicos. Estos cambios fueron preparatorios para que, hacia mediados de la década del noventa, se introdujera con éxito el uso de semillas genéticamente modificadas (Bisang, 2004; Gutman *et al.*, 2006; Reca y Parellada, 2001).

Durante la década siguiente se produjeron cambios institucionales y regulatorios importantes. Algunas de las medidas que más afectaron al sector agropecuario fueron la desregulación de los mercados, con quita de impuestos y retenciones, y la aprobación del uso de semillas genéticamente modificadas que completa el paquete tecnológico, que incidiría fuertemente en la industria de MA. La apertura, la sobrevaluación del peso argentino y la llegada de máquinas importadas más modernas repercutieron sobre la actividad. De diez fábricas que subsistían en 1990, quedaban tres en 1993 y ninguna en 2000. En tractores, de las siete firmas que producían

⁶ Zanello, de Las Varillas (Córdoba), llegará a liderar el mercado interno. Este tipo de tractores se importó durante el breve período de apertura entre 1978 y 1981. Zanello se incorpora como una empresa líder en el oligopolio mantenido por las empresas transnacionales.

estos equipos solo quedaban dos en el año 2000 fabricando nada más que motores. Por su parte, los segmentos de sembradoras, especialmente los equipos de siembra directa, y los de pulverizadoras tuvieron un mejor desempeño asociado al nuevo esquema de producción agrícola. La situación del segmento de cosechadoras y tractores expresó la estrategia del capital transnacional sobre la región. Ya para los años 1990, las transnacionales organizaron la producción y la comercialización a partir de la conformación de un mercado interno ampliado (Mercosur), en el marco de una creciente globalización del mercado mundial de MA. Como se señala más arriba, los segmentos de sembradoras y pulverizadoras mantuvieron niveles estables de producción en los años más difíciles de la década y comenzaron a distanciarse del comportamiento generalizado del sector.

A partir de 2001-2002, con la crisis económica, se produjo la salida de la convertibilidad y un nuevo esquema económico, consecuencia de una fuerte devaluación que deprimió el costo laboral y actuó durante algunos años como protección del mercado interno. A ello se sumó un ciclo de alza de los precios de los *commodities* a nivel mundial. Se reactivó la demanda interna, abastecida principalmente para el caso de tractores y cosechadoras con importación de empresas transnacionales mayormente instaladas en Brasil, aunque durante los últimos años creció la participación nacional. Algunas firmas que habían abandonado el país retornaron con nuevas inversiones para ensamble de equipos completos. Las sembradoras y pulverizadoras vendidas en la Argentina fueron en su gran mayoría de origen local, principalmente pequeños o medianos capitales del mercado interno vinculados al avance de la producción agrícola con el paquete tecnológico de siembra directa y semilla transgénica-agroquímicos. En este sentido, es necesario señalar que durante los últimos quince años las máquinas agrícolas experimentaron modificaciones en su construcción, vinculadas a la electrónica de funcionamiento, el posicionamiento satelital y la automatización (Bragachini, 2018).

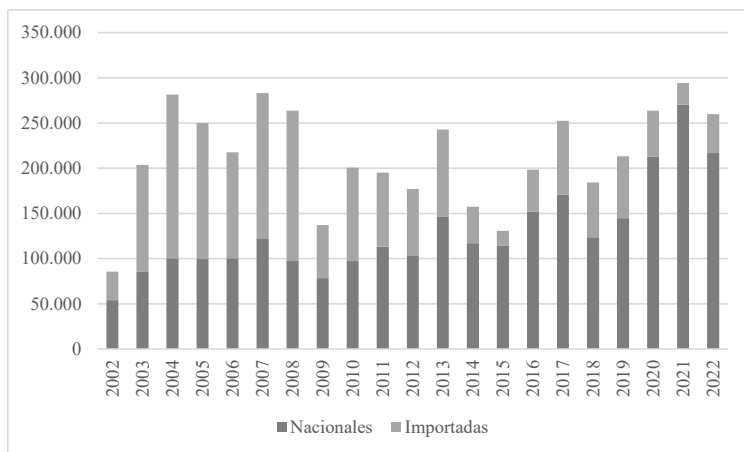
El mercado local de MA tuvo una dinámica ascendente durante los primeros años de la década pasada, hasta la crisis de 2009. En ese período, la facturación mayoritaria correspondió a equipos importados, principalmente por tractores y cosechadoras provenientes de Brasil, China, Estados Unidos, entre otros. La crisis implicó una primera caída considerable de la actividad que, a pesar de una recuperación posterior, no volvió a alcanzar los valores de la década previa. Con el nuevo gobierno, hasta 2017 las ventas experimentaron un alza relativa, con mayor presencia de fabricantes locales. Luego de la retracción de 2017-2018,

el período 2019-2022 experimentó un nuevo ascenso en las ventas, quedando apenas un 0,5% por debajo del promedio 2004-2008 en valor de facturación (en términos reales).

En cuanto a cada segmento particular, la venta de cosechadoras alcanzó un máximo en 2004, con 3.203 unidades. Luego, la cantidad fue en descenso. Aun con una leve recuperación en 2016-2017, el acumulado 2010-2018 es un 46% menor que el nivel de ventas 2002-2008. En los últimos tres años, la demanda experimentó una recuperación y llegaron a venderse 911 unidades anuales promedio.

En el caso de los tractores, luego de la crisis las ventas iniciaron un ciclo de ascenso hasta el tope de 2017, donde casi alcanzaron las 10.000 unidades, para retroceder nuevamente en 2018. A diferencia del renglón previo, este segmento incrementó el promedio de ventas anuales poscrisis de 2008. El segmento de las sembradoras también sufrió las sucesivas crisis de forma aguda, lo que se evidencia en la caída acumulada en ventas: en 2018 se vendieron 57% menos unidades que en 2007. A partir de 2019, la demanda se recuperó en términos relativos y se acercó al nivel de las ventas de 2010-2013.

Gráfico 6. Argentina. Facturación por ventas en el mercado doméstico de MA (cosechadoras, tractores, sembradoras, implementos). En millones de pesos argentinos del año 2022. Años 2002-2022



Fuente: elaboración propia según el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC), Informe de la Industria de Maquinaria Agrícola.

En la actualidad, la actividad se encuentra en un momento de recuperación relativa, pero aún con incertidumbre, amén de las cuestiones macroeconómicas. Luego de una mejora en los niveles de producción y ventas en ciertos rubros, con una facturación que durante 2017 había alcanzado los niveles previos a la crisis de 2009, desde 2018 la actividad se sumió en la recesión general, sin acceso al crédito y con una sustantiva caída de ventas, producción, empleo y capacidad utilizada, producto entre otras cosas de la sequía que afectó la cosecha en la pasada campaña y de la coyuntura macroeconómica de la Argentina que la devaluación no compensó. La facturación se recuperó a partir de 2019 y alcanzó en 2021 (en pleno ascenso de los precios de los alimentos a nivel mundial) el récord de facturación en toda la serie, aunque en 2022 se retrajo un 12%, todavía por encima de los valores de 2015-2019.

Difusión de la agricultura de precisión en la Argentina

En la Argentina, se advierte una rápida y creciente adopción de las nuevas tecnologías de AdeP y AgTech, fundamentalmente en la región centro del país. Como se observa en el cuadro 3, las ventas acumuladas de estas tecnologías muestran incrementos significativos. Por un lado, hacia principios del año 2000 se corrobora un uso difundido de herramientas propias de la AP, tales como monitores de rendimiento y de siembra, y banderilleros satelitales. Por otro lado, en los últimos diez años se destaca un incremento en las ventas de guías automáticas, dosis variables en sembradoras, cortes por sección en pulverizadoras, telemetría e incluso tal como demuestra el trabajo de Melchiori *et al.* (2018), de drones y plataformas web de gestión de información.

En este contexto, es posible afirmar que en la región centro, actualmente, aunque persisten desafíos en cuanto a la cobertura de conectividad en algunas zonas, cada maquinaria tiene la capacidad de recopilar sus datos y enviarlos a un servidor específico en el momento en que obtiene señal (Villarroel *et al.*, 2018). Con ello, se revalida un crecimiento en la difusión de las tecnologías de precisión asociadas a la agricultura 4.0, lo cual abre posibilidades de procesamiento, transmisión y reutilización de los datos generados por la AdeP implementada previamente (Scaramuzza, 2022; Vidosa *et al.*, 2022). En este contexto, se argumenta que la región posee una escala suficiente como para ser un potencial demandante,

además de proporcionar una ventaja para la creación de nuevas soluciones mediante la interacción con los usuarios.

Cuadro 3. Argentina. Ventas acumuladas de equipos de AdeP, 1998-2020. En unidades

| Dispositivos | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Monitores de rendimiento | 7400 | 8365 | 8865 | 9643 | 10544 | 11540 | 12456 | 13815 | 14767 | 16140 |
| Dosis Variable en sembradoras | 1801 | 2076 | 2346 | 2679 | 2975 | 3263 | 3515 | 3978 | 4138 | 4608 |
| Monitores de siembra | 12160 | 14705 | 16905 | 19784 | 21426 | 22854 | 24882 | 27100 | 28811 | 30800 |
| Banderrillero Satelital en pulverizadoras | 12298 | 13270 | 14589 | 15797 | 17087 | 18342 | 19158 | 20347 | 20647 | 21018 |
| Guía Automática | 1150 | 2710 | 3610 | 4120 | 5530 | 6708 | 9035 | 12308 | 14430 | 17174 |
| Cortes Por Sección Pulverizadoras | 640 | 1081 | 1481 | 2121 | 2410 | 2738 | 3375 | 4256 | 4309 | 4351 |
| Cortes Por Sección Sembradoras | 25 | 45 | 55 | 79 | 103 | 119 | 189 | 263 | 288 | 319 |
| Sistemas de Corrección < a 10cm | 50 | 110 | 200 | 210 | 360 | 823 | 2290 | 3566 | 4831 | 5953 |
| Sistemas de Corrección > a 10cm | | | | | 157 | 431 | 1130 | 3184 | 5415 | 8426 |
| Telemetría | | | | 37 | 120 | 196 | 409 | 839 | 1358 | 1877 |
| Control Selectivo de Malezas | | | | | 21 | 64 | 160 | 233 | 278 | 328 |
| Sensor manual de N en tiempo real | | | | | | 80 | 101 | 104 | 116 | 120 |

Fuente: Villarroel et al. (2020).

Desde el punto de vista de la oferta, en la Argentina es posible observar un conjunto de empresas nacionales que ya han incursionado en AdeP y AgTech, y que cuentan con significativas potencialidades para la producción local de las nuevas tecnologías (Lavarello et al, 2024; Abuhamad et al, 2022; Lachman et al 2022; Schiaffino, 2022; Alborno, 2020). No obstante, se advierte que estos subsectores no están exentos de riesgos. En un plano estrictamente tecnológico, es indudable que las nuevas tecnologías presentan importantes posibilidades para el entramado local. Sin embargo, estas dinámicas no son indisolubles de las estrategias de los grandes grupos (Lavarello et al., 2019)).

Frente a la creciente dificultad de expandirse en un mercado global altamente concentrado, las empresas nacionales de AdeP y AgTech, así como también las de MA, enfrentan la disyuntiva entre disminuir partes del mercado local a partir de una mayor interoperabilidad con equipos de grandes firmas globales o apostar por una estrategia que combine la internacionalización y la protección del mercado local, a partir de la extensión de servicios de posventa que faciliten las nuevas tecnologías (servicios, mantenimiento, etc.) (Vidosa et al., 2022a).

En este contexto, las firmas nacionales podrían aprovechar la complementariedad entre las capacidades tecnológicas de cada sector para poder salir rápidamente al mercado de manera conjunta, con productos análogos a los de las grandes corporaciones globales. Sin embargo, en lo que respecta a la oferta local, salvo en el caso de las firmas globales de MA

que ofrecen el paquete tecnológico completo (Lavarello *et al.*, 2019b; Bil *et al.*, 2020), las firmas nacionales de MA, AdeP y AgTech, en su mayoría, proveen directamente al sector agropecuario sin integrar sus capacidades y procesos de producción (Lavarello, *et al* 2024; Lachman *et al.*, 2022).

Conclusiones

La industria de MA como estructura oligopólica en la que coexisten relaciones de rivalidad y cooperación atraviesa un proceso de reestructuración. Esto se traduce en una mayor rivalidad entre las grandes multinacionales de MA, al mismo tiempo que se desarrollan alianzas estratégicas intersectoriales con los principales líderes de la industria agroquímica-biotecnológica. El objeto de estas alianzas se centra en la definición de plataformas globales a partir de ciertos estándares privados.

El resultado de esta reestructuración del oligopolio mundial definirá quienes tienen mayores posibilidades de apropiarse los resultados de las innovaciones y las rentas agrícolas a partir de la centralización de los datos. En este marco la industria de MA argentina, a pesar de la profunda crisis coyuntural que atraviesa desde el año 2018, se encuentra liderando los índices de difusión de distintos implementos y dispositivos de AP. De esta manera, la Argentina se transforma en un potencial escenario de rivalidad por la definición de estándares y difusión de plataformas digitales agrícolas. Por el momento, el escenario se encuentra en una fase de redefinición, y existen nichos transitorios para la entrada de empresas locales basadas en el conocimiento que recopilen, procesen y brinden servicios a los productores agropecuarios.

A pesar de ello existen fuertes limitantes que requieren un análisis en profundidad. En primer término, qué características presenta la articulación entre las empresas locales de MA, AdeP y AgTech que posibiliten subsistemas locales de agricultura digital. Y luego, en qué medida estos subsistemas pueden prevalecer, dado el carácter preparadigmático de dichas tecnologías a nivel internacional y la disputa por el control de la tecnología y sus estándares de interoperabilidad, lo cual abre espacios estructurantes para dicha articulación.

Estos limitantes plantean nuevos interrogantes. Por un lado, cómo existen dinámicas heterogéneas en la difusión de esta tecnología, según cuál es el tipo de actor y de instituciones predominantes en la difusión de la tecnología, y cuáles son las condiciones de proximidad tecnológica,

organizacional, institucional y geográfica que pueden permitir la emergencia de ciertos subsistemas locales, en los que coexistiendo empresas locales de MA, AdeP y servicios basados en el conocimiento existe un potencial de convergencia (al menos localizada) de dichas tecnologías.

Bibliografía

- Abuhamad, G.; Salveson, C.; Stubrin, L. y Braga, C. (2022). “Inteligencia artificial en el sector de la maquinaria agrícola de Argentina. Diagnóstico de madurez y recomendaciones de política para acelerar la adopción”. BID.
- Albornóz, I. (2020). “AgTech. El nuevo paquete tecnológico del sector agropecuario”. *Papeles del Observatorio N° 13*. Observatorio Iberoamericano de la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad de la Organización de Estados Iberoamericanos (OCTS-OEI). CABA.
- Banco Mundial (2024). *Commodity markets*. Disponible en: <https://www.worldbank.org/en/research/commodity-markets>.
- Barrale, J. (2007). *Reinas mecánicas*. Córdoba: Advocatus.
- Barsky, O. y Gelman, J. (2005). *Historia del agro argentino*. Buenos Aires: Mondadori.
- Bil, D. (2009). “La industria argentina de maquinaria agrícola (1870-1975). Evolución y problemas de su desarrollo”. *Documentos Jóvenes Investigadores*, n° 16. Instituto de Investigaciones Gino Germani, Facultad de Ciencias Sociales, Universidad de Buenos Aires (UBA).
- Bisang, R. (2004). “Innovación y estructura productiva: la ampliación de la biotecnología en la producción agrícola argentina”. En Bárcena, A.; Katz, J.; Morales, C, y Schaper, M. (eds.), *Los transgénicos en América Latina y el Caribe: un debate abierto*, cap. 3. Santiago: CEPAL.
- Bragachini, M.; Méndez, A. y Vélez J. (2012). *Argentina, un referente mundial en tecnología de Agricultura de Precisión*. INTA Manfredi.
- Bragachini, M. (2018). “Nuevos desafíos agropecuarios y agroindustriales. Sensorización, automatismo, digitalización de procesos”.

17° Curso Internacional de Agricultura y Ganadería de Precisión, septiembre, Manfredi.

- Bresnahan, T. y Trajtenberg, M. (1995). "General purpose technologies 'Engines of growth?'". *Journal of Econometrics*, vol. 65, n° 1, pp. 83-108.
- Brixner, C.; Isaak, P.; Mochi, S.; Ozono, M. y Yoguel, G. (2019). *Industria 4.0: ¿intensificación del paradigma TIC o nuevo paradigma tecnoorganizacional*. Buenos Aires: CIECTI.
- CEMA European Agricultural Machinery Association (2017). *Digital farming: what does it really mean? And what is the vision of Europe's farm machinery industry for Digital Farming?* Disponible en: <https://www.cema-agri.org/position-papers/254-digital-farming-what-does-it-really-mean>.
- Chesnais, F. (1994). *La mondialisation du capital*. París: Syros.
- CLAAS (2017). *Annual Report*. Disponible en: <https://www.claas.com/caas/v1/media/18852/data/c35a782a7523c072bf037c00291711ad>.
- Corsini, A.; Wagner, K.; Gocke, A. y Torsten, K. (2015). *Crop farming 2030. The Reinvention of the sector*. Boston Consulting Group. Disponible en: http://image-src.bcg.com/Images/BCG-Crop-Farming-2030-May-2015_tcm9-184100.pdf.
- USDA (2024). *Foreign agricultural service data*. Disponible en: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/home>.
- Djenderedjian, J. (2010). *Historia del capitalismo agrario pampeano*. Buenos Aires: Teseo.
- Donoso, J. (2007). "Situación del sector de maquinaria agrícola en América Latina". *Foro de la Maquinaria Agrícola*, IADE. Disponible en: <https://www.iade.org.ar/noticias/situacion-del-sector-de-maquinaria-agricola-en-america-latina>.
- Frank, R. (2004). "El arado a vapor en la Argentina". *Todo es Historia*, n° 438.
- ETC Group (diciembre 2015). "Campo Jurásico: Syngenta, DuPont, Monsanto: la guerra de los dinosaurios del agronegocio". *Cuaderno*, n° 115. Disponible en: http://www.etcgroup.org/files/files/etc_breakbad_esp_v5-final_may11-2016.pdf.
- Freedonia Group (2019). *Global Agricultural Equipment*. Disponible en: <https://www.freedoniagroup.com/>.

- Freeman, C. (1984). "Prometheus unbound". *Futures*, vol. 16, n° 5, pp.494-507.
- Giberti, H. (1951). *Máquinas agrícolas necesarias, condiciones técnicas que deben reunir y probable demanda. Comisión de Mecanización Agrícola*. Buenos Aires: Archivo del Ingeniero Horacio Giberti, mimeo.
- Gille, B. (1977). "Histoire des techniques". *Annales de l'École pratique des hautes études*, vol. 109, n° 1, pp. 723-786.
- Gordon, R. (2000). "Interpreting the 'one big wave' in US long-term productivity growth". En Van Ark, B.; Kuipers, S. y Kuper, G. (eds.), *Productivity, technology and economic growth*, pp. 19-65. Boston: Springer.
- Gutman, G.; Bisang, R.; Lavarello, P.; Campi, M. y Robert, V. (2006). "Les mutations agricoles et agroalimentaires argentines des années 90. Libéralisation, changement technologique, firmes multinationales". *Région et développement*, vol. 23, pp. 215-246.
- Huici, N. (1988). "La industria de maquinaria agrícola en la Argentina". En AAVV: *La agricultura pampeana: transformaciones productivas y sociales*. Buenos Aires: CISEA.
- Hybel, D. (2006). *Cambios en el complejo productivo de maquinarias agrícolas, 1992-2004*. Buenos Aires: Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI).
- Iglesias, N.; Coronel, J.; Ezpeleta, J.; Angelone, L., Bulacio, P. y Tapia, E. (2015). "Experiencia vinculación universidad-industria: desarrollo de tecnología ISOBUS para la industria nacional de maquinarias agrícolas". IX Jornadas de Vinculación Universidad-Industria (JUI 2015)-JAIIO 44.
- Indexmundi (2024). *Precios de materias primas*. Disponible en: <https://www.indexmundi.com/es/precios-de-mercado/>.
- INDEC (2024). *Informe de la industria de maquinaria agrícola*. Disponible en: <https://www.indec.gob.ar/indec/web/Nivel4-Tema-3-6-20>.
- IoF (2020). *Opportunities and barriers in the present regulatory situation for system development*. IoF2020 D3.3. Disponible en: <https://www.iof2020.eu/deliverables/d3.3-opportunities-and-barriers-in-the-present-regulatory-situation-for-system-development-v1.2.pdf>.

