

Pilares de la innovación en la biotecnología agrícola argentina



Pensar los recursos
naturales como motor
de la innovación

Juan O'Farrell
Floencia Pizzo
Carlos Freytes
Ana Julia Aneise
Lucía Demeco

Pilares de la innovación en la biotecnología agrícola argentina

Juan O'Farrell
Florencia Pizzo
Carlos Freytes
Ana Julia Aneise
Lucía Demeco

Pensar los recursos naturales
como motor de la innovación



Índice

Pilares de la innovación en la biotecnología agrícola argentina

4	Introducción	22	Marco normativo y capacidades regulatorias del Estado y de las empresas
5	Pilares de la innovación en biotecnología agrícola	23	Propiedad intelectual
		26	Regulaciones para la aprobación comercial de productos biotecnológicos
8	Capacidades científico-tecnológicas		
		31	Políticas de promoción y financiamiento
11	Evolución de las capacidades del INTA		
12	Dependencias del INTA dedicadas a biotecnología	31	Fondos sectoriales
13	Ejemplos de desarrollos biotecnológicos del INTA	34	Beneficios fiscales
		37	Consideraciones finales y recomendaciones de política
14	Vinculación entre actores		
14	Desafíos de la vinculación tecnológica		
15	Mecanismos de vinculación tecnológica del INTA	41	Anexo
16	Experiencias exitosas de vinculación tecnológica	43	Bibliografía
18	El creciente protagonismo de las aceleradoras y el capital de riesgo		
20	Capacidades de vinculación de las empresas		

Introducción

La Argentina enfrenta actualmente el doble desafío que supone, por un lado, diversificar su estructura productiva y, por otro, mejorar la sustentabilidad de su economía, un objetivo en el que la agricultura es un sector especialmente relevante dada su importancia en la canasta exportadora y su impacto ambiental. Como señalamos en un documento anterior¹, que forma una serie con el presente, la promoción de la biotecnología agrícola puede colaborar a atender ambos desafíos al generar empresas y exportaciones en una actividad intensiva en conocimiento y proveer insumos y desarrollos que preparen al país para los desafíos globales de la agricultura, en un contexto de crecimiento de la demanda de alimentos y límites en la disponibilidad de recursos dados por las consecuencias del cambio climático².

En el documento citado presentamos un diagnóstico de las capacidades productivas y de innovación de las empresas de biotecnología agrícola³ en Argentina. Mostramos que el país cuenta con una cantidad significativa de empresas, que lo coloca muy por encima de otros países de ingreso per cápita similar, aunque lejos de los países líderes. Observamos también que en las últimas décadas se registra un creciente dinamismo en la actividad, pero que las ventas están mayormente concentradas en pocas empresas multinacionales, y la mayoría de las empresas locales son pequeñas, lo que representa un problema: los desarrollos en este campo precisan de inversión a largo plazo y tienen altos costos regulatorios. La innovación se ve limitada, a su vez, porque las empresas multinacionales mantienen sus inversiones en I+D en sus países de origen, lo que justifica y motiva el diseño de políticas para fortalecer las capacidades de innovación de empresas e instituciones públicas a nivel local. Otro punto a destacar del diagnóstico es que existe potencial para promover herramientas biotecnológicas superadoras de la transgénesis, como por ejemplo la edición génica; también, para promover productos capaces de contribuir a mejorar el impacto ambiental de la actividad, como los bioinsumos.

En este documento analizamos los factores que explican ese panorama, es decir que determinan las capacidades de innovación de las empresas de biotecnología agrícola en la Argentina. Para ello, consideramos una perspectiva sistémica que resalta la importancia de las vinculaciones entre diversos actores, instituciones y regulaciones en el proceso de innovación (Lundvall, 1992; Freeman, 1995; Edquist, 1997)⁴. Partiendo de esta perspectiva, y aplicándola al caso de la biotecnología agrícola, proponemos cuatro pilares, entendidos como los elementos que determinan las capacidades del sistema de innovación. Estos son: (i) las capacidades científico-tecnológicas, (ii) la calidad de las vinculaciones entre los actores del sistema, (iii) las capacidades regulatorias, y (iv) las políticas de promoción y financiamiento.

Nos proponemos ilustrar la relevancia de cada uno de estos pilares mediante una reconstrucción —sobre la base de entrevistas⁵ e información secundaria— de la trayectoria de innovación de las empresas y productos más destacados, con un especial énfasis en los desarrollos de actores

1 O'Farrell et al. (2022). [Biotecnología agrícola en la Argentina. Productos, técnicas y capacidades productivas hacia una agricultura sustentable](#). Pensar los recursos naturales como motor de la innovación. Buenos Aires: Fundar.

2 Enmarcamos estos objetivos dentro de una estrategia de desarrollo que entiende que los sectores intensivos en recursos naturales pueden servir como plataforma para la innovación y el desarrollo de capacidades productivas (Freytes y O'Farrell, 2021).

3 Entendemos la biotecnología agrícola como la aplicación de procesos científicos y tecnológicos a los productos y procesos de la agricultura, orientados a mejorar el rendimiento y la sustentabilidad de los cultivos. Identificamos algunas de esas aplicaciones -en particular, semillas modificadas y bioinsumos realizados sobre la base de micro y macroorganismos biológicos- como desarrollos con potencial para mejorar la productividad y la sustentabilidad de la producción agrícola y para crear eslabonamientos en actividades intensivas en conocimiento asociadas al agro.

4 Desde esta perspectiva, los procesos de innovación dependen tanto de las capacidades internas de las empresas como del entorno en el cual se desenvuelven. Las empresas acumulan conocimientos y crean rutinas (Nelson y Winter, 1982; Nelson, 1991), a la vez que desarrollan capacidades de absorción (Cohen y Levinthal, 1990) que les permiten captar información externa relevante. En este proceso, la interacción con otros agentes -como proveedores, clientes, universidades u otras firmas- resulta clave.

5 Para esto realizamos 20 entrevistas en profundidad con representantes de las principales empresas y aceleradoras, funcionarios e investigadores (Ver el Anexo para una lista de los entrevistados).



locales. El objetivo es poner de relieve cuáles son las fortalezas y debilidades del sistema de innovación y cuáles son las áreas donde debería intervenir la política pública para promover un sistema más innovador. Se hará particular énfasis en la innovación por parte de actores locales y con potencial impacto positivo en la productividad y la sustentabilidad de la agricultura extensiva, y en el desarrollo de bienes y servicios con potencial exportador. Desde una perspectiva de política pública, nos interesa identificar estrategias que logren al mismo tiempo generar capacidades locales en actividades intensivas en conocimiento y mejoras en el impacto ambiental de la agricultura.

En la siguiente sección resumimos los principales puntos del abordaje conceptual; luego, a cada sección le corresponde un análisis de cada uno de los pilares. En la última parte del documento, presentamos las principales conclusiones y trazamos lineamientos de propuestas para fortalecer la innovación del sector y el desarrollo de empresas locales.

Pilares de la innovación en biotecnología agrícola

Una característica de las actividades y procesos de innovación en biotecnología agrícola es que involucran a un gran número de actores diversos: universidades y centros de investigación, agencias regulatorias, agencias de financiamiento, capitales de riesgo, aceleradoras e incubadoras, agrónomos, productores agrícolas, asociaciones técnicas y profesionales, entre otros. Para entender los procesos de generación, difusión, aplicación y comercialización del conocimiento desde una perspectiva sistémica, debemos observar los procesos interactivos y colaborativos entre estos actores heterogéneos, y las políticas públicas deben apuntar a mejorar la calidad de esas interacciones.

Otra característica a tener en cuenta es que la biotecnología tiene un alto grado de complejidad tecnológica, elevados riesgos de desarrollo de nuevos productos, y un ritmo acelerado de cambio tecnológico. Esto genera dificultades para concentrar el conocimiento exclusivamente al interior de las firmas y genera incentivos para que los actores del sistema interactúen e intercambien conocimiento (Stubrin, 2019). Esta característica explica que, en los países más exitosos en términos de desarrollos biotecnológicos, las innovaciones se sostienen sobre un complejo entramado de cooperaciones entre empresas, universidades, centros de investigación, laboratorios y capitales de riesgo (Powell et al., 2005), y también permite comprender por qué, en la Argentina, las empresas de biotecnología más competitivas se destacan por sus habilidades para vincularse y operar como “empresas en red” (Stubrin, 2019).

A partir de estas características y a través de una revisión de la literatura sobre biotecnología en Argentina⁶, identificamos los siguientes pilares de la innovación y el desarrollo de empresas a nivel local:

1. **Las capacidades científico-tecnológicas.** La evidencia sobre el desarrollo de empresas de biotecnología a nivel global y local muestra que el sistema científico-tecnológico es una fuente determinante de la capacidad de innovación. El alto contenido científico de las técnicas biotecnológicas hace que las universidades y los centros de investigación jueguen un rol clave al proporcionar conocimiento difícil de obtener en el ámbito de la industria. Estas capacidades están determinadas por los recursos humanos, financieros y de infraestructura, y por la trayectoria científico-tecnológica local en biotecnología y ciencias relacionadas, como biología molecular, genética y ciencias agrarias, entre otras.

⁶ Bisang (2011); Pellegrini (2013); Marín, Stubrin y Van Zwanenberg (2014); Marín et al (2015); MinCyT (2016); Bisang et al (2015); Lavarello y Sarabia (2015); Anlló et al (2016); Romani et al (2016); Marín y Stubrin (2017); Stubrin (2019); Leucona (2020); Jobbagy et al (2021); Marín et al (2020), Marín et al (2021).

2. **La calidad de las vinculaciones entre los actores del sistema.** La inversión en investigación básica no se traduce de manera automática en el desarrollo de nuevas tecnologías y su adopción por parte de actores privados. Es necesario promover y mejorar las vinculaciones y la coordinación entre el sistema científico y las empresas, entre las políticas de CTI y las dinámicas y requerimientos del sector productivo, y entre la orientación de agendas de investigación y las necesidades de la producción. Esto depende tanto de las capacidades estatales como las de las empresas. Desde la perspectiva estatal, tiene que ver con la existencia de mecanismos efectivos de vinculación y transferencia tecnológica. Desde la perspectiva de las empresas, importan sus capacidades para generar redes a través de las cuales localizar y transformar ese conocimiento en productos comerciales. Esto incluye habilidades de interacción con otros actores locales e internacionales que permitan el acceso a nuevos conocimientos y tecnologías, como así también capacidades comerciales que permitan identificar nichos y acceder a mercados.

3. **Las capacidades regulatorias.** Las regulaciones sobre la propiedad intelectual y sobre la aprobación comercial de tecnologías y productos juegan un rol fundamental en el proceso de innovación. Esto es especialmente relevante para la biotecnología, la cual se caracteriza por un alto nivel de complejidad en términos de propiedad intelectual y de implicancias sobre la salud y el ambiente. Las regulaciones de derechos de propiedad intelectual inciden sobre la apropiación de las rentas de innovación y el acceso y difusión del conocimiento, mientras las normas sobre aprobación comercial de productos (y sus costos asociados) impactan en las capacidades de comercialización. Al referirnos a las capacidades regulatorias del sistema aludimos a la calidad de las regulaciones, las capacidades estatales para diseñarlas y hacerlas cumplir, y las capacidades empresariales para hacer frente a los costos y procesos regulatorios. Las decisiones gubernamentales en este ámbito representan definiciones sobre cómo balancear múltiples objetivos de política, como aumentar las exportaciones, fortalecer las capacidades de empresas locales, aumentar la productividad agrícola, o cuidar el ambiente, la biodiversidad y la salud, entre otros. En estas definiciones entran en conflicto los intereses de diversos actores, como empresas de biotecnología locales y multinacionales, científicos e investigadores, productores agrícolas, *traders*, y poblaciones expuestas a riesgos y efectos de las tecnologías potencialmente dañinos para la salud. En suma, las políticas de innovación y desarrollo productivo no pueden ser pensadas sin tener en cuenta el marco regulatorio. Ambas deben ser planificadas y coordinadas de acuerdo con una estrategia y objetivos definidos, lo que vuelve fundamental la coordinación interagencias e interministerial.

4. **Las políticas de promoción y financiamiento.** Los instrumentos de promoción y financiamiento son fundamentales en el desarrollo de las capacidades de innovación local. La maximización del potencial innovador de las firmas biotecnológicas agrícolas requiere de la construcción de una ingeniería institucional adecuada que contemple el diseño de leyes, políticas y programas orientados a promover la actividad mediante la adopción de instrumentos diversos, tales como los fondos sectoriales y los incentivos fiscales. La participación activa de los organismos gubernamentales nacionales es central en este proceso: su involucramiento permite la ejecución estratégica del entramado institucional mencionado. Dadas las características de la biotecnología agrícola, las instituciones e instrumentos atraviesan diferentes ministerios, incluyendo el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (MinCyT), la Agencia de I+D+i, el Ministerio de Desarrollo Productivo y el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca.



Capacidades CTI

Recursos humanos, financieros, infraestructura, y trayectoria científico-tecnológica en biotecnología, biociencias y afines.

Capacidades regulatorias

Capacidades regulatorias estatales y empresariales en propiedad intelectual, bioseguridad, salud y comercio.

Vinculaciones

Calidad de las vinculaciones entre empresas de biotecnología, instituciones científicas, productores agropecuarios e inversores.

Políticas de promoción y financiamiento

Fondos sectoriales, incentivos fiscales y subsidios

Los cuatro pilares de la innovación

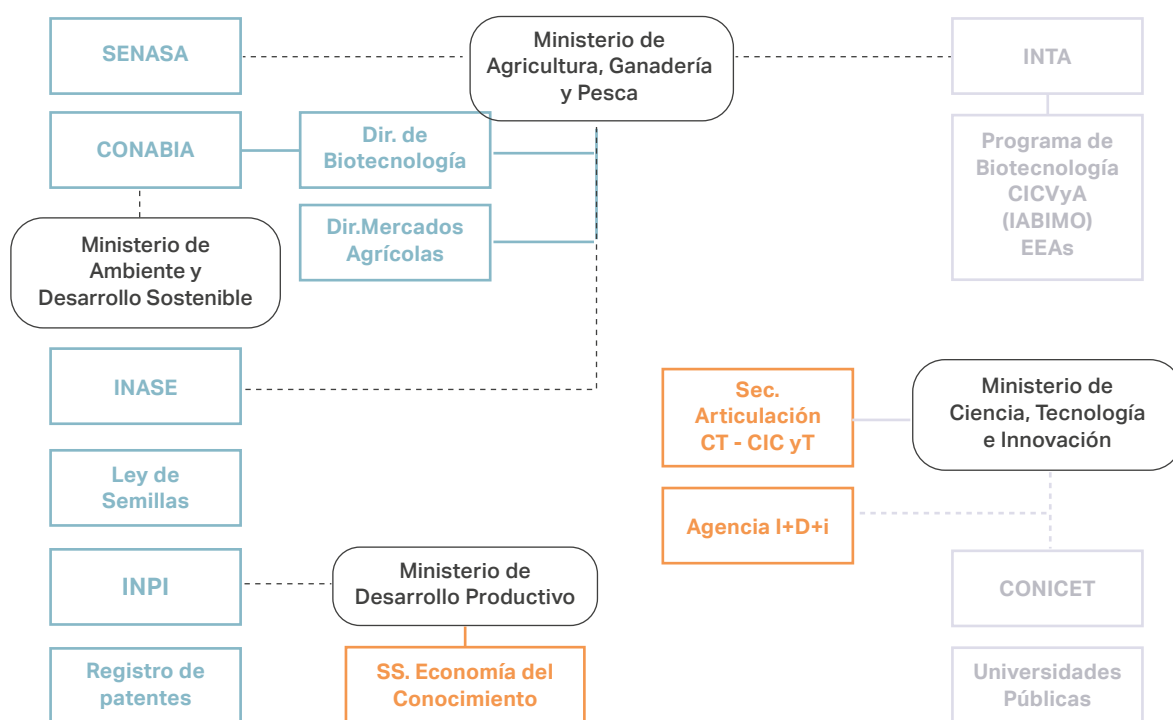
Gráfico 1

A partir de esta perspectiva, uno de los desafíos de la política pública es coordinar los esfuerzos de las instituciones públicas con responsabilidades en cada uno de estos pilares. Estas instituciones atraviesan varios ministerios y persiguen objetivos que no siempre coinciden y que incluso pueden muchas veces entrar en conflicto. La mayor parte de las políticas de promoción y financiamiento se distribuyen entre el Ministerio de Desarrollo Productivo y MinCyT. Bajo la órbita de este último, se encuentra el CONICET que, junto con el INTA (dependiente del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca) y las universidades, representan la mayor parte de las capacidades científico-tecnológicas públicas. Por su parte, las capacidades regulatorias se encuentran distribuidas en agencias descentralizadas que responden al Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca y, en menor medida, al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. A continuación, en el análisis de cada uno de los pilares vamos a prestar especial atención a los instrumentos y capacidades con los que estas instituciones inciden en el proceso de innovación en biotecnología agrícola en Argentina.

Instituciones públicas vinculadas a la biotecnología agrícola

Gráfico 2

Capacidades científico-tecnológicas



● Capacidades regulatorias

● Capacidades CTI

● Promoción, financiamiento y coordinación

Fuente: elaboración propia.

Capacidades científico-tecnológicas

El país cuenta con una vasta trayectoria en el desarrollo de capacidades científico-tecnológicas en biotecnología, las cuales tienen una incidencia importante sobre la innovación en el sector de insumos agrícolas en general (Bisang et al., 2015; Patrouilleau et al., 2019) y en biotecnología agrícola en particular (MinCyT, 2016). Las instituciones académicas generan un conjunto de investigaciones que amplían la frontera del conocimiento científico disponible para el desarrollo de aplicaciones que permiten resolver problemáticas del sector agrícola a partir de nuevas tecnologías. En ese sentido, el vínculo entre las firmas de biotecnología agrícola y el sistema científico-tecnológico es clave para entender la dinámica que posibilita el desarrollo de nuevos productos (Arza y Carattoli, 2012).

El sector público es el principal financiador de I+D en la Argentina. El país invierte el 0,55% del PBI en la promoción de actividades de ciencia y tecnología, un nivel que está por encima del de otros países de la región como Chile, Colombia y México, pero muy por debajo del nivel del promedio de la OECD, que se ubica en 2,39% del PBI, según datos de 2019. El presupuesto nacional para Ciencia y Tecnología (CyT) se canaliza a través del sistema universitario o del CONICET, e incide en la conformación de los planteles profesionales de ambos organismos y en las trayectorias académicas (Patrouilleau et al., 2019). Las universidades nacionales contribuyen a las capacidades científico-tecnológicas en el agro tanto por la vía de la formación de los recursos humanos como por la generación-adaptación y difusión de tecnología (Bisang et al., 2015). El país cuenta con 15 carreras de grado y 12 especializaciones de posgrado en biotecnología y disciplinas vinculadas (Marín et al., 2021). En paralelo, el CONICET nuclea al mayor número de investigadores del país; una de sus cuatro grandes áreas de investigación es la dedicada a Ciencias Agrarias, de las Ingenierías y Materiales, en cuyo seno se desarrolla la disciplina "Ingeniería de Alimentos y Biotecnología".

El sector público es el principal financiador de I+D en la Argentina: invierte el 0,55% del PBI en la promoción de actividades de ciencia y tecnología, un nivel que está por encima del de otros países de la región como Chile, Colombia y México, pero muy por debajo del nivel del promedio de la OECD, que se ubica en 2,39%.

De acuerdo con un estudio del MinCyT (2016), la mayoría de los grupos de investigación y profesionales dedicados a la biotecnología se desempeñan en el sistema universitario, los institutos del CONICET y el INTA, los cuales representan el 80% de los recursos del sistema. Con base en las encuestas realizadas a nivel nacional y provincial, el estudio identificó 86 centros que realizan I+D en biociencias y biotecnología, de los cuales el 30,2% se encuentra en el Área Metropolitana, 12,8% en La Plata, 14% en otras ciudades de la provincia de Buenos Aires, 17,4% en las provincias del Centro del país (Córdoba, San Luis y Mendoza), 12,8% en el Litoral (Santa Fe, Entre Ríos y Corrientes), 8,1% en las provincias del NOA y NEA (Tucumán, Salta y Chaco) y 4,7% en la Patagonia.

Las capacidades en materia de ciencia, tecnología e innovación relevadas se localizan principalmente en las Provincias de Buenos Aires, Córdoba y Santa Fe, en las cuales se estima que hay 2950 investigadores y 1051 proyectos vinculados a la biotecnología. La biotecnología agropecuaria en particular representa el 37% de estos esfuerzos, por debajo de aquellos destinados al área de salud humana (54%), y superando a salud animal (35%), bioinformática (29%), ambiente (23%), y procesamiento industrial (18%).

El importante rol de sistema científico público se refleja en los datos de patentes solicitadas con prioridad en biotecnología en la Argentina, los cuales muestran que el patentamiento es liderado por el

CONICET, seguido de algunas empresas nacionales de trayectoria ([Biosidus](#) y [Bioceres](#)) y fundaciones (Instituto Leloir) (Marín et al., 2021).

