



RIDAA
Repositorio Institucional
Digital de Acceso Abierto de la
Universidad Nacional de Quilmes



Universidad
Nacional
de Quilmes

Girard, Melisa Andrea

Desarrollo de biotecnología agrícola en Argentina. El caso de la papa resistente a PVY y la soja tolerante a la sequía (HB4)



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Argentina.
Atribución - No Comercial - Sin Obra Derivada 2.5
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/ar/>

Documento descargado de RIDAA-UNQ Repositorio Institucional Digital de Acceso Abierto de la Universidad Nacional de Quilmes de la Universidad Nacional de Quilmes

Cita recomendada:

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* <https://ridaa.unq.edu.ar/handle/20.500.11807/2340>

Puede encontrar éste y otros documentos en: <https://ridaa.unq.edu.ar>

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

Melisa Andrea Girard

melisa.girard@gmail.com

Resumen

La presente tesis aborda el rol de la biotecnología agrícola como potencial vector para avanzar en una estrategia de desarrollo a nivel nacional a partir del caso de las semillas transgénicas. Argentina ha sido un adoptante temprano de esta tecnología, pero durante un largo período ha participado muy poco en su desarrollo. Sin embargo, existen dos empresas nacionales que, al trabajar en conjunto con instituciones científicas públicas, lograron el desarrollo de eventos transgénicos que se encuentran a la par, en términos de la innovación que representan, de los realizados por las grandes empresas.

En consecuencia, a partir de la metodología de estudios de caso, se analiza el desarrollo de los dos primeros eventos transgénicos realizados en el país. Uno de ellos es una variedad de papa resistente a PVY (*Potato Virus Y*) que fue desarrollada por Tecnoplant y el INGEBI, y el otro es una variedad de soja tolerante a la sequía desarrollada por la empresa Bioceres en conjunto con la UNL y el CONICET. El propósito de la investigación es estudiar cómo fue el proceso de desarrollo de ambos eventos transgénicos con el objetivo de dilucidar si estos logros formaron parte de una estrategia nacional de innovación en biotecnología agrícola o sólo son resultados de esfuerzos aislados, sin la existencia de un diseño de política por detrás que haya buscado coordinar y sostener a lo largo del tiempo este tipo de iniciativas.



MAESTRÍA EN CIENCIA TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD

TÍTULO DEL TRABAJO

**Desarrollo de biotecnología agrícola en Argentina. El caso de la papa resistente a PVY
y la soja tolerante a la sequía (HB4)**

TESIS PRESENTADA POR:

Lic. Melisa A. Girard

DIRECTORES:

Dr. Sebastián Sztulwark

Dra. Patricia Gutti

Diciembre de 2019

Desarrollo de biotecnología agrícola en Argentina. El caso de la papa resistente a PVY y la soja tolerante a la sequía (HB4).

1. Introducción	8
1.1 El problema de investigación.....	9
1.2 Justificación	10
1.3 Objetivos generales y específicos	11
1.4 Preguntas de investigación.....	12
1.5 Hipótesis	13
1.6 Organización del trabajo	13
2. Marco teórico y metodológico	15
2.1 Marco teórico	15
2.1.1 El rol de la ciencia y la tecnología en el desarrollo económico	16
2.1.2 La innovación como fenómeno sistémico	17
2.1.2.1 La cooperación público-privada	20
2.1.3 Las políticas públicas: hacia una estrategia nacional de innovación	21
2.1.4 El desarrollo y la adopción de tecnología	26
2.1.5 La innovación en el sector agrícola.....	30
2.2 Metodología	32
3. Elementos generales y contextuales del problema de investigación.....	37
3.1 Desarrollo y evolución de la ingeniería genética. Su aplicación en cultivos.....	37
3.2 Estado actual de los eventos transgénicos a nivel mundial.....	40

3.3 La adopción de cultivos transgénicos en Argentina	48
3.3.1 El marco regulatorio local	51
3.3.2 Políticas públicas orientadas al desarrollo de biotecnología	53
3.4 Principales características de los cultivos de papa y soja en Argentina	58
3.4.1 El cultivo de papa en Argentina	59
3.4.2 El cultivo de soja en Argentina	61
4. Caso 1: La papa resistente a PVY	66
4.1 Antecedentes empresariales y tecnológicos vinculados al desarrollo de la papa resistente a PVY	66
4.1.1 El Grupo Sidus	67
4.1.2 Tecnoplant	74
4.1.3 Los primeros intentos de desarrollo de una papa transgénica en Argentina	78
4.2. El desarrollo de la papa resistente a PVY	82
4.2.1 La necesidad de un acuerdo. El rol del sector público y el sector privado	83
4.2.2 Características de los recursos empleados para el desarrollo de la innovación ...	85
4.2.3 El proceso de desregulación comercial y las razones de la demora en la salida al mercado	87
4.2.4 Los resultados y las expectativas comerciales asociadas al evento transgénico ..	90
5. Caso 2: La soja tolerante a la sequía (HB4)	93
5.1 Antecedentes empresariales y tecnológicos vinculados al desarrollo de la soja tolerante a la sequía	93
5.1.1 Bioceres	94

5.1.1.1 Antecedentes en I+D de Bioceres.....	103
5.1.2 Arcadia Biosciences	105
5.1.3 La creación de Verdeca	107
5.1.4 Los estudios sobre el gen HaHB-4.....	109
5.2 El desarrollo de la soja tolerante a la sequía (HB4).....	111
5.2.1 El acuerdo entre el sector público y el sector privado. Condiciones y alcances	111
5.2.2 El acuerdo con Arcadia. Una empresa extranjera	116
5.2.3 El proceso de liberación comercial	118
5.2.4 La estrategia de comercialización	122
5.2.5 Los recursos empleados para el desarrollo del evento transgénico.....	125
6. Analisis de los casos de estudio.....	128
6.1 Las condiciones de desarrollo de los dos primeros eventos transgénicos realizados en Argentina	128
6.2 El desarrollo de biotecnología agrícola en Argentina ¿fruto de una estrategia nacional de innovación?	132
7. Conclusiones.....	143
Referencias bibliográficas	147
Anexo metodológico.....	162