- Lachman, J.; Cappelletti, L.; López, A. (19 y 20 de septiembre 2018). “Nuevas oportunidades y desafíos productivos en Argentina: resultados de la primera encuesta nacional a empresas de agricultura y ganadería de precisión”. *17º Curso Internacional de Agricultura y Ganadería de Precisión*. INTA Manfredi.
- 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”. *Documento de Trabajo 28 del Plan 2030 del Ministerio de Desarrollo Productivo de la Nación*.
- Langard, F. (23-25 abril 2008). “La producción de maquinaria agrícola en la Argentina desde comienzos de siglo a nuestros días”. *V Jornadas de Investigación y Debate: trabajo, propiedad y tecnología en la Argentina rural del siglo XX*. Universidad Nacional de Quilmes (UNQ), Bernal.
- (2014). “Trayectoria de la industria de maquinaria agrícola argentina entre 1976 y 2002”. *H-Industria*, n° 15.
- Lavarello, P.; Goldstein, E. y Hecker J. (2009). “Inserción internacional, trayectorias heterogéneas y políticas horizontales. El caso de la industria de maquinaria agrícola argentina”. *Lineamientos para un cambio estructural de la economía argentina*. Ministerio de Economía y Obras Públicas. Desafíos del Bicentenario, Buenos Aires.
- Lavarello, P. y Goldstein, E. (2011). “Dinámicas heterogéneas en la industria de maquinaria agrícola argentina”. *Problemas del Desarrollo*, vol. 42, n° 166, pp. 85-109.
- Lavarello, P.; Vidosa R.; Bil D. y Guido L. (2024). “Proximity the face of technological convergence and the internationalization of agricultural machinery networks: a case study in Argentina”. RSA KIRDSA- Seminar Series Innovation and Regional Development in Latin America.
- Lavarello, P.; Bil, D.; Vidosa, R.; Langard, F. (2019): “Reconfiguración del oligopolio mundial y cambio tecnológico frente a la agricultura 4.0: implicancias para la trayectoria de la maquinaria agrícola en Argentina”. *Ciclos en la historia, la economía y la sociedad*, pp. 66-96.

- Lewinger, A.; Straffela, M. e Ianuzzi, P. (2012). “Guerra cambiaria. ¿Falla de coordinación o forma concreta de una crisis de sobreproducción general capitalista?”. *Razón y Revolución*, vol. 23, pp. 7-27.
- Llosa, J. (1963). *Necesidades de maquinaria agrícola para un plan de expansión de cultivos*. Buenos Aires: CONADE.
- Manyika, J.; Chui, M.; Bughin, J.; Dobbs, R.; Bisson, P. y Marrs, A. (2013). *Disruptive technologies. Advances that will transform life, business, and the global economy*. San Francisco: McKinsey Global Institute. Disponible en: https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Business%20Functions/McKinsey%20Digital/Our%20Insights/Disruptive%20technologies/MGI_Disruptive_technologies_Full_report_May2013.ashx.
- Martino, A. y Delgado, M. (1977). *La maquinaria en la agricultura. Santa Fe (1880-1890)*. IV Congreso Nacional y Regional de Historia Argentina, Mendoza.
- Mehta, A. y Gross, A. (1 octubre 2007). “The global market for agricultural machinery and equipment”. *Business Economics*, vol. 42, pp. 66-73.
- Melchiori, R; Albarenque, S. y Kemerer, A. (19-20 septiembre 2018). “Evolución y cambios en la adopción de la agricultura de precisión en Argentina”. *17º Curso Internacional de Agricultura y Ganadería de Precisión*. INTA Manfredi.
- Méndez, A.; Scaramuzza, F.; Vélez, J. y Villarroel, D. (2012). *Argentina en adopción y desarrollo de tecnología de agricultura de precisión un referente mundial*. INTA Manfredi.
- Obstchako, E. (1988). “La economía agraria argentina. Consideraciones sobre su evolución y situación actual”. *XX Congreso Internacional de Economistas Agrarios. Asociación Argentina de Economistas Agrarios*. Buenos Aires.
- Pereira, H. (1988). “La economía agraria argentina. Consideraciones sobre su evolución y situación actual”. *XX Congreso Internacional de Economistas Agrarios. Asociación Argentina de Economistas Agrarios*. Buenos Aires.
- Pérez, C. y Freeman, C. (1988). “Structural crises of adjustment, business cycles and investment behaviour”. En Dosi, G. et al. (eds.), *Technical change and economic theory*, pp. 38-66. Londres: Pinter.

- Raccanello, M. (2011). “Una historia del capitalismo local: auge y crisis de la firma de tractores Zanella (1951-2002)”. *Industrializar Argentina*, n° 14.
- Reca, L. y Parellada, G. (2001). *El sector agropecuario argentino. Aspectos de su evolución, razones de su crecimiento reciente y posibilidades futuras*. Buenos Aires: Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires.
- Romero Wimer, F. (2010). “Los fierros vienen marchando ¿de dónde vienen? Maquinaria agrícola y capital extranjero en el agro pampeano, 1976-2008”. *Documentos del Centro Interdisciplinario de Estudios Agrarios*, n° 5. Facultad de Ciencias Económicas, Universidad de Buenos Aires (UBA).
- Scaramuzza, F.; Villarroel, D.; Olivo, S.; Muñoz, S.; Bianco Gaido, M. y Cuevas, L. (2022). “Relevamiento de utilización de apps y/o plataformas digitales para la gestión de datos en el agro”. Encuesta 2022.
- Schwab, K. (2017). *The fourth industrial revolution*. Crown Currency.
- Schiaffino, G. (2022). “Cognoscibilidad del planeta y empresas de agricultura de precisión en el área concentrada de Argentina”. *Revista Geográfica Venezolana*, vol. 63, n° 1, pp. 192-206.
- Sylos Labini, P. (1956). *Oligopolio e Progresso técnico*. Milano: Giuffré.
- Sztulwark, S. (2012). *Renta de innovación en cadenas globales de producción: el caso de las semillas transgénicas en Argentina*. Los Polvorines: UNGS.
- Vidosa, R.; Iglesias, N.; Jelinski, F.; Tapia y Lavarello, P. (2022a): “Reestructuración de la industria de maquinaria agrícola mundial: nuevos estándares frente a la agricultura 4.0”. *SaberEs*, vol. 14.
- Vidosa, R.; Sanz Cerbino, G. y Jelinski, Federico (2022b). “La Agricultural Industry Electronics Foundation (AEF) y la difusión de estándares internacionales para la Agricultura 4.0. Implicancias para países periféricos”, XI Jornadas de Sociología de la UNLP, La Plata.
- Villarroel, D.; Scaramuzza, F. y Vélez, J. (2018). “El Progreso en la tecnificación del Agro”. *17° Curso Internacional de Agricultura y Ganadería de Precisión*, 19 y 20 de septiembre, INTA Manfredi.

Wolfert, S.; Ge, L.; Verdouw, C. y Bogaardt, M. (2017). “Big data in smart farming. A review”. *Agricultural Systems*, vol. 153, pp. 69-80.

Páginas web

Crunchbase (CB) (<https://www.crunchbase.com/>).

Maquinac (<https://maquinac.com/>).

Sección 2

Respuestas a escala local y nacional

Capítulo 4

La respuesta nacional frente a un marco de transición paradigmática en la industria agrobiotecnológica mundial

Sebastián Sztulwark, Pablo Wahren, Valentina Locher y Melisa Girard

Introducción

De acuerdo con lo presentado en el capítulo 3 de este libro, durante la última década se han venido produciendo grandes transformaciones en la industria agrobiotecnológica mundial. El principal elemento de cambio remite a la existencia de un proceso de fusiones y adquisiciones entre los principales actores, que derivó en un marcado proceso de centralización de capitales (Bonny, 2017; Deconinck, 2020). En efecto, en la actualidad cuatro grupos económicos dominan ampliamente el mercado mundial de semillas y su segmento complementario, el de protección de cultivos.¹ Ese cambio de escenario puede ser considerado como una manifestación de un proceso de maduración de la trayectoria de innovación asociada a la difusión de los cultivos transgénicos y, en particular, de su capacidad para producir cambios significativos en la dinámica económica de esta industria. Los límites de esta trayectoria exceden el factor puramente tecnológico y remiten, entre otros, a los costos para el desarrollo de nuevos productos, al marco institucional que regula la actividad, a la propia configuración del modelo agrícola dominante y a cuestiones relativas a

¹ El oligopolio mundial conformado por la estadounidense Corteva (que surge de la fusión entre Dupont y Pioneer), las alemanas Basf y Bayer (que absorbió a la estadounidense Monsanto) y la estatal ChemChina (que adquirió la europea Syngenta) dio cuenta del 51% de las ventas en el mercado mundial de semillas y del 62,3% en el de agroquímicos durante el año 2020, según las estimaciones de Shand *et al.* (2022).

la aceptación del consumidor de estos productos (Kiran y Pandey, 2020; Sztulwark y Girard, 2020).

En este marco, se observa el desarrollo de las técnicas de edición génica que permiten realizar modificaciones en la secuencia de ADN, dirigidas a genes específicos para alterar su expresión, reemplazar alelos o introducir transgenes en sitios específicos del genoma (Feingold *et al.*, 2018). Se estima que estas técnicas permitirán avanzar hacia procesos más precisos, con plazos de desarrollo más cortos y a un costo significativamente menor que los asociados a la transgénesis vegetal (Tylecote, 2019). Así, un nuevo potencial tecnológico emerge a partir de la difusión de la edición génica y de su posible estabilización como innovación fundamental de la industria. Sin embargo, la dirección y profundidad de ese cambio dependerá de cómo esta innovación pueda articularse con los activos complementarios necesarios para su llegada al mercado y de cómo se defina el marco institucional que regula su difusión.

Este nuevo escenario de la agrobiotecnología mundial, que puede describirse como de transición paradigmática entre una tecnología con signos de agotamiento y otra emergente, pero cuyo potencial aún no se ha desplegado plenamente, plantea interrogantes acerca de las posibles transformaciones en la estructura de la industria. Especialmente, interesa indagar acerca de las características que condicionan el rol de los países que tienen una amplia base agrícola y que tradicionalmente han jugado un papel de adoptantes de la innovación fundamental y que consideran este *impasse* tecnológico como una oportunidad para promover cambios de posición en esa estructura.

La especificidad y relevancia de las innovaciones de tipo fundamental proviene de que, por un lado, tienen un carácter arquitectónico sobre las estructuras existentes en determinados territorios y en industrias específicas (Freeman, 2002; Malerba y Orsenigo, 1997) y, por el otro, cuentan con la capacidad de reconfigurar las condiciones de competencia y de estructurar nuevas posiciones de centralidad y dominio en el interior de una rama (Kaplinsky, 1998; Altenburg *et al.*, 2008). En el nivel mesoeconómico, el carácter de innovación fundamental emerge en la medida en que logra establecerse un nuevo diseño dominante y que este se articula con los activos complementarios a partir de los cuales es posible revolucionar los procesos y productos existentes (Abernathy y Utterback, 1978; Teece, 1986).

Un aspecto de particular interés para pensar potenciales cambios de posición en la estructura es que el proceso adquiere un carácter cíclico

en la medida en que el propio efecto de la innovación es la obsolescencia de los diseños existentes y la reducción del espacio potencial para apropiarse de rentas innovativas (Pérez, 2010; Kaplinsky, 1998). Se trata de períodos en los cuales un determinado diseño no logra imponerse como dominante, situaciones en las que conviven las tecnologías declinantes con las emergentes (Pistorius y Utterback, 1997). Esta situación de transición paradigmática implica un *impasse* sobre la estructura existente y habilita el despliegue de nuevos actores, estrategias y prácticas productivas que tienen el potencial de cuestionar la inmovilidad de las posiciones adquiridas. De este modo, si bien el momento de transición paradigmática está asociado a una reducción temporal de las barreras a la entrada e implica, como plantea Pérez (2001), una “ventana de oportunidad” para los países que ocupan un papel periférico en una determinada industria, el desplazamiento de las posiciones dominantes es solo parcial, ya que estas se apoyan en recursos y capacidades más genéricos construidos a lo largo del tiempo, que no son tan fáciles de desafiar (Malerba *et al.*, 1997; Hikino y Amsden, 1995).

En el caso de la Argentina, su industria nacional se destaca no solo por su capacidad para producir innovaciones complementarias a la fundamental (tanto en materia de mejoramiento vegetal convencional como de protección de cultivos, en particular en el segmento de bioinsumos), sino también por contar con un sistema científico de cierta relevancia y una base empresarial de creciente dinamismo, aunque lejos aún de las trayectorias nacionales de innovación de los principales países que operan en esta industria (Bisang, 2022; Stubrin, 2022; O’Farrel *et al.*, 2022; Sztulwark y Girard, 2017). En ese marco, el abordaje de la respuesta nacional argentina ante la emergencia de un proceso de transición paradigmática como el que se está viviendo en la industria agrobiotecnológica mundial demanda considerar en qué medida se está produciendo un cambio en la trayectoria de innovación existente. Ello implica tener en cuenta la dirección estratégica de este proceso, que se verifica al nivel de las capacidades nacionales en torno a la innovación fundamental emergente, del despliegue y la articulación de los activos complementarios de la industria, y de la definición y adecuación de los estándares regulatorios y las reglas de apropiación.

El objetivo de este trabajo es, en consecuencia, analizar la respuesta que se viene produciendo en la Argentina ante los cambios en el escenario de la industria agrobiotecnológica mundial a partir de la difusión, durante la última década, de la edición génica como innovación emergente. Para

abordar esta problemática, se propone un análisis que integra la escala global con la nacional y asume una perspectiva de tipo estratégica, en el sentido de identificar, a partir de un conjunto de categorías de análisis, los límites y las oportunidades que estas transformaciones estructurales presentan para la trayectoria nacional de innovación existente en esta industria. El marco analítico propuesto vincula la trayectoria tecnológica de la industria con su configuración institucional, distinguiendo, por un lado, entre innovación fundamental y complementaria y, por otro, entre los aspectos regulatorios que inciden sobre la definición del propio estándar de producto de aquellos que afectan las reglas de apropiación.

Desde el punto de vista metodológico, el trabajo se apoya en una revisión de la bibliografía internacional especializada sobre el tema, con foco en las dimensiones de análisis señaladas; en la recolección y el análisis de información estadística proveniente de bases de datos nacionales e internacionales; y entrevistas semiestructuradas realizadas a referentes clave de la industria y del sistema de innovación agrobiotecnológico de la Argentina.²

El capítulo se organiza de la siguiente manera. En primer lugar, se presenta una caracterización sucinta, basada en los contenidos desarrollados en el capítulo 3 de este libro, del proceso de transición paradigmática que se está viviendo en la industria agrobiotecnológica mundial a partir de la difusión de la edición génica como innovación emergente. Luego, el trabajo aborda los elementos de la respuesta nacional que se viene produciendo en la Argentina, que remiten a las capacidades nacionales que se desarrollan en torno a esta innovación emergente, a la rearticulación entre esta y los activos complementarios de la industria y a la reconfiguración del marco institucional. Finalmente, se presentan las conclusiones del trabajo.

² Las entrevistas utilizadas se enmarcan en el trabajo de campo realizado durante los años 2021 y 2023, en el marco del proyecto PICT 2018-03700, financiado por la Agencia Nacional de Promoción de la Investigación, el Desarrollo Tecnológico y la Innovación de Argentina.

Transición paradigmática en la industria agrobiotecnológica mundial

Signos de agotamiento de la transgénesis

La transgénesis ha marcado la dinámica de la innovación y la producción agrícola en los últimos treinta años. Sin embargo, transcurrido este tiempo esta innovación fundamental exhibe algunos rasgos de agotamiento. En primer lugar, esta tecnología solo logró difundirse en un número reducido de cultivos. Así, solo cuatro de ellos (soja, maíz, algodón y canola) concentran el 99,1% de la superficie mundial sembrada con transgénicos. En segundo lugar, la totalidad de los productos transgénicos que lograron llegar al mercado se concentran en la modificación de solo dos rasgos agronómicos: tolerancia a herbicidas y resistencia a insectos (ISAAA, 2019), mientras que las mejoras en la calidad y las modificaciones a cultivos no tradicionales no lograron instalarse comercialmente (Sztulwark y Girard, 2016).

En tercer lugar, la transgénesis presenta una limitación técnica: la imposibilidad de conocer *a priori* en qué parte específica del genoma se insertará el gen foráneo provoca la aleatorización de la transformación, lo que impacta en los costos y tiempos de desarrollo. En cuarto lugar, la liberación de un transgénico insume altos costos regulatorios, en la medida en que estos deben atravesar un estricto proceso para demostrar su inocuidad ambiental y sanitaria. Estos procesos imponen importantes barreras a la entrada para nuevos actores que desarrollen cultivos transgénicos.

En quinto lugar, la regulación de la propiedad intelectual de la innovación en transgénesis se caracteriza por la superposición de marcos institucionales que actúa como desincentivo para la innovación. Así, mientras que los genes y las secuencias de genes modificados son patentables y se encuentran protegidos por medio de la Ley de Patentes, las obtenciones vegetales quedan protegidas por el sistema de derechos de obtentor (Ley de Semillas). Por último, la percepción pública sobre la transgénesis ha sido motivo de controversias y conflictos debido a que ciertos sectores sociales consideran que resulta una amenaza para la sociedad y el ambiente (Kiran y Pandey, 2020), lo que condiciona el desarrollo y la aceptación de esta tecnología (Wunderlich y Gatto, 2015).

La edición génica como técnica emergente

Estos signos de agotamiento de la transgénesis vegetal en calidad de innovación fundamental se dan concomitantemente con la emergencia de la edición génica como nuevo vector de cambio. De este modo, puede considerarse como un proceso de transición paradigmática en la industria agrobiotecnológica mundial, en el que conviven ambas tecnologías sin que aún se consolide un nuevo diseño dominante.

La edición génica hace referencia a un conjunto de NBT que utilizan sofisticados mecanismos de biología molecular para cortar, insertar o silenciar secuencias de ADN, y de este modo “editar” el genoma de una planta. La edición génica y, en particular, la herramienta más difundida, CRISPR-Cas9, tiene ventajas respecto de las técnicas de mejoramiento vegetal existentes (tanto las técnicas tradicionales como la transgénesis), puesto que son más precisas para lograr las transformaciones buscadas al reducir la aleatoriedad y los efectos no deseados de las modificaciones. De allí surgen ventajas como los menores tiempos de desarrollo (al disminuir los procesos de prueba y error) y, en correlato, una reducción de los costos del proceso de innovación. Estos cambios podrían inducir una disminución de las barreras tecnológicas a la entrada para el desarrollo de nuevos productos (Tylecote, 2019) y de nuevos actores de menor escala (Martín Mariani, comunicación personal, 26 de agosto de 2022). Asimismo, al no requerir la introducción de genes de otras especies, las mejoras alcanzadas pueden asimilarse a las que podrían haberse dado naturalmente o mediante técnicas convencionales, factor que podría incidir positivamente en la percepción pública.

Conviene, no obstante, mencionar que las ventajas descriptas deben matizarse, ya que las técnicas de edición génica exigen un conocimiento amplio del genoma del organismo a editar, no solo de la secuencia, sino además de la funcionalidad de los genes, lo que podría constituir en sí mismo una barrera a la entrada para aquellos actores que operen en sistemas de innovación de baja complejidad (Feingold, *et al.*, 2018) y sesgar el desarrollo hacia cultivos comercialmente más difundidos (como la soja, el maíz o el trigo) (Martín Mariani, comunicación personal, 26 de agosto de 2022).

Respecto al tipo de productos, si bien la edición génica permite generar mejoras de los atributos de primera generación (la introducción de nuevos rasgos agronómicos), donde esta técnica parece tener un mayor potencial es en el desarrollo de atributos de segunda generación (vinculados a la

calidad de los alimentos o de los cultivos, como mejoras nutricionales o reducción de la toxicidad) (Massa *et al.*, 2021).

Activos complementarios

La difusión de los productos que se derivan de la transgénesis vegetal no se dio de un modo aislado, sino que implicó un proceso de articulación con otras innovaciones y la conformación de un paquete tecnológico y comercial.

El germoplasma constituye un activo complementario indispensable para la difusión de un evento transgénico debido a que permite adaptar la semilla mejorada a las condiciones agronómicas de un territorio específico. Incluso cuando la mejora genética ocurre a partir de técnicas de edición génica, el material genético adaptado a las condiciones locales sigue siendo necesario para la difusión de estas semillas. Sin embargo, un elemento de cambio respecto de la transgénesis es que en el caso de la utilización de las técnicas de edición génica la modificación genética podría realizarse directamente sobre el germoplasma ya mejorado. Esto permitiría invertir la secuencia temporal que debía cumplirse con la utilización de la transgénesis: primero el desarrollo del evento y luego su introducción en el germoplasma de élite (Carlos Pérez, comunicación personal, 23 de septiembre de 2022; Martín Mariani, comunicación personal, 26 de agosto de 2022). Así, podrían ocurrir diferentes alianzas entre empresas que realizan mejoras a partir de técnicas de edición génica y semilleros de distintas partes del mundo, cuyo material sería editado directamente. Asimismo, los mejoradores de variedades podrían incursionar en el empleo de esta nueva tecnología a fin de acelerar sus procesos de mejoramiento. De este modo, se podría producir un nuevo modo de articulación entre la innovación fundamental y la complementaria, en un modelo que tiende a ser más interactivo.

