

BIOTECNOLOGÍA E INNOVACIÓN EN ARGENTINA. UNA APROXIMACIÓN DESDE LA INDUSTRIA SEMILLERA

DOSSIER

ALEJANDRA QUADRANA - a.quadrana@conicet.gov.ar
Universidad de Buenos Aires – Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas – Universidad Nacional de General Sarmiento, Instituto de Industria

FECHA DE RECEPCIÓN: 21-6-2020

FECHA DE ACEPTACIÓN: 13-7-2020

Resumen

El presente artículo se propone analizar los procesos de innovación en biotecnología en el contexto de un país periférico. Se decidió profundizar en la industria semillera atendiendo a la importancia relativa del sector dentro de las actividades biotecnológicas desarrolladas en Argentina y a su relevancia en tanto insumo estratégico de la producción agroalimentaria. En virtud de las transformaciones tecnológicas incorporadas a la semilla, se describe la evolución de la industria semillera en el país en el largo plazo. A partir de la aprobación comercial de semillas transgénicas en 1996, se identificaron distintas estrategias de innovación en el conjunto de actores que participan en la cadena de valor. En base al análisis se elaboró una tipología para dar cuenta de dichas estrategias, que pueden consistir en: empresas multinacionales importadoras de innovaciones radicales, empresas nacionales generadoras de innovaciones radicales o empresas nacionales generadoras de innovaciones incrementales. Por último se reflexiona sobre las oportunidades y los desafíos que presenta la actividad semillera dentro de una estrategia de desarrollo nacional.

Palabras Clave: Biotecnología – Innovación – Semillas transgénicas – Argentina

BIOTECHNOLOGY AND INNOVATION IN ARGENTINA. AN APPROACH FROM THE SEED INDUSTRY

Abstract

This article analyzes the processes of innovation in biotechnology in the context of a peripheral country. It was decided to delve into the seed industry, taking into account the relative importance of the sector within the biotechnological activities carried out in Argentina and its relevance as a strategic input for agri-food production. Based on the technological transformations incorporated

into the seed, the evolution of the seed industry in the country in the long term is described. After the commercial approval of transgenic seeds in 1996, three innovation strategies were identified in the set of actors that participate in the value chain. Based on the analysis, a typology was developed to account for these strategies, which may consist of: multinational companies that import radical innovations, national companies that generate radical innovations or national companies that generate incremental innovations. Finally, it reflects on the opportunities and challenges that seed activity presents within a national development strategy.

Key Words: Biotechnology - Innovation - Transgenic seeds - Argentina

1. Introducción

El presente trabajo¹ surge de la inquietud por explorar los procesos de innovación en un contexto periférico, concebidos como un elemento central para evaluar las oportunidades de desarrollo nacional, entendido en un sentido amplio. En consecuencia, se decidió centrar el estudio en los desarrollos de la biotecnología bajo la premisa de que sus características y dinámicas propias, por ejemplo su fuerte imbricación entre ciencia y tecnología y su multidisciplinariedad, la posicionan como un objeto de estudio privilegiado para analizar los procesos de innovación².

Los desarrollos de la moderna biotecnología se encuentran en el núcleo de la última revolución tecnológica, que desde los '70 ha configurado un nuevo paradigma tecno-económico mundial. Dentro del amplio campo de actividades productivas que abarca la biotecnología, el foco de la investigación se pondrá en el sector semillero argentino. Esta decisión responde a dos cuestiones. En primer lugar, a la relevancia que surge del análisis de los datos estadísticos en términos de su participación en las ventas y en las exportaciones biotecnológicas, en comparación con el resto de los sectores que operan en el país. En segundo lugar,

¹ El presente artículo constituye un avance de investigación correspondiente a una tesis doctoral en curso.

² Se desea agradecer los valiosos comentarios, sugerencias e interrogantes de los dos evaluadores externos, que sin duda ayudaron a mejorar el borrador del artículo. Por supuesto se les exime de cualquier error u omisión.

las semillas constituyen un insumo estratégico de la producción agroalimentaria, histórico pilar de la dinámica de acumulación en Argentina.

Las semillas transgénicas constituyen la innovación radical más importante derivada de los desarrollos de la biotecnología. En función del salto cualitativo que representa como método de mejoramiento vegetal, se sostiene que las semillas se han convertido en productos intensivos en conocimiento. Si bien existen otras técnicas biotecnológicas relevantes, como los marcadores moleculares y la mutagénesis, las semillas transgénicas han tenido un mayor impacto en las transformaciones acaecidas en las formas de producir alimentos, principalmente de la mano de la implementación de paquetes tecnológicos cerrados en asociación con otros insumos y técnicas de laboreo.

Ahora bien, entendiendo a la actividad científica como un proceso social que opera en contextos específicos, resulta necesario incorporar al análisis aspectos que den cuenta de la división del trabajo científico entre los países centrales y los periféricos, lo cual influye en las distintas dinámicas de innovación de acuerdo al contexto particular en el que se despliegan. En el caso de la biotecnología vegetal, se observa que el grueso de las investigaciones en semillas transgénicas es desarrollado en las casas matrices de un puñado de grandes empresas multinacionales originarias de países centrales, y desde ahí son distribuidas a través de sus filiales en el resto de los países. Sin embargo, dada su naturaleza biológica, todavía existe la necesidad de que las semillas que cuentan con un evento transgénico incorporado sean adaptadas a las condiciones climáticas y de suelo según la localización geográfica donde serán utilizadas. En este aspecto los semilleros locales, tanto públicos como privados, juegan un rol central en el mejoramiento vegetal en función de las condiciones agroecológicas.

Teniendo en cuenta estos elementos, en el presente trabajo se plantean una serie de objetivos. Primero, explorar el estado de situación actual de la biotecnología en general y de la vegetal en particular para el caso argentino. Segundo, describir la evolución de la industria semillera en el país. Para ello se recurrirá a la

sistematización de diversas fuentes secundarias, fundamentalmente estadísticas y literatura especializada. Sobre esta base se pretende avanzar en el objetivo principal del artículo, que consiste en la construcción de una tipología que permita dar cuenta de las distintas estrategias de innovación implementadas por las empresas biotecnológicas dedicadas a la producción de semillas en Argentina. Este tercer objetivo implicará la selección de un conjunto de dimensiones o rasgos que permitan agrupar a las firmas, buscando maximizar la homogeneidad intra-grupo y la heterogeneidad inter-grupo.

La estructura de la presentación se ordena de la siguiente manera. Luego de esta introducción, un primer apartado introduce el campo de la biotecnología y su lugar en el nuevo paradigma tecno-económico, señalando las principales diferencias en los procesos de innovación en el contexto de los países centrales y de los periféricos. Seguidamente se recurre a datos estadísticos para medir la importancia relativa del sector de semillas dentro de la totalidad de las actividades biotecnológicas que se desarrollan en nuestro país. A continuación se presentan las transformaciones acaecidas en la producción de las semillas desde el surgimiento de la agricultura hasta la implementación de la biotecnología moderna, identificando los segmentos que ahora conforman su propia cadena de valor. Posteriormente se describe la evolución de la industria semillera en nuestro país desde mediados del siglo XX hasta la actualidad. En el siguiente apartado se profundiza en el análisis del desarrollo de los eventos transgénicos autorizados para su comercialización, para luego presentar una propuesta de tipología de las distintas estrategias de innovación en biotecnología vegetal. Por último, se presentan las principales conclusiones que se desprenden del análisis.

2. La Biotecnología en el marco de un nuevo paradigma tecno-económico

La biotecnología, en su sentido más amplio, no es una actividad nueva para la humanidad. De acuerdo con la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), se trata de “la aplicación de la ciencia y la tecnología a los organismos vivos, así como a partes, productos y modelos de los mismos, para

alterar materiales vivos o no, con el fin de producir conocimientos, bienes o servicios” (OCDE, 2005: 9, la traducción es propia). Dentro de esta definición se están incluyendo actividades tanto tradicionales (producción de levaduras) como aquellas situadas en la frontera tecnológica (ADN recombinante). Sin embargo, usualmente el término es utilizado para referirse a la “moderna biotecnología”, es decir a aquella desarrollada a partir del secuenciamiento del ADN y del ADN recombinante logrado a mediados de la década del '70, y en este último sentido será utilizado en el presente artículo.

Debido a la dificultad de delimitar un concepto que engloba un campo de actividades tan amplio, la OCDE asimismo ha elaborado una definición restrictiva por extensión en función de una serie de técnicas específicas propias de la biotecnología: técnicas de ADN/ARN; de proteínas y otras moléculas; cultivo e ingeniería celular y de tejidos; biotecnología de procesos; genes y vectores de ADN/ARN; bioinformática; nanobiotecnología (OCDE, 2005). Por supuesto, esta lista no pretende ser exhaustiva sino ilustrativa, y es esperable que se modifique a lo largo del tiempo en base a potenciales nuevos desarrollos y aplicaciones de la biotecnología.