LISTA DE ABREVIATURAS, ACRÓNIMOS Y SIGLAS

AAPRESID	Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa
ADN	Ácido desoxirribonucleico
ANPCYT	Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica
ANR	Aporte no reembolsable
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
CABBIO	Centro Argentino-Brasileño de Biotecnología
CCT	Centro Científico Tecnológico
CONABIA	Comisión Nacional Asesora de Biotecnología Agropecuaria
CONICET	Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas
CTNBio	Comisión Técnica Nacional de bioseguridad
CTS	Ciencia, tecnología y sociedad
DBN	Beijing Dabeí Nong Biotechnology
DPI	Derechos de propiedad intelectual
EABBIO	Escuela Argentina-Brasileña de Biotecnología
EFSE	Early Food Safety Evaluation
FAB	Foro Argentino de Biotecnología
FDA	Food and Drug Administration
FONARSEC	Fondo Argentino Sectorial
FONCYT	Fondo para la Investigación Científica y Tecnológica
FONREBIO	Fondo de Regulación de Productos Biotecnológicos
FONTAR	Fondo Tecnológico Argentino
GDM	Grupo Don Mario
I+D	Investigación y Desarrollo
IAL	Instituto de Agrobiotecnología del Litoral
IFS	International Foundation for Science
IICA	Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura
INDEAR	Instituto de Agrobiotecnología de Rosario
INGEBI	Instituto de Investigaciones en Ingeniería Genética y Biología Molecular
INMET	Unidad de Ingeniería Metabólica

INPI	Instituto Nacional de la Propiedad Intelectual
INTA	Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria
ISAAA	International Service for the Acquisition of Agri-Biotech
MAGYP	Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca
MINCYT	Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la Argentina
MSD	Merk, Sharp & Dohme
OGM	Organismos genéticamente modificados
PAE	Programa de Área Estratégica
PBI	Producto Bruto Interno
PD	Países desarrollados
PED	Países en desarrollo
PID	Proyectos de Investigación y Desarrollo
PROCISUR	Programa Cooperativo para el Desarrollo Tecnológico Agroalimentario y Agroindustrial del Cono Sur
PROFIET	Programa de Fomento de la Inversión Emprendedora en Tecnología
PVY	Potato Virus Y
REDBIO	Red de Cooperación Técnica en Biotecnología Vegetal
SAGYP	Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca
SECYT	Secretaría de Ciencia y Tecnología
SENASA	Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria
SI	Sistemas de innovación
SIN	Sistema nacional de innovación
TICS	Tecnologías de la información y la comunicación
TMG	Tropical Melhoramento e Genética
UNL	Universidad Nacional del Litoral
USDA	US Department of Agriculture

1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la biotecnología implica una nueva base de conocimiento con impacto en diversos sectores económicos. En consecuencia, en las últimas décadas, se ha constituido como uno de los grandes vectores de transformación de la economía. En el caso agrícola, el desarrollo y sobre todo la comercialización de semillas transgénicas se encuentra bajo el dominio de un pequeño grupo de empresas transnacionales con origen en países que poseen sistemas de conocimiento muy desarrollados. Sin embargo, la adopción de estas tecnologías sigue un patrón diferente. Si bien Estados Unidos es el país pionero en el desarrollo y uso de esta tecnología, a partir del año 2012 más de la mitad de la superficie mundial sembrada con cultivos biotecnológicos fue cultivada en países en desarrollo (PED). Sólo Argentina y Brasil sembraron el 39% del total de las hectáreas en las que se utilizaron semillas transgénicas. Así, este proceso de adopción de la nueva tecnología, sobre cuya base se despliega un nuevo modelo de producción agrícola no exento de tensiones y cuestionamientos (Toffler, 1997), se dio para los países de la región sin el desarrollo de la misma (James, 2015).

Al respecto, es conocido el alto grado de concentración en unas pocas empresas que existe en el desarrollo y la comercialización de productos biotecnológicos en general y, en particular, de las semillas transgénicas. Estas empresas son las encargadas de llevar a cabo el proceso de innovación, de desregulación y de difusión de la mayoría de los eventos transgénicos que se encuentran actualmente liberados comercialmente. No obstante, existen otros actores alternativos, aunque de una relevancia mucho menor en términos del mercado mundial, que tienen capacidades de innovación suficientes y que también participan en la realización de eventos transgénicos. Estas organizaciones plantean algunas opciones, ya sea en términos de innovación como de la difusión de ciertos eventos transgénicos, respecto a las grandes empresas multinacionales que dominan el mercado. Este asunto cobra especial relevancia cuando se lo vincula a los PED quienes históricamente participaron poco en el desarrollo de esta tecnología (Sztulwark y Girard, 2016a).

A partir de lo expuesto, en el presente trabajo se pretende abordar el rol de la biotecnología como potencial vector para avanzar en una estrategia de desarrollo a nivel nacional, centrándose en el caso de las semillas transgénicas. En este sentido, se observa que Argentina ha sido un adoptante temprano de una tecnología de frontera pero de la cual, durante un largo

1. Introducción

período, ha participado muy poco en su desarrollo. Sin embargo, existen dos empresas nacionales que, al trabajar en conjunto con instituciones científicas públicas, lograron el desarrollo de eventos transgénicos que se encuentran a la par, en términos de la innovación que representan, de los realizados por las grandes empresas.

En este sentido, la desregulación de los dos primeros eventos que fueron desarrollados en el país marcó un hito en la trayectoria de innovación en biotecnología agrícola de Argentina. Uno de ellos es una variedad de papa resistente a PVY (*Potato Virus Y*) que fue desarrollada por Tecnoplant, una empresa perteneciente al Grupo Sidus, y el Instituto de Investigaciones en Ingeniería Genética y Biología Molecular (INGEBI)¹, y que actualmente ya se encuentra liberada comercialmente. El otro es una variedad de soja tolerante a la sequía desarrollada por la empresa Bioceres en conjunto con la Universidad Nacional del Litoral (UNL) y el CONICET. Este evento ya cuenta con el proceso de desregulación completo, pero su liberación comercial se encuentra supeditada a la aprobación del evento en China, debido a que este país es el principal destino de exportación de este cultivo. Dado que estas innovaciones podrían ser el primer paso en el desarrollo de una trayectoria de innovación en biotecnología agrícola a nivel nacional, estos dos eventos fueron los elegidos para ser analizados como casos de estudio para el desarrollo de este trabajo.