Respecto al segundo activo complementario, los insumos para la protección de cultivos, el uso intensivo de productos químicos muestra signos de agotamiento vinculados tanto a su eficacia productiva (costo creciente para el desarrollo de nuevos productos) como a los cuestionamientos ambientales que recibe el modelo de producción dominante. En este contexto, emergen elementos de cambio que podrían tener impacto sobre el devenir de la innovación fundamental. Por ejemplo, nuevos cultivos adaptados a químicos de menor toxicidad (Nishimoto, 2019) o

el desarrollo de bioinsumos (productos de protección y estimulación de cultivos de base biológica), que podrían ser sustitutos de los productos de base química.

Por último, el tercer activo complementario lo constituyen las nuevas tecnologías digitales aplicadas al sector agrícola, las cuales proveen herramientas que permiten optimizar la aplicación del propio paquete tecnológico (Deconinck, 2020). Estas tecnologías digitales podrían actuar como un poderoso activo complementario de tipo comercial para asociar la venta de los insumos del complejo químico-biológico con la provisión de los servicios informáticos.

Marco institucional

La consolidación de la edición génica como una innovación fundamental demanda no solo una nueva articulación con los activos fundamentales de la industria, sino también una reconfiguración del marco institucional que regula esta actividad, especialmente en relación con las reglas de apropiación de la renta de innovación y los estándares regulatorios para la liberación comercial de nuevos productos.

En lo referido a las reglas de apropiación, la propiedad intelectual de los cultivos transgénicos se ha regido por leyes de patentes, mientras que las obtenciones vegetales han estado sujetas a sistemas de protección sui géneris. Esta superposición de marcos regulatorios ha dificultado la protección de las innovaciones biotecnológicas, especialmente cuando se trata de especies autóгамas que pueden ser reproducidas por los agricultores sin pérdidas significativas en el rendimiento de los cultivos (Rapella, 2020).

Sin embargo, con la edición génica, la reducción de la aleatoriedad en el proceso de desarrollo de nuevas variedades podría facilitar la protección a través de patentes del método por el cual se obtuvo la semilla editada (Martín Lema, comunicación personal, 23 de agosto de 2022). No obstante, esta mayor facilidad no altera los mecanismos de apropiación, que siguen siendo similares a los de los productos derivados de la transgénesis, principalmente concentrados en acuerdos a partir del otorgamiento de licencias. En este sentido, las técnicas de edición génica han generado un aumento significativo en las solicitudes de patentes a nivel mundial y un incremento de la complejidad del entorno de patentes, que

puede involucrar la existencia de patentes relacionadas (y, por lo tanto, de licencias) de múltiples entidades (Bagley, 2021).

Otro elemento del marco institucional lo constituye el estándar regulatorio. En este caso, se observan cambios que podrían afectar de forma significativa la trayectoria sectorial de innovación de esta industria. Esto se debe a que se observa una tendencia internacional a que los productos derivados de la edición génica no sean incluidos en la definición de OGM, si no implican una nueva combinación de material genético. En consecuencia, esto ha llevado a una redefinición de algunos marcos regulatorios nacionales, en relación con los productos editados genéticamente, exceptuándolos de atravesar las estrictas regulaciones que se han impuesto a los transgénicos.

En consecuencia, las muy altas barreras regulatorias que afectan a los productos transgénicos podrían tener un impacto menor en los productos derivados de la edición génica si ellos no son considerados como OGM. Actualmente, diversos países de América Latina, Estados Unidos y China redefinieron sus marcos regulatorios en esta dirección. Así, en estos países se decidió tratar los productos editados genéticamente que no contengan material genético de otras especies, con criterios regulatorios similares a los aplicados para las variedades mejoradas por técnicas convencionales. En sentido contrario, la Unión Europea considera cualquier producto editado genéticamente como OGM, pero se encuentra en curso un debate público sobre posibles cambios en su marco regulatorio dado que la Comisión de Salud y Seguridad Alimentaria de la Unión Europea considera que las nuevas técnicas genéticas pueden promover la sustentabilidad de la producción agrícola (Dederer y Hamburger, 2019; Comisión de Salud y Seguridad Alimentaria de la Unión Europea, 29 de abril 2021).

Sobre la respuesta nacional de la Argentina

Capacidades tecnoproductivas en torno a la innovación fundamental

Para el abordaje de la trayectoria nacional de innovación que se viene desplegando en la industria agrobiotecnológica argentina y, en particular, de las capacidades tecnoproductivas que se desarrollan en torno a la edición génica como tecnología emergente, en esta sección se revisa la estructura de actores empresariales que participan en el sector, así

como sus vinculaciones con el resto del sistema científico-tecnológico y los mecanismos y las políticas que apuntalan los procesos de innovación.

En lo que concierne a la base empresaria del sector biotecnológico, el país presenta un proceso dinámico y sostenido de crecimiento que se inicia en la década del ochenta con la instalación de las primeras firmas dedicadas a la biotecnología. Desde entonces, la estructura del sector se ha ido complejizando con mayor intensidad desde la década del noventa, con la creación de pequeñas y medianas empresas (Pymes) nacionales que se involucraron en desarrollos tecnológicos propios, aprovechando oportunidades de bajos costos regulatorios, nichos de productos específicos o mercados de baja escala, es decir, aquellos espacios que las EMN no abordaban. A ello se suma en la última década el surgimiento de un número considerable de emprendimientos productivos (las llamadas *startups*) que se orientan al desarrollo de innovaciones que tienen potencialmente un alcance global, haciendo frente a los desafíos que ello plantea.³ También en estos años se observa la consolidación de algunos grupos empresarios nacionales de biotecnología que crecieron mediante la adquisición de Pymes y distintas estrategias de vinculación con el sistema científico y con EMN (O'Farrell *et al.*, 2022a; Stubrin, 2022).

De este modo, luego de cuatro décadas el país cuenta con entre 150 y 200 empresas biotecnológicas, lo que lo ubica entre los 15 países con mayor número de estas. Aunque a una distancia importante de los principales, supera considerablemente a los demás países de ingreso medio (O'Farrell *et al.*, 2022b).

El perfil innovador de este conjunto de empresas es heterogéneo. De acuerdo con la encuesta de I+D del sector empresario biotecnológico en la Argentina (MinCyT, 2021), durante el año 2019 el 89% de las firmas consideradas realizaron mejoras a los productos biotecnológicos existentes o lanzaron nuevos productos cuya novedad se limita al alcance nacional. Por el contrario, solo el 11% del total lanzaron innovaciones biotecnológicas de alcance internacional. De este modo, se fue configurando un perfil empresarial centralmente adaptativo de las grandes innovaciones de la industria mundial, que convive con un acotado número de firmas que fue desarrollando un perfil innovativo de vanguardia.

³ De acuerdo con la información difundida por la Cámara Argentina de Biotecnología, en la actualidad existen 93 *startups* de base biotecnológica. Disponible en: <https://www.cabiotec.com.ar/acerca-de-la-cab>.

La expansión del sector empresario no fue aislada; el sistema científico-tecnológico argentino evidenció *pari passu* un incremento de sus capacidades biotecnológicas. Esto incluye el aumento de la oferta académica con carreras de grado y posgrado, el incremento en el número de investigadores en las disciplinas afines radicados en institutos y centros de investigaciones dependientes del Conicet, las universidades nacionales y el INTA y, por consiguiente, las capacidades del sistema para desarrollar conocimiento relevante para las innovaciones biotecnológicas (Stubrin, 2022; MinCyT, 2016).

Asimismo, las interrelaciones entre actores del sistema científico y las empresas fueron creciendo en número y adoptando distintas formas a lo largo de estos años. Desde los primeros vínculos en la transferencia de conocimientos y formación de recursos humanos para el sector privado se fue evolucionando hacia interacciones más estrechas que involucran conocimientos de ambos sectores y la creación de acuerdos y empresas que asocian a actores públicos y privados. En este proceso de vinculación han cobrado un rol preponderante las estructuras intermedias como las incubadoras, primero, y más recientemente las aceleradoras de empresas, acompañando la creación de Pymes y *startups* (Stubrin, 2022). La presencia de este tipo de organizaciones⁴ que articulan el capital de riesgo con proyectos de innovación de base biotecnológica nacional, que han sido, en muchos casos, producto del financiamiento público en sus etapas tempranas, constituye un elemento central de novedad en la evolución del sector y de su creciente grado de integración con las dinámicas del capital financiero nacional e internacional.

Un aspecto de particular relevancia al analizar las capacidades de los actores que desarrollan actividades productivas vinculadas a la biotecnología es el rol de las políticas públicas que influyen en su desarrollo. Específicamente, las políticas de ciencia y tecnología y de las orientadas al sector productivo. En efecto, la política científica también evolucionó en este período acompañando al desarrollo biotecnológico de los organismos de ciencia y tecnología, y cada vez más al sector privado, particularmente en la creación de empresas.⁵ Dada la relevancia del sector

⁴ Al respecto, se destacan iniciativas como las de GRID X, la Aceleradora Litoral, CITEs, Aceleradora Bio.R y el fondo provincial SF500 (O'Farrell *et al.*, 2022a).

⁵ Un buen ejemplo de esta dinámica se manifiesta en el caso de algunas empresas biotecnológicas surgidas en el seno del Conicet, como Chemtest, Ckapur, Infira y Microgénesis, o de otros emprendimientos como Argentag, Beeflow o Inmnova, que se desarrollaron a partir de tecnologías licenciadas por la misma institución.

biotecnológico desde la década del noventa, se observa la creación de programas, fondos y líneas específicas así como su incorporación en los planes estratégicos de ciencia, tecnología e innovación que se formularon durante las primeras dos décadas del presente siglo. Sin embargo, los niveles de inversión en I+D son relativamente bajos y han sufrido cierta inestabilidad vinculada a las dificultades macroeconómicas, lo que pone en juego la continuidad del crecimiento del entramado empresarial (Sztulwark y Girard, 2017).

Por su parte, la política orientada al sector productivo, si bien pueden identificarse algunos instrumentos, ha sido el eslabón más débil. Entre estos instrumentos se destacan los beneficios impositivos que otorga la Ley de Biotecnología n° 26.685 y los Fondos de Capital Semilla creados por la Ley n° 27.349 de Capital Emprendedor y gestionados por las aceleradoras, que han permitido la multiplicación de las pequeñas empresas, especialmente *startups*, en los últimos años (Stubrin, 2022).

Resultan de particular interés para este trabajo las empresas que se dedican al desarrollo de innovaciones aplicables a la producción vegetal, las cuales representan el 25% del total de empresas biotecnológicas de la Argentina. Por su parte, la cantidad de proyectos de I+D relacionados con el área de aplicación de producción vegetal representa el 22,3% del total, magnitud solo superada por el área de productos farmacéuticos que constituye el 38,6% del total. Finalmente, el segmento de producción de semillas posee un porcentaje de inversión en I+D con relación a las ventas de productos biotecnológicos del 17,7%, que contrasta con el 3,2% promedio del universo total de empresas biotecnológicas en la Argentina (MinCyT, 2021).

En este contexto, la edición génica apareció recientemente como una de las técnicas utilizadas por varios de los actores empresarios y del sistema científico-tecnológico de la biotecnología para la investigación en semillas. En efecto, los datos de las presentaciones a la Instancia de Consulta Previa de la CONABIA, que es el sistema que permite considerar el estatuto regulatorio de un producto aunque se encuentre en una fase temprana de su desarrollo, revelan que entre 2015 y 2021 se realizaron 35 presentaciones, de las cuales el 86% corresponden a proyectos de edición génica, mientras que el resto utiliza otras de las nuevas técnicas de la biotecnología. En cuanto al tipo de actores, estos datos muestran que el 60% son privados, el 31% son organismos públicos y el 9% restante son organismos mixtos. Además, la mayor parte de estas consultas, el 66%, fueron realizadas por actores nacionales (Goberna *et al.*, 2022).

Si bien los proyectos presentados a consulta tienen diferentes grados de avance (el 60% son desarrollos hipotéticos y el 40% son productos reales), Goberna *et al.* (2022) señalan dos características distintivas del avance de la edición génica en la Argentina respecto de lo que fue el caso de la transgénesis: por un lado, el número de eventos sometidos a consulta ha crecido de forma significativamente más acelerada, al menos en los primeros seis años desde que fue puesto en práctica el sistema de consultas. Por el otro, el elevado peso relativo de los actores locales en las consultas presentadas, que se opone a lo ocurrido en el caso de la transgénesis.

Más allá de la información agregada, a partir de entrevistas realizadas, así como el relevamiento de información de prensa y otras fuentes secundarias especializadas, es posible identificar algunos casos emblemáticos de empresas que, por su elevada relevancia tecnológica y su alto potencial económico, vienen desarrollando capacidades de innovación avanzadas en torno a la tecnología emergente de esta industria. Así, entre las empresas nacionales de la industria agrobiotecnológica se destaca el caso de Bioceres, grupo empresarial argentino de alcance global, que si bien tiene como emblema la tecnología transgénica de resistencia al estrés hídrico, está avanzando en el uso de la edición génica en soja para mejorar la calidad nutricional y en trigo para aumentar el contenido de fibra, extender el tiempo de conservación de la harina y reducir la cantidad de gluten, a partir de un convenio con la empresa norteamericana Arcadia (Martín Mariani, comunicación personal, 26 de agosto de 2022). Por su parte, Bioheuris es una empresa más joven que viene desarrollando innovaciones de alcance global en torno al uso de técnicas de edición génica para el desarrollo de semillas de soja, sorgo, arroz y algodón (y se encuentra diseñando proyectos en alfalfa, maíz y maní) resistentes a herbicidas de menor toxicidad que los existentes o que permitan reducir la cantidad de estos químicos (Carlos Pérez, comunicación personal, 23 de septiembre de 2022). Un tercer caso es el de Don Mario, empresa argentina líder mundial en el desarrollo de germoplasma para soja, que cuenta con un laboratorio especializado en el que aplica la edición génica sobre sus variedades comerciales de élite. Su proyecto más avanzado es una soja reducida en rafinosa, un azúcar que genera dificultades en la digestión (*Clarín*, 9/9/2023).

Asimismo, desde el sector público también se están llevando adelante algunos avances en edición génica vegetal. Pueden mencionarse algunos de estos proyectos como el del INTA sobre la papa resistente al pardeamiento enzimático, que se destaca por su grado de avance (desarrollada

en el Laboratorio de Agrobiotecnología, EEA Balcarce, a cargo de Sergio Feingold y Gabriela Massa). También, aunque con distintos grados de avance, el INTA trabaja en edición génica en alfalfa, soja, girasol, lechuga, trigo, entre otros cultivos (Dalia Lewi, 28 de octubre de 2019). Asimismo, en el Instituto de Agrobiotecnología del Litoral (Conicet-Universidad Nacional del Litoral [UNL]) están llevando adelante un proyecto de edición génica de arroz resistente a la salinidad del suelo (Raquel Chan, comunicación personal, 19 de agosto de 2023).

En síntesis, la trayectoria de innovación que viene siguiendo la Argentina en torno a la nueva innovación fundamental emergente revela la existencia de una base empresarial y un sistema científico y tecnológico de cierta relevancia internacional, aunque lejos aún de la envergadura de los principales centros de innovación del mundo. En ese marco, se verifican algunas iniciativas de alto potencial para avanzar hacia un sendero de innovación que pueda ir sorteando el perfil esencialmente adaptativo de la trayectoria nacional existente. El problema, sin embargo, no se agota en las capacidades tecnológicas. Para comprender la dinámica de la respuesta nacional, se requiere considerar un conjunto de elementos más amplios, que incluyen tanto la articulación entre la innovación fundamental con los activos complementarios de la industria como el proceso de reconfiguración de su marco institucional.

Activos complementarios

La difusión de la transgénesis vegetal en la Argentina desde mediados de los años noventa del siglo pasado vino de la mano de una reconfiguración más general del mercado de insumos agrícolas. El elemento principal de novedad tuvo que ver con el armado del paquete tecnológico constituido en torno a dos eventos biotecnológicos dominantes (el de la tolerancia a herbicidas y la resistencia al ataque de insectos), de su introducción de un germoplasma de élite adaptado a las condiciones agrícolas de las diferentes regiones del país y de su complementariedad con productos agroquímicos, como el caso del herbicida glifosato.

Este paquete tuvo un claro comando del conjunto de grandes firmas multinacionales que dominan el mercado de insumos agrícolas a nivel mundial. En efecto, estas empresas fueron las que lograron la “desregulación” de los principales eventos biotecnológicos en la Argentina, las que dominaron la venta de los productos químicos asociados y las que

gobernaron la relación entre evento biotecnológico y germoplasma de élite, ya sea a través del proceso de integración vertical (EMN que desarrollaron en el país programas de mejoramiento vegetal o que adquirieron firmas locales que ya los tenían desarrollados) o que licenciaron esta tecnología a empresas semilleras locales. Los problemas de inapropiabilidad en el caso de las especies autóгамas dieron el marco para un mayor protagonismo de las empresas nacionales en este segmento, con ejemplos destacados como el de Don Mario en el caso de la soja (Bisang, 2022; Sztulwark, 2012). Durante la última década, y en el marco del proceso de transición paradigmática que está viviendo la industria agrobiotecnológica mundial, se vienen produciendo una serie de cambios que afectan la trayectoria nacional en torno a los activos complementarios de esta industria.

En el caso del germoplasma, se destaca la consolidación de una empresa nacional, Don Mario, como líder mundial en el segmento de germoplasma para soja. Esta empresa, como fue mencionado, está aprovechando las potencialidades tecnológicas de la edición génica para el desarrollo de nuevas variedades, en una potente articulación entre innovación fundamental y activos complementarios. En el caso de Bioheuris, su foco de innovación aplica directamente a producir de un modo sistemático esta nueva articulación. Esto se evidencia en los acuerdos firmados con empresas semilleras locales que permiten aplicar la edición génica en germoplasma de élite, de nivel competitivo comercial, y que su vez permiten a esas empresas acceder a esta tecnología emergente (Rapela, 2020; Padin, 2022). El caso del Instituto de Agrobiotecnología del Litoral da cuenta, a su vez, de la ventaja de trabajar con germoplasma ya probado. En efecto, este organismo público se encuentra gestionando un acuerdo con el INTA para utilizar las semillas de arroz que han sido desarrolladas en la EAA-Concepción del Uruguay para la edición génica de este cultivo (Raquel Chan, comunicación personal, 19 de agosto de 2023).

En el caso del segmento de protección de cultivos, en un contexto mundial que revela signos de agotamiento del paradigma de intensificación química, el mercado sigue dominado por los principales actores de esta industria, posición que tendió a consolidarse por el agresivo proceso de fusiones y adquisiciones producido entre los años 2016 y 2018. Este proceso, a su vez, fue acompañado por la caída de patentes en algunos productos emblemáticos (como el caso del glifosato) y un incremento en el peso de productos genéricos de alto volumen, con un fuerte protagonismo de empresas chinas. En ese marco, se verifica en la Argentina la emergencia

de algunos jugadores de base nacional que están consolidando procesos de innovación e internacionalización productiva de cierta envergadura. Un caso es el de Red Surcos, empresa argentina que desarrolla nuevos herbicidas con base en nanotecnología y productos biológicos, a partir de una importante interacción con el sistema científico nacional. En el caso de los bioinsumos, un segmento de alto dinamismo mundial, se destacan tanto los avances que se vienen desarrollando en el INTA como el caso de la empresa Rizobacter, líder mundial en el segmento de inoculantes para soja. En este caso se trata, además, de una empresa que pertenece al grupo Bioceres, que de este modo se afirma como un jugador de base nacional capaz de articular el paquete tecnológico en varias de sus dimensiones principales. Estas experiencias dan cuenta de una ventana de oportunidad en el segmento de insumos de base biológica, plausible de ser aprovechada por los actores locales.

Finalmente, dado el creciente peso de las aplicaciones digitales a la producción agrícola, las grandes empresas del sector vienen utilizando este tipo de servicios no solo como un segmento dinámico de su negocio, sino también como un activo complementario de tipo comercial que sirve para una mayor fidelización de sus clientes. En el caso argentino, los grandes jugadores globales vienen desplegando sus propias plataformas digitales (Lachman *et al.*, 2022). El caso más destacado es el de la empresa Bayer con la tecnología Fieldview.⁶ A su vez, la demanda creciente de servicios digitales para el agro en el país encontró la respuesta de un conjunto de iniciativas nacionales en este rubro, entre las que se destacan el caso de Bioceres y su propia plataforma digital destinada a todos los productores que utilizan su tecnología HB4, como de un grupo de emprendimientos locales que tienen un alto potencial. De acuerdo con Lachman *et al.* (2022), en el país hay más de un centenar de este tipo de empresas, muchas de las cuales pudieron llevar sus operaciones a una escala regional o global.