Siguiendo a Gutman y Lavarello (2007), como características principales de la biotecnología interesa destacar que se trata de una tecnología genérica y transversal aplicable a una diversidad de sectores productivos y de servicios. Su desarrollo manifiesta una interpenetración entre ciencia y tecnología creciente, a la vez que combina e integra diversas disciplinas como la química, la biología molecular y la ingeniería bioquímica, por nombrar solo algunas. Por último, sus aplicaciones en la producción pueden generar ganancias diferenciales y rentas extraordinarias en base a la generación de productos de mayor valor, a la disminución de los costos y al mejoramiento de la calidad y la seguridad de los procesos.

Desde la perspectiva de la economía evolucionista, la biotecnología es considerada una de las nuevas tecnologías que protagoniza la actual revolución tecnológica. De

acuerdo a la tipología propuesta por Carlota Pérez (2010), desde la Revolución Industrial de fines del siglo XVIII en Inglaterra se han sucedido cinco revoluciones tecnológicas. Cada una de ellas se estructuró en torno a un salto tecnológico que posteriormente ha logrado desencadenar nuevas innovaciones y conformar una constelación de tecnologías interdependientes. Estas se difunden de manera interconectada, retroalimentándose en el ámbito tecnológico y también en el mercado, hasta transformar profundamente la economía, y en última instancia a la sociedad en su conjunto.

La última revolución tecnológica es definida por esta autora como la Era de la Informática y las Telecomunicaciones, desplegada desde 1971 con el anuncio del microprocesador de Intel. A medida que el uso de las nuevas tecnologías como la microelectrónica, las telecomunicaciones, los instrumentos de control, las computadoras, los nuevos materiales y las biotecnologías, se fueron difundiendo, se generaron articulaciones que han configurado un nuevo paradigma tecno-económico. Este paradigma, entendido como producto de un proceso complejo de aprendizaje colectivo, implica un conjunto de percepciones, prácticas y expectativas compartidas que se van sedimentando en un nuevo sentido común.

Según esta visión, durante el período en el cual una determinada revolución tecnológica es adoptada, su asimilación en el sistema económico y en las estructuras socio-institucionales es vehiculizado por el paradigma tecno-económico. De esta manera se despliega un proceso de adaptación mutua entre tecnología y sociedad, a partir del aprendizaje social y las consecuentes transformaciones en el marco institucional, instalando una nueva lógica que empieza a predominar en la orientación de la toma de decisiones en diferentes ámbitos del mundo social. Asimismo, esta postura asume que dicha co-evolución necesariamente conlleva a una maximización en la creación de riqueza gracias a las oportunidades y a las potencialidades que portan las innovaciones incorporadas. Los nuevos sectores se consolidan como los motores de crecimiento durante un período considerable, aumentando la productividad incluso en las industrias preexistentes.

En relación a estos procesos, los aportes de Mazzucato (2013) se dirigen a poner de relieve el papel central de la inversión estatal en dicho proceso. La autora discute el argumento de que en el modelo de Estados Unidos sea el sector privado quien lidera la generación de la riqueza. Contrariamente, plantea la existencia de un Estado emprendedor que no solo genera las condiciones para la innovación, sino que además asume los grandes riesgos de emprender, teje redes entre actores públicos y privados y crea mercados para asegurarle la demanda a las empresas privadas y facilitar la comercialización. Asimismo, orienta la innovación del sector privado hacia los objetivos de políticas públicas, alineados bajo una estrategia de seguridad nacional.

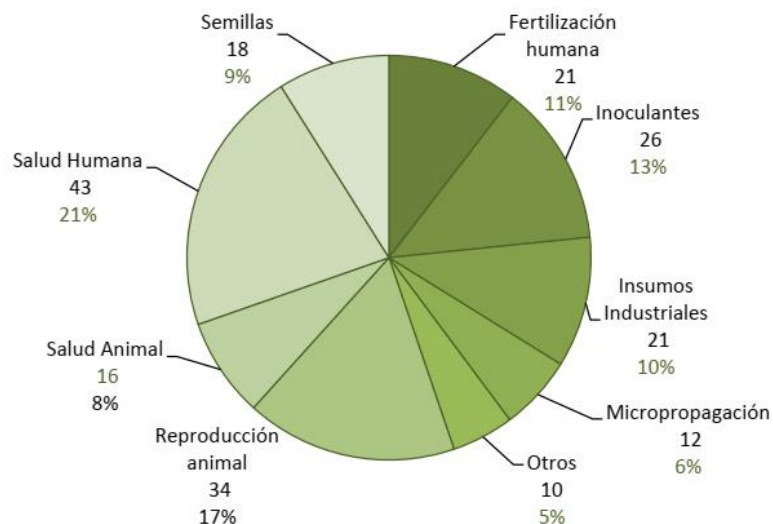
Ahora bien, estas concepciones centran su mirada en las experiencias de los países centrales en los que los saltos cualitativos fueron llevados a cabo inicialmente. En este marco, cabe preguntarse cómo es que se llevan adelante estos procesos en contextos periféricos como el de nuestro país, donde los gastos en I+D y los esfuerzos en innovación son significativamente menores a los registrados en los países desarrollados (RICYT, 2018).

3. La Biotecnología en la Argentina: la relevancia del sector Semillas

En Argentina, las primeras empresas de biotecnología surgieron a mediados de los '80, de manera relativamente temprana en comparación con el resto de los países de América Latina (Gutman y Lavarello, 2007; Bisang et al., 2009). Las primeras capacidades biotecnológicas se asentaron sobre industrias preexistentes, principalmente la farmacéutica y sectores de diagnóstico, lo cual permitió que las empresas contaran con una base sólida sobre la cual expandirse. Al respecto, Vaccarazza y Zabala (2002) resaltan la existencia de pocos empresarios que contaran con el conocimiento y el interés en las oportunidades que traían las nuevas investigaciones en biotecnología. Dentro de las pocas firmas que decidieron incorporar laboratorios en sus empresas se encuentra el caso de Biosidus, que nació como una división interna de la farmacéutica nacional Sidus.

En el presente trabajo por razones de espacio no podrá ser abordada la evolución y el desarrollo de las capacidades biotecnológicas en nuestro país, por lo tanto se pasará directamente a mostrar cómo está conformado el panorama actual. Los últimos datos disponibles provienen de la Encuesta Nacional de Empresas de Biotecnología, llevada a cabo por la Dirección Nacional de Información Científica (DNIC) del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (MINCYT, 2016). Los mismos indican que para el 2014 existían 201 empresas biotecnológicas en Argentina. Siguiendo los lineamientos metodológicos de la OCDE, se identificó la cantidad de empresas según el sector en el que participan, cuya distribución se ilustra en el Gráfico 1. Se destaca en primer lugar el área de Salud Humana con 43 firmas (21%), le siguen la Reproducción animal con 34 (17%), los Inoculantes con 26 (13%) y la Fertilización humana con 21 (11%). Por debajo del 10% se ubican el resto de los sectores: Insumos Industriales (10%), Semillas (9%), Salud Animal (8%), Micropropagación (6%) y Otros (5%).

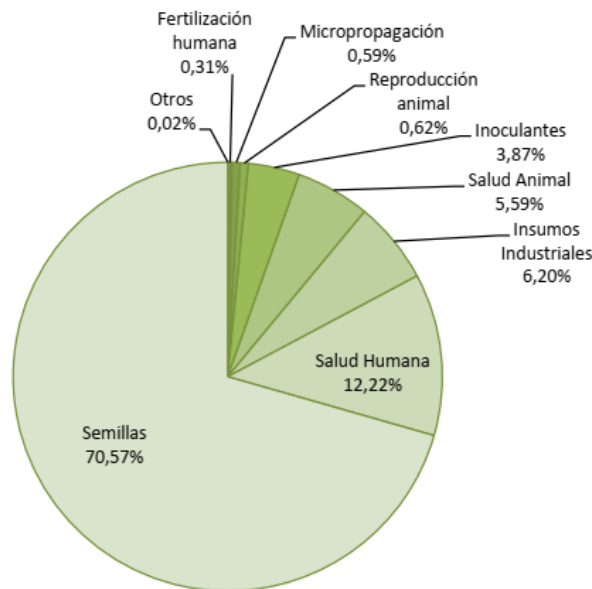
Gráfico 1. Distribución de empresas biotecnológicas según sector, en valores absolutos y porcentajes, 2014.



Fuente: MINCYT, 2016: 10.