El impacto de las instituciones científico-técnicas en los desarrollos tecnológicos puede verse también al analizar las solicitudes de eventos transgénicos por actores locales. Los 8 eventos transgénicos registrados en el país por parte de firmas nacionales⁷ corresponden a [Tecnoplant](#) e [INDEAR](#). Tecnoplant, una firma mendocina de ingeniería aplicada nacida en 1988, ha registrado 2 eventos transgénicos con resistencia a la virosis para la papa, desarrollados junto a un equipo de investigadores del CONICET en el Instituto de Investigaciones en Ingeniería Genética y Biología Molecular (INGEBI-CONICET). INDEAR, una empresa de servicios en I+D surgida a partir de una alianza entre el CONICET y la empresa nacional Bioceres en 2004, ha registrado 6 eventos transgénicos que incluyen la resistencia a herbicidas y/o sequía y/o obtención de cualidades deseadas, como la expresión de quimosina bovina en semillas de cártamo.

Un caso paradigmático que permite ilustrar las capacidades científico-tecnológicas locales es el desarrollo de la tecnología HB4. La tecnología HB4 es un conjunto de dos eventos transgénicos diseñados para los cultivos de la soja y el trigo que permite obtener semillas con mayor tolerancia a la sequía y mayor rendimiento. Este desarrollo es el primero de su tipo a nivel mundial y surgió como resultado de una colaboración público-privada entre la empresa Bioceres y el Instituto de Agrobiotecnología del Litoral, compuesto por un grupo de investigación del CONICET con sede en la Universidad Nacional del Litoral a cargo de la Dra. Raquel Chan⁸. Desde 1995, el equipo de la Dra. Chan trabajó en el estudio de la respuesta de las plantas al estrés, en particular a través de técnicas que consisten en aislar genes y probarlos en una planta modelo a través de la transgénesis. Como resultado de estos esfuerzos, la Dra. Chan encontró el gen que en el girasol tiene como función activar los mecanismos de respuesta ante el estrés abiótico (agua y sales) y biótico (otros organismos), lo que permitió introducir mejoras en las semillas del trigo y soja, al dotarlas de una tolerancia superior a períodos de sequía y hacer que tengan un rinde mayor en zonas secas (Gamba y Mocciaro, 2018). Así, esta tecnología proporciona una mayor productividad sin afectar negativamente los rendimientos en condiciones óptimas de crecimiento, lo cual es un factor distintivo en comparación con otras tecnologías de tolerancia al estrés (Rapela, 2020). En 2003, la empresa Bioceres solicitó la patente de la tecnología HB4 a la Administración Nacional de Patentes del Instituto Nacional de la Propiedad Intelectual (INPI), la cual fue puesta a disposición en 2005. De forma similar, el desarrollo fue patentado en Estados Unidos en 2007.

Un caso paradigmático que permite ilustrar las capacidades científico-tecnológicas locales es el desarrollo de la tecnología HB4, que es un conjunto de dos eventos transgénicos diseñados para los cultivos de la soja y el trigo que permite obtener semillas con mayor tolerancia a la sequía y mayor rendimiento.

A pesar de sus potenciales aportes a la productividad agrícola, esta tecnología despertó intensos debates sobre su posible impacto en términos ambientales (ver Box N° 1) y enfrenta una serie de desafíos a nivel regulatorio, como discutimos más adelante.

⁷ Son 8 de 62 los eventos transgénicos locales si se tienen en consideración los eventos con autorización comercial registrados en el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. En los hechos, sin embargo, se puede argüir que solo 4 de los 8 eventos identificados representan desarrollos estrictamente locales, dado que, para algunos casos no se trata de nuevos eventos, sino de "eventos apilados", o desarrollados por multinacionales y solicitados por empresas locales.

⁸ Para más información, ver [El trigo HB4 y los desafíos de la innovación en siete preguntas](#).

La tecnología HB4, potencialidades y cuestionamientos

La tecnología HB4 ha despertado gran optimismo por parte de algunos sectores y duras críticas por parte de otros. Quienes la impulsan enfatizan la importancia de que sea un desarrollo vernáculo, y señalan que, de los 61 eventos transgénicos aprobados en la Argentina, solo 4 son nacionales (la papa resistente a virus, la soja HB4, el trigo HB4 y el cártamo con expresión proquimosina). Puntualizan que su introducción implicaría un aumento en la productividad del sector agrícola, lo cual a su vez propiciaría un incremento en las exportaciones, regalías y puestos de trabajo. Adicionalmente, la Dra. Raquel Chan sostiene que el trigo y la soja HB4 serían una incorporación positiva desde una perspectiva ambiental, dado su menor consumo de agua y mayor fijación de dióxido de carbono en el suelo, su capacidad de sostener rendimientos en climas adversos y de sequía —un escenario que se verá profundizado por el cambio climático— y su potencial para el incremento de cultivos durante un mismo año. La investigadora suma otro argumento. Según afirma, como actualmente en la Argentina se produce fundamentalmente soja, los buenos rindes de este cultivo hacen que los productores puedan dejar libre el campo durante el invierno. Eso genera que al comienzo de la siembra se vuelva necesaria la aplicación de una gran cantidad de herbicidas para combatir las malezas crecidas durante el período sin producción. Si, en cambio, el trigo HB4 fuera utilizado como un cultivo de rotación durante el invierno —en zonas donde hoy por sus características climáticas no puede ser cultivado— se reduciría el uso de herbicidas.

Al mismo tiempo, este desarrollo ha despertado también desconfianza y críticas por parte de consumidores, organizaciones no gubernamentales y miembros de la comunidad científica. Uno de los motivos es la resistencia de estos cultivos de soja y trigo HB4 al “glufosinato de amonio”, un herbicida de amplio espectro [cuya aplicación fue prohibida en la Unión Europea desde 2013](#). En una [carta abierta](#) al gobierno nacional, 1400 científicos argentinos expusieron sus preocupaciones sobre este punto alegando que el glufosinato tiene una “toxicidad aguda y produce efectos neurotóxicos, genotóxicos y alteradores de la colinesterasa”, además de “deteriorar enormemente la calidad del agua dulce acelerando procesos de eutrofización y penetrar hacia napas subterráneas, aumentando la lixiviación del nitrógeno de los suelos”. En particular, dados los crecientes índices de utilización de herbicidas en la Argentina por la adaptación de las malezas (INTA, 2017), la carta expresa que la introducción de la soja y trigo HB4 profundizaría la dependencia a los agroquímicos y aumentaría la susceptibilidad de los cultivos a enfermedades. Otro argumento señalado es la escasa fiscalización en torno a la aplicación de agroquímicos; si se considera la mayor toxicidad del glufosinato de amonio, esto podría generar problemas sanitarios en las poblaciones rurales. A su vez, en términos más amplios, otras preocupaciones versan sobre la potencial expansión de la frontera agropecuaria en detrimento de ecosistemas como bosques nativos, la contaminación de otros trigos no transgénicos, la contaminación del pan con agroquímicos y la oposición a los alimentos transgénicos en general (Frank, 2021).

Otro caso que ilustra el funcionamiento de este ecosistema de innovación apoyado en el financiamiento público pero con fuerte participación de la iniciativa privada es Terragene y su *spin off* [Protergium](#). Esta firma fue fundada en 2006 por dos científicos del CONICET y se ha transformado en un caso de éxito en el campo de la biotecnología aplicada a la salud: exporta el 97% de su producción por el equivalente a USD 30 millones a más de 70 países del mundo, e invierte el 5% de sus ganancias en actividades I+D. En 2017 se creó Protergium, una firma que surge como un *spin off* de Terragene y

utiliza la base de conocimientos acumulados en biotecnología para expandirse hacia la investigación y el desarrollo de productos biológicos aplicados al agro. Frente a la demanda de insumos agrícolas de mayor sustentabilidad, Protergium apuesta al mercado de bioinsumos produciendo inoculantes, estimulantes, fertilizantes, insecticidas y fungicidas biológicos, que pueden ser aplicados tanto a cultivos extensivos como intensivos⁹.

Evolución de las capacidades del INTA

Otro instituto fundamental para entender la participación del Estado en el desarrollo de capacidades científico-tecnológicas en biotecnología es el [INTA](#). Este instituto jugó históricamente un rol central en la provisión de desarrollos tecnológicos en materia genética para la industria semillera (Marín y Stubrin, 2017). La incidencia del INTA en el desarrollo de la biotecnología decreció, sin embargo, a partir de la década de 1990, y perdió terreno respecto a las empresas privadas. Desde entonces la desinversión, el deterioro institucional del organismo¹⁰ —proceso iniciado con reformas desde 1975— y el desfinanciamiento de la ciencia y tecnología en general profundizaron la privatización del desarrollo tecnológico (Amin Filomeno, 2013; Gras y Hernández, 2016; Regunaga, 2009). En 1995 se eliminaron los derechos de exportación, lo que privó al INTA del financiamiento que hasta entonces le había sido asignado por ley. La pérdida de autonomía financiera debilitó las capacidades del Instituto, que dejó de contar con una gran parte del staff técnico (Amin Filomeno, 2013), a la vez que cedió terreno a las empresas multinacionales en el desarrollo de biotecnología agrícola orientada a cultivos extensivos, y pasó a enfocar sus esfuerzos en temáticas vinculadas con las economías regionales y la agricultura familiar.

En este contexto, asociaciones técnicas como Aacrea y Aapresid, y las empresas multinacionales de insumos a través de sus centros de servicios, ocuparon un rol más importante en el desarrollo de insumos y tecnologías para la agricultura. Este giro cobra particular relevancia ante un escenario en el cual, como sucede en otras actividades, las empresas multinacionales vinculadas a la biotecnología suelen transferir tecnología para los procesos que incrementan su rentabilidad, y no necesariamente contribuyen de manera significativa a la generación de capacidades locales.

Desde 2008 se verifica un crecimiento del presupuesto del INTA que casi triplica la media histórica, y que luego, con algunas oscilaciones, continuó incrementándose en términos reales hasta alcanzar su pico en 2016, año a partir del cual comenzó a disminuir.

A principios de los años 2000 el INTA empezó a recuperar instrumentos y recursos, con un incremento sostenido de fondos e incorporación de personal a planta. En particular, se destaca desde 2008 un crecimiento del presupuesto del INTA que casi triplica la media histórica, y que luego, con algunas oscilaciones, continuó incrementándose en términos reales hasta alcanzar su pico en 2016, año a partir del cual comenzó a disminuir. A su vez, en términos de la composición del presupuesto, desde 2004 se observa que el gasto en personal, que históricamente había sido el rubro principal, disminuye su peso y aumenta el gasto en capital, lo que permitió que la institución contara con mayores recursos para financiar infraestructura e investigaciones propias (Pellegrini, 2013).

⁹ La información provista ha sido relevada en el marco del trabajo de campo de este estudio. Se entrevistó al CEO de Terragene y Protergium, como así también al personal directivo de la firma.

¹⁰ Este deterioro se refleja de manera muy clara en la diferencia del desempeño del INTA con el instituto de tecnología agropecuaria de Brasil, Embrapa, en términos de desarrollo de semillas y patentamiento de organismos genéticamente modificados (OGM).

Dependencias del INTA dedicadas a biotecnología

En la actualidad, el organismo cuenta con un volumen significativo de equipos de investigación dedicados a la biotecnología. Las capacidades en biotecnología agrícola del INTA se encuentran mayoritariamente concentradas en el Centro de Investigación en [Ciencias Veterinarias y Agronómicas \(CICVyA\)](#)¹¹. Esta unidad funcional del INTA localizada en Castelar se dedica a la investigación y generación de conocimientos y tecnologías aplicadas a las áreas de sanidad y mejoramiento vegetal y animal. Además, ofrece servicios que garantizan la calidad e inocuidad de los productos derivados del sistema agroalimentario local. El CICVyA tiene una dotación de más de 500 personas y está conformado por cinco institutos de investigación y una gerencia estratégica. Se destaca por la calidad científica de sus investigadores: el 54% del plantel total de profesionales tiene un doctorado y el 6% tiene título de maestría en temáticas afines al perfil del centro de investigación.

Dentro del CICVyA funciona el Instituto de Biotecnología¹², cuyo objetivo es la generación de conocimiento fundamental en sistemas biológicos relevantes para las áreas agropecuaria, forestal y agroindustrial. El instituto está organizado en tres áreas, tiene un total de 24 grupos de investigación y una dotación de más de 140 personas, lo que lo convierte en el más numeroso del CICVyA. Entre sus investigadores hay biólogos, bioquímicos, ingenieros agrónomos, veterinarios, biotecnólogos, genetistas e ingenieros electrónicos. Más del 90% cuenta con un doctorado en su especialidad, y muchos de ellos tienen experiencias posdoctorales. El Instituto tiene infraestructura edilicia y equipamiento de alta complejidad para el desarrollo de estrategias de biología molecular, ingeniería genética, diagnóstico molecular, prospección génica, secuenciación genómica, análisis de marcadores por estrategias de alto desempeño, transcriptómica, metabolómica y bioinformática.

Desde hace menos de dos años, el Instituto de Biotecnología es sede del Instituto de Agrobiotecnología y Biología Molecular ([IABIMO](#)), una de las unidades ejecutoras de doble dependencia del INTA y el CONICET. A través de la doble dependencia estas instituciones buscan complementar sus acciones en la promoción y ejecución de actividades de ciencia y técnica, aportando de manera conjunta al medio socio productivo y a la formación de recursos humanos. La constitución del IABIMO ha formalizado la situación de cerca de dos tercios de los profesionales que ya trabajaban en el instituto y pertenecían al CONICET. Más allá de las ventajas que eso supone para los investigadores, la creación del IABIMO ha reforzado el financiamiento del Instituto de Biotecnología, ya que le permite competir por proyectos particulares para unidades ejecutoras e incorporar personal auxiliar profesional de la carrera del CONICET.

En 2011 el INTA puso en marcha el Programa Nacional de Biotecnología, que unifica los trabajos que hasta entonces llevaban adelante dos áreas estratégicas: biotecnología genética y genómica avanzada. Este programa de características federales ha permitido generar capacidades adicionales en biotecnología en distintas unidades en el país, y posibilitado que los grupos de investigación se aboquen a las problemáticas particulares de cada territorio. Hoy hay grupos en Buenos Aires (Balcarce, Castelar, Pergamino, San Pedro), Córdoba (Córdoba capital, Marcos Juárez), Mendoza, Santa Fe, Río Negro (Bariloche), Tucumán (Famailá), Corrientes, Salta y Jujuy, entre otras¹³.

¹¹ La información ha sido relevada en el marco del trabajo de campo de este estudio. Se han entrevistado directivos y personal del CICVyA.

¹² La información ha sido relevada en el marco del trabajo de campo de este estudio. Se ha entrevistado a un investigador del Instituto de Biotecnología y personal del CICVyA.

¹³ La información ha sido relevada en el marco del trabajo de campo de este estudio. Se ha entrevistado a investigadores de la institución y al responsable del Programa Nacional de Biotecnología.

Ejemplos de desarrollos biotecnológicos del INTA

El caso de la [Estación Experimental Agropecuaria \(EEA\) Balcarce](#) y sus desarrollos biotecnológicos enfocados en la papa (cultivo central de la zona) sirve para ilustrar las capacidades científicas del INTA¹⁴. El grupo de investigadores de la EEA ha encontrado una forma de mejorar la calidad nutricional del tubérculo, lo que genera beneficios tanto desde el punto de vista del consumidor como desde el productivo y el ambiental. El desarrollo evita la oxidación de polifenoles, como el ácido clorogénico, un proceso que reduce el nivel nutricional del cultivo. Además, al prevenir la oxidación, se logra disminuir el descarte de papas, que en general se produce cuando la pulpa adquiere un color oscuro por golpes en la cosecha y el traslado. Esto mejora el retorno económico del productor y elimina los efectos ambientales adversos del descarte. Otro desarrollo busca mantener la calidad de la papa en almacenamiento, al apagar el gen del tubérculo que desdobra la sacarosa en glucosa y fructosa. Esto evita el endulzamiento producido por frío, algo que en general rechaza la industria. Por último, a través de biotecnología aplicada se ha iniciado un proyecto que apunta a apagar un gen de la papa para mejorar la eficiencia en el uso del agua. En la zona de Balcarce, las napas son saladas; si se reducen los volúmenes de agua requeridos para este cultivo, se evita que el nivel de salinización del agua de riego afecte a cultivos posteriores. Si bien algunos de estos desarrollos están en proceso de ser inscriptos como nuevas variedades, todavía no han alcanzado la etapa comercial.

En las distintas estaciones experimentales, existen proyectos que estudian otros cultivos, como es el caso de la biofortificación del trigo, en el que se ha logrado incorporar genes mediante cruzamientos y con la asistencia de marcadores moleculares que incrementan el contenido de proteínas y nutrientes. El desarrollo ha permitido aumentar el contenido de hierro y zinc con la incorporación del gen GPC-B1 en cuatro variedades nacionales de trigo pan. Varias semilleras adoptaron esta tecnología en sus programas de mejoramiento¹⁵.

La importancia de la inversión pública en I+D y su potencial impacto en la sustentabilidad de la agricultura queda evidenciada también por el rol fundamental del INTA en el desarrollo de bioinsumos. La obtención de bioinsumos para actividades agrícolas requiere de etapas previas de I+D tanto en laboratorios como en invernáculos o pequeñas parcelas. En la Argentina, el Instituto de Microbiología y Zoología Agrícola ([IMYZA](#)) del INTA Castelar, dependiente del CICVyA, es una de las instituciones agropecuarias líderes en esta área y alcanzó logros significativos en materia de investigación y desarrollo de bioinsumos nacionales.

En relación con los bioinsumos a base de macroorganismos, el IMYZA fue el primer laboratorio en llevar adelante la investigación básica y el desarrollo de formulaciones con virus entomopatógenos para ser utilizados en el control microbiano de plagas en manzanos y perales, reduciendo los daños y favoreciendo las exportaciones de frutas libres de esta plaga hacia el continente europeo. Además, también trabaja en el desarrollo de bioinsumos a base de microorganismos, incluyendo tanto biofertilizantes como bioplaguicidas: hace más de 40 años que realiza I+D en biofertilizantes, y dispone de una colección que ha servido de insumo para el desarrollo de inoculantes en el sector privado. Por ejemplo, desarrolló y transfirió la tecnología de producción del primer inoculante líquido acuoso en el mercado nacional. Asimismo, ha contribuido con el desarrollo de la tecnología de semilla preinoculada de alfalfa y soja, así como también con el desarrollo y transferencia de inoculante líquido en base a *Azospirillum brasilense* para los cultivos de trigo y maíz. En lo que refiere a los bioplaguicidas, el IMYZA ha trabajado en el desarrollo de microplaguicidas a partir de microorganismos benéficos antagonistas de fitopatógenos, con el aislamiento, selección, caracterización e identificación de cepas de los géneros *Cladorrhinum* y *Trichoderma* para su utilización en diversos cultivos (extensivos y hortícolas).

Vinculación
entre actores



¹⁴ Estos desarrollos biotecnológicos han sido relevados a través del trabajo de campo realizado en el marco de este estudio. El objetivo no es cubrir de manera exhaustiva los proyectos de biotecnología agrícola de toda la institución si no ilustrar la dinámica de algunos casos considerados exitosos.

¹⁵ Ver [Biofortificación, una estrategia para incrementar la calidad nutricional en trigo](#)

Como resultado de los estudios se obtuvieron tres productos comerciales: dos biofertilizantes en formulaciones sólidas: Biotrap® y Trichotrap® y el primer biofungicida registrado Rizoderma® basado en la formulación líquida de una cepa de *T. harzianum* (Lecuona, 2020).

Vinculación entre actores

En esta sección analizaremos los mecanismos de vinculación tecnológica del sistema público con el privado, el rol de las incubadoras y aceleradoras de empresas agrobiotecnológicas y las capacidades de vinculación de las empresas con el sistema de ciencia y técnica nacional. Expondremos las características, desafíos y principales obstáculos de cada uno de estos formatos de vinculación, y ejemplificaremos con casos exitosos las principales lecciones aprendidas.

Desafíos de la vinculación tecnológica

Las investigaciones previas sobre biotecnología en la Argentina señalan que las prioridades del sector científico local no están mayormente orientadas a la producción de innovaciones con uso comercial definido (Anlló et al, 2016; Romani et al, 2016). Los incentivos de los sistemas de evaluación de los profesionales dedicados a la investigación están en general orientados a ponderar mejor las publicaciones en revistas con referato, lo que perjudica las posibilidades de vinculación público-privada (Romani et al, 2016; Orbita, 2020). Si bien hay proyectos de potencial transferencia, estos circulan exclusivamente en el ámbito de la ciencia disciplinar. Las falencias en el apoyo a la transferencia tecnológica hacen que la salida de estos proyectos de ese ámbito dependa de la voluntad de los investigadores (Romani et al, 2016).

Entre otros elementos que dificultan la vinculación, es posible mencionar que estos sistemas tampoco incentivan, dentro de la carrera profesional de los científicos, las actividades asociadas a brindar servicios de apoyo a las empresas en las etapas de escalado. Ese hecho, sumado a que la mayor parte de las firmas biotecnológicas y los centros de I+D carecen del equipamiento necesario para llevar adelante esta etapa, genera un obstáculo para la innovación (Anlló et al, 2016). Además, la falta de una base de datos actualizada de acceso público que centralice la información de los proyectos de I+D de biotecnología agrícola (con un adecuado detalle del grado de avance) de los diferentes organismos del sistema científico local dificulta las tareas de mapeo del sector privado, la tarea de los vinculadores tecnológicos y la cooperación entre diferentes instituciones¹⁶.