1.1 El problema de investigación

Hasta el momento la mayoría de las semillas transgénicas que han llegado al mercado lo hicieron a partir del desarrollo y la comercialización de un pequeño conjunto de grandes empresas que operan a nivel global. Estas empresas fueron conocidas como las "*big six*" (BASF, Bayer, Monsanto, Dow Chemical, DuPont y Syngenta), dada su amplia participación en el mercado de semillas, biotecnología y productos químicos. A su vez, a partir de los procesos de adquisiciones y fusiones entre estas empresas ocurridos en los últimos años, estos mercados se encuentran aún más concentrados.

¹ Este instituto forma parte del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

1. Introducción

En este sentido, hasta el año 2018, sólo ocho de los 216 eventos transgénicos que se encuentran aprobados dentro de los países que conforman el MERCOSUR han sido desarrollados por empresas de la región, de los cuales cuatro fueron realizados en Argentina (ISAAA, 2018). A su vez, estos países sembraron en el año 2017 el 41% de la superficie mundial cultivada con eventos transgénicos (James, 2017). En consecuencia, se observa que los países del MERCOSUR han sido grandes adoptantes de la tecnología basada en semillas transgénicas, pero no así en su desarrollo. Aunque en Argentina esta situación no es exclusiva de esta tecnología ni de este sector (existen otras ramas productivas en las cuales hay rápida adopción tecnológica, pero con bajo desarrollo local de la misma), este caso es especialmente importante porque contrasta con la gran dotación de recursos naturales y las capacidades acumuladas vinculadas a la producción primaria que tiene el país.

En base a esto, el propósito de la investigación es estudiar cómo fue el proceso de desarrollo de dos de los eventos que fueron realizados en Argentina. Para ello, es fundamental conocer el rol que desempeñaron las instituciones científicas de carácter público, la cooperación público-privada que existió, y el grado de necesidad de alianzas con otras empresas de carácter internacional para poder explotar comercialmente estos desarrollos. El objetivo es dilucidar si estos logros formaron parte de una estrategia nacional de innovación en biotecnología agrícola o sólo son resultados de esfuerzos aislados, sin la existencia de un diseño de política por detrás que haya buscado coordinar y sostener a lo largo del tiempo este tipo de iniciativas.

1.2 Justificación

Existe una extensa literatura sobre la importancia del cambio tecnológico en el desarrollo económico, y las posibilidades que éste trae consigo para modificar el lugar que ocupa un país dentro de la estructura mundial. Por otro lado, en Argentina las actividades basadas en recursos naturales tienen una gran importancia dadas las capacidades acumuladas que existen en este sector y la gran dotación de recursos de la cual se dispone. En este sentido, pensar el desarrollo de innovaciones en biotecnología agrícola puede significar un paso dentro del camino que conduce al cambio estructural.

1. Introducción

En función de esto, a partir del abordaje del problema de investigación presentado se pretende realizar un aporte de interés académico que permita brindar un mayor conocimiento respecto de cuáles fueron las condiciones que posibilitaron que Argentina lograra el desarrollo de sus dos primeros eventos transgénicos y, con ello, analizar si estos logros fueron parte de una estrategia nacional de innovación en biotecnología agrícola. La elección de estudiar innovaciones en este sector, además de la continuidad respecto de la propia experiencia en el desarrollo de investigaciones realizadas previamente, se justifica en la importancia que tiene para Argentina el fortalecimiento de las actividades intensivas en conocimiento que derivan en productos con alto valor agregado. A su vez, hasta el momento, la mayoría de los trabajos relacionados se encuentran centrados en el estudio de las empresas biotecnológicas y su inserción en la economía, o bien, en el rol que ocupa Argentina dentro de la industria agrobiotecnológica a nivel mundial. Sin embargo, se ha hecho menos hincapié en el estudio de las innovaciones concretas que estas empresas lograron desarrollar.

En este sentido, el principal aporte de esta investigación se encuentra vinculado a la posibilidad de mostrar el potencial existente en el desarrollo local de semillas transgénicas, a partir de la recreación de las dos primeras experiencias que tuvo Argentina en este ámbito. Asimismo, este aporte se complementa con el análisis respecto de la viabilidad de llevar adelante una estrategia nacional de innovación vinculada a la biotecnología agrícola que sea realizable a nivel comercial. El objetivo es establecer si nos encontramos en presencia de un potencial camino que pueda ser considerado a la hora del diseño de políticas que contribuyan al cambio estructural.

1.3 Objetivos generales y específicos

A continuación, se detallan los objetivos generales y específicos de la presente tesis:

Objetivos generales

- I. Analizar las condiciones de desarrollo del evento transgénico IND-00410-5 (HB4) (soja tolerante a la sequía) y del evento TIC-AR233-5 (papa resistente a PVY) llevados a cabo en Argentina.

1. Introducción

- II. Determinar si los dos eventos desarrollados formaron parte de una estrategia nacional de innovación en biotecnología agrícola y, en el caso de que ella hubiera existido, considerar su nivel de éxito.

Objetivos específicos

- I. Conocer la trayectoria tecnológica de las empresas que desarrollaron los eventos transgénicos.
- II. Identificar el rol que desempeñaron las instituciones científicas públicas y las empresas privadas en el desarrollo de los dos eventos.
- III. Analizar qué tipo de recursos fueron necesarios, a nivel público y privado, para la elaboración de cada uno de estos eventos.
- IV. Advertir la participación de empresas extranjeras en el desarrollo de cada uno de los eventos y el rol que tuvieron.