Ahora bien, esta distribución se modifica sustancialmente cuando se toma en consideración la participación que dichas empresas tienen de acuerdo al total de ventas biotecnológicas, expresado en el Gráfico 2. En este aspecto existe un franco liderazgo del sector Semillas, que concentra prácticamente tres cuartos de las ventas (70,57%). La Salud Humana, que contaba con la mayor presencia de empresas, se ubica en el segundo lugar representando solo el 12,22% de las ventas.

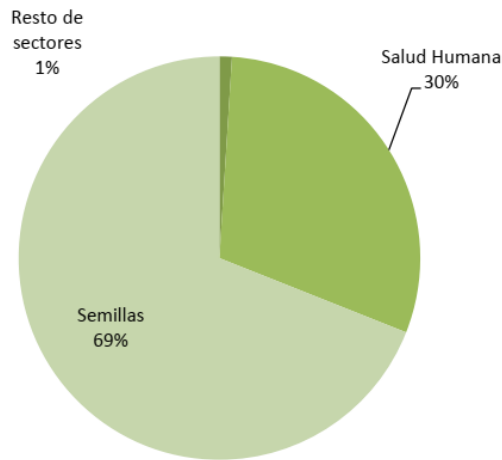
Gráfico 2. Participación de los distintos sectores de actividad en el total de ventas biotecnológicas, 2014.



Fuente: MINCYT, 2016: 12.

Una distribución similar se encuentra al observar lo que sucede en el ámbito del comercio exterior. Autores como Anlló et al. (2011) resaltan que el sector biotecnológico evidencia una importante inserción externa, que supera a las exportaciones correspondientes al sector industrial tradicional. Tal como se observa en el Gráfico 3, en esta dimensión solo participan de manera significativa dos sectores: el de Semillas, concentrando el 69% de las ventas externas, seguidos por el 30% que corresponden a la Salud Humana. El restante 1% engloba el resto de las actividades.

Gráfico 3. Participación de los sectores en las exportaciones biotecnológicas, 2014.



Fuente: MINCYT, 2016: 12.

Esta rápida mirada sobre el panorama actual de las actividades biotecnológicas en el país permite dimensionar la importancia relativa que posee el sector semillero. En base a los datos expuestos se fundamenta la relevancia de centrar el foco de análisis en dicho sector, pero se considera necesario previamente realizar un recorrido por una serie de transformaciones tecnológicas que han ido modificando la naturaleza de la semilla.

4. La diferenciación productiva en la producción de semillas

Las semillas constituyen el primer eslabón de la cadena agroalimentaria. Y en tanto tal, ocupan un carácter central dentro de las relaciones de producción agrarias. Este apartado presenta las transformaciones históricas en las condiciones de producción de la actividad semillera, desde el surgimiento de la agricultura hasta la implementación de la biotecnología moderna, que implicaron el desarrollo de su cadena de valor.

Desde los inicios de la actividad agrícola, fueron los propios agricultores quienes seleccionaron sus propias semillas. En cada cosecha se seleccionaban aquellas con mejores características alimenticias y mayor rendimiento para volver a ser sembradas en el siguiente ciclo. Esta actividad espontánea de selección artificial por parte de los productores agrícolas puede ser considerada como la primera

expresión del mejoramiento vegetal, basado en un conocimiento fundamentalmente empírico en base a prueba y error.

De acuerdo a Perelmuter (2013), las semillas han sido históricamente consideradas como bienes comunes ya que circulaban por fuera del mercado, en la medida en que eran las comunidades campesinas e indígenas quienes se ocupaban de recolectarlas, almacenarlas, conservarlas e intercambiarlas libremente, manteniendo el control sobre las mismas.

La característica más relevante hasta este entonces se halla en la relativa identidad entre el insumo de la producción (la semilla) y el producto final (granos, etc.). En consecuencia, la actividad semillera se encontró relativamente indiferenciada de la producción agrícola propiamente tal hasta bien entrado el siglo XIX (Sztulwark, 2012).

Es recién en el marco de la Revolución Industrial que la aplicación sistemática de nuevos conocimientos dio sustento científico y tecnológico al mejoramiento de la calidad de las semillas. Se utilizaron desarrollos provenientes principalmente de la biología, tales como las leyes de la herencia de Mendel y la selección genealógica de Vilmorín. Ello habilitó que dentro de la producción agrícola apareciera el desarrollo de variedades mejoradas como una nueva actividad diferenciada especializada en la producción de semillas. Las mejoras en las variedades pueden alcanzarse por el incremento de los rendimientos de los cultivos, por la reducción de los costos de producción (ya sea por generar resistencia a enfermedades o mejorar la tolerancia a situaciones medio ambientales desfavorables) o por el mejoramiento de la calidad de los alimentos producidos.

Hacia la década de 1950 comienza a difundirse en América Latina el fenómeno conocido como la Revolución Verde, cuyo objetivo fundamental fue aumentar el rendimiento de los cultivos en los países en desarrollo mediante la tecnificación y modernización del proceso productivo del agro. De acuerdo con Segrelles Serrano (2005), se trató de la imposición de un modelo agrario basado en la masificación de tecnologías modernas cuyo desarrollo fue fomentado y financiado por los países

centrales, Estados Unidos a la cabeza, para ser difundido en los países periféricos occidentales. De esta manera se buscó aumentar la producción de alimentos en vistas al crecimiento de la población mundial. En este marco, la investigación y el desarrollo fueron llevados adelante por institutos públicos de investigación, y sus resultados circularon como bien público, lo que facilitó su transferencia y difusión.

La Revolución Verde se cimentó en una innovación agrícola central: el desarrollo de semillas híbridas. Los primeros cultivos que se lograron hibridar fueron el maíz, el trigo y el arroz. A través de entrecruzamientos selectivos se logró aumentar significativamente sus rendimientos, pero de manera tal que dicha característica no se podía transmitir a una segunda generación, y en este sentido es que son denominados cultivos híbridos. El desarrollo de estas variedades fue acompañado de otros cambios tecnológicos tales como el uso masivo de agroquímicos (fertilizantes, herbicidas y pesticidas), de sistemas de riego y de maquinaria agrícola.

El proceso de hibridación implicó una ruptura en la histórica identidad entre la semilla y el grano. A partir de este momento el productor debía recurrir en cada campaña al proveedor original de semillas, puesto que guardar semillas de la cosecha anterior ya no le servía debido a la drástica caída del rendimiento de los cultivos por la pérdida de lo que se conoce como “vigor híbrido”.

Debe considerarse que, debido a su propia naturaleza biológica, la producción de semillas implica la reproducción de sí misma. Es decir, la transmisión en una segunda generación de la misma información genética contenida en el germoplasma. De esta manera, debido a las dificultades que presenta la apropiabilidad económica de los mejoramientos en variedades vegetales, las primeras inversiones en investigación y desarrollo de fitomejoramiento provinieron principalmente de institutos públicos de investigación.

Sin embargo, la aparición de las semillas híbridas incorporó un mecanismo que permitió la apropiación privada de las innovaciones incorporadas para el fitomejoramiento, ya que no permitía la difusión automática de las características

diferenciales de los progenitores en su descendencia. De esta manera, la dependencia del insumo por parte de los productores generó condiciones que atrajeron inversiones del sector privado, lo que dio inicio a un proceso de creciente mercantilización de las semillas.

El siguiente hito histórico está marcado por el ingreso de la biotecnología moderna al ámbito agrícola, que implicó el desarrollo de semillas transgénicas, es decir de semillas mejoradas genéticamente mediante métodos de ADN recombinante. Esta técnica permite combinar segmentos de ADN que de manera natural no se encuentran juntos. De esta manera, a través de la ingeniería genética se logró saltar las naturales barreras físicas y biológicas existentes a la reproducción entre especies distintas, dado que brindó la capacidad para poder identificar, aislar y recombinar genes específicos.

El conocimiento genómico ha permitido identificar la instrucción que cada gen codifica en el interior de cada célula. La modificación controlada y dirigida del genoma de un ser vivo permitió entonces orientar los diseños hacia determinados fines, por ejemplo económicos. Diseños que mediante las técnicas de fitomejoramiento anteriores quedaban circunscriptos a la aleatoriedad de la naturaleza (Sztulwark, 2012).