Un obstáculo para el buen funcionamiento de los mecanismos de vinculación tecnológica de las instituciones científicas locales, que se corrobora para el caso del INTA, radica en la escasez de recursos humanos, tanto en una dimensión cuantitativa como cualitativa.

Un obstáculo para el buen funcionamiento de los mecanismos de vinculación tecnológica de las instituciones científicas locales, que se corrobora para el caso del INTA, radica en la escasez de recursos humanos, tanto en una dimensión cuantitativa como cualitativa¹⁷. La falta de personal dedicado a tareas de vinculación tecnológica genera que un mismo agente cumpla múltiples y heterogéneas

¹⁶ Información obtenida en el marco de las entrevistas realizadas para este estudio.

¹⁷ En el marco del trabajo de campo de este estudio se ha entrevistado a personal de vinculación tecnológica de la institución.

funciones. Los asistentes de vinculación tecnológica deben destinar una parte importante de su tiempo a la realización de tareas de gestión o a las relaciones institucionales, lo que redundará en una menor dedicación a la gestión tecnológica (búsqueda de socios en I+D, de adoptantes tecnológicos o de financiamiento). Además, la demanda de consultas hacia los investigadores es variada, y conlleva un ejercicio de docencia acerca de las herramientas disponibles y un acompañamiento personalizado. La diversidad de tareas requiere perfiles con capacidades técnicas y profesionales difíciles de adquirir. La formación teórica y práctica en gestión tecnológica es insuficiente y se suple con la práctica profesional. Esto atenta contra la formación de perfiles profesionales especializados. Asimismo, se necesitan recursos humanos con conocimiento de políticas e instrumentos para la protección de la propiedad intelectual de los resultados de la investigación y el desarrollo de mecanismos que aseguren la valorización y comercialización de los activos intangibles y los productos. La fijación del precio de los productos tecnológicos derivados de la investigación suele ser muy difícil, compleja e incierta, dadas sus características (Codner, 2019).

Mecanismos de vinculación tecnológica del INTA

A pesar de las limitaciones y los riesgos señalados, el INTA lleva adelante una política de vinculación tecnológica que involucra un amplio y heterogéneo conjunto de intercambios de conocimiento con el sector privado. La vinculación de la institución con empresas puede asumir una de cuatro formas: convenio de transferencia tecnológica, convenio de I+D, provisión de servicios (transferencia de información, en la que la oferta tecnológica es un servicio especializado o rutinario), y asistencia técnica (transferencia de conocimiento para resolver a la empresa un problema). Generalmente, los convenios de I+D entablan una vinculación temprana con las empresas privadas para desarrollar productos de manera conjunta, en la que el INTA provee de salarios e infraestructura y la empresa financia el desarrollo. En los convenios de transferencia de tecnología, en cambio, la vinculación no suele implicar un trabajo conjunto tan extenso. El aspecto positivo de los convenios de I+D es que permiten que el desarrollo se dirija tempranamente a las capacidades productivas de la firma (como ocurrió en el caso de *Rizobacter* analizado más abajo en esta sección)¹⁸.

Estas formas de vinculación generan beneficios institucionales: mientras que en las asistencias o servicios técnicos especializados la monetización de la transferencia se realiza a través de una retribución institucional, los convenios de transferencia tecnológica y de I+D generan regalías. En este sentido, la institución promueve la participación de su personal en emprendimientos de carácter tecnológico, tanto a través de la compensación por las regalías ingresadas como de una asignación adicional constituida por un fondo de asistencia técnica.

El cuadro 1 detalla la forma en que se distribuyen los beneficios monetarios entre el personal de la institución, el grupo de trabajo, la unidad a la que corresponde y un fondo de valorización tecnológica institucional (FVT)¹⁹. Las regalías obtenidas por convenios de I+D y transferencia tecnológica son las únicas que se reparten entre los cuatro grupos: se destina el 30% del total al personal, otro 30% al FVT, el 20% al grupo de trabajo generador del material transferido y el 20% a la unidad a la que pertenece. El total obtenido por las asistencias técnicas y los servicios especializados se asigna de la siguiente manera: grupo de trabajo (35% y 30%, respectivamente), unidad (30% y 40%, respectivamente) y FVT (30% en ambos casos).

¹⁸ La información ha sido relevada en el marco del trabajo de campo de este estudio. Se ha entrevistado a personal de vinculación tecnológica del INTA. Para más información sobre los mecanismos de vinculación tecnológica del INTA consultar [La política de vinculación tecnológica del INTA](#).

¹⁹ Según el Manual de Vinculación Tecnológica del INTA, los fondos provenientes de los aportes mencionados son depositados en el FVT y están destinados a: financiar líneas de trabajo priorizadas o estratégicas para la vinculación tecnológica; incrementar capacidades de gestión de la vinculación tecnológica; valorizar proyectos que estén cercanos a la transferencia y que permitan incrementar los beneficios netos institucionales; financiar los gastos de registro y mantenimiento para derechos de obtentores vegetales, patentes, marcas, y otros títulos que tengan relación con la transferencia y difusión de los conocimientos y tecnologías del INTA.

Distribución de beneficios institucionales según tipo de VT

Tabla 1

Tipos de vínculos	Sujetos de la distribución			
	Personal y jubilados del INTA	Grupo de trabajo	Unidad	INTA Fondo de Valorización Tecnológica
Generación y transferencia de tecnología (I+D y TT)	30%	20%	20%	30%
Asistencias técnicas	-	35%	35%	30%
Servicios especializados	-	30%	40%	30%

Fuente: elaboración propia con base en el manual de vinculación tecnológica del INTA.

Entre los mecanismos de vinculación del INTA se destaca [InculNTA](#), una plataforma técnico-organizativa para el desarrollo de proyectos tecnológicos que depende administrativamente del CICVyA. Surge con el objetivo de profundizar un eje de acción estratégico del MinCyT: la vinculación tecnológica entre el sector público y el privado, gestado en gran parte a través de la creación de empresas de base tecnológica relacionadas con las biotecnologías aplicadas a la agricultura y agroindustria. Su función es ser una interfase entre la investigación y la producción a escala industrial. Para esto tiene que evaluar y seleccionar las investigaciones con más potencialidad de contribuir al desarrollo tecnológico nacional, analizar las necesidades del sector productivo, gestar a escala piloto desarrollos que surjan de las investigaciones y evaluar su viabilidad técnica, rentabilidad económica y dimensión regulatoria.

El InculNTA constituye un proyecto conjunto realizado entre el Instituto de Virología (IV), la Coordinación Nacional de Vinculación Tecnológica (CNVT) y el CICVyA, los tres pertenecientes al INTA, y viabilizado a través de la [ANPCyT](#), del MinCyT. Tiene vinculación con empresas nacionales de gran tamaño, con empresas extranjeras y con centros de investigación internacionales como el National Research Council (NRC) en Canadá, el Massachusetts Institute of Technology (MIT) y Virginia Tech, en Estados Unidos. Sin embargo, en términos de áreas de investigación, el InculNTA se aboca especialmente a las ciencias veterinarias y tiene poca incidencia en el área de interés de este estudio, la biotecnología agrícola²⁰.

Otra herramienta de vinculación tecnológica público-privada, específica del segmento de inoculantes es el Proyecto Inocular, nacido en el 2004 como una iniciativa conjunta entre el IMYZA y 25 empresas fabricantes de inoculantes. El proyecto tiene como objetivo evaluar los efectos de la inoculación en diferentes ambientes de producción de cultivos y, al mismo tiempo, difundir los resultados obtenidos. Un ejemplo de esta clase de estudios es la evaluación realizada entre 2000 y 2006 para la soja en el este de Entre Ríos de diferentes formaciones de inoculantes en cuanto a soporte, protectores, aditivos, curasemillas y aplicaciones en el surco de siembra²¹.

Experiencias exitosas de vinculación tecnológica

En este marco general, es posible identificar experiencias exitosas de vinculación entre el sector público y las firmas de biotecnología agrícola. Un caso es el desarrollo y la puesta en el mercado agrícola del fungicida Rizoderma²², una de las principales innovaciones locales en el mercado de

20 Ejemplos de transferencia de tecnología a través de InculNTA son los productos desarrollados por la empresa Bionnovo, que surgió como alianza entre una plataforma biotecnológica de InculNTA y el laboratorio veterinario Vetanco S.A. A través de esta alianza, Bionnovo ha desarrollado un producto biológico para el control de la diarrea neonatal bovina (denominado comercialmente como IgY DNT), una vacuna para el control de la diarrea viral bovina (denominado comercialmente como Vedevax BLOCK), y un conjunto de kits diagnósticos. Así, InculNTA conforma una plataforma de investigación dinámica, que ha logrado crear una empresa de base tecnológica y transferir dos productos al sector privado sin abandonar la investigación científica.

21 Ver [Novedades sobre la Inoculación de soja en el este de Entre Ríos](#).

22 Ver [Bioinsumo fúngico en formulación líquida para el control de patógenos fúngicos de semillas](#).

bioinsumos. El producto, que surgió como resultado de una vinculación tecnológica entre la empresa Rizobacter S.A. y el INTA, es el primer fungicida biológico del país, con capacidad de controlar el 40% de los hongos fitopatógenos del suelo y reducir así la emergencia de las plantas en el cultivo del trigo. Actualmente se encuentra registrado en la Argentina, Paraguay, Uruguay y Ucrania, y en proceso de registro en Europa²³, Estados Unidos, Brasil, Sudáfrica y Colombia.

Entre las causas de éxito de este desarrollo local se destaca la alianza entre el equipo de investigación del INTA y el personal técnico de la empresa. En la década del 90, el equipo de trabajo del IMYZA presentó resultados preliminares sobre el control biológico de fitopatógenos²⁴ en congresos internacionales y en publicaciones académicas. Las investigaciones del grupo se valían de la utilización de microorganismos benéficos, aislados y seleccionados provenientes de cultivos y suelos no cultivados de distintas regiones del país. Entre ellos, se incluía una colección de cepas del género *Trichoderma* que luego se utilizó para producir Rizoderma.

En el marco de las presentaciones internacionales, los investigadores argentinos se contactaron con sus pares japoneses, quienes llevaban a cabo desarrollos similares, lo que permitió la concreción de un convenio bilateral con la Agencia de Cooperación Internacional de Japón (JICA), con asistencia de expertos, insumos y equipamiento. Para los ensayos de campo y de laboratorio en etapas posteriores, se contó también con la colaboración de equipos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires y de la Universidad Nacional de Córdoba.

En 2007, la empresa [Rizobacter Argentina S.A.](#) firmó un convenio de I+D con el INTA para desarrollar el fungicida denominado Rizoderma²⁵. El convenio tenía como propósito el desarrollo de productos de control biológico en cultivos de interés agronómico. Se realizaron inicialmente ensayos en laboratorio, en cámara de crecimiento y en invernáculo con cepas de *Trichoderma* con las que se habían obtenido buenos resultados preliminares. En la siguiente etapa, el INTA realizó evaluaciones en campo con la colaboración de Estaciones Experimentales Agropecuarias (EEA Marcos Juárez y EEA Oliveros).

En 2008 comenzó la producción en escala piloto con buenos resultados. Si bien la empresa tenía antecedentes de producción de inoculantes fijadores de nitrógeno, debió adecuar su equipamiento para la producción de un fungicida biológico líquido a gran escala a partir de este desarrollo. En este marco se contrató a un biotecnólogo para realizar estudios de fermentaciones en pequeña escala en las instalaciones del Imyza, que una vez culminados permitieron pasar a una segunda etapa en la planta industrial de la empresa. Para familiarizarse con el nuevo microorganismo, la empresa transitó un proceso de aprendizaje que implicó la capacitación tanto del personal técnico como del personal de ventas. En 2011 comenzaron los ensayos para verificar que el producto cumpliera con los requerimientos sanitarios para su aprobación oficial. Eso se logró en 2014, cuando se produjo el lanzamiento de Rizoderma al mercado.

Dos factores centrales contribuyeron a sortear el llamado “valle de la muerte”²⁶ de este desarrollo: el vínculo temprano entre el grupo de investigación y la empresa, y el gran riesgo asumido por Rizobacter. Si bien al iniciar el proyecto existían productos en base a *Trichoderma* con función

²³ La empresa se encuentra costear el proceso de registro en Europa, que asciende a más de un millón de euros, y que permitirá dar a la firma mayor visibilidad y crecer en nuevos mercados.

²⁴ Se denomina fitopatógeno a un organismo, en general microorganismo, que causa enfermedades en las plantas por medio de disturbios en el metabolismo celular causado por la secreción de enzimas, toxinas, fitoreguladores y otras sustancias y, además, por la absorción de nutrientes de la célula para su propio crecimiento.

²⁵ Como antecedente, en 2004 el INTA había firmado un convenio de transferencia tecnológica a la empresa Nitrap gracias a estos avances en los resultados sobre el control biológico de fitopatógenos. En el marco de esta transferencia, la empresa Nitrap registró una cepa bacteriana del gen *Bacillus* y una cepa fúngica de *Trichoderma*, y se enfocó en utilizar el producto como un estimulador de la condición vegetal y favorecer a la planta ante algunos patógenos. Los desarrollos que las incluyen fueron registrados como biofertilizantes en el Senasa, lo cual requiere de exigencias menores que las del registro como fungicidas.

²⁶ El “valle de la muerte” es un término que se utiliza para denominar el cuello de botella que se genera en el desarrollo de proyectos de I+D entre las etapas tempranas de ciencia básica y la generación de un nuevo producto comercializable.

promotora del crecimiento vegetal²⁷, no había muchos antecedentes de esos productos con función terapéutica. Con este proyecto, *Rizobacter* buscó producir un control de patógeno en lugar de un promotor de crecimiento, lo cual requirió de más tiempo, una escala mayor y enfrentar los riesgos de desarrollar un biofungicida que hasta entonces no era común para la agricultura extensiva.

Tanto el caso de *Rizoderma* como el del HB4 mencionado en la sección anterior constituyen más una excepción que una regla para nuestro país. Incluso, en el caso del HB4 la investigadora a cargo del desarrollo señala que su conexión con la empresa Bioceres se dio “de casualidad” y sin una iniciativa promovida desde la institución²⁸. Sin embargo, ambos ejemplos sirven para dar cuenta de la existencia de un potencial científico subexplotado y del rol estratégico de los instrumentos de vinculación tecnológica para aprovechar ese potencial.

Si bien la vinculación público-privada es un rasgo deseable para el desarrollo de la biotecnología agrícola, la intensificación de estas vinculaciones genera una serie de riesgos para el sistema científico-tecnológico local: los llamados “riesgo de privatización” y “riesgo de aumento del costo de oportunidad”.

Vale la pena apuntar aquí que existe una tensión en la política de CTI: si bien la vinculación público-privada es un rasgo deseable para el desarrollo de la biotecnología agrícola, la intensificación de estas vinculaciones genera una serie de riesgos para el sistema científico-tecnológico local. Las actividades de transferencia tecnológica comportan en efecto dos tipos de riesgos potenciales para la producción pública de conocimiento científico-tecnológico: “riesgo de privatización” y “riesgo de aumento del costo de oportunidad” (Arza y Carattoli, 2012). El primero alude a la posibilidad de que los resultados de los esfuerzos públicos sean apropiados privadamente por las empresas, como así también que las agendas de investigación de instituciones públicas sean cooptadas exclusivamente por los intereses del sector privado descuidando áreas de mayor interés para la sociedad²⁹. El segundo alude al *trade off* entre el tiempo que un investigador destina a la vinculación con el sector privado y el tiempo que dedica a investigaciones de base, actividades de docencia o formación de recursos humanos (Arza y Carattoli, 2012).

El creciente protagonismo de las aceleradoras y el capital de riesgo

Una estrategia seguida por muchas economías avanzadas para resolver los problemas asociados a la creación de empresas tecnológicas exitosas es la generación de ámbitos institucionales para su incubación y aceleración, que permiten fortalecer y desarrollar emprendimientos desde las etapas del surgimiento del proyecto hasta aquellas asociadas a la comercialización del producto o servicio. En particular, se destacan las aceleradoras de base científica, que son entidades dedicadas a dar asistencia técnica y financiamiento a empresas nacientes que generan sus productos o servicios en base a los resultados de investigaciones de ciencia y tecnología.

Nuestro país se caracterizó hasta muy recientemente por la escasez de capital de riesgo para starters biotecnológicas (Arza y Carattoli, 2012; Anlló et al, 2016). Sin embargo, en los últimos años, el segmento de incubadoras y aceleradoras ha cobrado cierta relevancia en el escenario local, lo que se evidencia en los casos que se desarrollan a continuación:

²⁷ Un ejemplo de esto es la transferencia tecnológica realizada por el INTA a la empresa Nitrap.

²⁸ “Fue personal, casi casual, alguien me dijo que patentara mi investigación, yo dije no tengo plata para eso, me contactaron con alguien de Bioceres, les interesó, fue un poco casualidad y un poco que se alinearon los planetas. Pero no hubo una vinculación promovida desde la institución. Esto salió bien de casualidad.” [Entrevista a Raquel Chan, Ámbito 17 de febrero 2022.](#)

²⁹ Una preocupación similar fue manifestada en algunas de las entrevistas realizadas a investigadores de la institución para este estudio.

Vinculación
entre actores

- **GRID Exponential (GridX):** creada en 2017, se define como company builder con foco en biotecnología, y vincula a científicos del ámbito académico con emprendedores de negocios. Para ello, GridX mapea investigaciones con potencial en universidades, laboratorios e institutos de investigación de todo el país, a la vez que busca jóvenes emprendedores con interés en la formulación de proyectos de negocios para llevar ideas al mercado. El proceso de selección se inicia con un universo inicial de 100 proyectos por año, de los cuales se eligen 20 para participar de un programa de inmersión en el mundo startup. GridX construye empresas a partir del armado de equipos, uniendo científicos con emprendedores, e invirtiendo sumas que van hasta los 200.000 dólares por proyecto. Tiene por objetivo crear 200 empresas en 10 años y cuenta con un fondo de inversión propio al que aportan importantes empresas argentinas como Insud, Bagó, Gador, Vicentin, Bioceres y Sinergium Biotech. Entre los treinta proyectos en los que ha invertido hasta el momento se destaca Beeflow, una empresa surgida en 2016 que, a través de la biotecnología, ha logrado que las abejas puedan volar hasta 7 veces más durante un clima más frío, lo que aumenta las probabilidades y la eficiencia en la polinización de cultivos. También ha invertido en el segmento de bioinsumos en Syocin, una empresa de pesticidas biológicos en base a la producción de bacteriocinas.
- **Aceleradora del Litoral:** surge en 2017 como resultado de la vinculación entre instituciones santafesinas del ámbito científico (Universidad Nacional del Litoral), productivo (Parque Tecnológico del Litoral Centro) y comercial (Bolsa de Comercio de Santa Fe). Su cartera de proyectos incluye:
 1. **Inbioar:** empresa de Rosario que desarrolló un método de *screening* por el cual se muestrean gran cantidad de plantas silvestres, en su mayoría malezas, con el objetivo de generar sustancias con principios bioactivos que puedan ser utilizados como herbicidas, fungicidas o insecticidas para reemplazar a aquellos de origen químico.
 2. **Bioheuris:** es una *startup* de agrobiotecnología instalada en Rosario, que combina biología sintética y edición génica para desarrollar cultivos resistentes a combinaciones de herbicidas. Dichas combinaciones permiten reducir la carga de herbicidas en el ambiente, promoviendo así un manejo más eficiente y sustentable del suelo. La firma cuenta con laboratorios de biología molecular e instalaciones para el manejo de plantas en el Centro Científico Tecnológico de Rosario, y otro laboratorio en Saint Louis, Estados Unidos, con base en el Helix Center, enfocado en la implementación de estrategias de diseño racional y evolución dirigida de proteínas. Bioheuris se encuentra actualmente editando germoplasma elite de soja, líneas elite de sorgo, y variedades de algodón y alfalfa resistentes a herbicidas. Trabajan en alianza con empresas de semillas como Santa Rosa Semillas, Grupo Don Mario, ACA, Tobin y Gensus.
 3. **Infira:** empresa constituida por investigadoras de la Universidad Nacional del Litoral y el CONICET, que está desarrollando una tecnología que permite extender la vida de una variedad modelo, y tiene por objetivo transformar cultivos anuales en variedades perennes.
- **Centro de Innovación Tecnológica, Empresarial y Social (Cites):** radicada en Sunchales, en la provincia de Santa Fe, es la primera aceleradora científica del país. Ofrece un espacio para la incubación de empresas que se apoyan en distintas áreas científico-técnicas, entre las cuales se encuentra la biotecnología. Su misión es generar un conglomerado de empresas de base tecnológica, impulsar la innovación de empresas ya existentes, y ejercer un rol vinculador entre sectores de investigación, productivos, empresariales y sociales.
- **Aceleradora de Proyectos Biotecnológicos Bio.r:** es la primera aceleradora que el CONICET puso en marcha en el país en alianza con la Universidad Nacional de Rosario, y apunta exclusivamente a nuevos emprendimientos innovadores en el área de biotecnología. Impulsada por el Instituto de Biología Molecular y Celular de Rosario (IBR) y creada en 2015, funciona en el predio del Centro Científico Tecnológico Conicet (CCT) y cuenta con un laboratorio, oficinas y sala de reuniones.