⁶ Juan Farinati, presidente de Bayer Cono Sur, declaró a un medio nacional que “12 millones de hectáreas en el país están trabajando con FieldView, que es el 33% de la superficie agrícola argentina” (*Clarín*, 11/3/2023).

El estándar regulatorio

En el ámbito del desarrollo de semillas a partir del uso de técnicas de transgénesis, los marcos regulatorios actuales representan una barrera a la entrada para los actores más pequeños. Esto se debe a los altos costos que implica atravesarlos, los largos lapsos de tiempo que demandan y la complejidad de los procesos técnicos y administrativos.⁷

La normativa argentina está alineada con el Protocolo de Cartagena en términos ambientales y con el *Codex Alimentarius* en el ámbito alimentario. La Resolución n° 763/11 del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación establece que los cultivos transgénicos deben obtener tres dictámenes técnicos favorables para su comercialización: una evaluación de riesgo ambiental a cargo de la Comisión Nacional Asesora en Biotecnología Agropecuaria (CONABIA), una prueba de inocuidad y aptitud alimentaria realizada por el Servicio Nacional de Sanidad Agroalimentaria (SENASA) y un análisis del impacto en la producción y comercialización por parte de la Dirección de Mercados Agrícolas (Dalia Lewi, comunicación personal, 24 de noviembre de 2021). A su vez, es necesario obtener autorizaciones previas para llevar a cabo las etapas experimentales y, además, para comercializar un OGM se necesita la aprobación de cada país donde se pretenda licenciar o vender el producto. Esta regulación también alcanza los granos derivados de estas semillas, lo que implica atravesar otro proceso regulatorio de alcance internacional.

En lo que refiere a la edición génica, la Argentina fue uno de los primeros países en Sudamérica en regular los productos mejorados mediante estas técnicas.⁸ En 2015, el país instrumentó una regulación específica para las NBT, que incluye la edición génica con la Resolución n° 173/2015 del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca con base en el Protocolo de Cartagena. Así, la normativa argentina distingue entre OGM y mejoramientos que no implican la introducción de material genético foráneo. Si la edición génica genera mejoras utilizando variantes genéticas preexistentes, mediante la sobreexpresión o delección de un gen o un reemplazo alélico, la normativa no considera que se haya generado un nuevo

⁷ Los costos regulatorios mayores corresponden al abordaje del proceso regulatorio y el registro del evento. Dentro de estos últimos, los mayores costos se encuentran en la realización de las pruebas de bioseguridad (Dalia Lewi, comunicación personal, 24 de noviembre de 2021; Miguel Rapela, comunicación personal, 15 de noviembre de 2021).

⁸ La normativa argentina ha servido de ejemplo para el desarrollo del marco normativo de otros países que han aplicado principios similares.

material genético. Por lo tanto, se la considera como una transformación que podría haber tenido lugar naturalmente o mediante otras técnicas de mejoramiento convencionales, debido a que al tratarse de variantes genéticas preexistentes se reducen los riesgos ambientales con relación a los OGM (Dalia Lewi, comunicación personal, 24 de noviembre de 2021).

Para evidenciar lo anterior, los desarrolladores deben demostrar caso por caso el procedimiento utilizado, el proceso de mejoramiento, la determinación molecular de los cambios genéticos y presentar evidencia de los rasgos modificados. Esta Instancia de Consulta Previa de la CONABIA permite a los productores anticiparse a los requisitos regulatorios que deberán afrontar al poder presentar proyectos en una fase preliminar y, en función de ello, decidir qué tecnología aplicar (Lema, 2019).

En consecuencia, las características del marco regulatorio argentino para los desarrollos efectuados con técnicas de edición génica incentiva a los actores locales al uso de estas, al mismo tiempo que estimula la innovación local debido a que los procesos regulatorios son más accesibles en comparación con los requeridos para los productos obtenidos mediante transgénesis (Whelan *et al.*, 2020). Estas condiciones son coherentes con el hecho, mencionado previamente, del mayor protagonismo de los actores nacionales en los desarrollos con edición génica realizados en la Argentina respecto de lo que ocurría en el caso de la transgénesis vegetal (Goberna *et al.*, 2022).

Las reglas de apropiación

La aparición de nuevas técnicas productivas puede derivar en la reconfiguración del sistema de propiedad intelectual, que es un elemento central en los procesos de innovación. Al igual que con la transgénesis, las principales técnicas de edición génica utilizadas en el desarrollo de innovaciones vegetales están reguladas a través de patentes. No obstante, a diferencia de las herramientas utilizadas en la transgénesis, que se licenciaron rápidamente de forma exclusiva a empresas privadas (Graff *et al.*, 2003), las licencias otorgadas para las técnicas de edición génica dependen del uso específico al que se aplican. En este marco, la empresa Corteva Agriscience se ha convertido en líder en el otorgamiento de licencias de patentes CRISPR-Cas9, entre ellas se destaca una licencia para la realización de investigación académica que puede ser adquirida sin costo (Bagley, 2021).

En la Argentina, este tipo de licencia es la elegida por las instituciones mientras se encuentran en las fases de I+D de productos editados genéticamente. Sin embargo, una vez que la innovación está lista para su comercialización, las organizaciones deben adquirir una licencia onerosa específica para cultivos y semillas comerciales (Carlos Pérez, comunicación personal, 23 de septiembre de 2022). Esta licencia implica pagos como contraprestación de los objetivos comerciales alcanzados y regalías que varían según el tipo de cultivo y las características del mercado (Bagley, 2021).

Aunque esta licencia onerosa implica costos, no pareciera implicar una barrera importante para que actores pequeños y medianos participen en el desarrollo de innovaciones a través de técnicas de edición génica. En este sentido, se estima que el costo de utilizar la técnica CRISPR-Cas9 con fines comerciales representa entre el 5% y el 10% de las utilidades (Carlos Pérez, comunicación personal, 23 de septiembre de 2022).

Dentro de la configuración del sistema de propiedad intelectual, otro elemento central lo constituye la posibilidad de patentar la innovación del producto. En la Argentina las plantas no son patentables, lo que implica que no se pueden establecer derechos de propiedad sobre cultivos obtenidos mediante la intervención humana, incluidas técnicas de transgénesis o edición génica. Sin embargo, el Acuerdo sobre los Aspectos de los Derechos de Propiedad Intelectual Relacionados con el Comercio (ADPIC) establece que los Estados miembros deben proporcionar protección a las obtenciones vegetales a través de patentes, mediante un sistema eficaz sui géneris o por medio de una combinación de aquellas y este (art. 27.3.b). Así, la legislación argentina solo permite proteger por medio de la Ley de Patentes el método que fue utilizado para obtener una nueva variedad y los genes o secuencias de genes cuando estos fueron modificados por las personas (Martín Lema, comunicación personal, 23 de agosto de 2022), mientras que la variedad obtenida queda protegida únicamente por medio del sistema de derechos de obtentor regulado a partir de la Ley de Semillas.

Esta configuración del sistema de propiedad intelectual resulta en la superposición de dos regímenes distintos aplicables a las semillas biotecnológicas: la Ley de Semillas y la Ley de Patentes. Esto genera dificultades para la protección de las innovaciones biotecnológicas. Por otro lado, aún continúan los problemas de apropiabilidad de la renta de innovación, sobre todo en el caso de las semillas autógamas como la soja. En consecuencia, el uso y la aplicación de las nuevas técnicas de

edición génica hasta el momento no implicó modificaciones relevantes en el sistema de propiedad intelectual ni en las consecuencias de este sobre la industria de semillas.

Conclusiones

Durante la última década, con la irrupción de las técnicas de edición génica y los signos de agotamiento de la transgénesis vegetal como innovación fundamental, se viene asistiendo a un período de transición paradigmática en la industria agrobiotecnológica mundial. Este escenario de *impasse* tecnológico habilita la pregunta por las condiciones de estructura de esta industria y de una eventual ventana de oportunidad para los países que cuentan con algunas capacidades tecnológicas acumuladas pero que hasta el momento no habían logrado iniciar un movimiento hacia las etapas más complejas del proceso de innovación.

Los elementos de cambio asociados a la edición génica como tecnología emergente tienen que ver, por un lado, con la posibilidad, aún en proceso de definición, de que los productos desarrollados por esta vía puedan tener un estándar regulatorio equivalente al de los productos mejorados con técnicas convencionales, lo que implicaría una significativa reducción de los costos de aprobación de los nuevos productos. El segundo elemento de novedad tiene que ver con las características tecnológicas de la edición génica y su impacto sobre la precisión, los tiempos y el costo para el desarrollo de nuevos productos. En el plano tecnológico, sin embargo, esas ventajas deben ser matizadas, ya que las técnicas de edición génica exigen un conocimiento amplio del genoma del organismo a editar, no solo de la secuencia, sino además de la funcionalidad de los genes, lo que podría constituir en sí mismo una barrera a la entrada para aquellos actores que operen en sistemas de innovación de baja complejidad.

En el caso argentino, la dinámica de esta industria estuvo marcada por una temprana adopción del paquete tecnológico asociado a la transgénesis vegetal, conformado principalmente por los eventos biotecnológicos, los agroquímicos y el germoplasma de élite. En el contexto de un marco institucional que estuvo más orientado a la difusión de la tecnología que a garantizar la apropiación de la renta innovativa, se produjo un marcado protagonismo de un conjunto de actores multinacionales que tuvieron la capacidad de articular el dominio de la innovación fundamental con

los activos complementarios de la industria. En ese marco, la trayectoria nacional de innovación del país siguió una vía de “adoptante temprano” de la innovación fundamental combinada con el desarrollo de algunas innovaciones complementarias.

En la última década, y ante el nuevo escenario de transición paradigmático, los principales vectores de cambio de esa trayectoria nacional de innovación fueron: (i) la conformación de un sistema de ciencia y tecnología nacional con proyectos específicos en materia de edición génica de cierta relevancia internacional, aunque con niveles relativamente bajos en la escala de inversión; (ii) una creciente base nacional de empresas orientadas a la biotecnología agrícola, y en particular con una nueva dinámica de emprendimientos asociada tanto al sistema público de ciencia y tecnología como a nuevas estructuras de financiamiento relacionadas con el capital de riesgo; (iii) la emergencia de un muy acotado conjunto de empresas de creciente relevancia mundial, que vienen produciendo avances significativos tanto en materia de innovación fundamental como en el armado del propio paquete tecnológico; y (iv) el desarrollo de un marco regulatorio nacional que convalida un tratamiento de los productos de la edición génica como equivalente a los desarrollados por métodos convencionales y que presenta, en este campo, una novedosa instancia de consulta temprana.

En síntesis, la respuesta nacional ante el nuevo escenario de la industria agrobiotecnológica mundial implicó la consolidación de un sistema científico y tecnológico de cierta relevancia internacional y una base empresarial de un creciente dinamismo, aunque lejos aún de lo que ocurre en los países que lideran la innovación fundamental en esta industria. La posibilidad de avanzar hacia una profundización de esa trayectoria implica promover un aumento significativo en la escala de I+D y desarrollar una masa crítica de actores que sea capaz de articular la innovación fundamental con los activos complementarios de esta industria. Esto plantea repensar la orientación estratégica de la respuesta nacional, sobre todo cuando el desafío es articular y movilizar un conjunto heterogéneo y limitado de recursos (científicos, tecnológicos, productivos y financieros) hacia un foco estratégico común que aún no termina de consolidarse.

Bibliografía

- Abernathy, W. y Utterback, J. (1978). "Patterns of industrial innovation". *Technology Review*, vol. 64, n° 7, pp. 254-228. Disponible en: <http://teaching.up.edu/bus580/bps/Abernathy%20and%20Utterback%2C%201978.pdf>.
- Altenburg, T.; Scmitz, H. y Stamm, A. (2008). "Breakthrough? China's and India's transition from production to innovation". *World Development*, vol. 36, n° 2, pp. 325-344. Disponible en: 10.1016/j.worlddev.2007.06.011.
- Bagley, M. (2021). *Edición génica aplicada a la agricultura. Políticas de patentes y licencias CRISPR en América Latina*. Documento para discusión, n° 876. Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Disponible en: 10.18235/0003409.
- Bisang, R. (2022). "Del sector agropecuario a las redes agroindustriales: revisando supuestos del modelo *de Stop and Go*". *Desarrollo Económico*, vol. 62, n° 236, pp. 1-26. Disponible en: <https://www.jstor.org/stable/48695943>.
- Bonny, S. (2017). "Corporate concentration and technological change in the global seed industry". *Sustainability*, vol. 9, n° 9, p. 1632. Disponible en: 10.3390/su9091632.
- Clarín (11/3/2023). "Juan Farinati: 'La forma en que se hace agricultura en la Argentina es algo que nos pone en la vitrina'". *Suplemento Rural*.
- (9/9/2023). "La genética en soja sigue siendo una carta ganadora en una campaña desafiante". *Suplemento Rural*.
- Comisión Europea (29/4/2021). "Biotechnologies. Commission seeks open debate on New Genomic Techniques as study shows potential for sustainable agriculture and need for new policy". Comunicado de Prensa. Disponible en: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_21_1985.
- Deconinck, K. (2020). "Concentration in seed and biotech markets. Extent, Causes, and Impacts". *Annual Review of Resource Economics*, vol. 12, n° 1, pp. 129-147. Disponible en: 1146/annurev-resource-102319-100751.

- Dederer, H. y Hamburger, D. (2019). *Regulation of genome editing in plant biotechnology*. Cham: Springer International Publishing.
- Feingold, S.; Bonnacarrère, V.; Nepomuceno, A.; Hinrichsen, P.; Cardozo Tellez, L.; Molinari, H.; Barba, P.; Eyherabide, G.; Ceretta, S. y Dujack, C. (2018). “Edición génica: una oportunidad para la región”. *RIA. Revista de Investigaciones Agropecuarias*, vol. 44, n° 3, pp. 424-427. Disponible en: <http://ref.scielo.org/7f5c49>.
- Freeman, C. (2002). “Continental, national and sub-national innovation systems-complementarity and economic growth”. *Research Policy*, vol. 31, n° 2, pp. 191-211. Disponible en: 10.4337/9781035306176.00011.
- Goberna, M.; Whelan, A.; Godoy, P. y Lewi, D. (2022). “Genomic editing. The evolution in regulatory management accompanying scientific progress”. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, n° 10. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fbioe.2022.835378>.
- Graff, G.; Cullen, S.; Bradford, K.; Zilberman, D. y Benett, A. (2003). “The public-private structure of intellectual property ownership in agricultural biotechnology”. *Nature Biotechnology*, vol. 21, n° 9, pp. 989-995.
- Hikino, T.; Amsden, A. y Wolfson, L. (1995). “La industrialización tardía en perspectiva histórica”. *Desarrollo Económico*, vol. 35, n° 137, pp. 3-34.
- ISAAA (2019). “Global status of commercialized biotech/gm crops in 2019. Biotech crops drive socio-economic development and sustainable environment in the new frontier”. *ISAAA Brief*, n° 55. Disponible en: <https://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/55/>.
- Kaplinsky, R. (1998). “Globalisation, industrialisation and sustainable growth. The pursuit of the nth rent”. *IDS Discussion Paper*, n° 365, University of Sussex.
- Kiran, U. y Pandey, N. (2020). “Transgenic food crops: public acceptance and IPR”. En Kiran, U.; Abdin, M. y Kamaluddin (eds), *Transgenic technology based value addition in plant biotechnology*, pp. 273-307. Academic Press.

- Lachman, J., Braude, H., Monzón, J., López, S., & Gómez-Roca, S. (2022). “El Agro 4.0: ¿Cómo puede Argentina transformarse en líder del nuevo paradigma tecnoproductivo?”, *Cuyonomics. Investigaciones en Economía Regional*, 6(10), Article 10. Disponible en: <https://doi.org/10.48162/rev.42.047>
- Lema, M. (2019). “Regulatory aspects of gene editing in Argentina”. *Transgenic Research*, vol. 28, n° 2, pp. 147-150. Disponible en: [10.1007/s11248-019-00145-2](https://doi.org/10.1007/s11248-019-00145-2).
- Malerba, F. y Orsenigo, L. (1997). “Technological regimes and sectoral patterns of innovative activities”. *Industrial and Corporate Change*, vol. 6, n° 1, pp. 83-117. Disponible en: [10.1093/icc/6.1.83](https://doi.org/10.1093/icc/6.1.83).
- Malerba, F.; Orsenigo, L. y Peretto, P. (1997). “Persistence of innovative activities, sectoral patterns of innovation and international technological specialization”. *International Journal of Industrial Organization*, vol. 15, pp. 801-826.
- MinCyT (2016). *Las empresas de biotecnología en Argentina*. Buenos Aires: MinCyT.
- (2021). *Actividades biotecnológicas en Argentina*. Buenos Aires: MinCyT.
- Nishimoto, R. (2019). “Global trends in the crop protection industry”. *Journal of Pesticide Science*, vol. 44, n° 3, pp. 141-147. Disponible en: [10.1584/jpestics.D19-101](https://doi.org/10.1584/jpestics.D19-101).
- O’Farrell, J.; Pizzo, F.; Freytes, C.; Demeco, L. y Aneise, A. (2022a). *Biotecnología agrícola en la Argentina Productos, técnicas y capacidades productivas hacia una agricultura sustentable*. FUNDAR. Disponible en: [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://fund.ar/wp-content/uploads/2022/06/Fundar-Biotecnologia_agricola_en_la_Argentina.pdf](https://fund.ar/wp-content/uploads/2022/06/Fundar-Biotecnologia_agricola_en_la_Argentina.pdf).
- (2022b). *Pilares de la innovación en la biotecnología agrícola argentina*. FUNDAR. Disponible en: https://www.fund.ar/wp-content/uploads/2022/06/Fundar_Pilares-de-la-innovacion-en-biotecnologia-agricola.pdf.
- Pistorius, C. y Utterback, J. (1997). “Multi-Mode interaction among technologies”. *Research Policy*, vol. 26, n° 1, pp. 67-84. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(96\)00916-X](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(96)00916-X).

- Pérez, C. (2001). “Cambio tecnológico y oportunidades de desarrollo como blanco móvil”. *Seminario La Teoría del Desarrollo en los Albores del Siglo XXI*, CEPAL, 28 y 29 de agosto, Santiago.
- (2010). “Dinamismo tecnológico e inclusión social en América Latina: una estrategia de desarrollo productivo basada en los recursos naturales”. *Revista CEPAL*, vol. 100, pp. 123-145. Disponible en: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/11357/100123145_es.pdf.
- Rapela, M. (2020). “La interacción entre los derechos de propiedad intelectual y los procesos de innovación abierta aplicados en el mejoramiento vegetal moderno”. *Revista Iberoamericana de la Propiedad Intelectual*, vol. 13, pp. 9-33. Disponible en: <https://riu.austral.edu.ar/handle/123456789/1086>.
- Shand, H.; Wetter, K. y Chowdry, K. (2022). *Barones de la alimentación 2022. Lucro con las crisis, digitalización y nuevo poder corporativo*. ETC Group. Disponible en: https://www.etcgroup.org/files/files/barones_completo-low_rev13dic_.pdf.
- Stubrin, L. (2022). “Un análisis del crecimiento de la actividad biotecnológica en la Argentina en clave sistémica (1982-2022)”. *Desarrollo Económico*, vol. 62, n° 236, pp. 50-78.
- Sztulwark, S. (2012). *Renta de innovación en cadenas globales de producción: el caso de las semillas transgénicas en Argentina*. Los Polvorines: UNGS.
- Sztulwark, S. y Girard, M. (2016). “Genetically modified seeds and the de-commodification of primary goods”. *International Journal of Biotechnology*, vol. 14, n° 2, pp. 132-150. Disponible en: 10.1504/IJBT.2016.077955.
- (2017). El desarrollo de la agrobiotecnología en Argentina desde una perspectiva de cambio estructural. *YURA: relaciones internacionales*, 14(2), 132-150.
- (2020). “La edición génica y la estructura económica de la agrobiotecnología mundial. Una mirada desde los países adoptantes”. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad-CTS*, vol. 15, n° 44, pp. 11-41. Disponible en: <http://ojs.revistacts.net/index.php/CTS/article/view/157>.

- Teece, D. (1986). "Profiting from technological innovation: Implications for integration, collaboration, licensing and public policy". *Research Policy*, vol. 15, n° 6, pp. 285-305. Disponible en: 10.1016/0048-7333(86)90027-2.
- Tylecote, A. (2019). "Biotechnology as a new techno-economic paradigm that will help drive the world economy and mitigate climate change". *Research Policy*, vol. 48, n° 4, pp. 858-868. Disponible en: 10.1016/j.respol.2018.10.001.
- Whelan, A; Gutti, P. y Lema, M. (2020). "Gene editing regulation and innovation economics". *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology, Policy and Practice Reviews*, vol. 8, p. 303. Disponible en: 10.3389/fbioe.2020.00303.
- Wunderlich, S. y Gatto, K. (2015). "Consumer perception of genetically modified organisms and sources of information". *Advances in Nutrition*, vol. 6, n° 6, pp. 842-851. Disponible en: 10.3945.