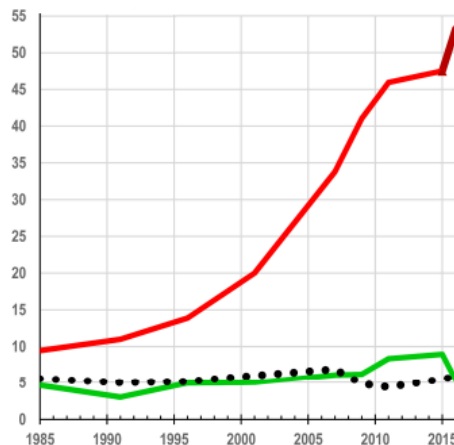
Entonces, una semilla transgénica es aquella a la cual se le ha introducido uno o varios genes nuevos provenientes de otra especie, o a la que se le ha modificado la función de algún gen propio, sobre cuya nueva característica se construye una ventaja competitiva. Hasta el momento, en los organismos genéticamente modificados (OGM) predominan dos características agronómicas: la tolerancia a herbicidas específicos y la resistencia a determinados insectos.

Nuevamente, el problema de la apropiabilidad de la información contenida en el germoplasma es fundamental si se pretende que los nuevos conocimientos y técnicas desarrollados sean transferidos al sector productivo. En 1980, un fallo de la Corte Suprema de Justicia de Estados Unidos sentó jurisprudencia acerca de la extensión de los derechos de propiedad intelectual sobre organismos vivos, al

determinar que la materia viva no debía considerarse producto de la naturaleza si sobre la misma había intermediado la intervención humana. Este cambio en el marco jurídico sobre lo que es patentable y lo que no, derivó en un flujo creciente de conocimiento desde las universidades hacia las empresas que estaban incursionando en la biotecnología.

Junto con este nuevo avance sobre la mercantilización de las semillas se registró una acelerada concentración del mercado a nivel mundial. El Gráfico 4 muestra dicha tendencia entre los años 1985 y 2016, donde el eje y corresponde al porcentaje de participación en el comercio mundial de semillas, tanto de convencionales como de transgénicas. La línea roja corresponde a las primeras cinco empresas del sector, la línea verde pertenece a las empresas que ocupan desde el sexto puesto hasta el décimo, y por último la línea punteada muestra las empresas 11 a 20 del ranking mundial.

Gráfico 4. Concentración del mercado mundial de semillas, 1985-2016



Fuente: Bonny, 2017: 9.

Es muy significativo que las cinco primeras empresas mostraron un crecimiento exponencial hasta alcanzar prácticamente el 55%, mientras que los restantes segmentos analizados mantuvieron de manera constante su participación en el mercado en torno al 5%. Asimismo, cabe señalar que en las mediciones para el año 2016 se estimaron los resultados de una serie de fusiones y adquisiciones que todavía se encontraban en proceso. Las mismas consistieron en la compra de

Monsanto por parte de Bayer, la compra de Syngenta por parte de ChemChina, y la fusión entre Dow y Dupont que derivó en la creación de la firma Corteva Agrisciencias.

Además del mencionado proceso de concentración del mercado, también debe analizarse la agudización del proceso de centralización del capital, puesto que las grandes corporaciones multinacionales mencionadas provienen originariamente del sector químico o del farmacéutico. Esto se explica por la complementariedad existente entre las semillas transgénicas y los agroquímicos específicos a los que las mismas tienen tolerancia. De esta manera, la estrategia de estas firmas consistió en reorientarse hacia los insumos agrícolas a partir de la posibilidad de crear paquetes tecnológicos cerrados.

En síntesis, el presente apartado abordó los hitos tecnológicos más relevantes en la producción de la semilla con el objetivo de mostrar la segmentación de la industria a partir de la diferenciación de los procesos productivos. En este sentido se puede afirmar que se dio un primer quiebre con las semillas híbridas, mientras que un segundo quiebre surgió con las semillas transgénicas. De esta manera, siguiendo a Sztulwark (2012), se sostendrá que la cadena de valor de las semillas actualmente está conformada por tres segmentos: un segmento agrícola, un segmento industrial y un segmento biotecnológico. Mientras este último concentra la actividad en la obtención de eventos transgénicos, el segmento industrial mejora los cultivares para adaptarlos a las condiciones agroecológicas específicas, además de encargarse de tareas de multiplicación y procesamiento de semillas, y de los canales de distribución y estrategias de comercialización.

5. La industria semillera en Argentina

A la luz de todas las transformaciones mencionadas, el mercado argentino de semillas se fue adaptando a lo largo del siglo XX, principalmente mediante la incorporación de nuevos actores, tanto locales como internacionales, y la complejización y diversificación de la oferta de mejoramiento vegetal.

En primer lugar debe mencionarse que la actividad privada de fitomejoramiento está presente en la Argentina desde principios del siglo XX, de la mano de las oleadas migratorias europeas que trajeron no solo variedades extranjeras sino también conocimientos en tecnologías de mejoramiento convencional (Anlló, Bisang y Stubrin, 2011). En este contexto comenzaron a perfilarse empresas como Buck y Klein, que sin abandonar la explotación agropecuaria diversificaron sus actividades productivas y más adelante se consolidarían como los principales mejoradores de semillas de trigo (Jacobs y Gutiérrez, 1986). En 1935 se promulgó en Argentina la primera legislación que reguló la fiscalización y el comercio de semillas, la Ley de Granos N° 12.253, dando cuenta del relativo dinamismo que ya existía en el mercado de semillas. En 1945 se inscribieron las primeras variedades híbridas en nuestro país.

Siguiendo a Giarracca y Teubal (2008), bajo el modelo de industrialización por sustitución de importaciones (ISI) el Estado apuntó a fortalecer el mercado interno y a mantener bajos los precios de los alimentos para sostener los salarios reales de los trabajadores urbanos incorporados en el proceso de industrialización. En el ámbito de la producción agropecuaria esto se manifestó en la constitución de una serie de organismos reguladores de la actividad agropecuaria como la Junta Nacional de Granos, la Junta Nacional de Carnes, la Dirección Nacional de Azúcar, el Instituto Argentino de Promoción del Intercambio (IAPI), etcétera.

En este marco, en 1956 fue creado el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) con el objetivo de contribuir al desarrollo tecnológico y la modernización de la producción agraria. Su modelo institucional se asentó sobre dos pilares: la investigación y la extensión. La primera articulaba la investigación y la oferta tecnológica, mientras que la segunda buscaba la transferencia de dicha oferta hacia los productores. Asimismo desplegó una amplia presencia territorial a lo largo de todo el país a través de su vasta red de estaciones experimentales.

A partir de la década del '50 se realizaron importantes inversiones desde el sector público, lo cual posicionó al Estado como un actor central en el desarrollo del

mercado local de semillas, a la par que estableció el marco normativo para regular su producción, circulación y consumo (Gárgano, 2017; Rossini, 2004). El INTA fue un agente fundamental en el desarrollo de la genética aplicada al sector agropecuario en el país, no solo mediante la creación de nuevas variedades, sino también al hacerse cargo de los procesos de adaptación local y la difusión de semillas entre los productores agropecuarios.

Como destaca Gárgano (2017), en este último aspecto fue muy significativa la tarea que el INTA llevó adelante para la introducción de la soja en nuestro país a principios de la década del '70, que vino a reemplazar la tradicional rotación agricultura/ganadería por el doble cultivo trigo/soja de segunda. De ese modo se desplegó un proceso conocido como agriculturización, en la medida que la producción pecuaria comenzó a ser reemplazada por la producción agrícola permanente (Sartelli, 2008).

Cabe destacar que las variedades mejoradas de origen estatal, ya sea del INTA o de universidades, se pusieron a disposición como bien público, mientras que las semillas de criaderos privados pudieron circular como bien privado gracias al resguardo jurídico. Hacia mediados de la década del '70, el mercado nacional se encontraba repartido entre empresas locales, tales como Santa Úrsula/Morgan, Klein, Palaversich, Buck, Atar, El Boyer, y grandes empresas transnacionales, donde destacaban Cargill, Deklab, Continental, Pioneer, Ciba y Asgrow (Jacobs y Gutiérrez, 1986).

Esta dinámica encontró un punto de inflexión a partir de la dictadura cívico-militar de 1976, que siguiendo a Cantamutto y Constantino (2014) implicó una reorientación del patrón de acumulación hacia la exportación de materias primas y recursos naturales procesados. Este nuevo modelo de acumulación se basó en la explotación de las ventajas comparativas estáticas, a la par que el sector industrial perdió su peso relativo dentro de la estructura productiva.

En este marco se introdujeron significativas modificaciones en materia de políticas sectoriales que acompañaron y promovieron la concentración del sector

agropecuario. Una de ellas fue la intervención militar del INTA entre 1976 y 1983, con la consiguiente reorientación de los objetivos, los contenidos y los destinatarios de las tareas de investigación y de extensión del instituto. En este sentido se asistió al desmantelamiento del programa de mejoramiento de semillas e introducción de cultivares (Gárgano, 2017). Como consecuencia de dicha retirada se observa que a mitad de los '80 la producción de híbridos en el país se encontraba controlada por un puñado de empresas transnacionales, fundamentalmente Cargill, Dekalb, Asgrow, NK y Pionner.