- **SF500:** En sintonía con estas iniciativas, en el 2021 se creó el SF500, un fondo destinado a apoyar startups biotecnológicas en estadio temprano, que surgió a partir de una alianza entre el gobierno de la provincia de Santa Fe y Bioceres. Este proyecto tendrá una duración de diez años y se propone crear 500 empresas de base científico- tecnológica con un fondo que asciende a USD 30 millones. El fondo está constituido legalmente como un fideicomiso financiero privado que cuenta con un fiduciario de perfil institucional. El monto de la inversión puede variar de acuerdo con las necesidades y estadio del emprendimiento, y puede variar de USD 50.000 a USD 250.000 para etapas tempranas, y llegar hasta USD 1 millón para rondas más avanzadas.

Las primeras tres de estas aceleradoras (GridX, Aceleradora del Litoral y CITES) accedieron a financiamiento público a través del Fondo Fiduciario para el Desarrollo de Capital Emprendedor (Fondce), creado en 2017 a partir de la Ley de Capital Emprendedor. Este fondo tiene como objetivo financiar emprendimientos a través del Fondo Aceleración y el Fondo Expansión, que ofrecen préstamos, aportes no reembolsables (ANR), aportes de capital en emprendimientos y asistencia financiera. El mecanismo de inversión establecido en el caso de las aceleradoras de base científica es de dos pesos del fondo fiduciario público por cada peso invertido por el sector privado, con un límite de USD 300.000 por proyecto.

Capacidades de vinculación de las empresas

La calidad de las vinculaciones no depende solamente de las herramientas desplegadas por instituciones públicas, sino también por las iniciativas de las mismas firmas. El Grupo Bioceres representa un caso de desarrollo empresarial destacado por su capacidad para asociarse con otros actores y su forma de organización en red. La calidad de esos vínculos le permitió al Grupo disponer de conocimiento científico, estar al tanto de las necesidades de productores agropecuarios y acceder a inversiones. Con cotización en el índice tecnológico Nasdaq de Wall Street y un valor bursátil de cerca de USD 700 millones, la firma rosarina se posiciona como el próximo unicornio argentino³⁰.

El Grupo Bioceres representa un caso de desarrollo empresarial destacado por su capacidad para asociarse con otros actores y su organización en red: la calidad de esos vínculos le permitió al Grupo disponer de conocimiento científico, estar al tanto de las necesidades de productores agropecuarios y acceder a inversiones.

Desde sus orígenes, la empresa tuvo una forma de organización que atravesaba una red de productores agropecuarios, científicos del CONICET y empresas e inversores extranjeros. La empresa Bioceres fue creada en 2001. Sus accionistas iniciales eran productores agropecuarios que veían con preocupación el grado de dependencia del país respecto de empresas transnacionales para la implementación de innovaciones tecnológicas en el agro. Estos productores conocían las amplias capacidades del sistema científico técnico argentino y notaban la dificultad que éste tenía para transformar ese conocimiento en innovaciones con impacto en la producción (Girard, 2020). Se plantearon como objetivo crear una empresa que colaborara con el sector científico para la generación de innovaciones biotecnológicas de acuerdo con las necesidades del sector agrícola (Pellegrini, 2013). Sin embargo, esta motivación inicial fue transformándose rápidamente en el desarrollo de innovaciones productivas en sí mismas, lo que hizo que el negocio de Bioceres se ampliara hacia la venta de tecnología (Girard, 2020).

³⁰ Los unicornios son empresas tecnológicas cuyo valor bursátil supera los USD 1000 millones.

La apuesta de Bioceres consistía en complementar la capacidad científica del sector público con la capacidad de gestión de la empresa a través de la firma de acuerdos de desarrollo tecnológico con el sector público. En ellos, Bioceres se hacía responsable de la coordinación general, la financiación y la gestión de la propiedad intelectual de proyectos de investigación básica en estado avanzado con potencial comercial, lo que le evitaba tener que realizar grandes inversiones en infraestructura, mantenimiento de las instalaciones y capacitación, y le permitía reducir el nivel de riesgo de sus inversiones (Girard, 2020).

Con el correr del tiempo, Bioceres comenzó a evaluar la necesidad de contar con un núcleo de investigadores propios que le permitiera capitalizar el conocimiento generado y mantenerlo dentro de la estructura de la firma, en lugar de que quedara en manos de los laboratorios del sector público (Girard, 2020). Con ese objetivo, Bioceres, en conjunto con Biosidus³¹ y el MinCyT, creó en 2004 el Instituto de Agrobiotecnología de Rosario (INDEAR), que se convirtió en el brazo de investigación y de desarrollo de tecnología de la empresa. Inaugurado en diciembre de 2010, fue construido en un terreno cedido en comodato por el Centro Científico Tecnológico Rosario, y fue adquiriendo creciente importancia en la realización de actividades de investigación y desarrollo hasta convertirse en la empresa de I+D del Grupo Bioceres. A través de ella, Bioceres se benefició ampliamente de la estructura del sistema científico técnico nacional. Por un lado, algunos de los investigadores de INDEAR son investigadores del CONICET que desarrollan allí sus tareas bajo el programa del organismo “Investigadores en Empresas”³². Por otro lado, INDEAR le permite a Bioceres acceder a proyectos de base biotecnológica financiados por el Estado, vincularse con otros grupos de investigación y poder llegar a conformar con ellos diversos consorcios público-privados. Estas estrategias permiten disminuir el riesgo que implica invertir en proyectos de I+D en los cuales no existen certezas de los resultados finales, y también garantizar los derechos de comercialización de los resultados favorables (Gamba y Mocciaro, 2018). Además, INDEAR le posibilita a Bioceres realizar distintas investigaciones al mismo tiempo, con variados perfiles, y paliar así los riesgos del “valle de la muerte” de los proyectos (Feeney et al., 2016).

Además de este primer eje vinculado al desarrollo de tecnologías, Bioceres sustenta su modelo de negocios en el desarrollo de nuevos productos, para lo cual se basa en la construcción de relaciones de colaboración con empresas internacionales, consideradas como socios estratégicos. El objetivo detrás de estas asociaciones es traducir el desarrollo tecnológico producido en el ámbito público en productos a comercializar, proceso para el cual se suelen requerir grandes volúmenes de inversión que Bioceres reparte entre sus socios para reducir la carga financiera (Gamba y Mocciaro, 2018; Girard, 2020). En 2012, conformó un joint-venture con la empresa estadounidense Arcadia Biosciences, denominado Verdeca, y en 2013 otro con la empresa francesa Florimond Desprez, denominado Trigall Genetics. En el caso de Verdeca, la asociación se vincula a la soja HB4 y en el caso de Trigall Genetics al trigo HB4, siempre con el fin de ampliar las posibilidades de negocios de las tecnologías desarrolladas en el ámbito público.

Otro tipo de vinculación que fortalece las capacidades de innovación de las empresas es el que establecen con los usuarios de sus productos. Un ejemplo de desarrollo empresarial exitoso que se apoya sobre vínculos virtuosos con sus usuarios (los productores agropecuarios) es el del [Grupo Don Mario \(GDM\)](#). Se trata de una empresa argentina, creada en 1982 en Chacabuco, Provincia de Buenos Aires, cuya actividad principal es el desarrollo de tecnología de vanguardia aplicada al mejoramiento genético de soja, trigo y maíz. La empresa posee su propio programa de mejoramiento de semillas de soja y utiliza conocimiento de biotecnología moderna para desarrollar variedades adaptadas a los diferentes ambientes agroecológicos.

³¹ Biosidus abandonó su participación en INDEAR en 2008 con motivo de la crisis financiera internacional (Pellegrini, 2013).

³² El CONICET ofrece la posibilidad de que sus investigadores con dedicación exclusiva puedan optar por realizar sus tareas en empresas radicadas en el país por un período de tiempo previamente acordado. La incorporación se establece mediante un convenio celebrado entre el CONICET y la empresa en el cual se plasman las condiciones económicas y laborales como las de la propiedad de los resultados obtenidos a partir de las investigaciones. Para más información ver [Resolución D 452/03](#).

GDM tiene una participación importante no solo en el mercado argentino de semillas de soja, sino también en los más importantes de América Latina. Posee más del 50% del mercado local de soja, alrededor de un tercio de trigo y ha incursionado recientemente en el de maíz, y el 25% del mercado latinoamericano de semillas de soja. Cuenta con uno de los programas de mejoramiento genético en soja más importantes de Sudamérica, con desarrollo en la Argentina, Brasil, Uruguay, Paraguay y Bolivia, e importantes programas en trigo y maíz. La empresa opera en más de 15 países y tiene más de 750 empleados. Desde la empresa destacan como claves para su éxito el fluido diálogo entre el productor y su extensa red de cooperadores.³³

GDM representa un caso interesante de una empresa local de semillas que escaló en la cadena de valor a través del desarrollo de productos con contenido biotecnológico y muestra una trayectoria posible para el sector de semillas, un sector históricamente importante en el país. Las pequeñas y medianas empresas locales, cumplen un rol relevante en este mercado y suelen aprovechar las oportunidades de innovación que se presentan. En primer lugar, porque no todas las innovaciones demandadas son o pueden realizarse vía ingeniería genética; en segundo lugar, porque no todos los mercados aceptan transgénicos (por ejemplo el mercado europeo) y en tercer lugar porque los eventos transgénicos adquieren mayor valor cuando son introducidos en semillas bien adaptadas a las condiciones ecológicas específicas de un lugar determinado. Esta distinción entre la innovación sobre la base de transgénesis en contraposición a otros tipos de innovación y sus respectivos aportes a la productividad y la biodiversidad cobra relevancia para la discusión de políticas de CTI, ya que los esfuerzos recientes de las políticas y la inversión pública se concentraron especialmente en la transgénesis (Marín, Stubrin y Van Zwanenberg, 2014).

Marco normativo y capacidades regulatorias del Estado y de las empresas

El marco normativo y las capacidades regulatorias tanto del Estado como de las empresas afectan la innovación. En este apartado analizaremos el régimen de propiedad intelectual y luego las regulaciones para la aprobación comercial de productos biotecnológicos, en ambos casos intentando comprender cuál es su impacto sobre las posibilidades de empresas locales de desarrollar y comercializar nuevos productos.

Argumentamos que el régimen de propiedad intelectual actual resulta en una baja apropiación de la renta de innovación, especialmente para las empresas de biotecnología que no desarrollan transgénesis y para los institutos públicos de investigación. A su vez, la creciente concentración de patentes en pocas empresas multinacionales podría estar desincentivando la generación y difusión de conocimiento.

El régimen de propiedad intelectual actual resulta en una baja apropiación de la renta de innovación, especialmente para las empresas de biotecnología que no desarrollan transgénesis y para los institutos públicos de investigación. A su vez, la creciente concentración de patentes en pocas empresas multinacionales desincentiva la generación y difusión de conocimiento.

³³ El análisis del caso de GDM resume las conclusiones de Marín y Stubrin (2017).

Además, analizamos las fortalezas y debilidades del marco normativo de aprobación de productos biotecnológicos. Por un lado, el país fue pionero en la implementación de un marco regulatorio para la biotecnología, el cual es reconocido internacionalmente por sus altos estándares y atractivo para inversiones extranjeras. Por otro lado, evaluaciones recientes señalan algunas deficiencias de procedimiento, por ejemplo en la transparencia de las evaluaciones y en el monitoreo posterior de las tecnologías. Un desafío central de las instituciones que regulan la biotecnología es coordinar objetivos diversos y potencialmente contradictorios, como atraer inversión extranjera y proteger el ambiente. La forma en la que se resuelven estas tensiones es determinante para la capacidad de innovación local. Por último, los costos regulatorios representan una barrera para empresas medianas y pequeñas, el cual debe ser atendido por la política pública.

Propiedad intelectual

Los derechos de propiedad intelectual definen las reglas de control y uso de la información y el conocimiento. De esta manera, determinan los términos bajo los cuales diferentes actores (empresas, investigadores, consumidores) pueden acceder al conocimiento y, a su vez, influyen en la distribución o apropiación de las rentas generadas por la innovación y por lo tanto en los incentivos a invertir en I+D (Haunss y Shadlen, 2009). Las patentes son una de las formas más estrictas de propiedad intelectual y al mismo tiempo —a pesar de su amplia difusión y promoción— una de las herramientas más controvertidas en los estudios sobre economía de la innovación³⁴.

En biotecnología agrícola, los principales interesados en las reglas de control y uso del conocimiento son los productores agrícolas (usuarios de la tecnología), las empresas de semillas y biotecnología (desarrolladores y comercializadores de la tecnología) y los investigadores (públicos y privados). Al igual que en otros productos intensivos en conocimiento, la regulación de la propiedad intelectual de las semillas es un área muy disputada del desarrollo de la biotecnología agrícola.

El avance de las semillas transgénicas y de regímenes estrictos de propiedad intelectual a nivel global entran en tensión con prácticas tradicionales de uso y mejoramiento de las semillas. Uno de los aspectos más conflictivos se da en torno a la práctica histórica de los agricultores de reproducir y reutilizar las semillas en contraposición a la presión de las empresas de biotecnología por restringir esa práctica o exigir regalías cada vez que se reutilizan semillas con una tecnología patentada. Históricamente, la normativa sobre propiedad intelectual de las semillas contempló esta práctica bajo la figura del “privilegio del agricultor”. El otro punto de tensión se vincula con la práctica de investigación y desarrollo de los mejoradores de semillas, que utilizan las nuevas variedades para cruzar con las existentes. Con el objetivo de promover la experimentación y la innovación, esta práctica se contempló en los marcos normativos bajo la figura de la “excepción del fitomejorador”, y establece que ser dueño o propietario de una variedad vegetal no da derecho a impedir que terceros la utilicen para crear nuevas variedades de plantas (que luego podrán ser sujeto de un derecho de propiedad a favor de su creador sin la necesidad del previo consentimiento del propietario de la variedad original) (Marín y Stubrin, 2017).

El marco regulatorio argentino preserva el derecho de los agricultores de reutilizar semillas sin pagar regalías al proveedor, y también el derecho de los mejoradores a acceder al conocimiento (excepción del fitomejorador), ambos establecidos en la [Ley 20247 de Semillas y Creaciones Fitogenéticas de 1973](#), que se enmarca en los lineamientos internacionales del sistema UPOV 1978³⁵.

³⁴ A pesar de que comúnmente se asume que las patentes promueven la innovación, y que en base a esta idea se avanzó en todo el mundo hacia regímenes estrictos de propiedad intelectual a partir de los años 80 y 90, la evidencia sobre el impacto positivo de las patentes en la innovación no es concluyente. Aunque pueden tener un efecto de equilibrio parcial que mejora los incentivos a generar inventos, el efecto de equilibrio general en la innovación puede ser negativo (Boldrin y Levine, 2013).

³⁵ El sistema sui generis más difundido en los países para la protección de plantas es el Acuerdo UPOV. Existen dos sistemas vigentes actualmente: UPOV 1978 y UPOV 1991. El último es más similar al sistema de patentes. Entre los países en desarrollo todavía predomina UPOV 1978, sin embargo, existe enorme presión por parte de los países avanzados y las empresas multinacionales para que se muevan en la dirección a UPOV 1991. El argumento es que este sistema, al favorecer la apropiación, favorecerá también la innovación (Marín y Stubrin, 2017).

Con base en los estudios disponibles y la información recolectada para este trabajo identificamos tres problemas del marco normativo que afectan la innovación y las capacidades productivas de empresas locales. En primer lugar, existe un solapamiento entre dos regímenes de propiedad intelectual distintos que coexisten en las semillas transgénicas: la aplicación de la Ley de Semillas y la Ley de Patentes, que establece un marco más estricto de propiedad intelectual. A pesar de que ambas hacen referencia a una misma cosa (la semilla), la Ley de Semillas se aplica a variedades de plantas (lo que se conoce técnicamente como mejoras en el germoplasma), y la Ley de Patentes se aplica a los genes (mejoras utilizando ingeniería genética como la transgénesis). Esto genera una inconsistencia porque, a diferencia de la Ley de Semillas, la Ley de Patentes permite a los que poseen una patente impedir que se respete el privilegio del agricultor y la excepción del fitomejorador. Como consecuencia de ello, la exención del fitomejorador contemplada en la Ley de Semillas se torna impracticable cuando se trata de variedades transgénicas: por más que las semillas no se puedan patentar, con un transgen patentado la propiedad intelectual de las variedades transgénicas queda, en la práctica, regulada por la Ley de Patentes (Arza, 2014:20). Esto desfavorece a empresas que desarrollan germoplasma (donde hay más empresas nacionales pequeñas y medianas) y favorece a los que desarrollan transgénicos y son propietarios de genes patentables (principalmente multinacionales) (Linzer, 2016; Marín y Sturbin, 2017). Este desequilibrio entre el propietario de una variedad vegetal y el propietario de un gen implica que el primero no puede tener acceso al gen protegido por una patente sin una licencia, mientras que el segundo puede acceder legalmente con menores condicionamientos a la variedad vegetal.

En segundo lugar, las legislaciones vigentes resultan en una baja apropiación de las rentas de innovación biotecnológica, lo cual es especialmente perjudicial para las capacidades productivas locales. Esta baja apropiación tiene varias explicaciones, la más visible de las cuales es el extenso mercado de semilla no certificada o ilegal, conocida como “bolsa blanca”, que es especialmente extendido en el caso de la soja. Al ser una especie autógama, mantiene los niveles de rindes en sucesivas generaciones, por lo que los productores pueden guardarla para ser utilizada como semilla en futuras siembras³⁶. Esta característica, en combinación con la laxitud de los controles estatales, genera la posibilidad de un extenso mercado de semilla no certificada o ilegal. Se estima que el mercado de semilla certificada en soja es de 36% y el de trigo de 44%³⁷, mientras que en Brasil esos porcentajes ascienden a 75% y 85% respectivamente³⁸.

La pasividad del Estado argentino en la inspección del uso de semillas certificadas genera entonces una transferencia importante de recursos desde las empresas de biotecnología y semilleras a los productores agropecuarios. Como consecuencia, esto reduce la apropiación de valor y el atractivo del negocio semillero de soja (lo que explica que la presencia de multinacionales en ese negocio sea menor que en los otros cultivos) (O’Farrell, 2020). Así, la mayor parte de la renta tecnológica es apropiada por grandes empresas agropecuarias, que son las que concentran la mayor parte de la producción agrícola en la Argentina. Se trata de grandes empresas que, además de estar en condiciones de pagar la semilla certificada, guardan una limitada relación con el perfil de productor agropecuario que la Ley de Semillas de 1973 intenta proteger con el derecho al uso propio (Linzer, 2016)³⁹.

³⁶ A diferencia de la semilla de maíz, que pierde algunas de sus propiedades en segundas generaciones, la soja mantiene los niveles de rindes en sucesivas generaciones, por lo que los productores pueden vender la soja como grano, o guardarla para ser utilizada como semilla en futuras siembras. Por lo tanto, el productor no necesita volver a comprar semillas cada vez que va a sembrar. En parte por eso, la principal disputa por el cobro de regalías se da en la cadena de la soja, y no así en la del maíz, en la cual los productores se ven obligados a comprar semilla cada vez que van a sembrar y pagan la tecnología en cada uso-compra.

³⁷ La semilla certificada incluye la que paga regalía extendida (es decir reutilizada pero reconociendo la propiedad intelectual y pagando regalías) y la compra de bolsa nueva. El resto es en parte semilla que los productores guardan y resiembran, y en parte semilla comprada en el mercado ilegal. Fuente: UBATEC en base a encuesta y Asociación Argentina de Protección de las Obtenciones Vegetales (ARPOV). Descargado en [Estudio del Sistema de Agronegocios de Semillas Argentino: Una visión sistémica desde la investigación y el conocimiento](#)

³⁸ Bertello (2015). *En Bolsa blanca: un ilícito sin control que desacopla a la Argentina de la región*

³⁹ Sztulwark (2012) estimó la apropiación de la renta de innovación. El concepto “renta de innovación” hace referencia a la “ganancia diferencial” (respecto de un competidor) que obtiene el agente económico que adopta una innovación. Las estimaciones concluyen que en la Argentina entre 1996 y 2006 solamente el 1% de la renta de innovación fue apropiado por el eslabón que desarrolla eventos transgénicos (al que llama “biotecnológico”), 11% por el eslabón semillero tradicional (al que llama “industrial”), y 88% por los productores (el eslabón “agrícola”).

Otro aspecto importante para considerar es que, a pesar de las disposiciones de uso propio de la Ley de Semillas, las empresas multinacionales de biotecnología lograron aumentar su apropiación de la renta de innovación luego de implementar sistemas privados de cobro de regalías. Al igual que en otros países, cuando no son beneficiadas por los regímenes de propiedad intelectual, las empresas de biotecnología buscan formas de que los productores agropecuarios firmen acuerdos a través de los cuales renuncian a la excepción del agricultor, algo que Monsanto logró a partir de 2013-2014 con la introducción al mercado de la soja INTACTA RR2 PRO⁴⁰. El resultado entonces es una distribución que favorece a las empresas multinacionales que desarrollan transgénicos por sobre el resto de las empresas. Algunas estimaciones señalan que con ese esquema Monsanto se está garantizando la apropiación del 66% del precio total de la venta de cada bolsa de semillas que tienen el gen de Monsanto, lo que deja el 33% restante para ser repartido entre las empresas argentinas de germoplasma (como Don Mario) y las multiplicadoras (Marín, 2015, citada en Linzer, 2016).