Capítulo 5

Proximidades frente a la convergencia tecnológica y la internacionalización de las tramas de maquinaria agrícola

Un estudio de caso en la Argentina¹

*Pablo Lavarello, Regina Vidosa, Damián Bil,
Luciana Guido, Federico Jelinski y Gonzalo Sanz Cerbino*

Introducción

Desde el inicio del milenio se atraviesa una nueva fase de difusión a nivel internacional de las TIC en ramas de proveedores de equipamiento para la agricultura. De esta manera, asistimos a una nueva fase de convergencia entre nuevas tecnologías transversales y trayectorias previas en donde la industria de MA es uno de los vectores de difusión del progreso técnico (Possas *et al.*, 1996). Estos procesos han sido estudiados para otras industrias de máquinas, herramientas y bienes de capital por Rosenberg (1963), para quien la convergencia resulta de la existencia de técnicas y actividades comunes entre distintas producciones, dando lugar a rendimientos crecientes dinámicos.

En este artículo nos focalizamos en cómo, a pesar del crecimiento en el uso de equipos con dispositivos electrónicos, la producción de MA argentina asimila las nuevas tecnologías bajo formas idiosincráticas. La

¹ Los aportes aquí citados corresponden a los resultados de las investigaciones realizadas en el marco de los siguientes proyectos: i) “*Tecnologías transversales, actividades difusoras de conocimiento y políticas de desarrollo en el territorio: Biotecnología, TIC y metalmecánica*” (P-UE 2017-2022); y ii) “*Complementariedad tecnológica y desarrollo regional: implicancias para las industrias de MA y agrobiotecnología en la región centro pampeana*” (PICT 2018-03700). Se agradecen los comentarios recibidos por el resto de los miembros del equipo de investigación.

revolución iniciada con la adopción del circuito integrado y el microprocesador en 1970 dio inicio a sucesivas oleadas de convergencia en sectores tradicionales. El aumento vertiginoso en la capacidad de procesamiento de los microprocesadores y la revolución del internet generó importantes oportunidades tecnológicas en la agricultura. Es así que desde 1990, esta dinámica reaparece en la tecnología agrícola a partir de la confluencia entre la industria de MA y la electrónica, dando lugar a la AdeP o agricultura 3.0. La incorporación de sensores y otros dispositivos –como monitores de rendimiento, banderilleros satelitales, etc.– a las maquinas e implementos agrícolas generó importantes ahorros en el uso de los insumos y el aumento del rendimiento por hectárea. Con la difusión de los sistemas georreferenciados y las oportunidades que brinda la interconexión de distintos dispositivos (IoT), se sientan las condiciones para la emergencia de la agricultura 4.0 o AgTech, donde un conjunto de algoritmos permite accionar sistemas de IA que posibilitan la adaptación a condiciones cambiantes de los cultivos (CEMA, 2017; Corsini *et al.*, 2015).

El denominado “clúster de la MA” ubicado en la región pampeana de la Argentina es una de las áreas privilegiadas de expansión de estas nuevas tecnologías (BID, 2013; CEPAL, 2019; Llachman *et al.*, 2021). Con un perfil claramente especializado en la agroindustria, este clúster se ubica en las provincias de Córdoba y Santa Fe que, junto con las de Buenos Aires y Entre Ríos, de forma conjunta representaron en 2022 el 76% del total de las exportaciones de la Argentina (Ministerio de Economía, 2022; CEPAL, 2021; CFI, 2023). Por su parte, la relevancia del clúster en esta región se expresa en el desarrollo histórico del sector de MA en este país (Bil, 2009). En este se ha constituido un aglomerado de establecimientos de fabricación de MA que se despliega entre las localidades de Marcos Juárez, en la provincia de Córdoba, y las localidades de Las Parejas y Armstrong, en Santa Fe. Esta aglomeración manufacturera que representa la mitad de los establecimientos de la industria de MA argentina emplea 60.000 personas directa e indirectamente, y se caracteriza por niveles de desempleo industrial sistemáticamente más bajos que el promedio nacional (BID, 2013; Alfaro, 2015; Cardozo, 2016; Kolyvakis *et al.*, 2016).

En este escenario, resulta relevante estudiar el proceso de convergencia en el clúster de MA desde una perspectiva regional. Este enfoque ayuda a comprender cómo la colocalización de proveedores de nuevas tecnologías digitales y fabricantes de MA participa en procesos de aprendizaje localizados. Diversos trabajos empíricos han buscado analizar el grado y la modalidad de difusión de las tecnologías digitales en la agricultura

argentina desde la perspectiva de los usuarios, mostrando cómo la adopción de los equipos no se tradujo linealmente en una mayor digitalización de los procesos agrícolas (Llachman *et al.*, 2021; Melchiori *et al.*, 2018). Desde una perspectiva diferente, el presente trabajo busca analizar la convergencia tecnológica desde un abordaje del cambio tecnológico y el aprendizaje en la producción. En particular, se indaga cómo la digitalización y las trayectorias preexistentes en la industria de MA argentina requieren ciertas condiciones de proximidad que trascienden la mera cercanía geográfica e involucran otras dimensiones organizacionales e institucionales.

La geografía económica evolucionista (Boschma, 2005) es un importante antecedente en esta dirección, ya que permitiría sostener que la proximidad geográfica no es condición necesaria ni suficiente para la convergencia entre las nuevas tecnologías digitales y las trayectorias metalmeccánicas de los proveedores locales de MA. Esto es de importancia en el marco de la creciente internacionalización de la industria y la centralización de las actividades de desarrollo tecnológico en los países de origen de las grandes multinacionales de la industria de MA. Aun en casos en los que no existen relaciones de control vertical por parte de las empresas de maquinaria agrícola y predominan formas de vinculación a partir de relaciones proveedor-usuario, la falta de cercanía puede ser compensada ya sea por la existencia de lazos de confianza en lo que puede denominarse “proximidad social”, ya sea por la existencia de una “proximidad institucional” a partir de estándares comunes entre las firmas líderes y los proveedores globales.

Este capítulo busca cualificar este enfoque y plantea como hipótesis que si bien la proximidad geográfica va perdiendo peso frente a la proximidad organizacional, social e institucional, continúa siendo relevante en períodos transitorios del proceso de convergencia tecnológica. En particular, la importancia de una u otra proximidad dependerá, por un lado, del momento del proceso de aprendizaje y, por el otro, de si el entramado se encuentra liderado por empresas locales o EMN. Sin embargo, aunque las dimensiones geográfica y organizativa son clave en el proceso, la dimensión institucional asume un papel central. Esto se refiere a la adopción por parte de las empresas de una pluralidad de estándares en un grado intermedio de proximidad institucional que evita el encerramiento (*lock in*) en una sola tecnología.

Luego, se presenta el abordaje conceptual y los elementos metodológicos del trabajo. Seguidamente, se exponen algunas características

generales de la convergencia tecnológica entre las TIC y la MA en la Argentina, y la proximidad geográfica, a partir de la colocalización entre empresas de MA y AdeP. Luego, se analiza el modo en que va cambiando la configuración de las diferentes proximidades –tecnológica, geográfica, institucional, social y organizacional– para los casos seleccionados. Por último, se resumen los resultados y se presentan las reflexiones finales.

Abordaje conceptual: las proximidades como condición para la convergencia tecnológica

Con la difusión de las TIC, se abren oportunidades de resolución de problemas tecnoeconómicos comunes en distintas industrias con trayectorias tecnológicas diferenciadas. Se posibilita así la reducción de los tiempos de producción y circulación, el ahorro en el uso de insumos y la mayor flexibilidad a condiciones cambiantes, sin necesidad de la intervención humana. En el caso de la maquinaria, la incorporación de microprocesadores, sensores y dispositivos de conectividad son algunos ejemplos de la convergencia entre la digitalización y la trayectoria metalmecánica.

Los procesos de convergencia tecnológica requieren esfuerzos tecnológicos por parte de las empresas para así poder adoptar y asimilar los nuevos desarrollos (Cohen y Levinthal, 1990). De ese modo, los procesos de convergencia tecnológica exigen alcanzar ciertos umbrales mínimos de I+D y aprendizajes internos para poder así absorber conocimientos codificados y tácitos resultantes de la interacción con proveedores, usuarios y la infraestructura de ciencia y tecnología (Antonelli, 1998).

Frente a ello, ciertos autores sostienen que para que la complementariedad sea posible, la colocalización es una condición necesaria (Asheim y Isaksen, 2002). El carácter tácito del conocimiento requiere la cercanía entre proveedores y usuarios para llevar adelante procesos de aprendizaje. Para otros autores, por el contrario, la proximidad geográfica no es condición necesaria ni suficiente para los aprendizajes tecnológicos (Boschma, 2005). Es posible que firmas con “alta proximidad geográfica” no logren colaborar en procesos innovativos o, por el contrario, que se puedan coordinar procesos de aprendizaje sin necesidad de proximidad geográfica.

En este sentido, en un esfuerzo de síntesis de abordajes evolucionistas, neoinstitucionalistas, de la sociología económica y del

institucionalismo americano, Boschma (2005) permite distinguir distintos tipos de proximidades.

- La proximidad tecnológica (o cognitiva) refiere a que es necesario un cierto grado de similitud entre bases de conocimiento complementarias para que estas puedan absorber los conocimientos (Cohen y Levinthal 1990; Antonelli, 1998). Es posible establecer un orden de magnitud de la proximidad tecnológica, siendo alta cuando distintas firmas u organizaciones tienen una base de conocimientos común; baja, cuando cuentan con bases de conocimientos muy diferentes; e intermedia, cuando cuentan con capacidades mínimas para poder absorber el conocimiento de otras firmas.
- La proximidad organizacional inspirada en la literatura neoinstitucionalista se refiere al grado de control jerárquico de una firma sobre otra, en oposición a las relaciones mercantiles entre firmas independientes (Williamson, 1975). Desde esta perspectiva, la integración vertical indica una alta proximidad organizacional, frente al mercado que refleja una baja proximidad organizacional. Por su parte, es posible identificar formas intermedias de proximidad –redes, consorcios, acuerdos de colaboración– que posibiliten, por un lado, reducir las tensiones por la apropiación de las ganancias de la innovación que existen en formas mercantiles y, por el otro, evitar el encerramiento (*lock in*) tecnológico resultante de la alta integración vertical.
- Otra manera de resolver estas tensiones es por medio de la proximidad social, entendida como el enraizamiento de las interacciones mercantiles en vínculos interpersonales más allá de la filiación institucional. La proximidad social actúa a través de la confianza como un mecanismo de coordinación (Granovetter, 1985). El caso en el que la pertenencia a una comunidad genera lazos muy cercanos y exclusivos entre miembros de distintas empresas (u organizaciones) expresa una alta proximidad social, frente a las relaciones impersonales prevaletentes en situaciones de baja proximidad social. Existe posibilidad de pertenencia de una misma comunidad profesional o asociación en que existan lazos no exclusivos que dan lugar a una proximidad social intermedia.

- La proximidad institucional, asociada al hecho de contar con un marco institucional común que coordine la acción colectiva, posibilita reducir los costos de deliberación y la incertidumbre de los procesos de innovación (Edquist y Johnson, 2007; Hall y Soskice, 2001). Las instituciones comprenden reglas, leyes, hábitos y prácticas comunes entre los agentes. El caso más representativo que se analizará en este estudio es el de los estándares compartidos por distintas firmas, como es el caso del estándar de interoperabilidad electrónica ISOBUS. En la medida en que las firmas compartan un estándar de interoperabilidad entre los distintos componentes digitales, la proximidad institucional será alta; en caso de que cada firma adopte su propio protocolo (estándar privado), sería un caso de baja proximidad institucional. El caso intermedio sería aquel en el que las firmas cuentan con estándares privados y comunes en forma simultánea.

Desde esta perspectiva, una baja proximidad en las distintas dimensiones –por ejemplo, el mercado como forma de coordinación exclusiva– puede dar lugar a problemas de oportunismo y conflicto por la apropiación de rentas de la innovación que terminarán bloqueando los procesos de aprendizaje colectivo. En contraste, una excesiva proximidad puede generar un encerramiento (*lock in*) en ciertas capacidades tecnológicas existentes, desaprovechando oportunidades de complementación con otras tecnologías.

Es posible plantear un conjunto de cualificaciones a este enfoque. En primer lugar, las condiciones de proximidad son dinámicas, por lo cual es de suma relevancia analizar cómo evolucionan a lo largo del proceso de convergencia tecnológica. Por ejemplo, en las fases iniciales de difusión de las nuevas tecnologías, en las que aún los sistemas técnicos son incipientes y existe una baja similitud entre bases de conocimiento y un alto peso de los aprendizajes tácitos, seguramente la proximidad geográfica y la proximidad social asociadas a la confianza entre los actores sea más relevante. Configuración que se modifica a lo largo de la maduración de la innovación y la constitución de una base de conocimientos común con un mayor componente de elementos codificados.

En segundo lugar, entendemos que las proximidades, ya sean geográficas o de otro tipo, son solo condiciones de posibilidad. Es importante tener en cuenta el tipo de agentes que movilizan las proximidades y, en particular, el tipo de relaciones de comando, rivalidad y cooperación en

el que se producen los procesos de convergencia tecnológica. Las jerarquías de proximidad que predominan en el caso de redes globales de tecnología articuladas por grandes EMN son diferentes a las que operan en entramados tecnológicos locales o consorcios público-privados, en los que un conjunto de empresas medianas, junto con centros tecnológicos, coordinan la adopción de ciertas tecnologías.

En tercer lugar, y asociado a la segunda cualificación, la proximidad institucional es indisociable de situaciones de conflicto en el aprendizaje tecnológico. La proximidad institucional no solo posibilita la coordinación de aprendizajes entre firmas (y organizaciones) con bases de conocimiento diferentes, sino que permite posponer los conflictos en la apropiación de las ganancias de la innovación, con distintos efectos sobre las trayectorias de aprendizaje tecnológico y la configuración de las relaciones interorganizacionales. En este sentido, adoptamos los aportes de la teoría de la regulación francesa, para la cual las instituciones no resultan de la acción racional de individuos, sino que emergen de acuerdos que permiten posponer el conflicto y que luego son convalidadas por la acción colectiva en asociaciones y gobiernos (Du Tertre, 1995). Una alta proximidad institucional asociada al uso de un estándar común puede coordinar las acciones de agentes descentralizados hasta que un cambio tecnológico reabra el conflicto por la definición de los parámetros y exija discutir el estándar. En ese contexto es de esperar que emerjan varios estándares en una situación de menor proximidad institucional.

Dada esta discusión es que se propone repensar el abordaje de proximidades, a partir de indagar si frente a la convergencia tecnológica, la proximidad geográfica puede llegar a ser (al menos transitoriamente) una condición necesaria o suficiente para el aprendizaje colectivo, y más precisamente cómo cambian las distintas proximidades frente al tipo de inserción de las firmas en redes globales vis a vis entramados locales. En particular, develar qué rol juega la proximidad institucional en este proceso, teniendo en cuenta la importancia de los estándares como institución relevante en la organización de los entramados globales.

Abordaje metodológico y selección de los casos

A fin de responder estos interrogantes se adoptó un enfoque de tipo cualitativo, centrado en el método del estudio de caso múltiple y longitudinal (Yin, 2009). Este método no se basa en la inferencia estadística ni en

el contraste empírico de un abordaje teórico. Se apoya en la inferencia analítica, en la medida en que permite cualificar las hipótesis originales de una teoría focalizando en los procesos y mecanismos que explican un fenómeno. Una ventaja del estudio de caso es que, a diferencia de los abordajes experimentales o estadísticos, posibilita analizar los fenómenos sin disociarlos de sus contextos. En este caso, se busca revisar críticamente el abordaje de las proximidades trabajando cómo son los procesos y mecanismos que explican el fenómeno de la convergencia tecnológica bajo distintos contextos definidos por la modalidad de articulación de empresas locales y globales.

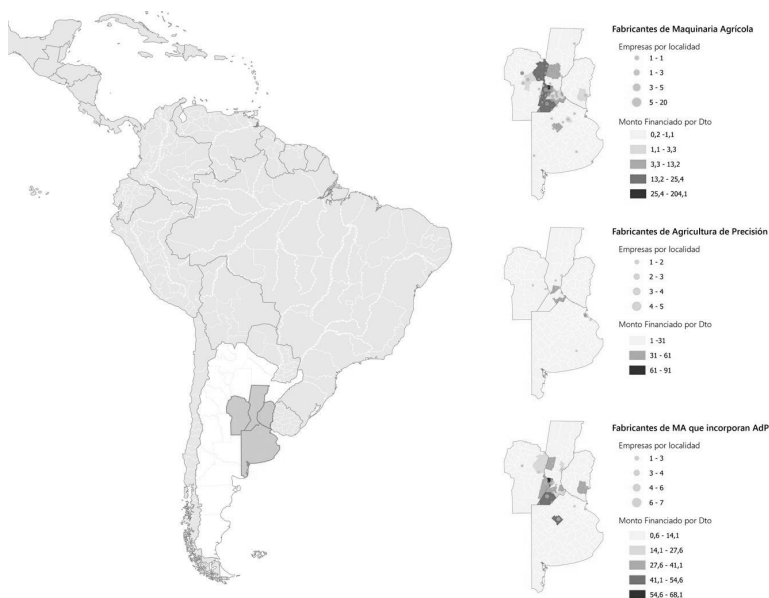
A fin de identificar las regiones de la Argentina en las que se concentran los mayores esfuerzos tecnológicos, en el gráfico 1 se presenta la localización de empresas y los principales proyectos de innovación en la MA y la AdeP. Dada la amplia cobertura de los distintos programas de financiamiento a la ciencia, la tecnología y la innovación en la Argentina, la base de datos de estos programas es una buena aproximación de la distribución geográfica de las innovaciones.² El tamaño de los puntos en el gráfico indica la cantidad de empresas financiadas por el Ministerio de Ciencia y Técnica en cada localidad, mientras que las distintas graduaciones de azul muestran la suma del financiamiento otorgado a empresas con asiento en cada departamento.

Como puede apreciarse, las empresas productoras de MA se ubican en la zona centro del país, fundamentalmente en las provincias de Santa Fe, Buenos Aires y Córdoba, y tienen una baja presencia en la zona metropolitana de Buenos Aires. Las productoras de equipamientos de AdeP muestran un patrón de dispersión geográfica mucho menor que el de los productores de MA (si bien se trata de un número muy inferior de casos) y con mayor concentración en centros urbanos. Por su parte, el subconjunto de los productores de MA que incorporan AdeP replica en cierta medida la distribución geográfica de la demanda de MA y se concentra en la zona centro/sur de Santa Fe y departamentos del este de Córdoba. Asimismo, puede señalarse que la región sur de la provincia de Santa Fe muestra una mayor densidad de productores de MA que incorporan AdeP que en el caso de productores de equipos exclusivamente metalmecánicos. Esto indica que la región de Santa Fe es la que muestra

² Corresponde a proyectos que recibieron subsidios de la Agencia Nacional de Política Científica y Tecnológica entre 2008 y 2017, sistematizados a partir de la base SECyTAR.

un mayor grado de colocación entre la industria de MA y la AdEP, con un alto grado de proximidad geográfica.

Gráfico 1. Localización de las empresas de MA y AdEP



Fuente: elaboración propia según datos de SICyTAR (2017). El monto financiado se expresa en millones de pesos argentinos del año 2018.

Basado en el análisis de datos primarios y fuentes secundarias, se identificaron dos tramas que indican una coexistencia entre empresas fabricantes de MA y de AP, a partir de procesos de convergencia que involucran tecnologías electrónicas, digitales o metalmecánicas. Inicialmente lideradas por empresas nacionales, estas redes experimentan una diferenciación cuando una de ellas se vincula con una empresa multinacional que absorbe a la empresa local que dirigía hasta el momento la trama (cuadro 1).

En los casos seleccionados, la proximidad geográfica entre las firmas locales es alta y sus localizaciones corresponden a departamentos contiguos dentro de la misma región (115 km de distancia). Estos casos se encuentran localizados en la región centro de la Argentina, en particular la

provincia de Córdoba y Santa Fe, y abarcan las localidades de Granadero Baigorria, Rosario, Las Parejas, Armstrong, Las Rosas y Marcos Juárez. De acuerdo con lo descrito en el gráfico 1, coincide con las zonas en las que se concentran los mayores esfuerzos tecnológicos en los sectores de MA y AP.