1.4 Preguntas de investigación

A partir del problema de investigación descrito y de los objetivos planteados, se formularon las siguientes preguntas de investigación:

Pregunta fundamental

- ¿Qué elementos estuvieron presentes en el desarrollo y aprobación de los dos eventos transgénicos realizados en Argentina?

Preguntas relativas a los objetivos

- I. ¿Cuál es la trayectoria de innovación de las empresas desarrolladoras? ¿Qué nivel de vinculación previo tenían con las instituciones científicas?
- II. ¿Qué instituciones participaron del desarrollo de los eventos transgénicos? ¿Cómo lo hicieron? ¿Cuál fue el rol del sector privado en estos desarrollos?
- III. ¿Cuáles fueron las fuentes de financiamiento para el desarrollo de los dos proyectos? ¿Cuáles fueron los recursos humanos empleados en estos desarrollos?

- IV. ¿Cómo son los acuerdos que fueron establecidos con empresas extranjeras? ¿Por qué se hicieron? ¿En base a qué criterios fueron elegidos dichos socios?

1.5 Hipótesis

Las hipótesis planteadas en la tesis son las siguientes:

Hipótesis principal

- El desarrollo de los eventos transgénicos IND-00410-5 (HB4) y TIC-AR233-5 fue consecuencia de una estrategia nacional de innovación en biotecnología agrícola exitosa.

Hipótesis secundarias

- i. Las empresas que desarrollaron los eventos contaban con una trayectoria de innovación previa.
- ii. Las instituciones públicas desempeñaron un rol imprescindible en el desarrollo de los dos eventos.
- iii. Para las empresas desarrolladoras locales fue inevitable la vinculación y elaboración de acuerdos con empresas extranjeras.

1.6 Organización del trabajo

La presente tesis se encuentra estructurada en siete capítulos. El primero de ellos es esta introducción.

En el segundo capítulo se desarrolla el marco teórico y metodológico de la tesis. Allí, se presentan las principales referencias teóricas de las que surge el problema de investigación planteado y que son utilizadas para abordar el análisis de los hallazgos empíricos de este trabajo. A su vez, se explicita la estrategia metodológica empleada para el desarrollo de la investigación, que incluye el diseño de los instrumentos de recolección de datos y los mecanismos de análisis de los mismos.

1. Introducción

En el tercer capítulo se desarrolla el estado del arte sobre el problema de investigación abordado. El mismo se divide en cuatro secciones. En la primera se presenta brevemente el desarrollo histórico de la ingeniería genética y su aplicación a los cultivos. En la segunda se exhibe el estado actual de los eventos transgénicos a nivel mundial. Allí, se observa el nivel de difusión y adopción de esta tecnología, junto con algunas características específicas. En la tercera sección se describe el contexto de difusión de las semillas transgénicas en Argentina, haciendo hincapié en las instituciones públicas, los organismos de control y las políticas llevadas a cabo en los últimos años. Por último, se presentan las características de los mercados de soja y papa en Argentina, dado que son los dos cultivos para los cuales se analizan los eventos transgénicos desarrollados en el país.

En el cuarto y quinto capítulo se presentan los dos casos de estudio elegidos: el desarrollo de la papa resistente a PVY y de la soja tolerante a la sequía (HB4) respectivamente. En ellos, inicialmente se desarrolla la historia de cada una de las empresas participantes, sus trayectorias tecnológicas, sus principales características y los antecedentes en términos tecnológicos vinculados a estas innovaciones. Posteriormente, hacia el final de los mismos, se analiza el proceso de surgimiento de cada uno de los casos de estudio. Estas secciones se encuentran organizadas a partir de las principales variables de análisis que surgen de los objetivos específicos planteados anteriormente. A su vez, allí se exhiben los resultados de las entrevistas y del análisis de fuentes secundarias de información para cada uno de los eventos transgénicos considerados.

En el sexto capítulo se realiza el análisis de los dos casos de estudio elegidos a la luz del marco teórico desarrollado. En una primera sección se ofrece, a modo de resumen, un cuadro que esquematiza los principales hallazgos encontrados durante el proceso de investigación, los cuales contribuyen a responder al primer objetivo general de este trabajo. Más adelante, se analiza la posibilidad de que el desarrollo de estas innovaciones en biotecnología agrícola sea consecuencia de la implementación de una estrategia nacional de innovación exitosa, lo que responde al segundo objetivo general de este trabajo.

Finalmente, en el último capítulo se desarrollan las conclusiones y futuras líneas de investigación que se desprenden de la realización de este trabajo.

2. MARCO TEÓRICO Y METODOLÓGICO

En este capítulo se desarrollan las principales referencias teóricas y conceptos que guían el abordaje del problema de investigación presentado previamente. Su presentación está organizada con el objetivo de brindar un marco de análisis acorde a la lógica de la construcción del problema.

A su vez, hacia el final del capítulo, se especifica la estrategia metodológica empleada. Allí, se fundamenta la elección de los casos de estudios, se determinan las unidades de análisis, se describen las fuentes y las técnicas de recolección de datos y se indica el mecanismo empleado para el análisis de la evidencia empírica recabada.

2.1 Marco teórico

En esta sección se desarrolla el marco teórico empleado en esta investigación. Para facilitar su exposición se ha dividido a esta sección en cinco apartados. En el primero de ellos se aborda el rol del conocimiento en la sociedad y la introducción de la importancia del cambio tecnológico en la teoría económica. En el segundo, se desarrolla el concepto de innovación como un fenómeno para el cual es necesaria la interacción coordinada entre distintos sectores de la sociedad, y se hace hincapié en la cooperación público-privada como elemento clave para el desarrollo de innovaciones. En el tercero, se analiza el rol de las políticas públicas en términos de la necesidad para los PED de construir una estrategia nacional de innovación. En cuarto lugar, se abordan algunos conceptos que permiten pensar el contexto, las condiciones y los condicionantes del desarrollo y adopción de tecnología en países desarrollados (PD) y en desarrollo. Finalmente, en el quinto apartado, se presentan los aspectos vinculados a la innovación en el sector agrícola, específicamente en el desarrollo de innovaciones sobre biotecnología.