Un tercer problema es el de los obstáculos a la innovación que surgen de la concentración de licencias tecnológicas en pocas empresas, lo que atenta contra el objetivo de difusión de conocimiento que debe balancear un régimen de propiedad intelectual junto con el de protección de la tecnología. Este problema se evidencia a nivel global cuando las empresas utilizan su portfolio de licencias y patentes para perjudicar a sus competidores. Las empresas pueden decidir no otorgar las licencias o pedir términos poco razonables e intentar bloquear las aplicaciones de su tecnología a competidores (Sell, 2009). En el caso de la biotecnología agrícola, la multiplicación de patentes sobre técnicas, tecnologías y genes puede resultar en la imposibilidad de acceder a una de esas variedades o técnicas, y que eso bloquee todo el desarrollo de la nueva variedad (Marín y Stubrin, 2017).

La concentración de la propiedad intelectual de las semillas en pocas empresas es una preocupación creciente del [Instituto Nacional de Semillas \(INASE\)](#), así como también de organismos internacionales y organismos de defensa de la competencia en diferentes países (INASE, 2019)⁴¹.

Un interrogante importante a futuro es cómo se va a definir el escenario de propiedad intelectual de nuevas técnicas biotecnológicas como la edición génica.

Un interrogante importante a futuro es cómo se va a definir el escenario de propiedad intelectual de nuevas técnicas biotecnológicas como la edición génica. Al no depender de la propiedad intelectual de un gen, las posibilidades de innovación con la edición génica se multiplican y se potencian en función del entendimiento de los genomas, los genes, su regulación y finalmente su impacto en el fenotipo (Feingold et al, 2018). Para esto, se debe evitar que la propiedad intelectual de esta técnica sea restrictiva con la innovación por parte de pequeñas y medianas empresas y de organizaciones de I+D públicas; por el contrario, debe fomentar el desarrollo de empresas locales de base biotecnológica.

Durante las últimas décadas se debatieron varios proyectos para atender algunas de las limitaciones del régimen de propiedad intelectual de las semillas, aunque ninguno logró ser aprobado. Algunos de ellos —como el proyecto de Ley de Regalías Globales de 2005— estaban diseñados para fortalecer

⁴⁰ A pesar de que esto se presenta como un acuerdo voluntario y mutuamente beneficioso, como señala Linzer (2016) "la realidad es que el productor que no quiera aceptarlos quedará desactualizado en la provisión de los paquetes de nuevas tecnologías (y de otras facilidades crediticias o comerciales) ofrecidas por esta única empresa".

⁴¹ A raíz de la oleada de fusiones y adquisiciones, la OCDE llegó a la conclusión de que la posición dominante de algunas empresas les está permitiendo imponer precios de monopolio o de oligopolio en la cadena del maíz. A su vez, encuentran que los niveles de precios parecen ser sistemáticamente más bajos en países donde los institutos de fitomejoramiento del sector público están activos. En relación a los efectos que la concentración tiene sobre la innovación, a la cual operacionaliza de manera estrecha como "el número de variedades introducidas anualmente en un mercado", el estudio de la OECD no encuentra resultados concluyentes que indiquen que se está limitando la tasa de innovación (OCDE, 2018). Sin embargo, de acuerdo con el INASE (2019) estos resultados deben ser tomados con precaución ya que la medida utilizada "es solo una aproximación imperfecta del grado 'verdadero' de innovación en el fitomejoramiento" y que "la muestra es además reducida por concentrarse solo en la UE".

las capacidades productivas y de innovación a nivel local, al modificar la forma en que se distribuyen las rentas de innovación. En caso de implementarse, un proyecto de este tipo lograría que las rentas que se apropian los grandes productores de soja y las empresas que desarrollan eventos transgénicos puedan financiar una estrategia de desarrollo de biotecnología nacional (Schvarzer y Tavosnaska, 2007; Linzer, 2016). Con el objetivo de tener una dimensión de las rentas en disputa, Schvarzer y Tavosnaska (2007) calcularon que lo que reclamaba Monsanto por regalías de la tecnología RR oscilaba entre 100 a 150 millones de dólares anuales, una suma mayor, por ejemplo, que el presupuesto del INTA. Agregan que en lugar de concentrarse en empresas multinacionales que importan tecnologías desarrolladas en sus países de origen, parte de esos fondos podrían destinarse a financiar “un instituto especial de desarrollo de nuevas variedades agrícolas más grande que el INTA y que podría tener un efecto sustantivo en el avance de la competitividad argentina en esos ámbitos” (Schvarzer y Tavosnaska, 2007).

La necesidad de repensar no solo cómo aumentar la apropiación de la renta de innovación, sino también entre quiénes y cómo se reinvierte la renta tecnológica es una preocupación compartida por varios especialistas en propiedad intelectual y economía de la innovación (Linzer, 2016; Arza, 2014; Lowenstein, 2014; Marín y Stubrin, 2017). Si solamente se aumenta la captura de la renta pero no se establece a quién se destina y cómo se debe disponer su uso en función de ciertos objetivos, lo más probable es que beneficie solamente a los propietarios de patentes y desarrolladores de transgénicos y que se profundice la concentración (Correa, 2014; Linzer, 2016). Una forma de evitar eso es, en línea con el proyecto de Ley de Regalías Globales⁴², formar un fondo destinado a financiar proyectos de I+D que fortalezcan las capacidades de empresas locales e institutos públicos de investigación en biotecnología agrícola. La conformación de dicho fondo debería complementar y no sustituir a los esfuerzos realizados por la Agencia de I+D+i.

Regulaciones para la aprobación comercial de productos biotecnológicos

La aprobación comercial de la biotecnología requiere una serie de pasos a través de los cuales se evalúa el impacto del producto en cuestiones que van desde la salud hasta el comercio exterior⁴³. La Argentina fue pionera en la región en la constitución de un marco regulatorio para la aprobación de organismos genéticamente modificados (OGM)⁴⁴. A principios de los años 90, el INASE comenzó a recibir solicitudes de evaluación de semillas genéticamente modificadas (GM), pero no contaba con un criterio establecido para su evaluación. Para poder responder a estos pedidos en 1991 se creó la [CONABIA](#), organismo que se ocupa de evaluar los impactos en la bioseguridad y, en términos formales, asesora al Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca en materia de biotecnología. Las regulaciones de la bioseguridad condensan la tensión entre la necesidad de evitar riesgos para la salud y el ambiente, y los potenciales beneficios de introducir nuevos eventos genéticos (Pellegrini, 2013). Luego de analizar un OGM, la CONABIA elabora un dictamen que puede ser favorable o no a la liberación de dicho OGM, pero la decisión final de su aprobación está a cargo del Ministerio de Agricultura. A pesar de que en la práctica los transgénicos son el foco de su atención, y casi todas las evaluaciones que recibe son de ese tipo de biotecnología, la CONABIA se dedica a toda la biotecnología agropecuaria y no solamente a la transgénesis.

⁴² Para un relevamiento de este y otros proyectos ver Sztulwark (2012). Para una propuesta revisada en el mismo espíritu de ese proyecto ver Linzer (2016) y O’Farrell et al. (2022).

⁴³ Para un análisis detallado de la evolución y características del marco regulatorio de aprobación comercial de OGM, ver Pellegrini (2013).

⁴⁴ A diferencia de países como Brasil que tienen una ley de bioseguridad, la Argentina no cuenta con una ley que especifique el modo en que deben regularse los OGM.

La Argentina fue pionera en la región en la constitución de un marco regulatorio para la aprobación de organismos genéticamente modificados (OGM): a principios de los años 90, el INASE comenzó a recibir solicitudes de evaluación de semillas genéticamente modificadas (GM), pero no contaba con un criterio establecido para su evaluación.

Una fortaleza del marco regulatorio argentino es el elevado grado de cumplimiento de los estándares promovidos por organismos y reglas internacionales, lo que facilita e incentiva la inversión y aprobación de OGM por parte de empresas multinacionales con negocios globales. La trayectoria y capacidades regulatorias de la CONABIA le permitieron consolidarse como “Centro de referencia” para la FAO (*Food and Agriculture Organization of the United Nations*). Esto quiere decir que fue seleccionada por la FAO para brindar asistencia técnica y realizar actividades de creación de capacidad sobre biotecnología agrícola en general, y sobre la bioseguridad de los Organismos Genéticamente Modificados (OGM) en particular.

Más allá de este importante reconocimiento internacional, informes recientes presentan una serie de críticas a su funcionamiento. En un informe de 2019 titulado “Recursos genéticos y organismos genéticamente modificados”, la Auditoría General de la Nación (AGN) criticó duramente el funcionamiento de la CONABIA⁴⁵. Entre los reparos señaló: (i) la falta de transparencia (las decisiones no son publicadas)⁴⁶; (ii) la utilización de información de las empresas sin establecer criterios propios para evaluar su veracidad⁴⁷; y (iii) la no previsión del monitoreo del impacto de los OGM una vez que son aprobados, contrariamente a lo previsto en los principios de la política ambiental establecidos en la Ley General del Ambiente (Ley 25.675)⁴⁸. De acuerdo con el documento, existe una falencia en la Argentina en relación con la planificación estratégica y operativa, monitoreo y evaluación de los OGM en pos de cumplimentar los objetivos de conservación y uso sustentable de los recursos genéticos en general y fitogenéticos en particular previstos en el [Convenio de Diversidad Biológica, el Protocolo de Nagoya](#) y el [Tratado Internacional de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura](#), todos ratificados por leyes nacionales (AGN, 2019). Desde 2019 se avanzó en responder a algunos de estos puntos, por ejemplo en transparentar las decisiones a través de la publicación de las evaluaciones en el sitio web de la CONABIA⁴⁹.

Uno de los rasgos más criticados del funcionamiento de la CONABIA apunta a la influencia que tenían en sus recomendaciones los representantes de las empresas afectadas, motivo por el cual varios análisis señalaron el riesgo de que las empresas se estén autorregulando (Newell, 2009; Pellegrini, 2013; Amin Filomeno, 2013). Hasta 2016, la composición público-privada del organismo determinaba que un número de lugares esté reservado para expertos apuntados por asociaciones sectoriales y ONG. Sin embargo, en la práctica esa disposición funcionaba como una esfera de distribución de poder entre las EMN del sector (Newell, 2009; Pellegrini, 2013). Esto cambió, sin embargo, a partir de la [Resolución 112-16](#) la cual establece que las empresas y representantes del sector privado tienen derecho a voz pero no a voto.

45 [AGN \(2019\). Informe sectorial sobre Gestión Ambiental de la Auditoría General de la Nación.](#)

46 “Las decisiones tomadas por la Dirección de Biotecnología/CONABIA para autorizar la liberación experimental de OGM (Primera fase) no son publicadas para conocimiento de la población en general, con el propósito de fomentar la participación de la ciudadanía (Ley 25.675, art. 16 a 21, Información Ambiental y Participación de la Ciudadanía) y facilitar el libre acceso a la información pública ambiental (Ley 25.831)” (AGN, 2019).

47 “No se encuentra contemplado en la Res. SAGyP 701/11 los criterios de análisis utilizados por los evaluadores para verificar la información presentada por el solicitante” (AGN, 2019).

48 “La normativa vigente sobre OGM no incorpora los principios y pautas de protección ambiental establecidos en la Ley General del Ambiente (Ley 25.675). Esto se manifiesta principalmente en la ausencia de cupos de aprobación de OGM, con eventuales impactos negativos en la diversidad agrobiológica y en la falta de monitoreo de los impactos ambientales posteriores a dicha autorización” (AGN, 2019).

49 Entrevista con representante de la CONABIA, noviembre de 2021. Para acceder a las evaluaciones ir a: <https://www.argentina.gob.ar/agricultura/bioeconomia/biotecnologia/evaluaciones>.

Un desafío del marco regulatorio está dado por los altos costos de la desregulación de eventos transgénicos, los cuales constituyen un obstáculo al desarrollo de capacidades de empresas locales. Se estima que estos representan 10 veces el costo del desarrollo del evento (Marín y Stubrin, 2017). Como se anticipó en un documento anterior⁵⁰, los costos regulatorios explican la división del trabajo entre empresas locales y empresas multinacionales. A pesar de contar con un nivel importante de capacidades tecnológicas, las empresas locales están en desventaja respecto a las EMN en términos de recursos financieros y legales necesarios para enfrentar los procesos de desregulación y defensa de propiedad intelectual de sus productos (Marín y Stubrin, 2017). Por estos motivos, junto con las capacidades para generar redes que les den acceso a conocimiento y mercados (Stubrin, 2019), las capacidades regulatorias de las empresas son parte del *kit* de capacidades empresariales necesarias para innovar, más allá de las capacidades estrictamente tecnológicas.

Además de la CONABIA, el proceso de aprobación comercial involucra a otros organismos, también dependientes del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, como el [Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria \(Senasa\)](#) y la Dirección Nacional de Mercados Agrícolas (DNMA). El Senasa se ocupa de supervisar los riesgos a la salud del consumo de OGM, esto es, la inocuidad alimentaria, y la DNMA cumple la función de evaluar los posibles impactos de la aprobación del evento en el comercio exterior a través del análisis de la compatibilidad de la tecnología con las regulaciones establecidas por los países compradores de la Argentina. En la práctica, el aspecto que más peso tiene en la aprobación de OGM es la evaluación sobre los impactos comerciales, lo que resulta en una regulación “espejo” con países importadores de granos que exporta la Argentina (Pellegrini, 2013).

La influencia determinante de los objetivos nacionales de comercio exterior en la aprobación de la biotecnología agrícola se expresa de manera clara en la trayectoria de la tecnología HB4. La soja HB4 fue aprobada por la CONABIA en abril de 2015, y por el Senasa en septiembre de ese mismo año. Su habilitación para uso comercial fue otorgada en octubre de 2015, en lo que fue la primera aprobación a nivel global de un cultivo de soja con tolerancia al estrés abiótico. Sin embargo, la DNMA postergó la difusión de este cultivo portador del evento hasta tanto China no lo aprobara también, por ser este el principal destino de exportación del complejo sojero de la Argentina. En función de esto, el organismo solicitante de la aprobación —INDEAR— se comprometió a no comercializar variedades de soja HB4 hasta que fuera obtenido [el permiso de importación correspondiente en China](#), el cual se efectivizó finalmente en abril de 2022. Actualmente la soja HB4 está aprobada para la producción en Estados Unidos, Brasil, Canadá, Paraguay, y China. El trigo HB4 fue aprobado en octubre de 2015 por la CONABIA y el Senasa, al considerarse “cumplidos todos los requisitos regulatorios exigidos”⁵¹. Sin embargo, en esa ocasión la DNMA no ratificó la decisión de estos organismos. Recién en octubre de 2020 la Subsecretaría de Mercados Agropecuarios comunicó, a través de la [Resolución N° 41/2020](#), que la licencia del evento quedaba supeditada a la aprobación de Brasil por ser el principal comprador internacional de trigo argentino. En una situación similar a la de la soja HB4 con China, se estableció que INDEAR debía abstenerse de comercializar esa variedad de trigo hasta tanto no se obtuviera la licencia del país vecino. Finalmente, el jueves 11 de noviembre de 2021 se conoció la aprobación en Brasil de la harina proveniente del trigo transgénico HB4 por parte de la Comisión Técnica Nacional de Bioseguridad (CTNBio) —ente encargado de autorizar los organismos genéticamente modificados para su comercialización y uso en todo el territorio brasileño—. Si bien la aprobación de la harina no autoriza la comercialización del grano constituye una instancia estratégica para la firma, tanto por la influencia que la CTNBio tiene sobre otros organismos regulatorios de países latinoamericanos como por el precedente que sienta para la potencial futura aprobación del trigo HB4⁵².

Uno de los desafíos primordiales del marco regulatorio es coordinar objetivos diversos y potencialmente contradictorios, como promover las exportaciones, desarrollar capacidades locales, atraer

50 O’Farrell et al. (2022). Biotecnología agrícola en la Argentina. [Productos, técnicas y capacidades productivas hacia una agricultura sustentable](#). Pensar los recursos naturales como motor de la innovación. Buenos Aires: Fundar.

51 [Tecnología contra la sequía trasciende fronteras](#)

52 Para más información, ver [“El trigo HB4 y los desafíos de la innovación en siete preguntas”](#). Recuperado de Cenital (2022).

inversión extranjera, proteger la salud y el ambiente, entre otros. Esto implica también atender y balancear intereses de actores en conflicto: algunas regulaciones pueden ser muy favorables para la empresa que solicita la desregulación, pero perjudiciales para los consumidores o incluso los productores agrícolas. La trayectoria del trigo HB4 ilustra muy bien este punto. El avance regulatorio del trigo HB4 suscitó numerosas críticas, no solo por parte del movimiento ambientalista que se opone a los transgénicos, sino también de productores e integrantes de la cadena de comercialización del trigo. El reparo no se asociaba al evento transgénico en sí, sino a la falta de consulta a representantes de la cadena del trigo, preocupados porque los principales países compradores rechacen esta tecnología y por lo tanto se pierdan mercados⁵³.

Uno de los desafíos primordiales del marco regulatorio es coordinar objetivos diversos y potencialmente contradictorios, como promover las exportaciones, desarrollar capacidades locales, atraer inversión extranjera, proteger la salud y el ambiente, entre otros.

Otro punto de resistencia al trigo HB4 proviene de asociaciones ambientalistas y de consumidores. Si bien, de acuerdo con los desarrolladores del HB4, la utilización del glufosinato de amonio es un elemento intrínseco al proceso de investigación⁵⁴, y en términos sanitarios existen controles por parte del Senasa que evalúan la aptitud de la nueva tecnología para el consumo humano y animal, existen reparos adicionales sobre la posible mala aplicación del herbicida debido a la escasa fiscalización actual sobre las empresas fumigadoras. En este sentido, varios fallos judiciales han reconocido los efectos negativos sobre la salud humana de la mala aplicación de herbicidas en zonas adyacentes a escuelas rurales y comunidades, que han generado enfermedades y malformaciones en las poblaciones cercanas. A su vez, la falta de intervención estatal en la planificación y ordenamiento territorial del sector agropecuario produce incertidumbre en términos del posible efecto que estos cultivos resistentes a la sequía podrían tener sobre la expansión de la frontera agrícola⁵⁵. En suma, el creciente rechazo y la falta de legitimidad social de los transgénicos y los agroquímicos están relacionados a la laxitud de las regulaciones sobre el uso del suelo y a mala fiscalización de usos y abusos de los insumos agrícolas. Por lo tanto, para promover la innovación y el desarrollo de este tipo de productos es necesario mejorar las capacidades estatales regulatorias y de control.

Estas tensiones están presentes también en el debate sobre el futuro de la edición génica, una técnica que, como desarrollamos en un documento anterior, tiene importantes ventajas sobre la transgénesis. El dilema más urgente que enfrentan los reguladores es si la edición génica va a ser objeto de la misma regulación que la transgénesis o no. Por el momento, la posibilidad que ofrece esta técnica de generar modificaciones en la secuencia de ADN sin secuencias genéticas foráneas ha determinado, en algunos países de la región, que los organismos mejorados por edición génica no presenten los requisitos regulatorios especiales de los OGM para su comercialización y que, incluso, estén sometidos a las mismas regulaciones que los obtenidos por técnicas convencionales de mejoramiento. En la Argentina, por ejemplo, la [Resolución 173/15](#) del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca establece: “para que un cambio genético sea considerado una nueva combinación de material genético, se analizará si se ha producido una inserción en el genoma en forma estable y conjunta de uno o más genes o secuencias de ADN que forman parte de una construcción genética definida”. En el mismo

⁵³ Las bolsas de cereales y comercio de Buenos Aires, Bahía Blanca, Córdoba, Rosario, Entre Ríos, Chaco y Santa Fe, así como los industriales molineros, Confederaciones Rurales Argentinas, Federación Agraria y Coninagro, manifestaron su preocupación en torno a la habilitación atada al aval brasileño, en tanto este no es el único mercado de exportación. En particular, las entidades hicieron alusión a la potencial pérdida de mercados de países del sudeste asiático en donde el trigo transgénico está prohibido. Asimismo, señalaban que incluso en el caso de que fuera aprobado en Brasil, no estaba garantizada la voluntad de los molineros a comprarlo y existía el riesgo de que se comercializara a un precio menor, como los trigos considerados de menor calidad.

⁵⁴ Ya que es utilizado como “marcador de selección”; ver: [Combustibles y alfajores: respuestas al cambio climático](#)

⁵⁵ [El trigo transgénico y la eterna discusión por el modelo agropecuario](#)

sentido, países como Uruguay, Paraguay y Colombia están avanzando en una regulación por fuera de la de los OGM. Esta armonización regulatoria a nivel regional ha sido acompañada por [una declaración de la Argentina frente a la OMC presentando principios que proporcionan enfoques regulatorios funcionales](#), basados en evidencia científica y consistentes con las obligaciones comerciales internacionales. La presentación fue acompañada por Australia, Brasil, Canadá, Colombia, Estados Unidos, Guatemala, Honduras, Jordania, Paraguay, República Dominicana, Uruguay, Vietnam, y la Secretaría de la Comunidad Económica de Estados de África Occidental (Feingold et al., 2018).

La posibilidad que ofrece la edición génica de generar modificaciones en la secuencia de ADN sin secuencias genéticas foráneas ha determinado, en algunos países de la región, que los organismos mejorados por edición génica no presenten los requisitos regulatorios especiales de los OGM para su comercialización.