Cuadro 1. Casos seleccionados

| Casos | Empresas | Tecnologías convergentes | Localización |
|--|--|------------------------------|--|
| Trama liderada por empresa nacional especializada en sembradoras, con incorporación de capacidades de AdeP a partir de ingeniería reversa. | Crucianelli, Abelardo Cuffia, Precision Planting, Leaf | Metalmecánica y AdeP | Armstrong, Rosario y Marcos Juárez |
| Trama de empresa local de pulverizadoras adquirida por EMN con trayectoria previa de adopción y aprendizaje con proveedores locales de AdeP. | PLA, Müller, Acronex, John Deere, | Metalmecánica, AdeP y AgTech | Granadero Baigorria (Rosario) y Las Rosas (ex planta de Pla) |

Fuente: elaboración propia

En el primer caso, Crucianelli es una empresa fundada a mediados de la década del cincuenta en la localidad de Armstrong, Santa Fe. Se organiza como un típico establecimiento metalmecánico de un país semiindustrializado, en el que se adoptó parcialmente la automatización de ciertas secciones (tornería, soldadura), y en otras aún depende del trabajo manual (pintura, montaje). En términos de capacidades innovativas, posee un departamento de ingeniería que funciona como apoyo a la producción y en forma paralela realiza actividades de diseño, en el que se proyectan y evalúan nuevos productos, mejoras en los sistemas mecánicos y en el funcionamiento de los diversos mecanismos de la sembradora.

Entre 2019 y 2022, Crucianelli tuvo un fuerte crecimiento de la producción³ y llegó a emplear unos 500 trabajadores, de los cuales 250 pertenecen a los talleres. Esto llevó a expandir su red de proveedores en metalmecánica. Con esta ampliación y la necesidad de desarrollar las

³ La producción de planta se incrementó de 500 módulos anuales en 2019 a 800 módulos en el año 2020 y 1.300 módulos en el año 2022 (el modelo insignia de la firma tiene 2 módulos).

especificaciones técnicas, el departamento de ingeniería debió emplear más personal, pasando de 12 empleados en 2020 a 20 en 2022. Así, desde 2020, la firma avanza hacia una sistematización y especialización de las actividades de desarrollo. Si bien la producción de Crucianelli se orienta principalmente hacia el mercado interno, la firma apunta a estar entre las cinco primeras empresas especializadas en sembradoras a nivel internacional. Esta estrategia de internacionalización se refleja en la instalación de una filial en Brasil.⁴ Además, la firma avanza en la incorporación de componentes de AP. Inicialmente, se vincula con proveedores locales –como Abelardo Cuffia– y luego con una de las principales proveedoras globales, Precision Planting, para finalmente adquirir su propia empresa: AdeP Leaf.

El segundo caso es el de una trama local inicialmente controlada por la firma local PLA, empresa familiar fundada en 1975, especializada en la fabricación de pulverizadoras y fertilizadoras, con cierto avance en la fabricación de sembradoras, y que ha desarrollado importantes vinculaciones con proveedores locales de AdeP para el desarrollo de sistemas originales.⁵ Las pulverizadoras autopropulsadas de la firma lideran el segmento con cerca de la mitad del mercado local. Prácticamente el 90% de las ventas de la empresa se orientan al mercado local. No obstante, la firma realiza exportaciones a diversos países de la región y posee representaciones comerciales en Rusia, Ucrania, Kazajistán, Estados Unidos, Sudáfrica y Australia, entre otros. Desde 2004, cuenta con una planta industrial en Canoas (Rio Grande do Sul). En 2019, PLA es adquirida por John Deere, una multinacional fabricante de MA que opera en la Argentina desde 1884. En 1958 la multinacional funda la primera planta de Industrias John Deere Argentina S. A. en Granadero Baigorria (provincia de Santa Fe), a la cual se suma en 2018 una planta más, también en Santa Fe, en la localidad de Las Rosas, correspondiente a la adquisición de PLA.

⁴ Asimismo, en junio de 2023, Crucianelli anuncia que fabricará sembradoras en Brasil, para lo cual firmó una *joint venture* con el grupo brasileño Piccin para producir en el Estado de San Pablo.

⁵ En 1978, desarrolla la primera pulverizadora autopropulsada de América Latina. Posteriormente, en 1993 lanza al mercado la primera sembradora con chasis auto-trailer, y en 1999 presenta la primera pulverizadora autopropulsada con piloto automático del mundo.

Convergencia tecnológica más allá de la proximidad geográfica: dos tramas en la región centro de la Argentina

A continuación, se presenta en detalle la dinámica y las jerarquías que van tomando las diferentes proximidades a lo largo de los procesos de convergencia tecnológica, entre las capacidades metalmecánicas de la industria de MA y las capacidades en TIC de las empresas de AP, para los casos seleccionados.

Caso 1. Convergencia tecnológica a partir de la inserción en trama local con ingeniería reversa: Crucianelli

La primera trama revela una secuencia de aprendizajes locales en la adopción de dispositivos de AdeP, a partir de un proceso de ingeniería reversa que parte de dispositivos importados y los imita adaptándolos a condiciones locales. En este marco, definimos los distintos momentos para entender la convergencia tecnológica. Partimos de un momento inicial t_0 , en que la empresa ya ha acumulado desde el período de la industrialización sustitutiva de importaciones importantes capacidades productivas y tecnológicas en metalmecánica, de larga data en la Argentina. Su convergencia con la electrónica aún es débil y se limita a la venta de los equipos de AdeP incorporados a la maquinaria bajo responsabilidad de la empresa de AdeP proveedora, quedando el servicio de posventa a cargo del proveedor de AP. En el momento t_1 , la empresa comienza a integrar los dispositivos de AdeP bajo licencia de uno de los principales proveedores internacionales y comienza a prestar servicios de posventa; en un momento t_2 , la firma realiza un proceso de aprendizaje e imita los productos del proveedor internacional con un fuerte involucramiento en el desarrollo tecnológico.

De lo expuesto, es posible plantear que la firma partió (t_0) de *proximidades tecnológicas bajas* mientras que las capacidades tecnológicas iniciales de Crucianelli se focalizaban en metalmecánica, las cuales son sensiblemente diferentes a las capacidades en electrónica requeridas para el desarrollo de AP. La proximidad geográfica era alta en la medida en que se proveía de productores locales de AdeP como Abelardo Cuffia. El vínculo con los proveedores de AdeP se caracterizaba por bajas proximidades organizacionales y sociales, y se acotaba a relaciones comerciales sin mayor vinculación previa. Por su parte, la *proximidad institucional*

podría catalogarse como baja, debido a que la firma adopta distintos protocolos privados de comunicación electrónica según la estrategia de estandarización del proveedor (ver cuadro 2).

Cuadro 2. Proximidades: análisis comparativos a partir de los casos de estudio

| | CASO 1 | | | CASO 2 | | |
|----------------------------------|--|------------|--------------------|--|-----------------|----------------------------|
| BASES DE CONOCIMIENTO | Metalmecánica y AdeP; adaptación de tecnologías importadas y generación de AdeP local. | | | Metalmecánica y AdeP; adaptación de tecnologías locales y adopción de tecnologías importadas. | | |
| TIPO DE ENTRAMADO | Empresa nacional especializada en sembradoras, con licencia exclusiva de empresa global de AP, que luego adquiere empresa local de AP. | | | Empresa nacional de sembradoras y pulverizadoras que importa AdeP y tiene licencia exclusiva de AdeP local, y luego es adquirida por EMN con subsidiaria nacional. | | |
| MOMENTOS | t 0 | t 1 | t 2 | t 0 | t 1 | t 2 |
| FIRMAS | Crucianelli - Abelardo Cuffia - Precision Planting | | Crucianelli - Leaf | PLA - Acronex y Müller | | PLA - Acronex - John Deere |
| PROXIMIDAD COGNITIVA | Baja | Intermedia | Alta | Baja | Intermedia | Baja |
| PROXIMIDAD GEOGRÁFICA | Alta | Baja | Alta | Alta | Alta | Baja |
| PROXIMIDAD ORGANIZACIONAL | Baja | Intermedia | Alta | Baja | Intermedia | Alta |
| PROXIMIDAD SOCIAL | Baja | Baja | Alta | Baja | Baja | Baja |
| PROXIMIDAD INSTITUCIONAL | Baja | Baja | Baja | Baja | Alta Intermedia | Intermedia |

Fuente: elaboración propia

Ahora bien, en el momento t1, Crucianelli incorpora equipamiento AdeP bajo dos modalidades. Por un lado, el acuerdo comercial con la incorporación de los dispositivos de AdeP sin aprendizaje tecnológico y sin brindar servicio de posventa. Esto se ve, por ejemplo, en la adquisición de equipos a la empresa Abelardo Cuffia de Marcos Juárez. Por otro lado, en forma paralela, la empresa llevó adelante un proyecto de integración de equipos importados de AP, de una de las firmas líderes a nivel mundial, Precision Planting. Ingenieros de esta empresa norteamericana viajaban a dicha

localidad para capacitar a los técnicos de Crucianelli en la instalación y el servicio de posventa para los dispositivos de AP. El aspecto crucial es que en este momento la firma local llevó adelante su adaptación de los equipamientos a los requisitos locales. Es así que en 2015 Crucianelli incorporó a sus sembradoras el primer dosificador en el mercado mediante una licencia exclusiva de Precision Planting, lo adaptó a la especificidad de sus sembradoras directas y a partir de 2018 adaptó accesorios de control de cargas a medida que estos iban evolucionando desde tecnologías neumáticas a hidráulicas, con mayor capacidad de captura de datos. Estos aprendizajes, a partir de la adaptación de los equipos pioneros de Precision Planting para el uso local, luego en t2 se traducirían en desarrollos propios, lo que nos muestra un típico caso de ingeniería reversa.

El pasaje de t1 a t2 estuvo marcado por transformaciones en el contexto competitivo de la industria a nivel mundial que forzaron a la empresa a cambiar su estrategia y a acelerar su proceso de adopción de nuevas capacidades en AdeP. Como fue analizado en el capítulo 4, el proceso de concentración en la industria global se profundizó en el mercado de la industria de MA y AdeP a partir del año 2017, en el que grandes grupos multinacionales de MA comenzaron a adquirir empresas de AdeP. En 2017, Precision Planting (previamente absorbida por Monsanto) es adquirida por AGCO Corporation, luego de un intento de compra por John Deere (en 2015) que no prosperó. Las grandes empresas de MA a nivel mundial iban transformando sus capacidades de I+D de la metalmecánica a la electrónica y el desarrollo de software de avanzada.

Paralelamente a estas operaciones de compra-venta y la aparición de AGCO como mayor accionista de Precision Planting, Crucianelli (sin abandonar la relación con este proveedor) tomará la decisión de desarrollar su propia línea de AP. El riesgo de quedar subordinado a un proveedor vinculado a la competencia exigía avanzar en una estrategia tecnológica más activa. Para ello, adquiere una pequeña empresa denominada Leaf Agrotechnics. Esta compañía se fundó en 2008 y se enfocó en el desarrollo de soluciones de AP, llegando a fabricar 60/70 equipos anuales. En 2016 es adquirida por Crucianelli y se convirtió en el proveedor de la electrónica para un incipiente proceso de automatización de la manufactura y con desarrollo de productos. A partir de ese momento, las sembradoras fabricadas salen de planta con equipamiento de AdeP Leaf, aunque la firma brinda la opción de colocar dispositivos Cuffia o Precision Planting.

Desde entonces, Leaf funciona como una unidad divisional autónoma en el Grupo Crucianelli desarrollando y manufacturando soluciones de

AP. Leaf tuvo un fuerte crecimiento pasando de 20 empleados en el año 2021 a 50 empleados en el año 2022, de los cuales 23 son ingenieros electrónicos. La firma desarrolla la tecnología de los productos (el circuito y sistema embebido) a partir de componentes importados. Se destaca el desarrollo propio de sensores para siembra variable y corte línea a línea, los cuales dado su carácter innovativo llevaron a la empresa a solicitar patentes en Estados Unidos, Europa y la Argentina. Estos desarrollos requieren una combinación entre capacidades de mecánica, hidráulica y electrónica que se alcanza a partir de la integración de Leaf. Estas capacidades permitieron el desarrollo de soluciones electrónicas preparadas para tecnologías maduras y más estabilizadas en el mercado local. Por ejemplo, el desarrollo de mecanismos de control electrónico en motores neumáticos aún más apropiados que los nuevos motores eléctricos de baja difusión en el mercado. En este desarrollo, se amplió la red de proveedores al incorporar a Oripón, un proveedor que fabrica la caja y el embrague. Leaf también juega un rol importante en el acortamiento de las fases de desarrollo de Crucianelli, proveyendo equipos de simulación con herramientas de medición de datos para el desarrollo de las estructuras de la maquinaria.

Como resultado de este proceso, actualmente en Crucianelli convergen bases de conocimiento metalmecánicas y electrónicas, que nuclean cuatro compañías a partir de un esquema integrado (t2): Talleres Metalúrgicos Crucianelli, que concentra la actividad de montaje de las sembradoras; Crucianelli Fabril, que realiza fundición nodular; la empresa controlada Arsetmet, dedicada a corte y plegado de chapas; y Leaf, empresa dedicada a la elaboración de equipamiento de AP. Estas empresas producen insumos para las sembradoras Crucianelli pero también para terceros, incluso para competidores de la empresa originaria en el mercado doméstico. Entre los productos paradigmáticos del proceso de convergencia entre electrónica y metalmecánica se encuentra el desarrollo de la sembradora Plantor, la cual posee un comando que controla electrónicamente la totalidad del equipo. Al igual que las empresas líderes a nivel internacional, la firma sostiene que “la tendencia es que la MA lleva cada vez más electrónica, por lo cual se nos hace difícil disociar la parte electrónica de la mecánica”.

En forma simultánea, Crucianelli avanza en su proceso de internacionalización y plantea la necesidad de cumplir nuevos requerimientos técnicos. Se destaca la demanda de dispositivos de AdeP integrados a la MA, articulados con plataformas para la gestión de los datos, lo cual exige,

a su vez, la implementación de estándares de compatibilidad y comunicación electrónica entre la máquina autopropulsada, los implementos y las agropartes precisas. Es así que en 2023 Crucianelli crea un equipo de trabajo en conectividad que se articula con diferentes empresas propietarias de plataformas de datos.

De esta manera, Crucianelli se prepara para un contexto competitivo en el que los estándares abiertos se impongan como requisito en varias funcionalidades de los equipos. La firma avanza en forma gradual hacia la adopción de estándares abiertos, y opta –por el momento– por estándares de comunicación electrónicos propietarios de los proveedores locales de AP. Además de contribuir a mantener el mercado de reposición por parte de estos proveedores, desde la perspectiva de la empresa los estándares de comunicación propietarios son más versátiles y eficientes que los estándares abiertos como ISOBUS.⁶ Sin embargo, frente a los requerimientos internacionales, la firma no descarta implementar ISOBUS en un futuro.

Como resultado de estos cambios, la jerarquía entre las distintas proximidades se modifica en esta segunda etapa: la proximidad cognitiva aumentará desde un bajo nivel (t0) con la adquisición de capacidades propias en desarrollo de equipos de AdeP, pasando de un nivel intermedio (t1) a un nivel alto (t2). Si bien cada firma del grupo se especializa en un saber específico, todas cuentan con capacidades compartidas en electrónica y mecánica. Por su parte, la proximidad *organizacional* se verá incrementada desde un nivel intermedio (t1) a un nivel alto (t2) con la adquisición de Leaf, al igual que la *proximidad social*, dado el conocimiento previo entre los socios externos y los del grupo. Por su parte, la *proximidad institucional* mantiene a lo largo del período un nivel bajo en el que coexisten distintos estándares privados según la empresa proveedora de AP, aunque con miras a adoptar ISOBUS si la expansión de las exportaciones lo requiriere. Esto, como se discutirá más abajo, otorga a la empresa grados de libertad para llevar adelante innovaciones en un contexto de cambios tecnológicos disruptivos.

⁶ Estos permiten una mejor lectura en pantalla de la información provista por los sensores. La adopción de una pantalla común a partir de estándares abiertos, como ISOBUS, implica una pérdida de eficacia del equipo (por ejemplo, en el pasaje de grano grueso a grano fino, ISOBUS es muy rígido para el cambio de cultivo).

Caso 2. Convergencia trunca a partir de la inserción en la trama global: PLA

La segunda trama involucró inicialmente una serie de aprendizajes por los cuales PLA, una firma fabricante de pulverizadoras que lidera el mercado nacional, fue adquiriendo capacidades en AP. Estos aprendizajes entraron en tensión ante las dificultades de avanzar en su proceso de crecimiento y la entrada en su capital de un fondo de *private equity*, y luego ser adquirida por John Deere. Luego aquí también es necesario definir distintos momentos analíticos para entender el desarrollo de las capacidades de la firma y su convergencia (trunca) con las capacidades de AP. Después de un momento inicial (t_0) en el que PLA no contaba con capacidades en las nuevas tecnologías, se avanza hacia un momento (t_1) que concierne al vínculo entre PLA y proveedores locales de AdeP, con ciertos aprendizajes incrementales como usuario de la tecnología al mismo momento que entraba en un proceso de pase de manos impulsado por capitales financieros. Para el último período analítico (t_2), se toma como punto de inflexión el año 2018, momento en que la multinacional John Deere adquiere la firma local.

Al momento inicial del análisis (t_0), la firma cuenta con importantes capacidades metalmecánicas asociadas al sector de MA. A su vez, PLA ha desarrollado una amplia red de proveedores nacionales e internacionales con filiales locales con fabricación nacional o licenciatarios de componentes, entre los que se destacaba la filial local de la fábrica de motores Deutz, controlada por la empresa multinacional AGCO.

En ese momento inicial, PLA ya había identificado la necesidad de diversificar sus capacidades más allá de la metalmecánica (“ya teníamos la visión de salir del fierro”);⁷ así lo dictaba la competencia. Inicialmente, las máquinas de la firma local incorporaron dispositivos electrónicos de AdeP fabricados por proveedores locales como Sensor o importados de la marca Müller, una firma líder global en AP. Al respecto, cabe destacar la centralidad que adquiere ya desde t_0 la proximidad institucional en su proceso de internacionalización. Con la instalación de los equipos de AdeP de Müller, PLA integra a sus máquinas dispositivos electrónicos certificados por ISOBUS. Con ello, la firma incorpora dispositivos importados que ya tienen un estándar de comunicación electrónica abierto. Si

⁷ Entrevista a JLM de la firma PLA, a cargo de Pablo Lavarello y Luciana Guido, 28 de mayo de 2020.

bien la firma local no desarrolla ni certifica internacionalmente sus productos con ISOBUS, le permite avanzar en el período siguiente t1 hacia una proximidad institucional alta-intermedia, porque adopta simultáneamente estándares propietarios de SENSOR con estándares abiertos.

En t1, PLA no solo incorpora equipos de AdeP de otras firmas, sino que además avanza en desarrollos propios y logra una proximidad cognitiva intermedia con las TIC. Este acercamiento de PLA a las capacidades en AdeP se observa particularmente en el proceso de aprendizaje que habilita el desarrollo conjunto del Sistema Integrado de Aplicación (SIA) con Acronex, una firma nacional especializada en electrónica y software de AP, y Belatrix, una empresa argentina de desarrollo de software radicada en Mendoza. A través de contratos de exclusividad, las firmas desarrollan de manera conjunta y complementaria una solución de AdeP novedosa. El SIA permite realizar monitoreos en tiempo real, el historial de cada trabajo y el mapeo satelital de labranza, una visualización de las condiciones ambientales y alertas y correcciones en tiempo real de cualquier desvío producido por condiciones ambientales o de aplicación. A su vez, el SIA cuenta con una aplicación móvil que permite visualizar el trabajo del equipo, ya sea dentro de la cabina del operador o remotamente, y así vincular las alertas con los servicios técnicos y de posventa.

Ahora bien, el ritmo de expansión de PLA requerido a partir de 2010 exigió acceder a financiamiento. La segunda generación de propietarios familiares enfrentó el desafío de aumentar la escala de la inversión frente a la competencia. Frente a esta necesidad convocaron un fondo de inversión que ingresó a la empresa. Se trataba del Private Equity Pampa Capital, que realizaba inversiones en actividades agropecuarias y –dada su lógica puramente financiera– no tenía conocimiento específico de este sector. Su rol fue el de intermediario para la búsqueda de financiamiento y llevó adelante un cambio de la gestión del negocio aún bajo la dirección de los dueños originales. De esta manera, se fue reestructurando la empresa ya no con el objetivo de financiar la expansión, sino con el fin de avanzar hacia un cambio de control, lo cual se concreta en 2018 con la venta a John Deere. De esta manera, el recurso a inversores financieros generó un cambio en la estrategia de la empresa con impacto en el proceso de convergencia tecnológica.

John Deere ya se encontraba presente en la Argentina como fabricante de tractores y comercializadora de distintos equipos. Desde 2019, con la adquisición de la firma PLA, la filial local de John Deere logra avanzar en un mercado que aún no dominaba localmente, como el mercado de

pulverizadoras autopropulsadas. Esto abre la posibilidad de lanzar una línea local de producción de sembradoras, segmento hasta ahora dominado por proveedores locales.⁸ De este modo, John Deere Argentina completa su oferta local en maquinaria y cubre todo el ciclo de producción agrícola, a la vez que integra capacidades tecnológicas complementarias en materia de pulverización y siembra directa, para lo cual la multinacional no contaba aún con capacidades adaptativas locales.