2. Marco teórico y metodológico

2.1.1 El rol de la ciencia y la tecnología en el desarrollo económico

Las reflexiones en torno al rol que ocupa la ciencia moderna en la sociedad y, más específicamente, la incidencia de ésta sobre el desarrollo económico, han abierto a lo largo de la historia un amplio espectro de discusiones.

A partir de la década de 1960, las actividades científico-tecnológicas y la realización de innovaciones llevadas adelante por los países centrales comenzaron a introducirse con fuerza en los debates sobre crecimiento y desarrollo económico (Nelson, 1959; Prebisch 1963; Romer, 1986; Barro, 1991). En este sentido, el rol que ocupa el conocimiento en los procesos de valorización ha evolucionado a lo largo del tiempo, cobrando cada vez mayor importancia. Sin embargo, alrededor del mundo esto no se ha dado de forma homogénea. Los países desarrollados se han diferenciado de los países en desarrollo (entre otros aspectos) en la mayor relevancia que le han asignado, en términos de políticas públicas, incentivos y sobre todo recursos, a los desarrollos científicos y tecnológicos vinculados a los procesos de producción y al desarrollo de innovaciones (Teitel, 1985; Vaccarezza, 1998; Albornoz, 2001).

En la teoría económica, uno de los primeros autores que introdujo la importancia de las innovaciones y el cambio tecnológico como motor del crecimiento económico fue Schumpeter (1944). Bajo su concepción las innovaciones son endógenas al sistema de producción capitalista y su aparición puede implicar la destrucción de la posición competitiva de otras firmas. Este mecanismo de destrucción creativa desata un contexto de competencia entre empresas que no se encuentra basada en los precios, sino que su eje está puesto en los nuevos productos, procesos y mercados. A su vez, el proceso de cambio tecnológico sería el resultado de un proceso de tres etapas: i) la invención, que carece de importancia económica por ser creaciones o descubrimientos no volcados al mercado; ii) la innovación, que es una invención valorizada a través del mercado bajo la forma de un nuevo producto o proceso; y iii) la difusión, momento en el que la innovación se difunde a nivel social (Schumpeter, 1996 [1942]).

Por su parte, en América Latina, fue el pensamiento estructuralista de posguerra el que destacó la importancia de la ciencia y la tecnología en el desarrollo económico y

2. Marco teórico y metodológico

problematizó el rol de los PED. En este marco, Prebisch (1981) concluyó que los países centrales se caracterizan por conformar el núcleo del dinamismo tecnológico a nivel mundial y por tener una estructura productiva homogénea y diversificada, mientras que la periferia se incorpora de forma tardía a la difusión del cambio tecnológico y su estructura es heterogénea y especializada. Como consecuencia, la nueva relación de precios, producto de la difusión rezagada de la tecnología en la periferia, provoca un perjuicio para los países periféricos y un beneficio para los consumidores de los países del centro. Esta tendencia secular al deterioro de los términos de intercambio entre los productos que produce la periferia (materias primas) y lo que produce el centro (bienes industriales) puso de relieve la importancia del aumento de inversión en ciencia y tecnología en la periferia, con el fin de incrementar la acumulación de conocimiento científico tecnológico vinculado a la producción para romper con esta tendencia y lograr un cambio de posición dentro de la estructura mundial (Prebisch, 1986 Singer, 1950). Así, el concepto de cambio estructural implicaría para la periferia la asunción, aunque sea de forma parcial, de ciertas funciones de centralidad dentro de la economía mundial.

A partir de estos enfoques, la ciencia y la tecnología se constituyeron como variables relevantes para la teoría económica en general, y para los debates sobre crecimiento y desarrollo económico en particular. Décadas después, las corrientes evolucionistas, neoschumpeterianas y neoestructuralistas, retomaron estas discusiones a partir de las bases conceptuales expuestas.

2.1.2 La innovación como fenómeno sistémico

En la década del setenta, luego de la crisis del petróleo, resurgió el interés sobre el estudio del cambio tecnológico y las condiciones en las cuales éste se despliega². Así, de la mano de un conjunto de autores que retomaron las ideas de Schumpeter, se introdujo la importancia del entorno institucional y social donde las empresas se encuentran insertas para el desarrollo de innovaciones. De esta manera, el enfoque evolucionista y neoschumpeteriano transformó

² En la academia de los países centrales esta problemática había sufrido un *impasse* producto del bienestar económico que acompañó la posguerra (Yoguel *et al*, 2013).

2. Marco teórico y metodológico

a la innovación en un fenómeno sistémico, en el cual se tienen en cuenta las relaciones existentes entre los elementos que influyen en el desarrollo, la utilización y la difusión del conocimiento a nivel territorial. Estos elementos incluyen al sistema educativo, los vínculos con universidades o institutos de investigación, la construcción de redes y el marco institucional como factor determinante en la promoción de innovaciones (Freeman, 1995; Lundvall, 1992; Nelson, 1993; Edquist, 1997).

De este modo, la mirada sistémica que ofrece el enfoque de Sistemas de innovación (SI) propone una alternativa superadora frente a la concepción tradicional de innovación basada en el modelo lineal, bajo el cual se considera que el conocimiento transita de forma unilateral desde las instituciones de ciencia y tecnología hacia las empresas que lo utilizan para el desarrollo de innovaciones que luego destinan al mercado (Bush, 1945). Este modelo se asemeja a una idea de asociación público-privada similar al de transferencia tecnológica. En cambio, el enfoque de SI permite observar cómo las firmas, consideradas como el elemento principal en el desarrollo de innovaciones, establecen relaciones de largo plazo, cooperan e interactúan con los otros componentes del sistema, los cuales pueden ser pensados a escala local, regional o nacional (Edquist, 2001).