Sin embargo, ciertos sectores de la opinión pública vinculados a grupos ambientalistas han manifestado su preocupación por el desarrollo de nuevas variedades vegetales editadas genéticamente. Esta inquietud se manifestó tanto en los Estados Unidos como en Europa, pero motivó respuestas diferentes a nivel regulatorio. Mientras que en los Estados Unidos el Departamento de Agricultura decidió que las plantas editadas genéticamente mediante CRISPR/Cas9 serían consideradas como plantas normales a todos los efectos y su cultivo quedaría fuera de toda restricción, en Europa una sentencia del Tribunal de Justicia dictaminó, tras una demanda del sindicato francés de productores agrarios, que los organismos modificados mediante esa técnica estarían regulados por la directiva comunitaria de 2001 que controla el desarrollo y cultivo de organismos transgénicos. Esta sentencia produjo un considerable malestar entre los grupos de investigación y empresas biotecnológicas, que ya estaban desarrollando proyectos dirigidos al diseño de nuevas variedades o productos vegetales (Alfonso Lozano, 2019). La comunidad científica europea [realizó una declaración abierta al Parlamento y a la Comisión Europea pidiendo que se revea esta decisión](#) (Massa, González y Feingold, 2020). Lo paradójico desde el punto de vista de las organizaciones ambientalistas, campesinas, o que promueven los alimentos orgánicos es que, por los motivos señalados anteriormente respecto a las barreras de entradas que genera el marco regulatorio de OGM, regular la edición génica de la misma manera aumentaría la concentración de la industria de semillas contra la cual esos mismos grupos militan (Bonny, 2017), mientras que regularla como a las técnicas convencionales de mejoramiento habilitaría un escenario más favorable para la competencia por parte de empresas más chicas, las cuales pueden proveer más diversidad de productos, incluyendo objetivos sociales, ambientales o de desarrollo territorial.

Por último, en otros casos, por ejemplo el del mercado de bioinsumos, el desarrollo de los productos encuentra un obstáculo en un marco regulatorio con ciertas limitaciones para garantizar estándares de calidad. Los bioinsumos comerciales a base de microorganismos deben estar autorizados y registrados en el Senasa para garantizar que respondan a los estándares de inocuidad y efectividad⁵⁶. Por su parte, los bioinsumos a base de macroorganismos empleados en la producción agrícola no necesitan ser registrados en Senasa (Lecuona, 2020). A pesar de que hace más de cuatro décadas distintas instituciones vienen realizando I+D con agentes biológicos en la Argentina, esto aún no está representado en el número de insumos registrado. La presencia en el mercado local de “bioinsumos no registrados” que se comercializan por distintas vías provoca el descrédito y desaliento del productor y/o consumidor hacia los productos biológicos, en tanto esos productos no cuentan con los certificados de estándar de calidad requeridos⁵⁷ (Lecuona, 2020). Con el objetivo de contrarrestar esta situación se desarrollaron recientemente algunas iniciativas relevantes. En 2018 el Comité Asesor de Bioinsumos

⁵⁶ Regulado actualmente bajo las Resoluciones 345/1994, 350/1999, 264/2011 y 594/2015.

⁵⁷ [Lecuona, R. \(2020\). Bioinsumos agropecuarios: presente y futuro.](#)

Agropecuarios logró reducir en un 65% los montos de aranceles de Senasa para el registro de bioinsumos⁵⁸. También se creó la Comisión Argentina de Bioinsumos Agropecuarios (Cabua) mediante la Resolución SAGyP 7/2013, en el ámbito de la CONABIA, para brindar asesoramiento técnico sobre los requisitos de calidad, eficacia y bioseguridad que necesariamente deben tener los bioinsumos agropecuarios para ser utilizados, así como también para establecer un marco normativo adecuado a sus usos, manejo y disposición en el ecosistema (MAGyP, 2021). Este tipo de instrumentos regulatorios son indispensables para desarrollar el potencial que los bioinsumos prometen para la sustentabilidad de la agricultura y la generación de capacidades productivas locales.

Políticas de promoción y financiamiento

En la Argentina la biotecnología ha sido objeto de un conjunto de políticas de promoción y financiamiento compuesto principalmente por fondos sectoriales e incentivos fiscales. A pesar de que la biotecnología aplicada a la salud ocupa un lugar preponderante, las aplicaciones al agro reciben cada vez más atención y recursos y son ejes centrales de las políticas recientes. La agrobiotecnología recibió apoyo y constituyó ejes estratégicos de fondos sectoriales como el Fontar, Foncyt y Fonarsec. Entre los incentivos fiscales, se destacan la [Ley de Desarrollo y Promoción de la Biotecnología Moderna](#) y la [Ley de Economía del Conocimiento](#).

Estas políticas interactúan con las instituciones del sistema científico tecnológico y las agencias regulatorias. A grandes rasgos, el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca y, en menor medida, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, nuclea las capacidades regulatorias estatales. La mayor parte de las políticas de promoción y financiamiento se distribuyen entre el Ministerio de Desarrollo Productivo y MinCyT. Bajo la órbita de este último, se encuentra el CONICET que, junto con el INTA (dependiente del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca) y las universidades, representan la mayor parte de las capacidades científico-tecnológicas públicas (ver Figura 2).

Fondos sectoriales

A partir de mediados de la década del 90, se redefinieron en la Argentina las instituciones del sistema público de innovación, y se desarrollaron una serie de instrumentos de financiamiento dirigidos al sector productivo que pasaron a tener un papel cada vez más importante. El financiamiento de la I+D quedó bajo la responsabilidad de la ANPCyT, actualmente Agencia I+D+i. En el desarrollo de estos mecanismos tuvieron un rol destacado los préstamos de organismos internacionales, principalmente el BID, tanto respecto al fondeo como en la asistencia técnica para su implementación. En el tiempo, esos instrumentos se fueron redefiniendo para dotarlos de una mayor orientación estratégica y crear incentivos para promover la articulación entre el sector productivo y el sistema público de CyT.

En términos generales, el Fontar prioriza empresas pequeñas y medianas (Arza et al, 2018; Fiorentin et al., 2019). Durante el período 1996-2013 fueron financiados alrededor de 7000 proyectos y 3700 empresas. El 60% de esta operatoria ocurrió durante el período 2007-2013. En este subperíodo, el 58% de los proyectos adjudicados correspondieron a aportes no reembolsables (ANR), 24% a créditos subsidiados y el 18% a crédito fiscal. Considerando exclusivamente la primera línea, el Fontar brindó financiamiento a 1541 proyectos por un monto de USD 108 millones en este subperíodo, y concentró el 30% de los montos entregados y más del 50% de los proyectos aprobados.

58 A través de la [Resolución E12/2018](#).

La biotecnología, en tanto tecnología transversal, contó con líneas específicas de financiamiento (entre ellas, ANR Bio NANO TICs⁵⁹), aunque inicialmente sin una asignación sectorial específica. Las pocas evaluaciones que observan la asignación sectorial de los fondos identifican al sector salud como principal beneficiario inicial de ese financiamiento (Secretaría de Planeamiento y Políticas, 2012). Entre 1995 y 2010 solo el 11% de los proyectos biotecnológicos del Fontar correspondió al agro, muy por debajo de los porcentajes de salud humana (63%) y animal (22%). Si se analizan los montos invertidos, la participación del agro es incluso menor (4%). En el mismo sentido, sobre un total de 21 empresas de biotecnología agrícola identificadas, solo un tercio (32 %) había accedido a fondos del Fontar. Se trata de una proporción apreciable, pero muy inferior a lo que se verifica entre las empresas dedicadas a la biotecnología aplicada a la salud humana (77%) y a la salud animal (81%). En términos de montos recibidos, las diez primeras corresponden a salud humana y animal y explican, a su vez, el 71% de los fondos asignados (Secretaría de Planeamiento y Políticas, 2012).

El MinCyT tuvo un rol fundamental en los desarrollos generados por Bioceres e INDEAR. En ese sentido, es relevante destacar la importancia de la continuidad en el apoyo a esta tecnología desde el financiamiento público, sostenida en diferentes gestiones gubernamentales. Bioceres recibió subsidios en forma de Aportes No Reembolsables (ANRs) del Ministerio de Ciencia Tecnología y Tecnología (MinCyT) entre 2005 y 2012. Desde 2008 la empresa recibió entre 7 y 10 subsidios por año destinados a diferentes proyectos, cada uno de los cuales significó una suma entre 100 y 200 mil dólares (Feeney et al 2016). A través de estos desarrollos, esta empresa local logró insertarse en la trayectoria de innovación en OGM en la que predominan EMN con la aprobación de eventos transgénicos entre los cuales se destacan la soja y el trigo que combinan resistencia a sequía y tolerancia a glufosinato.

Con el objetivo de abordar el problema de los altos costos y dificultades para desregular y lanzar comercialmente productos biotecnológicos, en 2016 se creó el Fondo de Regulación de Productos Biotecnológicos (Fonrebio), por la [Resolución 57/2016](#), una iniciativa conjunta del entonces Ministerio de Agroindustria y el MinCyT. El Fonrebio se instaló como ventanilla permanente del Fontar, financiado a través del Fondo Fiduciario para la Promoción Científica y Tecnológica previsto por la Ley N° 23877. Inicialmente ofreció créditos de devolución contingente para las empresas y ANR para las instituciones públicas, y luego unificó la modalidad de financiamiento en créditos de devolución contingente para todos los beneficiarios⁶⁰. Los proyectos solicitantes de este instrumento debían haberse desarrollado en el país, tener bajo riesgo técnico y contar con una agenda definida de ejecución que facilitara su verificación. El monto de financiamiento se estipuló en un 80% del costo total del proyecto (el resto correría a cuenta de la contraparte beneficiaria), con un umbral mínimo de \$1.000.000 y máximo de \$20.000.000. Una limitación de la difusión de este instrumento es que las empresas solicitantes debían además presentar una garantía, lo que dejaba afuera a empresas chicas e institutos públicos sin capacidad para presentar dicha garantía. De acuerdo a relevamientos del INTA la falta de financiamiento para ensayos regulatorios sigue siendo una limitación importante para el desarrollo de la actividad⁶¹.

En relación con el Foncyt, algunos estudios de caso en laboratorios dedicados a la agrobiotecnología destacan el rol de los Programas de Áreas Estratégicas (PAE) en la promoción de transferencia de conocimiento (Romani et al, 2016). Los PAE son instrumentos previos del Foncyt cuyos beneficiarios son las Asociaciones ad-hoc (AAH) y las instituciones que la integran. Las AAH se conforman de al menos tres instituciones (públicas o privadas) sin fines de lucro, que tienen entre sus objetivos la investigación científica o el desarrollo tecnológico. A diferencia de otras líneas del Foncyt, la evaluación de los antecedentes de los integrantes de un PAE no se guía exclusivamente por criterios científico-académicos, sino también por la capacidad demostrada en la identificación, planteo y resolución de problemas tecnológicos, y en la apreciación de las necesidades y demandas de la sociedad para su inclusión en las estrategias de investigación del proyecto.

59 Aportes No Reembolsables Biotecnología, Nanotecnología y TICS.

60 <http://www.agencia.mincyt.gob.ar/frontend/agencia/convocatoria/359>

61 Entrevista con representante de la CONABIA, 5 de noviembre de 2021.

En 2009, se sumó un nuevo fondo bajo la órbita de la ANPCyT, el Fondo Argentina Sectorial (Fonarsec) mediante un préstamo del BIRF orientado principalmente a los sectores de alta tecnología, como la biotecnología, al cual se le sumó otro de los instrumentos más relevantes del fondo, los Fondos de Innovación Tecnológica Sectorial (FITS), financiados con el PMT III (Del Bello, 2014; Arza et al., 2018; Porta y Lugones, 2011; Lavarello y Sarabia, 2015). Mientras que este último fondo se ocupa del diseño y gestión de herramientas asociativas público/privadas a través de Consorcios Asociativos Público-Privados (CAPP) para proyectos de gran escala e impacto, el Fontar y el Foncyt financian proyectos más pequeños (Arza et al., 2018).

Las líneas de financiamiento del Fonarsec implicaron varias novedades respecto a los instrumentos existentes. En primer lugar, se buscó priorizar proyectos que ya hubieran pasado la etapa de investigación básica y estuvieran directamente orientados a la adaptación y transferencia de conocimiento hacia el sector productivo (Lavarello y Sarabia, 2015). Se procuró, además, maximizar el impacto de los proyectos, incorporando en su diseño el objetivo de resolver los problemas de coordinación entre el sistema de innovación público y el sector privado, en un intento de promover así derrames dentro y fuera de las actividades alcanzadas (Aggio et al., 2014). Para esto, los fondos fomentan la asociatividad al asignar proyectos a consorcios público-privados, a diferencia de otros fondos de la Agencia, que priorizan el fortalecimiento de las capacidades tecnológicas de empresas individuales (Villegas, 2020).

Entre las limitaciones que las evaluaciones existentes mencionan respecto a los objetivos buscados por los Fondos de Innovación Técnica Sectorial (FITS) y Fondos Tecnológicos Sectoriales (FS), se ha señalado que estos instrumentos financiaron proyectos en actividades y sectores donde ya había capacidades tecnológicas acumuladas previamente, lo que implicó relegar la creación de capacidades en nuevos sectores (Lavarello y Sarabia, 2015). Se señala también la necesidad de generar dinámicas de interacción público-privadas centradas en la resolución de problemas y capaces de perdurar en el tiempo, más allá de un proyecto específico (Aggio et al. 2014; Bertinat, 2015). El proceso que va desde los resultados tecnológicos hasta el desarrollo de un producto comercializable está plagado de incertidumbres, incluyendo las de orden administrativo y regulatorio. Teniendo en cuenta este panorama incierto, el requisito de desarrollo de productos comerciales establece una vara alta para la evaluación de los resultados, que quizás no capture aspectos importantes de estos desarrollos (Britto et al., 2020). Atendiendo a esto, la literatura enfatiza la necesidad de mayor articulación entre los instrumentos de apoyo a la innovación y los que incentivan el desarrollo de capacidades productivas, en el mismo sector o en sectores complementarios. Ausente este tipo de articulación y desarrollos complementarios, existe el riesgo de que los resultados se limiten al desarrollo de pruebas piloto, o la generación de externalidades que luego son apropiadas por las grandes empresas nacionales o multinacionales, que las internalizan en sus propias cadenas de valor (Lavarello y Sarabia, 2015).

Otra línea relevante del Fonarsec fue el programa de incentivo a las empresas de base tecnológica Empretecno. Comenzó como un instrumento horizontal de apoyo a empresas individuales, y en la convocatoria de 2016 mutó para tener como beneficiarios a consorcios de articulación público-privada (CAPP). Uno de los requisitos relevantes de este programa fue la obligatoriedad de presentar el proyecto a través de un [Facilitador de Flujo de Proyectos \(FFP\)](#), una figura creada y habilitada por la ANPCyT para entidades públicas, privadas y mixtas que se dediquen al desarrollo, gestión, promoción y transferencia de la investigación científica y tecnológica, que cuenten con personería jurídica propia. Con base en los registros administrativos del programa, Kantis et al. (2016) describen la distribución sectorial de los 91 proyectos seleccionados (sobre un total de 187) en las 7 convocatorias llevadas a cabo durante el periodo. Predominan los proyectos de biotecnología (57% del total), y dentro de ellos los enfocados en salud humana (29% del total, y más de la mitad de los proyectos biotecnológicos). Dentro del sector biotecnológico, son más numerosos aquellos proyectos enfocados en salud humana, con una participación de 29% sobre el total, mientras que los vinculados a insumos agrícolas representan un 15% aproximadamente.

Los autores destacan la inestabilidad en el flujo de presentación y adjudicación de proyectos, en los montos asignados y desembolsados como la principal limitación del programa, agravado en un

contexto caracterizado por recurrentes devaluaciones e inflación (Kantis et al., 2016). Otros obstáculos que se han mencionado son la falta de experiencia y de capacidades específicas en las instituciones del sistema público de innovación para la creación de empresas, las exigencias de los marcos regulatorios y de control de calidad —cuyos procesos de evaluación y certificación son un desafío para estas iniciativas—, y las dificultades de los beneficiarios para identificar el mercado potencial y lograr atraer inversiones privadas en respaldo a los proyectos (Britto et al., 2020).

Los mecanismos de financiamiento disponibles apuntan a empresas que deben haber desarrollado previamente ciertas capacidades, lo cual limita su efectividad para el desarrollo de nuevas empresas en base al desarrollo de productos y servicios novedosos.

Por último, las evaluaciones de las políticas analizadas en esta sección señalan que los mecanismos de financiamiento disponibles apuntan a empresas que deben haber desarrollado previamente ciertas capacidades (como el Fontar, que requiere activos intangibles, o la Ley de Biotecnología moderna, que ya establece un criterio objetivo en materia de patentes), lo cual limita su efectividad para el desarrollo de nuevas empresas en base al desarrollo de productos y servicios novedosos. La evidencia empírica indica que el grado de cobertura de la población de firmas a las que están destinadas las políticas de promoción de la I+D —incluyendo los fondos de las ANPCyT— es menor en nuestro país que en países desarrollados e incluso que en países de la región (López y Svarzman, 2016). Asimismo, esta cobertura se distribuye de forma heterogénea al interior del territorio nacional, con desventaja para las regiones de menor desarrollo relativo.

Beneficios fiscales

La biotecnología agrícola se encuentra alcanzada por la serie de beneficios fiscales de la [Ley 26270 de Desarrollo y Promoción de la Biotecnología Moderna](#)⁶², la cual fue aprobada en 2007 pero recién reglamentada en 2018⁶³. Esta Ley estableció beneficios impositivos para proyectos de I+D y proyectos de producción y mejora de bienes y servicios. Entre los beneficios se destacan: la amortización acelerada de ganancia, la devolución anticipada del IVA, bonos de crédito fiscal por el 50% del monto de contribuciones sociales vinculadas al proyecto y bonos de crédito fiscal para el 50% de los gastos destinados a I+D. La ley creó además un Fondo de Estímulo a Nuevos Emprendimientos en Biotecnología Moderna para financiar aportes de capital inicial de nuevos emprendimientos. Si bien se podrían haber impulsado proyectos de agrobiotecnología con esta ley, la mayor parte de sus beneficios se dirigió hacia el sector de biotecnología en salud⁶⁴. También fueron alcanzados por los beneficios los investigadores del CONICET y otros organismos autárquicos del sistema científico involucrados en los proyectos promovidos por la ley, quienes accedieron a “licencias sin goce de haberes” (CEPAL, 2017).

La postergación de más de diez años de la reglamentación está vinculada a la imprecisión de la definición de “empresa biotecnológica” y de lo que se entiende como “biotecnología moderna”. En el primer caso, la ley no especifica si incluye a los usuarios de biotecnología (las empresas agroindustriales) o solamente a aquellas empresas que tienen capacidades y se basan en la producción de biotecnología

⁶² La ley define a la biotecnología moderna como toda aplicación tecnológica que, basada en conocimientos racionales y principios científicos provenientes de la biología, la bioquímica, la microbiología, la bioinformática, la biología molecular y la ingeniería genética, utiliza organismos vivos o partes derivadas de los mismos para la obtención de bienes y servicios, o para la mejora sustancial de procesos productivos y/o productos.

⁶³ Se establece como autoridad de aplicación al Ministerio de Producción y Trabajo y, al igual que otros regímenes promocionales. Tiene vigencia hasta 2022, quedando así solo 5 años de régimen de promoción.

⁶⁴ Información obtenida en el marco de las entrevistas realizadas para este estudio.

moderna (Abeles et al., 2017). En el segundo caso, las diferencias surgen porque, al no limitar la definición de biotecnología moderna a desarrollos basados en ADN recombinante, permitiría incluir una gama de actividades excesivamente amplia, lo que quitaría toda selectividad al instrumento (Lavarello y Sarabia, 2015).

Finalmente, a mitad de 2019, la Secretaría de Emprendedores y de la Pequeña y Mediana Empresa del Ministerio de Producción estableció las bases y condiciones de la primera convocatoria para beneficios fiscales⁶⁵. En febrero de 2020, la AFIP reguló el trámite para acceder a los beneficios. Si bien en la convocatoria no se hace mención específica del requisito de desarrollos basados en ADN recombinante, se acota el acceso explicitando que no podrán ser beneficiarios los proyectos productivos “que utilizan organismos tal cual se presentan en la naturaleza, sin transformaciones posteriores o la obtención de nuevas variedades por medio del cruzamiento genético convencional o multiplicación convencional”. La normativa también impide el acceso a los proyectos productivos que se desarrollen sobre la base de una patente concedida antes de 2007 y a aquellos que resulten de actividades de investigación y desarrollo que se realicen en el exterior.

Reglamentada la ley, la convocatoria otorgó en total \$99.945.595 en beneficios fiscales, lo cual significó la mitad del monto disponible estipulado por el Ministerio de Producción (en la Resolución 368). El 55% se destinó a amortizaciones aceleradas en el Impuesto a las Ganancias y 45% a devolución anticipada del IVA. Sin embargo, los cinco proyectos aprobados en la convocatoria 2019⁶⁶ pertenecen al ámbito de la salud. La reglamentación para la convocatoria 2020⁶⁷ estuvo abierta entre el 4 de septiembre y el 19 de octubre de 2020 y se le asignó el mismo cupo fiscal del año anterior (\$200 millones)⁶⁸.