John Deere es el mayor fabricante de pulverizadoras autopropulsadas a nivel mundial y lidera a nivel regional las ventas en Brasil, un mercado en donde también PLA cuenta con presencia comercial. La estrategia de John Deere combina la búsqueda de control de mercados con la adquisición de activos y capacidades complementarias en aquellas tecnologías en las que PLA tiene capacidades tecnológicas. Estrategia que se enmarca en un proceso que viene dándose en los últimos cinco años, en donde la multinacional sostiene un crecimiento inorgánico hacia nuevos segmentos aguas abajo o aguas arriba, donde las firmas adquiridas mantienen su marca de origen.⁹

Como se puede inferir del análisis de los capítulos 2 y 4, John Deere lidera la convergencia entre la metalmecánica y las TIC a nivel global. Desarrolla algoritmos y plataformas digitales en su casa matriz de Illinois, Estados Unidos. Ello se inscribe en el marco de la estrategia global de I+D de la firma, en la cual se combina la centralización económica con la centralización de control de datos. La recolección y sistematización de estos datos se orienta a brindar servicios de posventa, a través del sistema telemático JDLink y el John Deere Operation Center, la nube más importante de la MA a nivel mundial. Con la incorporación de PLA a esta nube, las pulverizadoras y sembradoras de la firma tendrán acceso a los datos y las funcionalidades de AdeP de la multinacional.

Además de los servicios sobre datos agronómicos, John Deere tiene un gran interés por difundir estas tecnologías en la Argentina con su foco en los grandes contratistas (o grandes productores) para que puedan administrar su flota a través de la nube, con un monitoreo en tiempo real. A partir de los datos recolectados, vía concesionarios, la multinacional realiza servicios de posventa en forma de reportes y diagnósticos acerca

⁸ Para 2019, John Deere Argentina presenta un total de ventas que ronda en unos 5.600 tractores, 740 cosechadoras, 1.200 sembradoras y 500 pulverizadoras por año.

⁹ En la Argentina, para el mismo período, además de la adquisición de PLA, John Deere compra King Agro, un fabricante nacional de botalones (brazos para fertilizadoras y pulverizadoras) de carbono.

del funcionamiento de la maquinaria vendida, en un esquema de mantenimiento preventivo del equipo. Por su parte, los concesionarios locales y los productores agropecuarios o contratistas firman un contrato para el uso de los datos y el acceso a la plataforma, la cual si bien se localiza en Illinois, no tendría acceso a los datos locales. A pesar de ello, no queda claro cuáles son los mecanismos de *enforcement* de los requisitos para mantener el anonimato de los datos dado el bajo control local a estas actividades (Sycuta, 2016).

La toma de control de PLA constituye un paso estratégico en el mercado de las pulverizadoras, rubro que viene perfilando una fuerte competencia con el desembarco de otros jugadores globales. La adquisición de PLA no solo le permite captar una posición relevante del mercado local y regional, sino que a su vez le permite acceder a capacidades tecnológicas de PLA que se encuentran en la mejor práctica internacional, como la transmisión hidrostática y las soluciones integrales de AdeP para el manejo mecanizado de cultivo (como el SIA). Asimismo, PLA es una importante fuente de conocimiento para desarrollos de John Deere que buscan dar respuestas a las especificidades edafológicas locales.

Esto hace que PLA aporte importantes conocimientos a la estrategia global del grupo en tecnologías de reconocimiento por imagen de malezas. En este caso, el desarrollo es centralizado en el departamento de I+D de John Deere en Illinois con la participación de los ingenieros de PLA. Estos aportan su conocimiento específico en la adaptación de aspectos de diseño estructural de la máquina a los nuevos dispositivos. En este desarrollo a su vez participa Plantium, una empresa de AdeP argentina que aporta capacidades en electrónica y automatización. De esta manera, las capacidades locales se insertan en la red global desvinculadas de la línea de productos específica. Por su parte, a partir de la adquisición de PLA, John Deere tuvo acceso a los proveedores tecnológicos de la firma local, quienes fueron articulados en la estrategia global de la multinacional. Este es el caso de Acronex, que se transforma en proveedor exclusivo de la SIA y amplía los servicios de Deere brindando información en tiempo real de la calidad del trabajo agrícola. Como contrapartida, los proveedores ya no trabajan de manera conjunta con PLA, como lo hacían previo a la adquisición, lo cual resulta en un involucramiento más restrictivo y selectivo de los procesos de aprendizaje colectivo en la trama.

Al analizar la evolución de la proximidad organizacional, previo a su adquisición por John Deere, PLA mantenía vínculos de colaboración con proveedores de AP. En t2, al ser adquirida, la empresa pasa a abastecerse

internamente de las divisiones de AdeP de la mencionada multinacional, y se consolida un modelo de negocios integrado a nivel global que incluye todas las fases de producción y desarrollo. Esta mayor proximidad organizacional repercute en un debilitamiento de la proximidad tecnológica en PLA, con un menor involucramiento de la empresa en el desarrollo de las tecnologías de AdeP más allá de su contribución selectiva en la estrategia global de John Deere. De hecho, John Deere limita sus actividades tecnológicas a la identificación de oportunidades locales para su centralización en la casa matriz.

Así, el John Deere Operation Center se orienta a anexar aplicaciones de otras firmas que aporten a técnicas de optimización del manejo de los suelos, entre otros servicios. En este contexto, la opción por *grados intermedios de proximidad institucional* que involucran la adopción de distintos estándares de propiedad, le brindan a John Deere cierta flexibilidad frente al carácter indefinido y rígido de un estándar común. Si bien tanto los tractores como las cosechadoras y la AdeP están certificados por estándares de acceso abierto (ISOBUS), la multinacional abre su juego para la interacción con firmas que presentan estándares cerrados.

Análisis de los resultados

Los resultados preliminares permiten responder en forma tentativa a los interrogantes planteados. Por un lado, si la proximidad geográfica no es condición necesaria ni suficiente para la convergencia tecnológica, y por el otro, si existen posibilidades diferenciales de convergencia tecnológica, dependiendo de si las empresas se insertan en tramas locales o globales de producción, y cómo van cambiando las configuraciones de proximidades en dichos procesos.

No es posible acompañar en forma concluyente la hipótesis de la literatura de proximidades respecto al carácter ni necesario ni suficiente de la cercanía geográfica. Si bien al analizar los dos casos se valida una vez más que la proximidad geográfica no es una condición suficiente teniendo que operar la proximidad organizacional como condición para la convergencia tecnológica, no puede descartarse su importancia en alguna de las fases de este proceso. Es así que en el caso 1, liderado por Crucianelli, la proximidad geográfica disminuyó inicialmente cuando importan la tecnología de Precision Planting y aumenta al desarrollar internamente las capacidades en AP. En el caso de PLA, puede verse que

esta es alta mientras haya convergencia tecnológica, y una vez que la empresa es adquirida por John Deere esta disminuye truncando el proceso de convergencia tecnológica local. Esto muestra que la proximidad geográfica es una condición necesaria transitoria, en particular en los momentos en los que se están desarrollando los dispositivos.

Respecto al segundo interrogante, referido a cómo evolucionan las proximidades geográficas, sociales e institucionales según la trama sea local o las firmas se inserten en las estrategias de una empresa multinacional, se evidencian aspectos comunes y dinámicas diferenciadas. En ambos casos, las tramas terminaron en una alta integración vertical, esto es, una alta proximidad organizacional. No obstante, esto no ha resultado necesariamente en procesos de convergencia tecnológica. En el caso de la trama global bajo coordinación de la empresa multinacional, la convergencia se debilitó con la pérdida de capacidades locales en AdeP acumuladas previamente, limitándose a la incorporación de dispositivos importados de otras filiales de la EMN y a la prestación de servicios de la nube de la casa matriz que centraliza los datos agronómicos y mecánicos. Por su parte, en el caso de la trama local, la integración vertical acompañó el proceso de convergencia tecnológica basado en la ingeniería reversa. Cabe interrogarse si esta alta integración en el caso de la firma local puede llegar a generar un encerramiento en un sendero tecnológico una vez culminado el proceso de convergencia tecnológica.

Es interesante luego tener en cuenta el rol jugado por la proximidad institucional, entendida como la adopción de estándares comunes por parte de distintos actores de las tramas. La alta proximidad institucional ha jugado un rol importante, aunque en sentido contrario al esperado. Una alta proximidad institucional parece no haber acompañado el proceso de convergencia tecnológica. Si bien es cierto que la adopción de un estándar común y abierto mejora la productividad agrícola para un conjunto de técnicas dadas, atenta contra la posibilidad de las empresas locales de MA de apropiarse de los resultados de la innovación al perder el control de los servicios de posventa. La empresa multinacional puede controlar estos servicios y apropiarse de las ganancias extraordinarias de la innovación. Frente a ello, la alta proximidad institucional refuerza la tendencia al encerramiento tecnológico en el diseño dominante de las grandes EMN basado en el tractor de gran tamaño en el centro del paquete tecnológico.

Así, la proximidad institucional es la que señala los mayores desafíos para las tramas locales. El caso de PLA, previo a ser adquirida por

la empresa multinacional, contaba con un grado bajo de proximidad institucional y predominaban los dispositivos de AdeP con estándares propietarios. Luego, en pos de aumentar sus exportaciones, importa e incorpora adicionalmente dispositivos Müller con estándares abiertos, y alcanza así una proximidad institucional intermedia-alta. Esto generó condiciones para la incorporación de sus equipos a las tecnologías controladas por las empresas líderes y por lo tanto asimilables en un esquema modular de sus redes globales. Paradojalmente, una vez integrada la firma local a la red global, John Deere va a buscar ampliar su gama de estándares maximizando la captación de datos. En contraste, la trama local, coordinada por la empresa nacional Crucianelli, mantuvo a lo largo de todo su desarrollo una proximidad institucional que combinaba estándares abiertos y privados, a fin de reproducir su estrategia de mantenimiento del mercado de reposición de componentes metalmecánicos y posteriormente de AP. Paralelamente, avanza en el desarrollo de sus propios esquemas de conectividad y de desarrollo de plataformas para generar las condiciones para abrir sus equipos a los estándares comunes.

Conclusiones

A partir de estos resultados empíricos, en este trabajo se ha avanzado en la cualificación de las hipótesis de la literatura evolucionista de las proximidades, a la luz del carácter heterogéneo de las tramas de MA en un país semiindustrializado como la Argentina.

Los casos analizados permiten validar en forma parcial las hipótesis de este enfoque, en particular que la colocalización en sí misma no es condición necesaria ni suficiente para la convergencia tecnológica. La proximidad geográfica juega un rol transitorio importante y refuerza los lazos de confianza entre los proveedores de AP. Por su parte, en los casos de tramas globales con baja proximidad geográfica, la convergencia tecnológica se vio trunca.

También fue posible cualificar el enfoque dando cuenta del carácter dinámico de las proximidades, dado que estas van cambiando a lo largo del proceso de convergencia tecnológica. El caso de la trama local muestra que, al inicio de la adopción del proceso de convergencia, cuando se incorporaban dispositivos importados sin capacidades de desarrollo local, las proximidades eran bajas o intermedias. Sin embargo, a medida

que se avanzaba en el proceso, la mayor proximidad geográfica, social y organizacional se transformó en una condición necesaria.

Por último, y quizá la cualificación más importante al enfoque de proximidades, es la centralidad que asume la proximidad institucional para explicar los distintos senderos que pueden asumir los procesos de convergencia tecnológica. La internacionalización creciente de las tramas y la necesidad de especialización entre los distintos fabricantes impone la necesidad de una alta proximidad institucional, esto es, la adopción de estándares comunes entre los distintos actores. No obstante ello, existe una tensión entre las ventajas de especialización que habilita la adopción de estándares comunes y la convergencia a partir del desarrollo de capacidades tecnológicas en la trama local. La adopción de estándares comunes puede ser un prerrequisito importante para insertarse en tramas globales y aumentar la eficiencia de la trama, pero esto puede atentar contra el desarrollo local de innovaciones incrementales que están fuera del interés y la estrategia de las firmas líderes a nivel global.

Es a nivel de los estándares que aparecen los riesgos de encerramiento (*lock in*) que bloquean la convergencia tecnológica. Aspecto que parece ser apoyado por la estrategia de las empresas multinacionales, las cuales una vez que adquieren a las empresas locales y aprovechan las ventajas de un estándar común, avanzan en una diversificación de estándares para no quedar encerrados en un conjunto acotado de trayectorias tecnológicas.

Este conjunto de cualificaciones al enfoque evolucionista de las proximidades invita a repensar cuáles son los capitales que cuentan con mayor posibilidad de aprovechar las ventajas derivadas de la adopción de estándares comunes y los límites que enfrentan las tramas locales para competir con las EMN en el actual contexto de globalización y adopción de la denominada agricultura 4.0. Reflexión que arroja importantes conclusiones de política industrial y tecnológica, en donde un abordaje estratégico en materia de estándares resulta clave a la hora de mantener las capacidades acumuladas en la industria de MA, en convergencia con las TIC.

Bibliografía

Alfaro, E. (2015). *Censo de la industria metalmecánica. Armstrong-Santa Fe. Año 2014*. Santa Fe, Gobierno de la Provincia.

- Antonelli, C. (1998). “Localized technological change and the evolution of standards as economic institutions”. En Chandler, A.; Hagstroem, P. y Soelvell, O. (eds.), *The dynamic firm: the role of technology, strategy, organization and regions*. Oxford: Oxford University Press.
- Asheim, B. y Isaken, A. (2002). “Regional innovation systems: the integration of local ‘sticky’ and global ‘ubiquitous’ knowledge”. *Journal of Technology Transfer*, vol. 27, pp. 77-86.
- BID (2013). *El Distrito Productivo de la maquinaria agrícola en Las Parejas: un estudio desde la perspectiva del Desarrollo Económico Local*.
- Bil, D. (2009). “La industria argentina de maquinaria agrícola (1870-1975). Evolución y problemas de su desarrollo”. *Documentos de Jóvenes Investigadores*, n° 16, pp. 1-46.
- Bolsa de Comercio de Sant Fe (BCSF) (2019). *Estructura económica e importancia de la Región Centro en la economía argentina. Informes Especiales, Región Centro y Puertos Santa Fé*.
- Borello, J. y González, L. (2021). “Distribución geográfica de la actividad económica en la Argentina. Revisión bibliográfica y perspectivas”. *Documentos de Proyectos*. Proyecto “Desarrollo productivo y Heterogeneidad Espacial en América Latina: Instituciones y Desarrollo de Capacidades en la Programación e Implementación de Políticas Productivas Regionales”, CEPAL. Disponible en: <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/f01a15c2-7861-438a-9a01-1797bae62c7b/content>.
- Boschma, R. (2005). “Proximity and innovation: a critical assessment”. *Regional Studies*, vol. 39, n° 1, pp. 61-74.
- Bragachini, M.; Méndez, A. y Vélez, J. (2012). *Argentina, un referente mundial en tecnología de Agricultura de Precisión*. INTA Manfredi, Córdoba.
- Cardozo, L. (2016). “Geografías del trabajo. Articulación de políticas de empleo y política industrial a escala subnacional, un análisis de programas específicos en la provincia de Santa Fe”. *Revista del Centro de Estudios de Sociología del Trabajo*, vol. 8, pp. 103-132.
- Cardozo, L. y Fernández, V. (2018). “Dinámicas sociodemográficas del cluster de la maquinaria agrícola de la provincia de Santa Fe,

- Argentina". *Revista Estudios del Desarrollo Social*, vol. 6, n° 2, pp. 168-195.
- CEMA (2017). "Digital farming: what does it really mean? And what is the vision of Europe's farm machinery industry for Digital Farming?". *CEMA, European Agricultural Machinery Industry*, Bruselas, 13 de febrero.
- CEPAL (2019). "Industria 4.0: oportunidades y desafíos para el desarrollo productivo de la provincia de Santa Fe". *Documentos de Proyectos (LC/TS.2019/80)*, Santiago: CEPAL.
- Cohen, W. y Levinthal, D. (1990). "Absorptive capacity. A new perspective on learning and innovation". *Administrative Science Quarterly*, vol. 35, n° 1, pp. 128-152.
- CFI (Consejo Federal de Inversiones) (2023). *Indicadores Regionales*. Disponible en: <http://www.regioncentro.gob.ar/datos/indicadores-regionales/>.
- Corsini, L.; Wagner, K.; Gocke, A. y Kurth, T. (2015). "Crop Farming 2030. The reinvention of the sector". *Boston Consulting Group (BCG)*. Disponible en: <https://www.bcg.com/publications/2015/crop-farming-2030-reinvention-sector>.
- Du Tertre, C. (1995). "La dimension sectorielle de la régulation. Théories de la régulation, l'état des savoirs". *La découverte*, pp. 313-322.
- Edquist, C. y Johnson, B. (2007). "Institutions and organizations in systems of product innovation". En *Systems of product innovation. Technologies, institutions and organizations*, pp. 41-63. Londres: Pinter.
- García Díaz, F.; Vega, D. y Álvarez, V. (2023). *La distribución geográfica del valor agregado bruto de la Argentina entre 2004 y 2021*. Santiago: CEPAL.
- Granovetter, M. (1985). "The problem of embeddedness". *American Journal of Sociology*, vol. 91, n° 3, pp. 481-510.
- Hall, P. y Soskice, D. (eds.) (2001). *Varieties of capitalism. The institutional foundations of comparative advantage*. Oxford: Oxford University Press.
- Keogan, L.; Calá, C. y Belmartino, A. (2020). "Perfiles sectoriales de especialización productiva en las provincias argentinas: distribu-

- ción intersectorial del empleo entre 1996 y 2014”. *Regional and Sectoral Economic Studies*, vol. 20, n° 1, pp. 59-80.
- Kolyvakis, F.; Lee, D.; Moraut, L.; Roccatagliata, C. y Tanco, T. (2016). “Clusters, factor potenciador de la economía regional”. *Congreso Pyme*, Buenos Aires.
- Lachman, J.; López, A.; Tinghitella, G. y Gómez-Roca, S. (2021). “Las Agtech en Argentina: desarrollo reciente, situación actual y perspectivas”. *Documento de Trabajo*, n° 57. Buenos Aires: Instituto Interdisciplinario de Economía Política (IIEP-BAIRES).
- Lavarello, P. (2016). *Análisis tecnológicos y prospectivas sectoriales. Maquinaria agrícola*. Programa Nacional de Prospectiva Tecnológica (PRONAPTEC), Dirección Nacional de Estudios del MINCYT.
- Lavarello, P. y Goldstein, E. (2011). “Dinámicas heterogéneas en la industria de MA argentina”. *Problemas del Desarrollo*, vol. 42, n° 166, pp. 85-109.
- Lavarello, P.; Bil, D.; Vidosa, R. y Langard, F. (2019). “Reconfiguración del oligopolio mundial y cambio tecnológico frente a la agricultura 4.0: implicancias para la trayectoria de la maquinaria agrícola en Argentina”. *Ciclos en la Historia, la Economía y la Sociedad*, vol. 53, pp. 163-193.
- Lowenberg-DeBoer, J. y Erickson, B. (2019). “Setting the record straight on precision agriculture adoption”. *Agronomy Journal*, vol. 111, pp. 1552-1569.
- Marín, A. y Stubrin, L. (2017).” Oportunidades y desafíos para convertirse en un innovador mundial en recursos naturales. El caso de las empresas de semillas en Argentina”. *Desarrollo Económico*, vol. 56, n° 220, pp. 471-497.
- Melchiori, R.; Albarenque, S. y Kemerer, A. (2018). “Evolución y cambios en la adopción de la agricultura de precisión en Argentina”. *17° Curso internacional de agricultura y ganadería de precisión*, 19 y 20 de septiembre, INTA Manfredi.
- Ministerio de Economía Argentina (2022). *Informe Económico Regional III trimestre 2022*. Secretaría de Planificación del Desarrollo y la Competitividad Federal. Subsecretaría de Planificación Federal y Proyectos Prioritarios. Disponible en: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/ier_iii_t_2022_centro_y_bsas.pdf.