De forma similar, el modelo de Triple Hélice (Etzkowitz y Leydesdorff, 1995) insiste en la necesidad de interacciones dinámicas entre las universidades, la industria y el Estado como base de una estrategia nacional de innovación. A partir de la interacción, estos tres sectores evolucionan y comienzan a adoptar características y funciones pertenecientes a los otros, dando paso a la creación de entes híbridos que cuentan con la capacidad de coordinar e integrar ciertas actividades propias del gobierno, de la empresa y la universidad. En este modelo, el foco está puesto en la creciente importancia que tiene la academia en la producción de conocimiento y en el desarrollo de innovaciones (Etzkowitz y Leydesdorff, 2000).

En América Latina, el movimiento CTS constituyó un núcleo de reflexión sobre la política científica y tecnológica desde un enfoque nacional (Sábato, 1975; Leite López, 1978; Sagasti, 1984; Varsavski, 1971). Entre ellos se destacan los aportes de Sábato y Botana (1970), quienes resaltan la necesidad de articular diversas instituciones en pos de propiciar el desarrollo tecnológico en la región. Para ello, formularon lo que se conoce como el “triángulo de Sábato” o “triángulo IGE”, en el cual los vértices están conformados por la infraestructura

2. Marco teórico y metodológico

científico-tecnológica, el sector gubernamental y la estructura productiva. Esta perspectiva pretende dar cuenta de las intra e interrelaciones que existen en cada vértice, y pone de relieve las debilidades de cada uno de ellos con el fin de evaluar las condiciones y necesidades para el desarrollo económico de una nación. Propone, en este sentido, como objetivo principal la introducción de la ciencia y la tecnología al proceso de desarrollo, entendido como un proceso político en el cual se deben acoplar la investigación y la estructura productiva. En consecuencia, se hace hincapié en el rol del sector gubernamental. Éste es el encargado, a través de la elaboración de políticas públicas, de mejorar la articulación entre los ámbitos científico-tecnológicos y la estructura productiva, con el objetivo de conocer dónde es necesario innovar y cómo ese proceso debe ser llevado a cabo (Sábato y Mackenzi, 1982).

En una línea similar, la corriente neoestructuralista (que vincula las principales ideas del estructuralismo con elementos propios de la teoría evolucionista) iniciada en la década de 1990, propuso como eje de las políticas públicas la generación de capacidades productivas orientadas a modificar el patrón de especialización de los países periféricos, a través de la consolidación de un sistema nacional de ciencia y tecnología. El objetivo era, a través de una orientación estratégica desarrollada por el Estado, vincular los agentes públicos y privados para favorecer el desarrollo y la adopción de tecnología, con el fin de mejorar el rol de los países periféricos en la estructura mundial (CEPAL, 1996). En este sentido, debe destacarse el aporte de los enfoques estructuralistas vinculado a la concepción de un sistema de relaciones a nivel mundial que no es homogéneo, sino que la dicotomía centro-periferia plantea una estructura de jerarquías a nivel internacional que también se refleja hacia dentro de los sistemas de conocimiento de los distintos países (Sztulwark, 2005).

En conclusión, las discusiones sobre los efectos de la innovación en el crecimiento y en el desarrollo económico datan de comienzo de siglo y fueron muy prolíferas tanto en los PD como en América Latina. La visión sistémica de la innovación resalta que las interrelaciones entre los distintos sectores sociales (la academia, el gobierno y el sector productivo) son determinantes para el desarrollo de innovaciones y, que ellas, conducen a una mejoría en términos de crecimiento económico y del bienestar de la sociedad que las realiza. No obstante, este conjunto de relaciones tienen particularidades de acuerdo a la posición del país dentro de la estructura mundial. De este modo, no todos los sistemas de innovación son

2. Marco teórico y metodológico

iguales entre sí, sino que su asimetría conduce a la existencia de jerarquías entre ellos que podrían impactar no solo en el tipo de innovaciones que estos pueden desarrollar, sino en el alcance de la difusión de las mismas.

2.1.2.1 La cooperación público-privada

El potencial que tienen las vinculaciones entre el sector público y el sector privado para contribuir al desarrollo de un país queda manifiesto a partir de los enfoques sistémicos de la innovación. En ellos se considera que la cooperación entre los institutos de investigación científico-tecnológica y el sector productivo está dirigida a la creación de conocimiento y a la realización de actividades de Investigación y Desarrollo (I+D), lo cual tiene un impacto positivo a nivel productivo y social. En la empresa, los beneficios vienen dados por la reducción de costos y por un aumento en la velocidad de acceso al nuevo conocimiento (Mazzoleni y Nelson, 2007; Miotti y Sachwald, 2003).

Los elementos de convergencia que motivan la existencia de esta cooperación para la generación y explotación de conocimiento tienen que ver, por un lado, con que el sector científico y la industria requieren de recursos económicos para el desarrollo de actividades de I+D que pueden resultar muy onerosos si se afrontan individualmente. Por otro lado, ambos disponen de capacidades científicas y tecnológicas que pueden ser empleadas de forma complementaria. Por último, poder compartir los riesgos que implica el desarrollo de proyectos que suelen ser de largo plazo y con una alta cuota de incertidumbre es otro de los elementos que favorecen la cooperación (CEPAL-SEGIB, 2010).

Sin embargo, la cooperación público-privada exige la interacción entre dos esferas (la academia y la industria) muy distintas en su naturaleza. En este sentido, el efecto de las diferencias culturales entre el sector privado y público impiden muchas veces la correcta comunicación y entendimiento entre empresarios y científicos, por lo cual los diálogos entre ellos muchas veces se asemejan a conversaciones "entre sordos". A su vez, el problema de la apropiación del conocimiento es crucial. Las empresas se enfrentan al riesgo de que los investigadores se apropien de ese conocimiento y luego se conviertan en competencia, o bien, que directamente difundan ese conocimiento a los competidores ya existentes. Por último,

2. Marco teórico y metodológico

los tiempos del mercado a los que debe responder el sector productivo no se condicen con la laxitud de los tiempos que requieren las investigaciones científicas propias de la academia (Dasgupta y David, 1994; Sábato y Botana, 1970; Bonaccorsi y Piccaluga, 1994; Pavitt, 2003).