La biotecnología agrícola también está alcanzada por los beneficios de la ley de Economía del Conocimiento aprobada en 2019 y reglamentada en diciembre de 2020. La definición del alcance de actividades beneficiadas coincide con la de la Ley de Promoción de la Biotecnología⁶⁹. Los beneficiarios pueden convertir en un bono de crédito fiscal intransferible hasta el 70% de las contribuciones patronales que hayan pagado (para la cancelación de tributos nacionales, excepto del Impuesto a las Ganancias), una reducción de la tasa corporativa del Impuesto a las Ganancias de un 60%, 40% o 20% del monto del impuesto de acuerdo con el tamaño de la empresa, y 0% de aranceles para la exportación.

Por último, cabe destacar que la biotecnología no escapa a uno de los déficits recurrentes de la política pública en la Argentina: la débil coordinación entre las distintas áreas de intervención e instrumentos, vinculada con la fragmentación de las responsabilidades institucionales y la localización de las políticas en distintos ministerios⁷⁰ (ver Box N° 2). Un obstáculo adicional es la dispersión de los organismos de ejecución de I+D, que limita la capacidad del MinCyT de incidir efectivamente en la orientación estratégica del sistema público de innovación. En lo que respecta a la biotecnología agrícola en particular, la ausencia de una instancia jerárquica coordinadora específicamente enfocada en esta actividad ha dificultado una planificación estratégica (Ver [Gráfico 2 en pág. 7](#)).

⁶⁵ [Resolución 368/19](#).

⁶⁶ Deberían estar inscriptos en el Registro Nacional para la Promoción de la Biotecnología Moderna, que el art. 5 de la ley crea. Los resultados de la convocatoria fueron recientemente informados [aquí](#).

⁶⁷ Publicada en el [Boletín Oficial en la disposición 1/2020](#).

⁶⁸ Los nuevos criterios de elegibilidad para esta convocatoria incluyen el impacto socioeconómico local y regional que favorezcan la diversificación de la matriz productiva y tienen como destino la exportación; incorporen de personal altamente calificado y perspectiva de género; aquellos que produzcan innovaciones para mitigar los efectos de la pandemia por COVID-19; y, que se vinculen con la formación de desarrollo y desarrollo de pymes de base tecnológica argentina. <https://www.argentina.gob.ar/acceder-al-regimen-de-promocion-de-la-biotecnologia-moderna>.

⁶⁹ Ver Anexo 2 de la Resolución 4/2021 del Ministerio de Desarrollo Productivo.

⁷⁰ Para profundizar en la discusión acerca de las políticas de desarrollo productivo en Argentina, ver O'Farrell et al (2021). [Pensar el desarrollo para la Argentina contemporánea. Políticas de desarrollo productivo: por qué son necesarias para transformar la economía y cómo implementarlas](#).

La desarticulación de los instrumentos de innovación y desarrollo productivo en la Argentina

Las evaluaciones recientes de las políticas de desarrollo productivo en la Argentina señalan que uno de los déficits más importantes radica en la débil coordinación entre las distintas áreas de intervención e instrumentos, producto de una histórica disociación y desarticulación entre las políticas industriales y las políticas de CTI⁷¹. Así, parafraseando a Lavarello y Sarabia (2015), la combinación de políticas sectoriales con énfasis en los incentivos fiscales y desentendidas de la construcción de capacidades tecnológicas, por un lado, con políticas tecnológicas carentes de selectividad ex ante y orientación estratégica, por otro, limitaron el potencial de ambos instrumentos como pilares de una estrategia de desarrollo.

Con el objetivo de lidiar con esta desarticulación surgieron iniciativas nacionales de planificación estratégica que significaron un avance en materia de diseño y participación. Tanto el PEI como el PAI fueron los planes estratégicos de desarrollo más ambiciosos de la última década, pero no estuvieron exentos de los problemas asociados a esa disociación entre incentivos fiscales y políticas de ciencia, tecnología e innovación. El balance de esas iniciativas indica que la ausencia de una instancia jerárquica coordinadora implicó que, salvo en aquellos sectores donde se contaba con una institucionalidad público-privada desarrollada, las metas definidas por las mesas de trabajo sectoriales no se tradujeron en criterios unificados y una articulación sistemática de acciones y resultados (Lavarello y Sarabia, 2015; Lavarello, 2017).. Contribuyó a este resultado general la ausencia de un marco legislativo y de coordinación específico que dote de autoridad institucional a estas iniciativas. En este contexto, la capacidad del Estado de lograr una “autonomía enraizada”⁷² con el sector privado se ve limitada, lo que plantea el desafío de cómo lograr una efectiva articulación entre las políticas de promoción de las inversiones, la innovación y las exportaciones (Lavarello y Sarabia, 2015; Arza et al., 2018; López y Pascuini, 2018; Del Bello, 2014). Otro punto que la literatura identifica es la ausencia de seguimiento y monitoreo de los proyectos y/o empresas beneficiarias como así también la carencia de evaluaciones sistemáticas del impacto de las políticas de innovación y desarrollo productivo y de información estadística fiable fácilmente accesible que permita realizar esas evaluaciones (OCDE, 2019).

Como señalamos en un trabajo anterior, desde un enfoque sistémico, es deseable que una política de desarrollo productivo (PDP) cumpla con cuatro cualidades: coordinación de los instrumentos, articulación con el sector privado, planificación de largo plazo y flexibilidad metódica. Al analizar PDP en general, se ha señalado que la dinámica política y la búsqueda de rentas por parte de actores económicos contribuyen muchas veces a la duplicación de instituciones y programas con objetivos similares, lo que genera redundancias y relaciones de competencia entre agencias en la estructura estatal. Entre los mecanismos propuestos para superar estos problemas de coordinación se propone ascender el mandato de las PDP al más alto nivel de política, esto es, al presidente, o revisar las formas de asignación presupuestaria para reunir recursos y vincularlos a paquetes de PDP que permitan explotar mejor las complementariedades de los instrumentos (O’Farrell et al., 2021).

Box 2

Consideraciones
finales y
recomendaciones
de política



⁷¹ Albornoz y Gordon (2011), Del Bello (2014), Lavarello y Sarabia (2015), Gordon (2017). De acuerdo con Gordon (2017), la creación del MinCyT en 2007, con las atribuciones que se le otorgaron, contribuyó a agudizar la histórica desarticulación entre investigación científica y desarrollo tecnológico, lo que contribuyó a reproducir las dificultades de largo plazo que enfrenta el sistema público de innovación para constituirse en un vector importante del desarrollo económico.

⁷² En el sentido de Evans (1995).

Consideraciones finales y recomendaciones de política

En este documento buscamos aportar a la discusión sobre el potencial y los obstáculos de la biotecnología agrícola en la Argentina a través de un análisis integral del sistema de innovación. En base a la identificación de una serie de pilares que sostienen (o deberían sostener) la generación de capacidades productivas locales y la innovación trazamos un diagnóstico sobre los puntos más fuertes y los más débiles del sistema, que ilustramos con casos de desarrollos tecnológicos recientes y de empresas locales.

Una primera constatación a la hora de analizar los desarrollos de empresas locales es que una porción significativa tuvo origen o apoyo determinante de instituciones del sistema científico-tecnológico público. La capacidad y la amplia trayectoria del INTA, el CONICET, la Agencia de I+D+i y los laboratorios vinculados a universidades públicas en biotecnología y ciencias básicas afines jugaron un rol indispensable en muchos de los desarrollos de empresas locales. Esta constatación plantea algunas agendas de política que se deberían abordar en futuros estudios. Primero, reivindica el rol de la inversión pública en investigación, tanto en ciencias básicas como aplicadas, y resalta su potencial para generar tecnologías relevantes para el desarrollo económico y productivo del país. Deja claro, a su vez, que para fortalecer las capacidades de innovación es ineludible el incremento de la inversión en I+D tanto pública como privada. Segundo, plantea el interrogante de cómo se distribuye la renta generada por inversiones en biotecnología con fondos públicos. Es necesario un mejor conocimiento sobre los mecanismos actuales y alternativos de retribución de la transferencia de tecnología realizada por agencias estatales, para que parte de lo invertido sea recuperado y utilizado en nuevas inversiones y para mejorar los incentivos de transferencia tecnológica de los investigadores del sistema público. Tercero, además del volumen de las inversiones y la retribución de la renta que generan, es necesario establecer criterios claros sobre el tipo de tecnología en la cual invierten las instituciones públicas, evaluar su valor social y su aporte al desarrollo, y explicitar qué sectores productivos y sociales se ven favorecidos por su difusión.

Para que crezcan los recursos destinados a I+D es necesario también incrementar los desembolsos privados, para lo cual se precisa generar mejores condiciones e incentivos. En este sentido, resulta imperiosa una revisión de la normativa de propiedad intelectual que busque no solo aumentar la apropiación de la renta de innovación sino también modificar su distribución. La extensión del mercado ilegal de semillas ("bolsa blanca") y el uso propio gratuito sin discriminar por tipo de productor resultan en una baja retribución a las empresas semilleras que realizan mejoramiento convencional y técnicas biotecnológicas más allá de la transgénesis. Las empresas multinacionales que realizan transgénicos, en cambio, lograron implementar sistemas privados de cobro de regalías. En suma, los arreglos contractuales y la normativa vigente resultan en un desbalance de la distribución de la renta de innovación a favor de grandes empresas agropecuarias y multinacionales que realizan transgénicos y en detrimento de empresas e instituciones públicas locales que desarrollan otras formas de mejoramiento. Esto representa un claro obstáculo para la generación de capacidades locales, las cuales podrían verse fortalecidas mediante la constitución de un fondo que sea financiado con un mayor aporte de regalías pagadas por las grandes empresas agropecuarias y destinado a proyectos de I+D y gastos operativos de empresas locales a institutos públicos de investigación en biotecnología agrícola.

En el segundo pilar de la innovación identificado, el de las vinculaciones, encontramos varias debilidades, pero también muy importantes ejemplos virtuosos que dan algunas pistas de posibles áreas de intervención. Las iniciativas de política deberían apuntar a fortalecer las vinculaciones entre los actores del sistema en las tres dimensiones identificadas en este informe: (i) los mecanismos de vinculación tecnológica de las instituciones de ciencia y técnica, (ii) los mecanismos de incubación y aceleración y (iii) las capacidades de vinculación de las empresas.

En relación con la primera, entendiendo que los incentivos del sistema científico no están orientados a la generación de innovaciones con fines comerciales, el rol de los vinculadores tecnológicos cobra especial centralidad. El incremento de recursos humanos con tal fin y las políticas que tengan por objetivo su capacitación fortalecen, en definitiva, el eslabón débil entre un sistema científico-técnico con cuantiosas capacidades y un sector privado necesitado de innovaciones. A su vez, si desde la política pública se busca incrementar la vinculación entre las investigaciones del sistema científico tecnológico y la generación de desarrollos agrobiotecnológicos que lleguen al mercado, el esquema de incentivos de la carrera de investigación debería reflejarlo mejorando la ponderación de las actividades de transferencia en la evaluación de los investigadores.

Uno de los aspectos virtuosos recientes es la emergencia de aceleradoras e incubadoras, que a pesar de tener poca trayectoria ya cuentan con desarrollos importantes. La alta tasa de fracaso asociada al riesgo de crear empresas de base tecnológica pone de relieve la importancia de los ámbitos para la construcción de estos emprendimientos. Existe una evolución promisorio de experiencias en este ámbito con la creación de aceleradoras de base científica con foco en la biotecnología, que muestran que no solo es relevante el financiamiento sino también la asistencia en el proceso de construcción de un producto comercial a partir de un desarrollo innovador.

En cuanto a las capacidades de vinculación de las empresas, resulta indicativo de los casos de mayor éxito el hecho de que hayan tenido estrategias explícitas y direccionadas hacia el relacionamiento con el sistema de CyT para lograr captar desarrollos con potencial comercial. Estos esfuerzos, perfeccionados a través del tiempo en función de las necesidades de la empresa, reafirman el rol fundamental que tienen los vinculadores tecnológicos de las empresas y la vinculación tecnológica en general; este es el principal aspecto a fortalecer tanto desde las herramientas del sistema de CyT como desde las empresas.

El marco regulatorio de aprobación comercial de biotecnología debe ser revisado si se quiere ampliar las posibilidades de crecimiento de las empresas locales. Las regulaciones de la bioseguridad refuerzan las disparidades entre empresas multinacionales y locales, favorecen a la inversión de los negocios globales de las primeras y obstaculizan el desarrollo de las segundas. Uno de los desafíos primordiales del marco regulatorio es coordinar objetivos diversos y potencialmente contradictorios, que incluyen promover las exportaciones, desarrollar capacidades locales, atraer inversión extranjera, proteger la salud y el ambiente, entre otros. En este sentido, las capacidades locales de innovación deben tener más jerarquía dentro de los objetivos que rigen en la práctica en las decisiones regulatorias. Esto implica también que los instrumentos regulatorios y los de promoción CTI deben alinearse para, entre otras cosas, atender y balancear mejor los intereses de actores en conflicto. Algunas regulaciones o programas de financiamiento pueden ser muy favorables para la empresa que solicita la desregulación, pero perjudiciales para los consumidores o incluso los productores agrícolas. En este aspecto el caso de la tecnología HB4 es elocuente: a pesar de que gran parte de la comunidad científica lo considera una oportunidad para aumentar la productividad y mejorar la sostenibilidad de los cultivos, productores y organizaciones de la sociedad civil buscan evitar su aprobación en función de preocupaciones que van desde la posible mala aplicación de agroquímicos hasta la imposibilidad de colocar esa clase de trigo y soja en mercados de exportación. En este aspecto, adelantarse a los posibles problemas en términos de regulación e, incluso, generar un entorno de legitimidad social para las innovaciones debe ser parte de una propuesta de promoción exitosa.

Esta agenda tiene más posibilidades de lograr sus propósitos si se da en un ente institucional que tenga jerarquía política y recursos financieros que estén a la altura de la complejidad y ambición de los objetivos. Uno de los déficits recurrentes de la política pública en la Argentina es la débil coordinación entre las distintas áreas de intervención e instrumentos vinculada con la fragmentación de las responsabilidades institucionales y la localización de las políticas en distintos Ministerios. A esto se suma el obstáculo adicional de la dispersión de los organismos de ejecución de I+D, que limita la capacidad del MinCyT de incidir efectivamente en la orientación estratégica del sistema público de innovación. En lo que respecta a la biotecnología agrícola en particular, la ausencia de una instancia jerárquica

coordinadora específicamente enfocada en esta actividad ha dificultado una planificación estratégica (Anlló et al 2016). La creación de este ámbito institucional capaz de centralizar y dirigir los esfuerzos públicos de manera coordinada es de suma importancia si se quiere desarrollar el potencial del sector. Esta instancia de coordinación podría proveer de coherencia y armonizar las diferentes políticas y herramientas de promoción del Estado y dotar de una visión estratégica de largo plazo a aquellos desarrollos innovadores que se desea promover.

A su vez, una política estratégica de promoción para el sector agrobiotecnológico deberá atender la creciente importancia que tiene la dimensión ambiental de la producción del agro en términos de la trazabilidad y sostenibilidad. Por un lado, el sector enfrenta incipientes desafíos comerciales en el plano internacional vinculados a un contexto de mayor acción climática y ambiental -pautas de etiquetado de huella ambiental, potenciales requerimientos o barreras de acceso a mercados basados en criterios climáticos, cambios en las formas de alimentación en todo el mundo- y, por otro, en el plano local, los efectos ambientales adversos del paquete tecnológico de semillas transgénicas resistentes a agroquímicos exigen ser atendidos -degradación de suelos, resistencia de malezas e insectos a herbicidas y plaguicidas, la afectación de la salud humana y la biodiversidad por excesiva o mala aplicación de agroquímicos, entre otros-.

La magnitud y complejidad de los desafíos ambientales demandan políticas que busquen activamente la promoción de una transición hacia tecnologías y formas de producción más sustentables. Una forma efectiva de llevar esta agenda a cabo es enmarcar la sustentabilidad del modelo productivo agrícola como una misión detrás de la cual diseñar y coordinar las políticas productivas y de ciencia, tecnología e innovación (CTI)⁷³. En este marco, si bien el abordaje de estos desafíos requiere la instrumentación de políticas que exceden el ámbito de estudio de este informe, la agrobiotecnología tiene herramientas para aportar en la consecución de algunos de los objetivos sociales y ambientales. Los bioinsumos en tanto alternativa más sustentable al uso de agroquímicos convencionales se erigen como un segmento prometedor para el cual existen capacidades del sistema científico-tecnológico nacional a nivel federal. Al respecto, pese a que la Argentina tiene una posición de liderazgo en la investigación y desarrollo de bioinsumos en la región, el salto tecnológico necesario para su producción y uso aún no ha ocurrido, posiblemente debido al escaso interés del sector privado en instalar biofábricas asociado a los costos de producción y registro, mano de obra, volúmenes de facturación y competencia desleal de bioinsumos no registrados (INTA, 2017; Lecuona, 2020). En este sentido, promover el desarrollo de bioinsumos a través políticas públicas proactivas y adaptables a nivel nacional, provincial y municipal, jerarquizar la agenda al interior del sistema de CTI nacional y asistir a las empresas que incipientemente apuesten al sector resultan puntapiés fundamentales para posicionar a estos productos en un sendero de crecimiento.

Asimismo, la edición génica representa una oportunidad sustantiva para el desarrollo de genotipos mejorados que incrementen la productividad y generen desarrollos de mayor calidad nutricional e industrial, con mayor valor agregado. Las ventajas técnicas y la velocidad y eficiencia de esta tecnología constituyen una potencial revolución tecnológica para el sector agrícola, lo cual estará en última instancia atado a que existan las capacidades y el conocimiento para desarrollarla. El hecho de que varios países de la región consideren a los productos obtenidos a partir de la edición génica como equivalentes a los obtenidos por mejoramiento convencional -y por ende objeto de los mismos procesos de evaluación- facilitaría su llegada a la producción y al mercado. Además, esta técnica abre la posibilidad de que sea el conocimiento el que moldee las innovaciones, y no el derecho de propiedad intelectual y patentamiento del cual hoy dependen los OGM. Esto podría propiciar la emergencia de las instituciones públicas como protagonistas en el desarrollo de esta tecnología, promoviendo la cooperación entre países de la región y la colaboración público privada.

⁷³ La experiencia comparada muestra que el diseño de políticas productivas y de innovación está crecientemente orientado por misiones, las cuales se eligen sobre la base de grandes desafíos sociales que van más allá de lo puramente tecnológico o económico (Foray, Mowery, y Nelson, Ret al., 2012; Mazzucato, 2018; Cherif y Hasanov, 2019).

Consideraciones
finales y
recomendaciones
de política

En conclusión, el devenir de la biotecnología agrícola en términos de su aporte a la agregación de valor nacional, la resolución de problemáticas ambientales y comerciales, y su potencialidad para impulsar procesos de innovación con fuerte participación de instituciones públicas está supeditado al sendero de políticas que se planteen para el sector. Al igual que todo proceso de incorporación tecnológica, este no será intrínsecamente positivo ni negativo, sino que deberá ser evaluado e intervenido por una estrategia estatal eficiente y promotora de las sinergias entre el sector público y privado, con políticas de incentivos que deberán ser constantemente reevaluadas a la luz de su desempeño. En este marco, un mayor financiamiento al sector de I+D+i enmarcado en un proceso de coordinación estratégica y reestructuración de las políticas y el esquema de incentivos existentes, puede contribuir decisivamente a la realización del potencial del sector y favorecer el crecimiento de agendas prometedoras como las de bioinsumos y edición génica

Anexo. Entrevistas realizadas.