La década de los '90 comenzó con una desarticulación del andamiaje institucional que sostenía al modelo agroalimentario en el marco de la profundización de las políticas neoliberales del gobierno de Menem. Esto implicó la disolución de instituciones como la Junta Nacional de Granos y la de Carnes, paralelamente a la creación de otras que comenzaron a regular la incipiente biotecnología. Entre estas se cuenta la Comisión Nacional Asesora de Bioseguridad Agropecuaria (CONABIA) y el Instituto Nacional de Semillas (INASE).

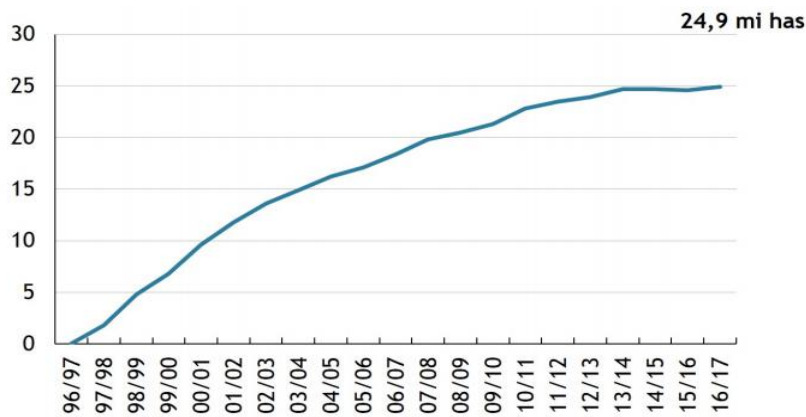
En este contexto, la Argentina ha sido el segundo país en el mundo, detrás de Estados Unidos, en aprobar la comercialización de semillas transgénicas en 1996. Específicamente se permitió la utilización de la semilla de soja transgénica *Roundup Ready* (RR) de la empresa Monsanto, tolerante al glifosato.

Al nuevo paquete tecnológico³ conformado por la soja y el herbicida se le sumó la implementación de la siembra directa, un sistema de labranza en el que no se recurre a un arado ni se remueve la tierra antes de la siembra. De este modo, el suelo queda cubierto con el rastrojo de la cosecha anterior, lo cual sirve de abono a la vez que conserva la humedad y protege de la erosión.

³En la literatura existen diversas posturas en relación al impacto de la implementación de la moderna biotecnología en el mejoramiento vegetal y la producción agraria. Bárcena et al. (2004) y Muñoz Rubio (2004) permiten dar cuenta del debate abierto. Para rastrear las visiones que resaltan los resultados positivos, fundamentalmente económicos, se sugiere leer: Trigo, 2011; Bisang, Cesa y Campi, 2009; Bisang, 2019. Por otro lado, son numerosos los estudios que advierten sobre los efectos negativos, en términos económicos, sociales, sanitarios, ambientales y territoriales, se recomienda: Pengue, 2004; Ribeiro, 2007; Reboratti, 2010; Bonny, 2015; Cáceres, 2015; Gras y Hernández 2015.

Tal como se observa en el Gráfico 5, la difusión del paquete tecnológico fue vertiginosa y abrumadora. En este sentido, en el marco de la agriculturización señalada, la década de los '90 protagonizó a su vez un proceso de “sojización” que no solo desplazó a otros cultivos tradicionales, como el trigo y el maíz, sino que también logró expandir la frontera agrícola a zonas extrapampeanas que no eran explotadas con anterioridad.

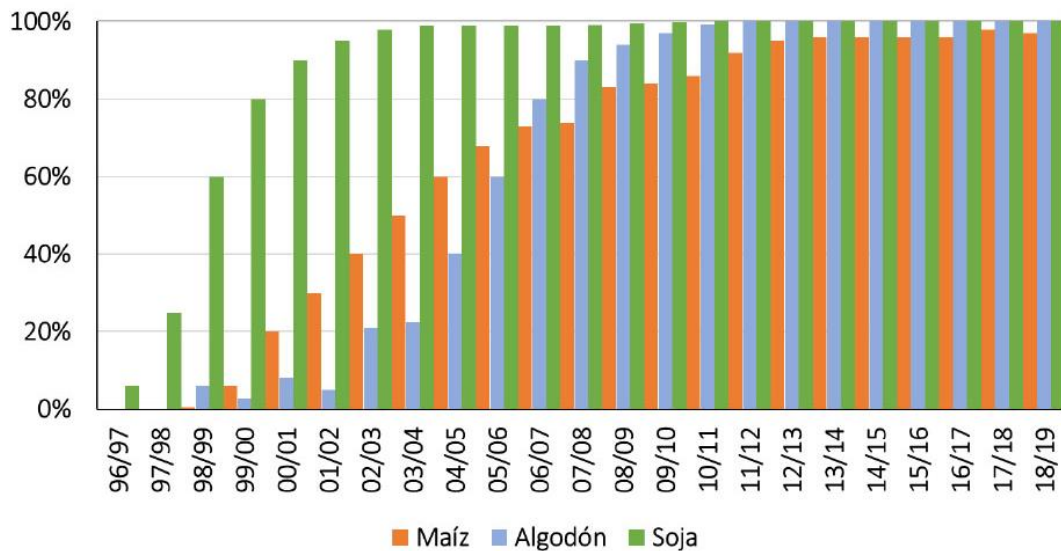
Gráfico 5. Evolución de la superficie de cultivos GM en millones de hectáreas, 1996-2017



Fuente: ArgenBio

Es notable también el muy alto nivel de adopción de cultivos transgénicos. Según datos de ArgenBio expresados en el Gráfico 6, se estima que en la actualidad prácticamente la totalidad de la soja y el algodón se producen con semillas transgénicas, ubicándose para el caso del maíz alrededor del 97% de la producción.

Gráfico 6. Evolución en porcentaje de la superficie de OGM según tipo de cultivo, 1996-2019



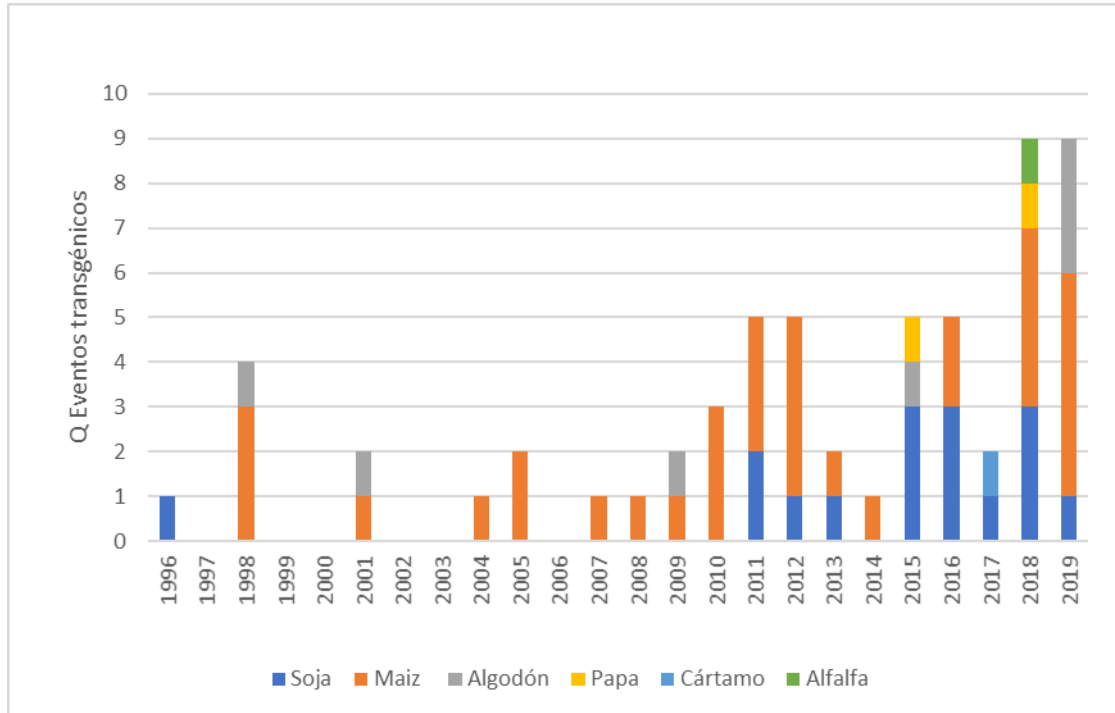
Fuente: ArgenBio

A nivel mundial, Argentina está posicionada como el tercer productor mundial de cultivos GM, detrás de Estados Unidos y Brasil, siendo que los 24 millones de hectáreas sembradas representan aproximadamente el 13% de la superficie global ocupada con transgénicos.