- Possas, M.; Salles-Filho, S. y Da Silveira, J. (1996). "An evolutionary approach to technological innovation in agriculture: some preliminary remarks". *Research Policy*, vol. 25, n° 6, pp. 933-945.
- Rosenberg, N. (1963). "Technological change in the machine tool industry, 1840-1910". *The Journal Of Economic History*, vol. 23, n° 4, pp. 414-443.
- Scaramuzza, F.; Villarroel, D.; Olivo, S.; Muñoz, S.; Bianco Gaido, M. y Cuevas, L. (2022). "Relevamiento de utilización de apps y/o plataformas digitales para la gestión de datos en el agro". Encuesta 2022. INTA Manfredi.
- Sykuta, M. (2016). "Big data in agriculture: property rights, privacy and competition in ag data services". *International Food and Agribusiness Management Review*, n° 19, pp. 57-74.
- Sztulwark, S. y Girard, M. (2017). "El desarrollo de la agrobiotecnología en Argentina desde una perspectiva de cambio estructural". *Revista Yura. Relaciones Internacionales*, vol. 9, pp. 132-150.
- Vidosa, R.; Iglesias, N.; Jelinski, F.; Tapia, M. y Lavarello, P. (2022). "Reestructuración de la industria de maquinaria agrícola mundial. Nuevos estándares frente a la agricultura 4.0". *SaberEs*, vol. 14, n° 1, pp. 85-110.
- Villarroel, D.; Scaramuzza, F. y Vélez, J. (2018). "El Progreso en la tecnificación del agro". *17° Curso Internacional de Agricultura y Ganadería de Precisión*, 19 y 20 de septiembre, INTA Manfredi.
- Williamson, O. (1975). *Markets and hierarchies. Analysis and antitrust implications*. Nueva York: Free Pres.
- Yin, R. (2009). *Case study research. Design and methods*, cuarta edición. Londres: SAGE.

Conclusiones

Desafíos de política industrial y tecnológica para la Argentina

Sebastián Sztulwark y Pablo Lavarello

A lo largo de este libro se han desarrollado un conjunto de conceptos y hallazgos empíricos que nos brindan elementos para repensar los aspectos tecnoproductivos de una estrategia de desarrollo para la Argentina. Como país semiperiférico con una especialización agrícola y una base de experiencia en algunas ramas manufactureras, los cambios ocurridos en el marco de un nuevo PTE ofrecen espacios de oportunidad transitorios para el establecimiento de un núcleo endógeno que sirva de base para promover un proceso de industrialización. En un escenario internacional caracterizado por la centralidad de Estados Unidos en la innovación de punta mundial y de Asia oriental, con epicentro en China, como gran jugador de la producción manufacturera a gran escala, se plantea una ventana de oportunidad para que las actividades que se desarrollan en torno al agro puedan jugar un rol estratégico en ese proceso de transformación productiva.

El principal aporte de este libro consiste en identificar cuáles son las condiciones mesoeconómicas que son relevantes a la hora de caracterizar esos espacios de oportunidad. El enfoque heterodoxo presentado en este trabajo, que sigue una tradición de análisis histórico-estructural, se presenta en oposición a la concepción de la microeconomía que propone la economía convencional. En efecto, se concibe la dinámica industrial como producto de la acción estratégica de grupos (y empresas) que buscan obtener una posición dominante a partir del comando comercial de una innovación que se define como fundamental por su carácter estructurante del juego de posiciones que se despliega en cada industria. Para consolidar esa posición, sin embargo, se requiere de una articulación

con un conjunto de activos complementarios, muchos de ellos que responden a lógicas productivas desplegadas en paradigmas y trayectorias previos, y la incidencia sobre las instituciones que definen las reglas de apropiación y los estándares regulatorios.

De este modo, las respuestas de los actores de una economía nacional son siempre en referencia, no a un mercado de actores atomizados sin incidencia sobre las reglas que rigen la competencia de una industria, sino a relaciones de rivalidad y cooperación entre actores público-privados que operan en oligopolios de carácter mundial, de donde emergen las condiciones tecnológicas e institucionales que dan lugar a la reestructuración y la reproducción de esa posición dominante.

El despliegue de esta dinámica mesoeconómica se presenta en diferentes escalas espaciales e involucra la reestructuración de los oligopolios mundiales, el surgimiento de espacios de oportunidad nacionales y la necesidad de distintos tipos de proximidad a nivel local para la emergencia de nuevos polos nacionales. A continuación, se presentan los principales resultados alcanzados en la investigación:

- Como se discutió en la Introducción, la economía mundial atravesó la instalación de un paradigma dual en el que coexisten dos conjuntos de innovaciones fundamentales. Por un lado, el de las innovaciones basadas en las TIC, que tienen un campo de actuación transversal; y por el otro, el de las innovaciones biotecnológicas, que operan en una variedad más acotada de actividades de base biológica, entre las que se encuentran las relacionadas con la agricultura. A su vez, entre TIC y biotecnología no existe un proceso de convergencia, porque cada una de estas tecnologías depende de un campo del saber sobre dominios heterogéneos: el primero, el de los sistemas de información que operan sobre un soporte inerte (sistemas electromecánicos) y el segundo, el de los sistemas de información que operan sobre sistemas biológicos. Estos campos del conocimiento tienen leyes de funcionamiento autónomos y sobre ellos se han constituido heurísticas de investigación heterogéneas que definen trayectorias tecnoproductivas diferenciadas.
- En el capítulo 1 se mostró empíricamente cómo el paradigma dual se traduce a nivel mesoeconómico en una reestructuración de los oligopolios mundiales, tal como se puede apreciar en los procesos de adquisición y fusión de los principales grupos económicos de las

industrias de la agrobiotecnología y de la MA. Aun si ambas industrias refuerzan sus competencias centrales, con la agrobiotecnología manteniendo sus competencias en la química y la biotecnología y los grupos de MA en la metalmecánica, los grupos líderes de la industria de MA a nivel mundial muestran un grado de diversificación tecnológica hacia las TIC que se constituye, a través de la agricultura 4.0, en fuente de innovaciones fundamentales. A su vez, estos grupos modifican su portafolio de tecnologías, en donde las TIC pasan de ser innovaciones complementarias a innovaciones fundamentales, y dan lugar a un proceso de convergencia con las trayectorias metalmecánicas previas y con ello a una reconfiguración en el modo en el que estas empresas reproducen su posición dominante en el mercado internacional. Por el contrario, dicha convergencia no se manifiesta en el caso de la agrobiotecnología, en donde las TIC ocupan un rol secundario y complementario en la estrategia de expansión de los grupos que operan sobre la base de tecnologías químico-biológicas.

- De esta manera, un análisis en profundidad de este proceso para el caso de la industria de MA en el capítulo 3 evidencia que, frente al recrudescimiento de la competencia internacional, los grupos de la MA logran liderar la reestructuración del oligopolio mundial con el establecimiento de un complejo metalmecánico-electrónico-informacional. Los espacios estructurales potenciales para un país semiperiférico se basan en el ascenso tecnológico a partir de las capacidades previas desarrolladas durante el período de industrialización sustitutiva, que pueden revalorizarse a partir de su complementariedad con la innovación fundamental basada en la digitalización, la nube y la IA. Así, la industria de MA argentina se encuentra ante el desafío de alcanzar los nuevos umbrales de conocimiento y de escala en la centralización de datos necesarios para avanzar en un proceso de *upgrading* que permita desafiar las jerarquías que se establecen en torno al despliegue de la nueva innovación fundamental. La acumulación de capacidades previas en procesos metalmecánicos les da una ventana transitoria de oportunidad para avanzar en el proceso de convergencia entre las TIC y esas trayectorias históricas.
- En el caso de la agrobiotecnología, se asiste a una complementación parcial con las TIC en las actividades de I+D, a partir del

predominio de la transgénesis vegetal como innovación fundamental, que hoy se ve disputada por los nuevos avances que se producen en el campo de la biología molecular. La emergencia de la edición génica como candidata a nueva innovación fundamental renueva las heurísticas de I+D, los marcos regulatorios y los modos de articulación con los activos complementarios críticos. Esta nueva tecnología plantea nuevos desafíos mesoeconómicos al revelarse como un eje desestructurante del oligopolio mundial y, por lo tanto, genera ventanas de oportunidad a la entrada de actores que logren sacar provecho de su complementariedad con las capacidades tecnológicas previas como ocurre, por ejemplo, con el desarrollo de eventos biotecnológicos y el germoplasma de élite.

- En el plano nacional, estas ventanas de oportunidad transitorias resultan de importancia para países semiperiféricos como la Argentina, que cuentan con capacidades tecnoproductivas y experiencia acumulada en las actividades complementarias. Esto abre la posibilidad de avanzar hacia un proceso de ascenso tecnoproductivo, en la medida en que se logren alcanzar los umbrales mínimos de conocimiento en torno a la innovación fundamental. Cabe destacar que la Argentina cuenta con un sistema científico y tecnológico de cierta relevancia internacional y una base empresarial acotada con un incipiente dinamismo, aunque lejos aún de lo que ocurre en los países que lideran la innovación fundamental en esta industria.
- Respecto de lo ocurrido en el caso específico de la agrobiotecnología, la trayectoria nacional de innovación del país siguió inicialmente una vía de “adoptante temprano” de la innovación fundamental combinada con el desarrollo de algunas innovaciones complementarias. En la última década, y ante el nuevo escenario de transición paradigmático, los principales vectores de cambio de esa trayectoria fueron la conformación de un sistema de ciencia y tecnología nacional con proyectos específicos en materia de edición génica de cierta relevancia internacional, aunque con niveles relativamente bajos en la escala de inversión; una creciente base nacional de empresas orientadas a la biotecnología agrícola, y en particular con una nueva dinámica de emprendimientos asociada tanto al sistema público de ciencia y tecnología como a nuevas estructuras de financiamiento relacionadas con el capital

de riesgo; la emergencia de un muy acotado conjunto de empresas de creciente relevancia mundial, que vienen produciendo avances significativos tanto en materia de innovación fundamental como en el armado del propio paquete tecnológico; y el desarrollo de un marco regulatorio nacional que opera e incide sobre un escenario internacional de alta incertidumbre, que convalida un tratamiento de los productos de la edición génica como equivalente a los desarrollados por métodos convencionales y que presenta, en este campo, una novedosa instancia de consulta temprana.

- La creciente convergencia entre las nuevas tecnologías digitales y la metalmecánica plantea importantes desafíos a escala nacional y local, y muestra que no solo es necesario contar con cierto grado de proximidad en la base de conocimientos para adoptar las nuevas tecnologías. También se requiere un umbral de proximidad organizacional a partir de distintos tipos de alianzas entre empresas y organismos de ciencia y tecnológica, y notablemente, un abordaje pragmático en materia de estándares para evitar quedar encerrados en una única trayectoria institucional. El estudio del caso de los entramados de la región centro de la Argentina, en donde coexiste una base de conocimientos de la metalmecánica en ciudades intermedias y una industria electrónica y de software en los grandes centros urbanos, genera la posibilidad de convergencia tecnológica. Sin embargo, la región centro enfrenta una disyuntiva estratégica. Por un lado, la posibilidad de inserción autónoma a partir de un proceso de *upgrading* hacia las nuevas innovaciones fundamentales de producto, incorporando las TIC y el equipamiento metalmecánico. Por el otro, la inserción como industria de ensamble metalmecánica con *upgrading* de procesos en tecnologías 4.0, insertándose en cadenas globales de valor de los grandes grupos líderes a nivel mundial. Ambos casos están presentes en la región. Dependiendo de cuál predomine, se definirá en qué medida se logrará seguir disputando las posiciones dominantes de las firmas globales o bien insertarse en forma subordinada en las cadenas globales de valor existentes.

Estos hallazgos nos invitan a revisitarse la vieja disyuntiva de cómo y hacia dónde redefinir el patrón de especialización productivo de la Argentina. Es así que lo mesoeconómico, entendido como el espacio en el

que se redefinen los acuerdos y las rivalidades económicas a nivel internacional, asume una creciente centralidad a la hora de comprender la emergencia de ventanas de oportunidad asociadas a los momentos de reciente establecimiento de un nuevo paradigma tecnoeconómico mundial. Es en este plano que se vislumbra la posibilidad de una perspectiva estratégica en la que la adopción temprana de la edición génica y la IA puede revalorizar las capacidades tecnológicas existentes en materia de mejoramiento vegetal y de producción metalmeccánica. Este proceso, sin embargo, solo puede realizarse si se generan a nivel local las condiciones de proximidad que posibiliten la densificación del entramado técnico nacional y se promueve un marco institucional que de impulso a las ramas complementarias a esas innovaciones fundamentales. Solo logrando esta complementariedad entre lo nuevo y lo viejo es posible que se activen los rendimientos crecientes que promuevan un crecimiento sostenido de la productividad y de las fuentes genuinas de competitividad.

En un escenario internacional de fuerte inestabilidad, la mayor rivalidad en la competencia entre capitales y entre Estados abre posibilidades de arbitrar la definición de nuevos sectores pivote. El desarrollo local de innovaciones de base biotecnológica con orientación al sector agrícola (con una potencial ampliación hacia el sector salud y la industria biofarmacéutica), al mismo tiempo que se difunden las nuevas técnicas de AdeP, puede tener un impacto significativo en este contexto de complementariedad entre las TIC y la biotecnología y, por lo tanto, en la orientación de la inserción económica internacional de la Argentina. Sobre todo, si es la base para un proceso de integración más profundo con el resto de los países de la región.

La realización de estas condiciones de posibilidad no puede ser librada a la acción autoorganizadora del mercado, sino que requiere constituir un núcleo endógeno, esto es, un conjunto de relaciones entre agentes internos, públicos y privados en las industrias involucradas, con sus usuarios de la agricultura, con los organismos públicos de investigación básica y aplicada, con las distintas redes de extensión agrícola, articulados en torno a ciertos pivotes sectoriales como la industria de semillas y de MA, susceptibles de identificarse tanto en función de las perspectivas internacionales como de las potencialidades internas existentes.

Lograr la constitución de un núcleo endógeno que apunte estos sectores pivote requiere de una política industrial que actúe como una acción deliberada y coordinada de acciones selectivas, y que sea capaz de movilizar una masa crítica de capitales en los sectores que definen los

campos de oportunidad y los tipos de solución posibles a los problemas tecnoeconómicos existentes. Acciones que, más que confiar en el libre funcionamiento del sistema de precios, como postula el enfoque ortodoxo de la economía convencional, requieren lo contrario: privilegiar las ventajas competitivas dinámicas vis a vis las ventajas comparativas estáticas (y, por lo tanto, la ley del valor), acción que será más disruptiva cuanto mayor sea la incertidumbre y la brecha tecnológica (potencial) entre las nuevas actividades y las tradicionales.

El obstáculo principal no es, evidentemente, técnico. La intervención pública no debe verse como un factor externo fruto del “buen planificador”, porque los actores no preexisten a la estrategia. Son, al menos en parte, resultado del propio proceso de cambio. No es posible suponer la existencia de un empresariado con vocación emprendedora ni la de un Estado desarrollista. Lo que un proyecto de esta naturaleza demanda es, por un lado, como se mencionó, la definición de un núcleo endógeno como eje movilizador de los recursos y las capacidades existentes; y, por el otro, una instancia de comando centralizado y democrático sobre grupos sociales con intereses creados contradictorios. Es en este terreno propiamente político de la política tecnológica e industrial que se abre un espacio de posibilidad para avanzar hacia un proceso de cambio estructural en la Argentina.

Sobre los autores y las autoras

Pablo Lavarello

Director del Centro de Estudios Urbanos Regionales (CEUR-Conicet) y director (*ad honorem*) del Doctorado en Economía Política de la Escuela Interdisciplinaria de Altos Estudios Sociales-Universidad de San Martín (IDAES-UNSAM). Doctor en Ciencias Económicas por la Universidad Paris XIII (Paris Nord, Francia), magíster en Política Económica por la Universidad de Buenos Aires (UBA) y licenciado en Economía por la Universidad Nacional de La Plata (UNLP). Sus principales áreas de investigación son la economía de la innovación en los sectores biofarmacéutico y metal-mecánico, las empresas multinacionales y cadenas globales de valor, y la política industrial y tecnológica desde una perspectiva (crítica) de la economía política.

Sebastián Sztulwark

Doctor en Economía por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Investigador del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (Conicet) y del Instituto de Industria de la Universidad Nacional de General Sarmiento (UNGS). Coordinador del Área de investigación de Economía Política de la UNGS. Se especializa en temas de desarrollo económico y economía del conocimiento.

Gonzalo Sanz Cerbino

Doctor en Historia por la Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad de Buenos Aires (UBA). Actualmente se desempeña como investigador adjunto en el Centro de Estudios Urbanos Regionales (CEUR-Conicet). Se ha especializado en el análisis de las organizaciones empresariales en la Argentina desde 1950 a la actualidad, especialmente de las corporaciones agropecuarias y agroindustriales.

Regina Vidosa

Doctora en Estudios Urbanos y Regionales del Programa interuniversitario de la Bauhaus-Universität Weimar (BUW), Alemania, y la Universidad Nacional de Córdoba (UNC). Magíster en Economía Política por la Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO) y licenciada en Sociología por la Facultad de Ciencias Sociales de la Universidad de Buenos Aires (UBA). Investigadora asistente del Conicet y docente en Economía Política de la Facultad de Ciencias Sociales de la UBA. Sus estudios se inscriben en la línea de trabajo de Poder, Tecnología y Territorio, del Centro de Estudios Urbanos y Regionales (CEUR).

Damián Bil

Doctor en Historia por la Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad de Buenos Aires (UBA). Investigador adjunto del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (Conicet), radicado en el Centro de Estudios Urbanos y Regionales (CEUR), y docente del Departamento de Historia de la Facultad de Filosofía y Letras de la UBA. Se especializa en historia económica, especialmente en la competitividad de la industria argentina, con particular interés en el sector automotriz y de MA, así como también en metalmecánica y en el campo de los procesos de trabajo.

Luciana Guido

Doctora en Ciencias Sociales y Humanas por la Universidad Nacional de Quilmes (UNQ). Posdoctora por el Centre de Recherche et de

Documentation sur les Amériques-Institut des Hautes Études de l'Amérique latine (CREDA-IHEAL), París. Investigadora adjunta del Conicet en el Centro de Estudios Urbanos y Regionales (CEUR) y docente de la UNQ. Se especializa en el estudio de problemáticas referidas a los estudios sociales, económicos y territoriales de las tecnologías, especialmente las tecnologías de información y comunicación, así como su promoción y difusión en diversos sectores industriales y en el vínculo entre los organismos nacionales de ciencia y técnica y su entorno social, tecnoproductivo y territorial.

Valentina Locher

Doctora en Estudios Rurales con mención en Economía (Université de Toulouse, Francia). Investigadora asistente del Conicet en el Instituto de Estudios Sociales de la Universidad Nacional de Entre Ríos (UNER). Se ha especializado en mecanismos socioeconómicos de organización de los actores sociales en los procesos de innovación de las cadenas agroindustriales y las transformaciones socioeconómicas vinculadas a los cambios productivos en la agricultura, así como también en políticas de ciencia, tecnología e innovación con énfasis en escalas subnacionales y perspectiva de género.

Melisa Girard

Magíster en Ciencia, Tecnología y Sociedad por la Universidad Nacional de Quilmes (UNQ) y licenciada en Economía por la Universidad de Buenos Aires (UBA). Investigadora docente de la Universidad Nacional de General Sarmiento (UNGS). Se especializa en temas de economía del conocimiento, innovación tecnológica y biotecnología agrícola.

Federico Langard

Doctor en Geografía por la Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación por la Universidad Nacional de La Plata (UNLP). Actualmente es docente-investigador de la Facultad de Humanidades y Ciencias de

la Educación de la UNLP. Se ha especializado en el estudio del vínculo entre la industria y el territorio.

Federico Jelinski

Licenciado en Economía por la Universidad de Buenos Aires (UBA). Profesional de apoyo en el Centro de Estudios Urbanos y Regionales (CEUR-Conicet). Se especializa en econometría y técnicas de análisis de datos en la Línea de Economía Industrial y de la Innovación.

Pablo Wahren

Doctor en Desarrollo Económico por la Universidad Nacional de Quilmes (UNQ). Actualmente se desempeña como becario posdoctoral del Conicet-Universidad Nacional de General Sarmiento (UNGS). Se especializa en temas relacionados a la agrobiotecnología y el cambio estructural.

La colección **Ciencia, innovación y desarrollo** se propone reunir la producción académica relacionada con las ciencias básicas y aplicadas, el desarrollo tecnológico, la innovación, el emprendedurismo y el desarrollo.

El despliegue de un paradigma tecno-económico dual, con base en las TICs y en la biotecnología, viene reconfigurando las condiciones de acumulación de la economía mundial. En el terreno de la agricultura este cambio se manifiesta como una transformación profunda de los complejos tecnológicos que le proveen de insumos químico-biológicos y de medios de producción electrónico-informáticos. En este escenario se reactualiza el debate en torno al papel de la agricultura en el desarrollo económico de la Argentina.

A partir de un abordaje que contempla diferentes escalas espaciales (global, nacional y local) y de un enfoque teórico meso-estructural (centrado en los procesos de innovación y en sus condiciones institucionales de posibilidad), en este trabajo se sostiene que la fortaleza relativa con la que cuenta el país en estos complejos tecnológicos ofrece una ventana de oportunidad mayor, en relación a lo que ocurre en el resto de las actividades, para el desarrollo de un núcleo endógeno de base nacional que gire alrededor de las capacidades productivas centrales del nuevo paradigma.

Universidad Nacional
de General Sarmiento 



Libro
Universitario
Argentino