•

Anexo

Nombre	Afiliación institucional	Cargo	Fecha
Gabriel Delgado	IIICA	Representante del IIICA en Brasil	22/07/2020 y 1/11/21
Gabriel Tinghitella	AACREA	Responsable de Innovación	3/11/2020
Gustavo Schrauf	FAUBA	Profesor Titular de la Cátedra de Genética	10/11/2020
Roberto Bocchetto	INTA	Profesional Asociado	10/12/2020
Matías Peire	GridX	CEO	14/06/21 y 16/12/21
Nicolas Creus	Terragene	Director de Negocios Internacionales	29/04/21
Sergio Feingold	INTA	Director del Programa Nacional de Biotecnología	19/05/21 y 20/10/21
Adrian Rovetto	Terragene-Protergium	CEO	28/05/21
Martín Irurueta	INTA	Director Nacional Asistente de Investigación Desarrollo y Planificación	07/06/21
Federico Landgraf	CASAFE	Director ejecutivo	07/06/21
Federico Lorza	CASAFE	Coordinador técnico	07/06/21
Ruth Heinz	INTA	Directora del Centro de Investigación en Ciencias Veterinarias y Agronómicas	09/06/21
Rodrigo Rojo	INTA	Asistente de Vinculación Tecnológica	16/06/21
Federico Trucco	Bioceres	CEO	17/06/21 y 24/06/21
Cintia Carla Hernandez	Ministerio de Producción de la Nación	Directora para la Generación de Nuevas Empresas - Dirección de Economía del Conocimiento	23/06/21
Oscar Taboga	INTA-CONICET	Director del Instituto de Agrobiotecnología y Biología Molecular - IABIMO	28/06/21
Ricardo Yapur	Rizobacter	CEO	29/06/21
Diego Viruega	Bolsa de Comercio de Rosario (BCR)	Director de Tecnología e Innovación (CIO)	12/08/2021
Esteban Jobbagy	CONICET	Investigador superior	29/09/21
Dalia Lewi	CONABIA - Ministerio de Agricultura	Directora Nacional de Bioeconomía	5/11/21
Vanessa Lowenstein	MINCyT	Directora Nacional de Estudios	5/11/21
Germán Linzer	Ministerio de Desarrollo Agrario PBA	Director de Innovación Productiva, Extensión y Transferencia Tecnológica	9/11/21
Martín Lema	CONABIA - Ministerio de Agricultura	Secretario Ejecutivo de la CONABIA 2012-2020	10/11/21
Carlos Perez	BioHeuris	Co-fundador	12/11/21
Lucas Lieber	BioHeuris	CEO	12/11/21

Referencias

-

- Abeles, M., Cimoli, M., & Lavarello, P. J. (2017). Manufactura y cambio estructural: aportes para pensar la política industrial en la Argentina. CEPAL
- Aggio, C., Erbes, A., Milesi, D., Abinader, L., Beccaria, A., & Lengyel, M. (2014). Asociatividad para la innovación con alto impacto sectorial. Buenos Aires, CIECTI.
- AGN (2019) *Informe sectorial sobre Gestión Ambiental de la Auditoría General de la Nación*.
- Albornoz, M., & Gordon, A. (2011). *La política de ciencia y tecnología en Argentina desde la recuperación de la democracia (1983-2009)*. Trayectorias de las políticas científicas y universitarias de Argentina y España, 1-46.
- Alfonso Lozano, M. (2019). *El desafío de la edición génica en plantas*. Departamento Nutrición Vegetal. Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC).
- Amin Filomeno, F. (2013). *State capacity and intellectual property regimes: Lessons from South American soybean agriculture*. Technology in Society 35: 139-152.
- Anlló, G., Añon, M. C., Bassó, S., Bellinzoni, R., Bisang, R., Cardillo, S., y Regunaga, M. (2016). *Biotecnología argentina al año 2030: llave estratégica para un modelo de desarrollo tecnológico-productivo*. Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (Proyecto BIRF 7599/AR). Buenos Aires.
- Arza, V., & Carattoli, M. (2012). *El desarrollo de la biotecnología y las vinculaciones público-privadas, una discusión de la literatura orientada al caso argentino*. Realidad Económica, 266(49-71).
- Arza, V. (2014) *Modernización tecnológica en transgénicos como estrategia de negociación política de multinacionales*. Realidad Económica N 288,12/2014.
- Arza, V., Ferraro, C., Sívori, P. y Paz, J. (2018) *Políticas de Desarrollo Productivo en Argentina*. OIT Americas Informes Técnicos N° 10. Lima: OIT / Oficina Regional para América Latina y el Caribe.
- Bisang, R. (2011). *Agro y recursos naturales en la Argentina: enfermedad maldita o desafío a la inteligencia colectiva?* Boletín Informativo Techint, 336, 63-83.
- Bisang, R., Anlló, G., & Campi, M. (2015). *Políticas tecnológicas para la innovación: la producción agrícola argentina*.
- Boldrin, M. & Levine, D. K. (2013) *The Case against Patents*. Journal of Economic Perspectives, 27 (1): 3-22.
- Bonny, S. (2017). *Corporate Concentration and Technological Change in the Global Seed Industry*. Sustainability 9, no. 9: 1632. <https://doi.org/10.3390/su9091632>
- Britto, F., Lugones, G., & Monasterios, S. (2020). *Estudio de caso sobre la vinculación público-privada*. Realidad económica, 49(333), 89-a.
- CEPAL (2017). *Instituciones, políticas e instrumentos para impulsar la ciencia, tecnología e innovación en la Argentina: reflexiones a partir de la experiencia brasileña*. Santiago: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Cherif, R. y Hasanov, F. (2019). *The Return of the Policy That Shall Not Be Named: Principles of Industrial Policy*. IMF Working Papers 19(74): 1-79. <https://doi.org/10.5089/9781498305402.001>
- Codner D. (2019) *Factores para el desarrollo de una agenda sobre comercialización de los resultados de I+D*, en Pellegrini P. (Comp.) Biotecnología y emprendimientos: herramientas, perspectivas y desafíos, Colección PGD eBooks, Universidad Nacional de Quilmes, Bernal.
- Cohen, W. M., & Levinthal, D. A. (1990). Absorptive capacity: A new perspective on learning and innovation. Administrative science quarterly, 128-152.
- Correa, C. (2014) Presentación el "Encuentro Ley de Semillas en la Biblioteca Nacional: qué opina cada sector", publicado por Argenética (2014), compilado por Alejandro María Correa. - 1a ed. - Buenos Aires: Toctumi.
- Del Bello, J. C (2014). *Argentina: experiencias de transformación de la institucionalidad pública de apoyo a la innovación y al desarrollo tecnológico*. En Rivas, G. y Rovira, S. (edit). Nuevas instituciones para la innovación. Prácticas y experiencias en América Latina. Cuaderno de trabajo. CEPAL.
- Edquist, C. (Ed.). (1997). Systems of Innovation: Technologies, Institutions, and Organizations, Psychology Press.
- Evans, P. (1995). *Embedded Autonomy: States and Industrial Transformation*. Princeton University Press. <http://www.jstor.org/stable/j.ctt7t0sr>
- Freeman, C. (1995). The 'National System of Innovation in historical perspective. Cambridge Journal of economics, 19(1), 5-24.
- Feeney, R., Perez, C., & Mac Clay, P. (2016). *Bioceres: AG Biotechnology from Argentina*. International Journal on Food System Dynamics, 7(1012-2016-81275), 92-114.
- Feingold, S.E., Bonnecarrere, 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 / Vol. 44 / Nro 3.
- Fiorentin, F. A., Pereira, M., Suárez, D. V. (2019). *As times goes by: A dynamic impact assessment of the innovation policy and the Matthew effect on Argentinean firms*. Economics of Innovation and New Technology, 28:7, 657-673.
- Foray, D., Mowery D. y Nelson, R. (2012). *Public R&D and social challenges: what lessons from mission R&D programs?*. Research Policy, 41(10), 1697-1902.
- Frank, F. (2021). *El pan en manos de las corporaciones: trigo transgénico HB4 en Argentina*. Informe 01, Acción por la Biodiversidad.
- Freytes, C. y O'Farrell, J. (2021) *El potencial dinámico de los recursos naturales Oportunidades y desafíos para una estrategia de desarrollo*, documento de trabajo, serie 'Pensar los recursos naturales como motor de la innovación', Fundar, 2021.

- Gamba, M., y Mocciaro, A. (2018). *Patentamiento de la tecnología HB4® entre CONICET y Bioceres SA: ¿ Modelo a seguir?* Vol. 1 Núm. 1 (2018): Ciencia, tecnología y política.
- Girard, M. A. (2020). *Desarrollo de biotecnología agrícola en Argentina. El caso de la papa resistente a PVY y la soja tolerante a la sequía (HB4)*. (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Quilmes, Bernal, Argentina. Disponible en RIDAA-UNQ Repositorio Institucional Digital de Acceso Abierto de la Universidad Nacional de Quilmes <http://ridaa.unq.edu.ar/handle/20.500.11807/2340>
- Gras, C., y Hernández, V. (2016). *Modelos de desarrollo e innovación tecnológica: una revolución conservadora*. Mundo agrario, 17(36).
- Haunss, S. y Shadlen, K. (2009) *Politics of Intellectual Property: Contestation Over the Ownership, Use, and Control of Knowledge and Information*, Edward Elgan
- INASE (2019). *El mercado mundial y nacional de semillas. La concentración de la producción semillera y sus efectos*. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca.
- INTA (2017). *Los desafíos de la agricultura argentina. Satisfacer las futuras demandas y reducir el impacto ambiental*.
- Jobbagy, E., Piñeiro, G., Aguiar, S. y Garibaldi, L., (2021). *Impronta ambiental de la agricultura de granos en Argentina: revisando desafíos propios y ajenos*.
- Kantis, H., Federico, J., Magendzo, A., García, S. I., Menéndez, C., y Insulza, D. (2016). *Condiciones sistémicas e institucionalidad para el emprendimiento y la innovación. Hacia una agenda de integración de los ecosistemas de los países de la Alianza del Pacífico*.
- Katz, J. (2020) *Recursos naturales y crecimiento: aspectos macro y microeconómicos, temas regulatorios, derechos ambientales e inclusión social*. Documentos de Proyectos (LC/TS.2020/14). Santiago de Chile: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Kulfas, M. (2019). *Los tres kirchnerismos: Una historia de la economía argentina, 2003-2015*. 2a ed.- Buenos Aires: Siglo Veintiuno Editores.
- Lavarello, P., y Sarabia, M. (2015). *La política industrial en la Argentina durante la década de 2000. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)*. Serie Estudios y Perspectivas N°45. Buenos Aires: CEPAL.
- Lavarello, P. (2017). *¿De qué hablamos cuando hablamos de política industrial?* En: Abeles, Martín, Mario Cimoli, y Pablo Lavarello (eds.). *Manufactura y cambio estructural: Aportes para pensar la política industrial en la Argentina*. Libros de la CEPAL, N°149 (LC/PUB.2017/21-P). Santiago: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Lecuona, R. (2020). *Bioinsumos agropecuarios: presente y futuro*. <http://cpia.org.ar/agropost/nota/12>
- Linzer, G. (2016). *Análisis y Propuestas para una Modificación de la Ley de Semillas de la Argentina*. Tesis de Maestría, Maestría en Propiedad Intelectual, Facultad latinoamericana en Ciencias Social (FLACSO).
- López, A. (2017). *Las industrias extractivas en el desarrollo de América Latina y el Caribe*. En: Reporte Recursos Naturales y Desarrollo 2016/17. Industrias extractivas y desarrollo sostenible: Desafíos para América Latina y el Caribe. Montevideo: Red Sudamericana de Economía Aplicada/ Red Sur.
- López, A. y Pascuini, P. (2018). *Hacia una nueva estrategia de inserción internacional para la Argentina: fundamentos, opciones y herramientas de política*. Programa de Investigadores de la Secretaría de Comercio de la Nación. Política comercial, inserción internacional y desarrollo productivo. Documento de trabajo N°5.
- López, A. y G. Svarzman (2016). *Políticas y herramientas para fomentar la innovación empresarial en Argentina: diagnóstico y sugerencias de políticas*. Informe preparado para el Banco Interamericano de Desarrollo.
- Lowenstein, V. (2014) *Propiedad intelectual y semillas: los registros que hablan*, Revista Realidad Económica, 388, 4a. Jornada Horacio Giberti Que las semillas no sean ajenas, noviembre-diciembre 2014.
- Lundvall, B. (1992) *National systems of innovation: An analytical framework*. Pinter, London.
- Marín, A. (2015). *Los dueños de las plantas en Argentina: ¿ quién decide?, ¿cómo se decide?*. IBEROAMERICA-NA, 15(58), 184-190.
- Marín, A., Navas Alemán, L., Pérez, M. C.(2015). *Natural Resource Industries As a Platform for the Development of Knowledge Intensive Industries*. Tijdschrift voor Economische en Sociale Geografie. Volume 106, Issue 2 p. 154-168.
- Marín, A. Stubrin, L. y Van Zwanenberg, P. (2014). *Developing capabilities in the seed industry: which direction to follow?* Working Paper Series, SWPS 2014-12. Conicet/ Cenit Argentina.
- 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.
- Marín, M., Stubrin, L., Obaya, M., Bortz, G., Cretini, I., Asinsten, J., O'Farrell, J. (2020). *Análisis comparativo de sistemas de investigación, desarrollo tecnológico e innovación para la elaboración de productos biológicos*. Documento de trabajo elaborado para el Banco Interamericano de Desarrollo (BID).
- Marín, A., Van Zwanenberg, P. y Cremaschi, A. (2021). *Bioleft: A collaborative, open source seed breeding initiative for sustainable agriculture*.
- Massa, G. A., González, M. N. y Feingold, S. E. (2020). *Avances y desafíos para la edición génica para el mejoramiento de plantas*. Rev. Farm. vol. 162-N°2: 36-42.
- Mazzucato, M. (2018) *Mission-oriented innovation policies: challenges and opportunities*. Industrial and Corporate Change, Volume 27, Issue 5, October 2018, Pages 803-815. <https://doi.org/10.1093/icc/dty034>

- Milesi, D., Aggio, C., Verre, V. y Lengyel, M. (2020). *Acumulación de capacidades tecnológicas y especialización productiva: el rol potencial de las actividades basadas en recursos naturales*. Documento de Trabajo N° 20. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Centro Interdisciplinario de Estudios en Ciencia, Tecnología e Innovación (CIECTI).
- MinCyT (2016). *Las empresas de biotecnología en Argentina*. Documento de Trabajo. Noviembre de 2016. Disponible en: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/est_bio_las-empresas-de-biotecnologia-en-argentina-2016.pdf
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (2021). *Observatorio Bioeconomía: Bioinsumos/Biomateriales*. Ver en: https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/observatorio_bioeconomia/indicadores/04/index.php
- Nelson, R. y Winter, S.G. (1982). *An evolutionary theory of economic change*. Harvard University Press.
- Nelson, R. (1991). Why do firms differ, and how does it matter?. *Strategic management journal*, 12(S2), 61-74.
- Newell, P. (2009). *Bio-Hegemony: The Political Economy of Agricultural Biotechnology in Argentina*. *Journal of Latin American Studies*, 41, pp 27-57.
- O'Farrell, Juan (2020) *Te espero en Rotterdam: Poder Empresario y Desarrollo Dependiente en la agricultura argentina durante el boom de los commodities*. Tesis doctoral, doctorado en Ciencia Política, Universidad Torcuato Di Tella (UTDT). Buenos Aires.
- O'Farrell, J., Palazzo, G., Bril Mascarenhas, T., Freytes, C., Dias Lourenco, B. (2021). *Pensar el desarrollo para la Argentina contemporánea. Políticas de desarrollo productivo: por qué son necesarias para transformar la economía y cómo implementarlas*. Buenos Aires: Fundar. Disponible en: <https://www.fundar.org.ar/wp-content/uploads/2021/03/Fundar-Poli%CC%81ticas-de-desarrollo-productivo.pdf>
- O'Farrell J., Freytes, C., Pizzo, F. y Aneise, A.J. (2022), "El trigo HB4 y los desafíos de la innovación en siete preguntas". *Cenital*. Disponible en: <https://cenital.com/el-trigo-hb4-y-los-desafios-de-la-innovacion-en-7-preguntas/>
- O'Farrell, Pizzo, F., Freytes, C., Demeco, L. y Aneise, A. J. (2022). *Biología agrícola en la Argentina. Productos, técnicas y capacidades productivas hacia una agricultura sustentable*. Serie "Pensar los recursos naturales como motor de la innovación". Área Recursos Naturales. Fundar.
- OCDE (2005): "A Framework for Biotechnology Statistics", OECD Working Party of National Experts on Science and Technology Indicators.
- OCDE (2018). *Agricultural policies in Argentina. Trade and Agriculture directorate committee for agriculture*. TAD/CA(2018)9/FINAL.
- OCDE (2019). *OECD-FAO Agricultural Outlook 2019-2028*. Publicación OECD, Roma.
- Orbita. (2020) *Biología en la Provincia de Buenos Aires. Capacidades del Sistema Científico-Tecnológico, aportes al desarrollo socio-productivo, potencialidades y desafíos futuros*. Documento de Trabajo N° 1. Diciembre.
- Patrouilleau, M. M., Carrapizo, V. N., Keilis, M., Hernandez, J. J., Hang, G., Mendizábal, A., y Cittadini, E. D. (2019). *La trayectoria de las políticas para la innovación agropecuaria en Argentina. Aportes para una discusión*. E-papers.
- Pellegrini, P. A. (2013). *Transgénicos: ciencia, agricultura y controversias en la Argentina*. Buenos Aires, Argentina, Universidad Nacional de Quilmes Editorial.
- Porta, F. y Lugones, G. (2011). *Investigación científica e innovación tecnológica en Argentina. Impacto de los fondos de la agencia nacional de promoción científica y tecnológica*. 1ra Ed. Bernal: Universidad de Quilmes.
- Powell, W. W., White, D. R., Koput, K. W., & Owen-Smith, J. (2005). Network Dynamics and Field Evolution: The Growth of Interorganizational Collaboration in the Life Sciences. *American Journal of Sociology*, 110(4), 1132-1205. <https://doi.org/10.1086/421508>.
- Rapela, M. (2020). *La interacción entre los derechos de propiedad intelectual y los procesos de innovación abierta aplicados en el mejoramiento vegetal moderno*. Maestría en Propiedad Intelectual, Facultad de Derecho, Universidad Austral.
- Regunaga, M. (2009). *Comercio de granos: las instituciones y el Estado*. Revista de la Bolsa de Comercio de Rosario, Argentina.
- Romani, F., Codner, D., y Pellegrini, P. A. (2016). *Laboratorios de agrobiotecnología: niveles de decisión en trayectorias de transferencia tecnológica*. *Ciencia, docencia y tecnología*, 27(52).
- Schteingart, D. y Coatz, D. (2015). *¿Qué modelo de desarrollo para Argentina?* Boletín informativo Techint 239: 49-88.
- Schvarzer, J. y Tavosnaska, A. (2007) *El complejo sojero argentino. Evolución y perspectivas*. Centro de Estudios de la Situación y Perspectivas de la Argentina, Universidad de Buenos Aires, Documento de Trabajo nro. 10.
- Sell, S. (2009) *Corporations, Seeds, and Intellectual Property Rights Governance*, en: *Corporate Power in Global Agrifood Governance*, ed. by Jennifer Clapp and Doris Fuchs (Cambridge, MA, MIT Press).
- Stubrin L. (2019) *Evolución, capacidades y perspectivas futuras de las empresas biotecnológicas argentinas*, en Pellegrini P. (Comp.) *Biología y emprendimientos: herramientas, perspectivas y desafíos*, Colección PGD eBooks, Universidad Nacional de Quilmes, Bernal.
- Sztulwark, S. (2012) *Renta de innovación en cadenas globales de producción. El caso de las semillas transgénicas en Argentina*. Los Polvorines: Editorial de la Universidad Nacional de General Sarmiento.
- Villegas, M. (2020). *Procesos de planificación en CTI: el Plan Argentina Innovadora 2020 y sus principales instrumentos: FONARSEC y Becas para Temas Estratégicos*. Tesis de Maestría. FLACSO. Sede Académica Argentina, Buenos Aires.

Acerca del equipo autoral

Juan O'Farrell

Coordinador del Área de Recursos naturales. Economista y doctor en Ciencia Política de la UTDT y magíster en Gobernanza y Desarrollo de la Universidad de Sussex (GB). Se especializa en la economía política de los recursos naturales, la tecnología y el trabajo.

Carlos Freytes

Director del Área de Recursos naturales. Doctor en Ciencia Política por la Universidad Northwestern y magíster en Ciencia Política y Sociología por FLACSO-Buenos Aires. Se especializa en la gobernanza de recursos naturales y la evaluación de políticas públicas.

Ana Julia Aneise

Analista del Área de Recursos naturales de Fundar. Licenciada en Economía (UBA) y maestranda en Economía y Derecho del Cambio Climático (FLACSO). Su área de interés se centra en el diseño de políticas para una transición justa hacia el desarrollo sostenible y bajo en emisiones.

Lucía Demeco

Analista del Área de Recursos naturales de Fundar. Licenciada en Ciencia Política y maestranda en Economía Aplicada de la UTDT. Sus áreas de interés incluyen el desarrollo económico, la evaluación de políticas públicas, y la economía política del sector agrícola.

El equipo autoral quiere agradecer los valiosos aportes de María Victoria Anauati y María Victoria Gobet.

Dirección ejecutiva: Martín Reydó

Coordinación editorial: Gonzalo Fernández Rozas

Diseño: Jimena Zeitune

Fundar es un centro de estudios y diseño de políticas públicas que promueve una agenda de desarrollo sustentable e inclusivo para la Argentina. Para enriquecer el debate público es necesario tener un debate interno: por ello lo promovemos en el proceso de elaboración de cualquiera de nuestros documentos. Confiamos en que cada trabajo que publicamos expresa algo de lo que deseamos proyectar y construir para nuestro país. Fundar no es un logo: es una firma.

Esta obra se encuentra sujeta a una [licencia Creative Commons 4.0 Atribución-NoComercial-SinDerivadas Licencia Pública Internacional \(CC-BY-NC-ND 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/). Queremos que nuestros trabajos lleguen a la mayor cantidad de personas en cualquier medio o formato, por eso celebramos su uso y difusión sin fines comerciales.

En Fundar creemos que el lenguaje es un territorio de disputa política y cultural. Por ello, sugerimos que se tengan en cuenta algunos recursos para evitar sesgos excluyentes en el discurso. No imponemos ningún uso en particular ni establecemos ninguna actitud normativa. Entendemos que el lenguaje inclusivo es una forma de ampliar el repertorio lingüístico, es decir una herramienta para que cada persona encuentre la forma más adecuada de expresar sus ideas.

Modo de citar

O'Farrell, Juan; Pizzo, Florencia; Freytes, Carlos; Aneise, Ana Julia y Demeco, Lucía (2022). Pilares de la innovación en la biotecnología agrícola argentina. *Pensar los recursos naturales como motor de la innovación*. Buenos Aires: Fundar. Disponible en <https://www.fund.ar>