No obstante, el Estado también se somete a ciertos riesgos a la hora de emprender un proceso de cooperación con el sector privado. El principal es el riesgo de captura del Estado por parte de los intereses privados durante el diseño e implementación de programas de cooperación. En este sentido, Evans (1995) denominó autonomía integrada (*embedded autonomy*) al concepto con el cual refiere que el Estado debe ser capaz de hacer frente a las presiones ejercidas por sectores específicos para lo cual es fundamental la incorporación de procesos normativos incluyentes que garanticen institucionalmente la misión pública. A su vez, para minimizar estos riesgos es necesario que la cooperación se de en un marco de reglas bien establecidas, transparencia, mecanismos de evaluación y personal altamente profesional. El objetivo es evitar que se constituyan o perpetúen alianzas que favorecen a empresas específicas y que no obtienen resultados satisfactorios (Devlin y Moguillansky, 2009).

Por lo tanto, si bien la cooperación público-privada es fundamental para el desarrollo de innovaciones, es una arista que debe ser observada de forma detallada debido a las posibilidades de que alguna de las dificultades mencionadas previamente conduzcan al fracaso del proceso cooperativo.

2.1.3 Las políticas públicas: hacia una estrategia nacional de innovación

Como se mencionó anteriormente, los modelos no lineales de innovación resaltan tanto la interdependencia entre los actores que se encuentran dentro un sistema, como el papel que cumplen las instituciones, encargadas de proporcionar un marco de actuación, abrir posibilidades y poner límites al accionar de los actores en cuestión. Así, estos enfoques consideran que el proceso de innovación que lleva adelante una firma no se realiza de forma aislada, sino que ocurre a partir de la interacción con otras empresas (en una relación que trasciende al mercado), y con otro tipo de organizaciones (universidades, institutos de investigación, organismos gubernamentales, etc.) en un complejo proceso de aprendizaje,

2. Marco teórico y metodológico

que ocurre dentro de un marco determinado por las instituciones vigentes (leyes, normas, hábitos culturales, etc.).

Estos enfoques tienen una importancia fundamental en los PED debido a que abren el espacio para la realización de políticas públicas, entendidas como “*un conjunto de acciones y omisiones que manifiestan una determinada modalidad de intervención del Estado en relación con una cuestión que concita atención, interés o movilización de otros actores en la sociedad civil*” (Oszlak y O’Donnell, 1995, p.12). Así, se establece que la principal función de una política pública es incidir en la sociedad en la que ésta opera en pos de algún objetivo previamente estipulado. En base a esto, Oszlak y O’Donnell (1995) afirman que las políticas públicas no deben ser estudiadas sin observar previamente cuáles son las cuestiones (asuntos socialmente problematizados) que ellas apuntan a resolver, cuáles son las condiciones de surgimiento de estas cuestiones, y qué tipo de acciones son llevadas a cabo por el resto de los actores que mantienen algún grado de incumbencia respecto de la cuestión o problemática.

Por ende, para la elaboración de una política pública es necesario que el Estado afronte un proceso de toma de decisiones complejo, que implica inevitablemente la ponderación de las diferentes demandas sociales, y que concluye con la asignación de recursos a ciertas problemáticas y la postergación de resolución de otras. Así, las políticas públicas son una toma de posición ineludible por parte del Estado respecto a diversos asuntos sociales, económicos, políticos, científicos, entre otros, que derivará tanto en acciones como en omisiones. Por otro lado, el diseño y la ejecución de las políticas públicas exige grandes esfuerzos de coordinación entre diferentes áreas del Estado, pero también entre diversas instituciones y actores del sector privado. En consecuencia, muchas veces las políticas públicas muestran avances y retrocesos a lo largo del tiempo, continuidades y discontinuidades e inconsistencias (Oszlak y O’Donnell, 1995).

Por su parte, la política científica, en tanto política pública, refiere al “*conjunto de políticas que pueden adoptar los Estados y en particular los gobiernos en relación con la ciencia*” (Albornoz, 2001, p.19). La política científica aparece como tal luego de la Segunda Guerra Mundial debido a una serie de factores entre los cuales se pueden nombrar la aparición de la *big science*, la mayor participación del Estado en actividades vinculadas con la ciencia y la

2. Marco teórico y metodológico

tecnología, y un reconocimiento mayor a la importancia del desarrollo de investigaciones y del conocimiento científico. No obstante, el desarrollo de la política científica ha ido mutando desde sus inicios hasta la actualidad en la medida en que se ha ido clarificando la relación ciencia-sociedad; se ha podido desarrollar una distinción clara entre ciencia, tecnología e innovación; se han consolidado los roles de las instituciones participantes y se han establecido instrumentos claros de apoyo a la ciencia (Albornoz, 2001).

En este sentido, una de las principales transformaciones que atravesó la política científico-tecnológica fue el cuestionamiento al ya mencionado modelo lineal de innovación. A partir de ello, se pasó a una noción basada en el aprendizaje mutuo de los agentes en base a la construcción de conocimiento a través del desarrollo de prácticas productivas, científicas y de las interrelaciones que mantienen con otros actores (Gibbons *et al*, 1997). En consecuencia, la política científica comenzó a tener en cuenta la participación del sector privado (entre otros actores de relevancia), en su diseño e implementación.

Específicamente, en el ámbito productivo, la política científico-tecnológica es clave en tanto permite direccionar la trayectoria tecnológica orientando la producción de conocimiento hacia el desarrollo de ventajas competitivas dinámicas (Dosi, 1982). Los conocimientos desarrollados se valorizan cuando son transformados por los agentes económicos en la práctica productiva. Así, el desarrollo de políticas científicas orientadas a la producción se encuentra asociado con una dinámica de cambio estructural y un sendero de crecimiento económico sostenido, en tanto éstas tienden a incentivar la especialización, la complementariedad entre agentes e instituciones, el aumento de la competitividad y la eficiencia productiva. En este sentido, la coordinación público-privada es de suma relevancia, debido a que de su éxito dependerá el potencial de las políticas llevadas a cabo (Yoguel *et al*, 2007).