6. La situación de los eventos transgénicos

A la fecha se han aprobado 60 eventos transgénicos para su comercialización en nuestro país. En el Gráfico 7 se observan los eventos incorporados según el tipo de cultivo, constatándose una tendencia creciente llegando al máximo número de aprobaciones en los últimos dos años. Si bien la primera semilla GM en ser aprobada fue la soja RR, la mayor presencia se encuentra en el maíz que cuenta con 12 eventos aprobados. Con menor cantidad (4) pero igual antigüedad se ubica el algodón. Asimismo se destaca en los últimos cinco años la aparición de nuevos tipos de cultivos, la papa, el cártamo y la alfalfa, que se sumaron a los cultivos con mayor relevancia en el mercado.

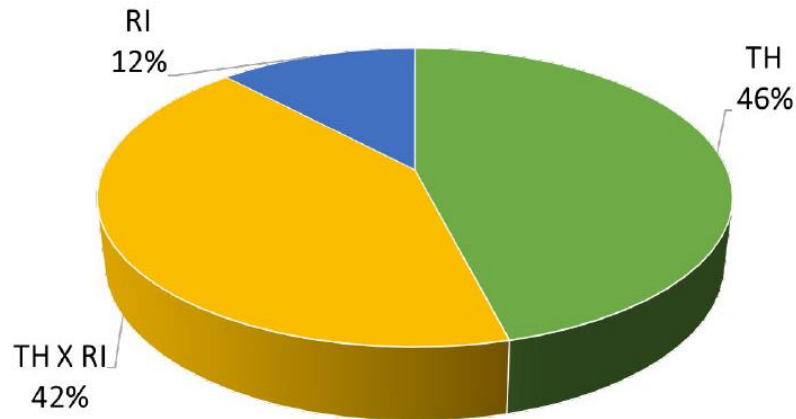
Gráfico 7. Cantidad de eventos transgénicos aprobados para su comercialización según tipo de cultivo, 1996-2019



Fuente: Elaboración propia en base a Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (MAGyP).

Con respecto al tipo de evento transgénico implementado, el Gráfico 8 distingue entre la tolerancia al herbicida (TH), la resistencia a insectos (RI), y contempla cuando ambos eventos son “apilados” en una misma semilla (TH x RI). Estos apilamientos entraron al mercado para su comercialización en el 2015, y desde entonces se han difundido rápidamente, llegando a alcanzar el 42% del área cultivada. Por su parte, la tolerancia al herbicida representa el 46% mientras que la resistencia a insectos explica el 12%, considerados individualmente.

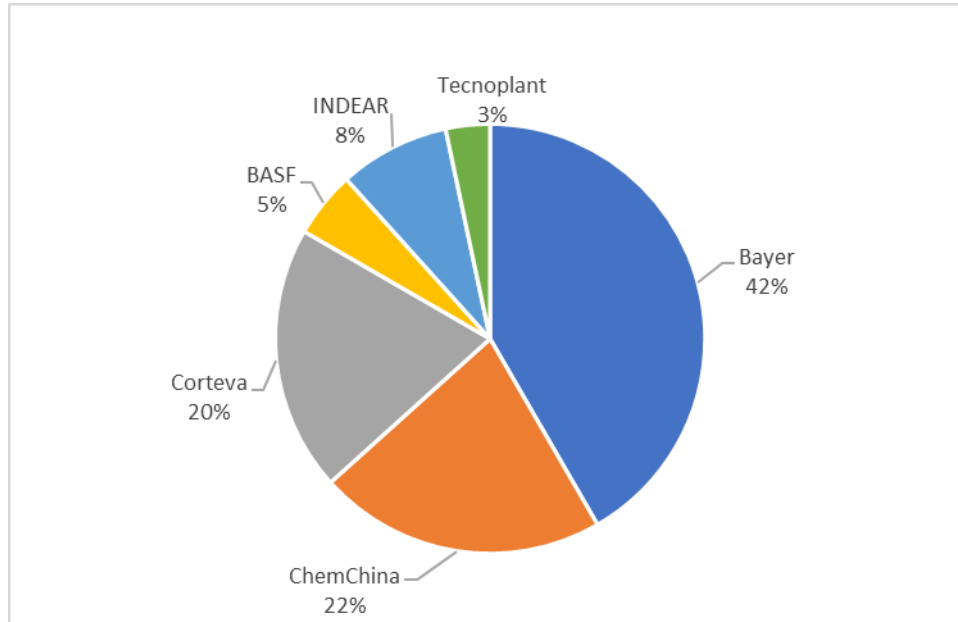
Gráfico 8. Área global de cultivos transgénicos según característica, 2018



Fuente: ArgenBio, en base a International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications (ISAAA, 2018).

Habida cuenta de los mencionados procesos de centralización y concentración a nivel mundial, las mismas tendencias se corroboran para el caso nacional. El Gráfico 9 ilustra cuáles son las firmas que poseen la propiedad sobre los eventos transgénicos teniendo en cuenta la empresa actualmente controlante, y no la que en su momento gestionó la solicitud. Es Bayer quien detenta un fuerte liderazgo en el sector, contando con el 42% de los eventos aprobados. Le siguen ChemChina (22%) y Corteva (20%), y muy por detrás BASF, cuyo fuerte se encuentra en el negocio de los agroquímicos.

Gráfico 9. Distribución de eventos transgénicos aprobados según actual empresa controlante, 1996-2019



Fuente: Elaboración propia en base a Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (MAGyP).

Pese a su menor peso relativo, cabe destacar la presencia de dos empresas de capitales nacionales: INDEAR y Tecnoplant. La primera ha conseguido aplicar transgénesis a los cultivos de cártamo, soja y alfalfa, mientras que la segunda se especializó en introducir la resistencia a la virosis en la papa. Resultan interesantes las trayectorias de ambas empresas por dos cuestiones. En primer lugar, por incursionar en cultivos que no son tan extensivos en nuestro país pero que sí adquieren relevancia en escalas locales, y en segundo lugar debido a su fuerte vinculación con el sistema científico-tecnológico local.

INDEAR, cuyo nombre proviene de las siglas Instituto de Agrobiotecnología de Rosario, nace en el 2004 a partir de un proyecto en común entre dos empresas privadas nacionales, Bioceres, dedicada a las semillas y Biosidus, especializada en la producción de medicamentos. Asimismo, los estrechos vínculos sostenidos con centros públicos de investigación como la Universidad Nacional del Litoral, el INTA y el CONICET, le permitió incorporarse rápidamente en gran parte de la cadena de

desarrollo de las variedades transgénicas (Pellegrini, 2011). Los resultados de los esfuerzos en innovación son palpables en la aprobación de sus propias semillas transgénicas de soja en 2015 y 2019, de cártamo en 2017 y de alfalfa en 2018.

Dentro de sus productos destaca la soja HB4 resistente a la sequía, desarrollada a partir de lograr identificar y aislar un gen con dicha característica proveniente del girasol. Su uso ya ha sido aprobado en Estados Unidos a través de la solicitud realizada por la firma Verdeca, nacida de un *joint venture* entre Bioceres y Arcadia. Para el caso de Argentina su aprobación final para la comercialización aún aguarda el visto bueno por parte de China, en virtud de ser el principal destino de las exportaciones de dicho grano.

El caso de Tecnoplant es una iniciativa público-privada financiada por el grupo Sidus, en vinculación con científicos del Instituto de Investigaciones en Ingeniería Genética y Biología Molecular (INGEBI) y del CONICET. Después de dos décadas de investigación, consiguieron aplicar la ingeniería genética para volver al cultivo de la papa resistente a virus, siendo aprobados dos eventos para su comercialización, en 2015 y 2018.

De esta manera, se observa que las grandes empresas extranjeras, ubicadas en la vanguardia de las técnicas biotecnológicas y del conocimiento científico, concentran el 89% de los eventos liberados. El restante 11% se distribuye en dos empresas nacionales que, tras décadas de esfuerzos en innovación, han logrado sortear las altas barreras de entrada al mercado de semillas transgénicas recién en los últimos cinco años. Por último, cabe recordar que de manera complementaria existe un conjunto de semilleros locales que utilizan en sus procesos de fitomejoramiento otro tipo de técnicas de la moderna biotecnología, como la de los marcadores moleculares, pero sobre variedades tradicionales (Anlló et al., 2011).

