

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

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.

190 p. ; 21 x 15 cm. - (Ciencia, innovación y desarrollo ; 21)

ISBN 978-987-630-793-2

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 Peticaro

Diseño de tapa: Daniel Vidable

Corrección: María Inés Castaño

Diagramación: Eleonora Silva

Hecho el depósito que marca la Ley 11723.

Prohibida su reproducción total o parcial.

Derechos reservados.



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 geoconomía 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.