7. Hacia una tipología de las estrategias de innovación en el sector semillero argentino

Tomando en consideración toda la información analizada y sistematizada, el próximo paso consiste en construir una tipología que permita diferenciar las estrategias de innovación implementadas por las empresas biotecnológicas dedicadas a la producción de semillas. Para ello, en función de los objetivos planteados en la investigación, se seleccionaron dos variables a ser tenidas en cuenta. Por un lado, el grado de novedad de la innovación, es decir si fue radical o incremental, y por otro lado si fue desarrollada en el ámbito nacional o extranjero, lo cual se encuentra íntimamente ligado al origen del capital de la firma.

Antes de avanzar en la tipología, es necesario aclarar que enfocarse en los procesos de desarrollo de eventos transgénicos supone, desde el punto de vista de las empresas semilleras, circunscribirse a las innovaciones de producto⁴. Con respecto al grado de novedad de la innovación y siguiendo la caracterización de Sztulwark (2012) y de Bisang (2019), en este trabajo las semillas modificadas genéticamente son consideradas una innovación radical, puesto que cada evento transgénico consiste en un nuevo producto comercializable. En este caso se siguen las consideraciones metodológicas de la OCDE (1997) donde se reconoce la introducción de un producto nuevo para la empresa, aún si ya existiera en el mercado o hubiera sido implementado en otras empresas. Las innovaciones incrementales en semillas incluyen técnicas convencionales de mejoramiento, dado que incorporan mejoras parciales en productos ya existentes.

Dicho esto, en función de las variables identificadas se propone la siguiente tipología para dar cuenta de las estrategias de innovación implementadas por las empresas que utilizan la biotecnología moderna para el mejoramiento de semillas:

- Empresas multinacionales importadoras de innovaciones radicales

⁴ Desde la perspectiva de los productores agrícolas, las semillas que portan un evento transgénico son consideradas una innovación de proceso, en la medida que constituyen un insumo nuevo que se introduce ya sea para disminuir los costos de producción o para aumentar los rendimientos del cultivo.

- Empresas nacionales generadoras de innovaciones radicales
- Empresas nacionales generadoras de innovaciones incrementales

Las empresas multinacionales importadoras de innovaciones radicales evidencian una estrategia comercial global mediante la cual concentran sus esfuerzos en lograr un nuevo evento transgénico cuya característica agronómica diferencial pueda implementarse en diversos contextos a escala planetaria. Los esfuerzos en investigación y desarrollo se localizan en sus países de origen, donde cuentan con sistemas de innovación con altos grados de desarrollo (Sztulwark, 2012). Las filiales instaladas en otros países se encargan de adaptar la construcción genética a las variedades locales, o también pueden ofrecer licencias a semilleros locales que multipliquen y comercialicen sus semillas transgénicas bajo contratos. En este sentido cobra relevancia analizar las implicancias de este tipo particular de transferencia de tecnología en el contexto de los países periféricos que la reciben.

Cabe destacar que la estrategia de estas empresas también contempla el suministro de los agroquímicos que conforman el paquete tecnológico cerrado. Ello explica el origen químico o farmacéutico de la mayoría de estas firmas que decidieron ingresar en el negocio de las semillas alrededor de la década del '90, desencadenando importantes procesos de concentración y centralización del capital en el sector. De esto puede deducirse que sus investigaciones científicas se encuentran subordinadas a las reglas y los intereses del mercado. Este grupo está integrado por Bayer, ChemChina, Corteva Agrisciences y BASF.

Las empresas nacionales que se orientan a generar innovaciones radicales de eventos transgénicos, tal es el caso de INDEAR y Tecnoplant, presentan una estrategia diferente. Por un lado, cabe destacar que ambas han nacido al alero de sus vínculos con diversos agentes del sistema científico-tecnológico nacional, que les brindaron apoyo tanto en infraestructura como en personal altamente calificado. Por otro lado, se destaca que sus investigaciones están orientadas a dar respuesta a demandas locales de cultivos con relevancia regional, como son la papa, el cártamo y la alfalfa. Sumado a que estas empresas no procuran ser proveedoras de agroquímicos, no poseen incentivos comerciales para buscar la

conformación de un paquete tecnológico cerrado. En este sentido podría afirmarse que sus investigaciones no estarían orientadas únicamente por el lucro, sino que están atravesadas también por lógicas e incentivos propios de las carreras académicas. No obstante, por último debe mencionarse que el caso de la soja HB4 resistente a la sequía sí es una característica agronómica que brinda respuesta a una demanda global, y en este sentido se entiende que la empresa INDEAR haya buscado socios internacionales que le permitan integrarse en las redes mundiales de producción y comercialización, dado que no cuenta con capacidades propias suficientes para afrontar salto de escala requerido.

La tercera estrategia de innovación corresponde a las empresas nacionales que realizan innovaciones incrementales de mejoramiento vegetal mediante la utilización de otras técnicas biotecnológicas que no son la transgénesis, como por ejemplo los marcadores moleculares de ADN, además de utilizar métodos convencionales. Como se mencionó, las innovaciones llevadas adelante por estas firmas son consideradas incrementales en tanto incorporan mejoras parciales o graduales sobre las variedades ya existentes. Por otra parte, estos semilleros locales también suelen establecer contratos de licenciamiento con las grandes empresas multinacionales, para poder incorporar los eventos transgénicos en sus variedades ya adaptadas a las condiciones de suelo y clima locales. En este sentido, su función consiste en adaptar las innovaciones radicales importadas por las empresas multinacionales. Dentro de este tipo de estrategia de innovación, que se ubica en el segmento industrial de la cadena de valor de la semilla, destacan el caso de dos grandes empresas nacionales: Don Mario y Nidera.

8. Conclusiones

El presente trabajo se propuso analizar los procesos de innovación en biotecnología vegetal en la Argentina en tanto país periférico. Para ello se buscó dar cuenta de los principales cambios tecnológicos que derivaron en que las semillas sean actualmente una mercancía intensiva en conocimiento, además de un insumo estratégico para una de las actividades económicas principales del país.

El análisis en el largo plazo permitió mostrar que a mediados del siglo XX, en el contexto del modelo de industrialización por sustitución de importaciones, la industria semillera se estructuró en torno al mejoramiento vegetal de semillas híbridas fundamentalmente financiado con inversión pública. El papel del INTA fue central al encargarse de tareas de investigación, desarrollo, adaptación y difusión de nuevas variedades mejoradas. En el período se observa una creciente presencia de empresas privadas, tanto de capitales nacionales como extranjeros. En esta dirección Jacobs y Gutiérrez (1986) sostienen que, cuando aún no se había consolidado una estructura oligopólica de mercado, las empresas locales mantenían una relativa autonomía tecnológica con respecto a las corporaciones transnacionales, en parte debido a su capacidad de desarrollar fitomejoramiento comercialmente competitivo basado en los resultados obtenidos por las inversiones públicas.

El cambio del modelo de acumulación desde mediados de los '70 hacia la explotación de las ventajas comparativas estáticas, implicó en el sector semillero una retirada del INTA tras su intervención militar y el desmantelamiento de sus programas de fitomejoramiento. En consecuencia el sector privado avanzó, y si bien los datos disponibles no permiten cuantificarlo, una década después los principales productores de semillas híbridas eran grandes multinacionales.

Producto de los avances en el área de la ingeniería genética, el desarrollo de las semillas transgénicas y su temprana y rápida difusión en nuestro país implicó una reestructuración del mercado semillero. La aparición de un segmento específicamente biotecnológico conllevó cambios en los roles de los actores involucrados. Las actividades científicas y tecnológicas fueron redireccionadas, configurando una nueva división de tareas al interior de la cadena de valor.

La introducción de un paquete tecnológico cerrado, compuesto por la semilla transgénica, el agroquímico específico y la siembra directa, ha transformado profundamente los sistemas de producción agroalimentarios y les ha asegurado

rentabilidad a las empresas privadas basado en el suministro de todos los componentes complementarios.

De esta manera, a partir del análisis realizado se identificaron tres estrategias de innovación de las empresas biotecnológicas semilleras que operan en Argentina, a partir de considerar el grado de innovación y el ámbito en el que fue desarrollada. La tipología elaborada contempla las siguientes estrategias: empresas multinacionales importadoras de innovaciones radicales, empresas nacionales generadoras de innovaciones radicales, y empresas nacionales generadoras de innovaciones incrementales.

Por último, y en concordancia con las tendencias observadas a nivel mundial, quiere destacarse que la industria argentina de semillas evidenció fuertes procesos de concentración del mercado, centralización y extranjerización del capital desde la década del '90. No obstante, retomando la inquietud planteada al inicio, el surgimiento en los últimos años de empresas biotecnológicas nacionales como INDEAR y Tecnoplant, con estrechos vínculos con agentes públicos del sistema científico tecnológico, se encuentra a contramano de las tendencias que se vienen observando en el mercado de semillas.

En este sentido, estas experiencias resultan muy interesantes para pensar las posibilidades de avanzar en procesos de innovación en base a investigación y desarrollo completamente nacional. En un contexto periférico, la capacidad de introducir nuevos bienes intensivos en conocimiento en el mercado local pero también internacional, reviste de una gran importancia. Por un lado, por la consecuente entrada de divisas en un país con recurrentes crisis en base a la restricción externa. Y por otro lado, como ya se mencionó, por ser insumos estratégicos de la actividad agroalimentaria. Quien controle las semillas, controlará qué se produce y cómo se produce.

¿Cómo se cita este artículo?

QUADRANA, A. (2020). Biotecnología e innovación en Argentina. Una aproximación desde la industria semillera. *Argumentos: revista de crítica social*, 22, 284-317. Recuperado de: [link]

Bibliografía

Anlló, G., Bisang, R. y Stubrin, L. (2011). *Las empresas de biotecnología en Argentina*. Documento de proyecto, CEPAL. Recuperado de <https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/3841/S2011900.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Bárcena, A., Katz, J., Morales, C. y Schaper, M. (Eds.) (2004). *Los transgénicos en América Latina y el Caribe: un debate abierto*. Santiago de Chile: CEPAL.

Bisang, R., Cesa, V. y Campi, M. (2009). *Biotecnología y desarrollo*. Santiago de Chile: CEPAL. Recuperado de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/3650/S2009064_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Bisang, R. (2019). Las innovaciones en las producciones agropecuarias argentinas. En J. M. Cerdá y G. Mateo (Coord.), *La ruralidad en tensión*. Buenos Aires: Teseo. Recuperado de <https://www.teseopress.com/ruralidad/chapter/las-innovaciones-en-las-producciones-agropecuarias-argentinas/>

Bonny, S. (2015). Genetically Modified Herbicide-Tolerant Crops, Weeds, and Herbicides: Overview and Impact. *Environmental Management*, 57 (1). DOI: [10.1007/s00267-015-0589-7](https://doi.org/10.1007/s00267-015-0589-7)

Bonny, S. (2017). Corporate Concentration and Technological Change in the Global Seed Industry. *Sustainability*, 9 (1632), 1-25.

Cáceres, D. (2015). Tecnología agropecuaria y agronegocios. La lógica subyacente del modelo tecnológico dominante. *Mundo Agrario*, 16 (31). Recuperado de <http://www.mundoagrario.unlp.edu.ar/article/view/MAv16n31a08/6632>

Cantamutto, F. y Costantino, A. (2014). Patrón de reproducción del capital y clases sociales en la Argentina contemporánea. *Sociológica*, 29 (81), 39-86. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/soc/v29n81/v29n81a2.pdf>

Gárgano, C. (2017). *Ciencia, tecnología y dictadura. Producción de conocimiento e intervención militar en el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (1973 - 1983)*. (Tesis de doctorado). Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires. Recuperada de <http://repositorio.filo.uba.ar/handle/filodigital/4645>

Giarracca, N. y Teubal, M. (2008). Del desarrollo agroindustrial a la expansión del 'agronegocio': el caso argentino. En B. Mançano Fernandes (Coord.), *Campesinado y Agronegocios en América Latina*. Buenos Aires: CLACSO-ASDI.

Gras, C. y Hernández, V. (2015). Negocios, biotecnología y desarrollo en el agro argentino. En M. Svampa (Coord.), *El desarrollo en disputa: actores, conflictos y modelos de desarrollo en la Argentina contemporánea*. Los Polvorines: Universidad Nacional de General Sarmiento.

Gutman, G. y Lavarello, P. (2007). Biotecnología y desarrollo. Avances de la agrobiotecnología en Argentina y Brasil. *Economía: Teoría y práctica*, 27, 9-39. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=281122878001>

Jacobs E. y Gutiérrez, M. (1986). *La industria de semillas en países semi-industrializados: los casos de Argentina y Brasil*. Serie Proagro, 8. La Haya: Servicio Internacional para la Investigación Agrícola Nacional.

Mazzucato, M. (2013). *El Estado emprendedor*. Barcelona: RBA.

Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (2016). *Las empresas de biotecnología en Argentina*. Recuperado de https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/encuesta_nacional_empresas_bioteologicas.pdf

Muñoz Rubio, J. (Coord.). (2004). *Alimentos transgénicos. Ciencia, ambiente y mercado: un debate abierto*. México: Siglo XXI.

Organización para la Cooperación y el Desarrollo (1997). *Oslo Manual. Proposed Guidelines for Collecting and Interpreting Technological Innovation Data, The Measurement of Scientific and Technological Activities Series*. París: OECD Publishing. Recuperado de https://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/proposed-guidelines-for-collecting-and-interpreting-technological-innovation-data_9789264192263-en

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (2005). *A Framework for Biotechnology Statistics*. OECD Working Party of National Experts on Science and Technology Indicators. Recuperado de: <http://www.oecd.org/sti/inno/34935605.pdf>

Pellegrini, P. (2011). Dinámicas de innovación en biotecnología vegetal. Estudios de caso en empresas de Argentina y Francia. *Redes*, 17 (32), 39-63. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=90722371002>

Pengue, W. (2004). La ingeniería genética y la intensificación de la agricultura argentina: algunos comentarios críticos. En A. Bárcena, J. Katz, C. Morales y M. Schaper (Eds.) *Los transgénicos en América Latina y el Caribe: un debate abierto*. (pp. 167-190). Santiago de Chile: CEPAL.

Perelmuter, T. (2013). Las semillas en el centro de las disputas: la propiedad intelectual en los actuales procesos de cercamientos. *Realidad económica*, 278, 89-102.

Pérez, C. (2010). Technological revolutions and techno-economic paradigms. *Cambridge Journal of Economics*, 34 (1), 185-202.

Reboratti, C. (2010). Un mar de soja: la nueva agricultura en Argentina y sus consecuencias. *Revista de Geografía Norte Grande*, 45, 63-76. Recuperado de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rgeong/n45/art05.pdf>

Ribeiro, S. (2007). Agronegocios: claves y consecuencias. *IADE, Revista electrónica*. Recuperado de <http://www.iade.org.ar/modules/noticias/article.php?storyid=1848>

RICYT (2018). *El estado de la ciencia. Principales Indicadores de Ciencia y Tecnología Iberoamericanos/Interamericanos*. Buenos Aires: Autor

Rossini, P. (2004). *Transgénicos e investigación agrícola. Un estudio de caso sobre la emergencia de nuevos objetos de investigación en una institución pública de investigación agropecuaria de la Argentina*. (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Quilmes, Bernal, Argentina. Recuperada de <http://ridaa.unq.edu.ar/handle/20.500.11807/148>

Sartelli, E. (2008). *Patrones en la ruta: el conflicto agrario y los enfrentamientos en el seno de la burguesía, marzo-julio de 2008*. Buenos Aires: Ediciones ryr.

Segrelles Serrano, J. A. (2005). El problema de los cultivos transgénicos en América Latina: una “nueva” revolución verde. *Entorno Geográfico*, 3, 93-120.

Sztulwark, S. (2012). *Rentas de innovación y cadenas globales de producción. El caso de las semillas transgénicas en Argentina*. Los Polvorines: Universidad Nacional de General Sarmiento.

Trigo, E. (2011). *Quince Años de Cultivos Genéticamente Modificados en la Agricultura Argentina*. Buenos Aires: Argenbio.

Vaccarezza, L. y Zabala J. P. (2002). *La construcción de la utilidad social de la ciencia. Investigadores en Biotecnología frente al mercado*. Bernal: Editorial Universidad Nacional de Quilmes.

Fuentes de Internet:

Argenbio. *Evolución de la superficie de cultivos GM en millones de hectáreas, 1996-2017*. Recuperado el 3 de septiembre de 2018 desde

[http://argenbio.org/adc/uploads/2017/Argentina evolucion superficie cultivos GM millones de hectareas 2016 17.pdf](http://argenbio.org/adc/uploads/2017/Argentina%20evolucion%20superficie%20cultivos%20GM%20millones%20de%20hectareas%202016%2017.pdf)

Argenbio. *Evolución en porcentaje de la superficie de OGM según tipo de cultivo, 1996-2019. Recuperado de*

<http://argenbio.org/recursos/80-infografias/estadistica/128-evolucion-superficie-gm>

Argenbio. *Área global de cultivos transgénicos según característica.* (2018).
Recuperado de

<http://argenbio.org/recursos/80-infografias/estadistica/12546-area-global-de-cultivos-transgenicos-por-caracteristica>

Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (MAGyP). *OGM comerciales.*
Recuperado de <https://www.argentina.gob.ar/agricultura/alimentos-y-bioeconomia/ogm-comerciales>