Sin embargo, en los PED suele ser difícil alcanzar el grado de coordinación entre las distintas áreas del gobierno que es necesario para el desarrollo exitoso de las políticas científico-tecnológicas. Esta falta de articulación puede conducir al fracaso de estas políticas. En este sentido, cobra especial relevancia la diferenciación desarrollada por Herrera (1995) en torno a la política explícita y la implícita. Según este autor, la política explícita consituye la política "oficial". O sea, la formulada por el gobierno con el fin de favorecer explícitamente el

2. Marco teórico y metodológico

desarrollo de la ciencia y la tecnología. Es lo que se conoce como la política científica de un país. Por otro lado, la política implícita son las acciones del gobierno dirigidas a otros ámbitos pero que tienen un impacto no buscado o previsto en el ámbito científico-tecnológico. Por lo tanto, al carecer de una estructuración formal es mucho más difícil de identificar. Sin embargo, expresa sinceramente el rol que tiene la ciencia en la sociedad. Lo que este autor destaca es que en los países de América Latina ocurre que la falta de planificación y articulación entre las distintas esferas del Estado provoca que las políticas implícitas (normalmente dirigidas al ámbito productivo) operen en sentido contrario a las explícitas, atentando contra el desarrollo de la ciencia y la tecnología en esos países.

Para evitar este tipo de problemas, la existencia de una estrategia nacional dirigida a promover la innovación en los PED es de suma importancia. La evidencia muestra que las políticas llevadas a cabo por el gobierno en diferentes áreas tienen una gran relevancia a la hora de garantizar el éxito en la formación de espacios y redes de innovación a nivel nacional. Sin embargo, el desafío se encuentra en que una intervención prolifera requiere de políticas experimentales dirigidas a industrias y actividades que prácticamente aún no existen, y que deben aplicarse en el largo plazo trascendiéndolos períodos de los mandatos gubernamentales (Dogson *et al*, 2008; Ferraro y Rojo, 2018).

En este sentido, los aspectos sobre los cuales debería atender una estrategia nacional de innovación incluyen: el fomento a la constitución de redes entre empresas, la creación y el impulso de instituciones hacedoras de políticas, el apoyo para el desarrollo de mercados de capital de riesgo (dispuestos a invertir en las etapas iniciales de los proyectos), el aumento de la inversión pública en investigación y desarrollo, y el desarrollo de una infraestructura consolidada de derechos de propiedad intelectual (Breznitz y Ornston, 2013; Mazzucato, 2013).

Sin embargo, la aplicación de estos elementos por sí solos no necesariamente implica la conformación de una estrategia nacional de innovación. Para lograrlo es importante que desde el sector gubernamental sean orientados en una dirección clara, cuya determinación sea fruto de un debate que incluya la participación conjunta del sector productivo, el gobierno y los espacios académicos. En consecuencia, Mazzucato (2018) afirma que el objetivo de constituir una estrategia nacional de innovación implica el diseño y ejecución de políticas

2. Marco teórico y metodológico

verticales y horizontales. Así, la determinación de políticas verticales a través de la elección de sectores estratégicos, que cuenten con la capacidad para reunir a diferentes actores (del sector público, privado y organismos) y articular con otros sectores económicos, debe interactuar con políticas de tipo horizontal, donde el foco está puesto en aspectos de índole general como, por ejemplo, mejoras en educación, el desarrollo de habilidades generales, incentivos a la investigación básica, entre otros.

En un sentido similar, Freeman (2002) retoma el concepto de sistema nacional de innovación (SNI) y plantea un sentido amplio del mismo, el cual trasciende a la simple atención en las políticas que promueven aisladamente la adquisición y difusión de conocimiento. Por lo tanto, en este sentido amplio las instituciones de ciencia y tecnología, los esfuerzos tecnológicos a nivel empresarial, entre otros elementos, se encuentran integrados dentro de un sistema socioeconómico mucho más vasto, en el que las influencias políticas, culturales y la política económica, contribuyen a la determinación de la escala, la dirección y el éxito de las actividades de innovación. De esta manera, Freeman destaca como ejemplo el éxito del SIN británico durante los siglos XVIII y XIX, el cual estuvo determinado por la articulación de elementos diversos tales como: la construcción de lazos entre científicos y empresarios, la valorización de la ciencia y los científicos a nivel social, la inversión en infraestructura de transporte, el acceso al financiamiento para el desarrollo de invenciones y la extensión del acceso a la educación en sus distintos niveles, entre otros.

En conclusión, el rol del Estado en la economía no se encuentra limitado a la creación de conocimiento a través de las universidades, sino que éste debe movilizar recursos y diseñar políticas específicas que permitan la difusión del conocimiento y de innovaciones en todos los sectores productivos. Para ello, es imprescindible el establecimiento de estrategias para promover el cambio tecnológico y la determinación de áreas prioritarias donde se vuelquen la mayor parte de los esfuerzos, en un claro apoyo al desarrollo de innovaciones bien direccionadas (Mazzucato, 2013).

2.1.4 El desarrollo y la adopción de tecnología

Para avanzar a un nivel más específico de análisis es necesario recurrir a una serie de nociones que permitan pensar el contexto, las condiciones y los condicionantes del cambio tecnológico (ya sea por desarrollo o por adopción tecnológica) dentro de un país o sector productivo.

En este sentido, vale la pena rescatar algunos conceptos inspirados en la noción de “paradigma” elaborada por Kuhn (1990 [1962])³. A partir de ello, se conoce como paradigma tecnológico a un conjunto de reglas, normas y supuestos que guían la elección de una tecnología durante un período de tiempo y, además, que determina el modo en cómo deben efectuarse las mejoras tecnológicas y cuáles son los posibles avances que pueden realizarse (Dosi, 1982). Por lo tanto, este concepto apunta a definir tanto los problemas que deben ser resueltos, el modo en que ello se realiza (o sea, el método científico, las pautas o principios científicos que deberán seguirse), las necesidades que deben ser satisfechas a nivel social, y la tecnología que es posible utilizar (OECD, 1996). Por otro lado, el concepto de paradigma tecno-económico abarca la noción de cambio tecnológico de un paradigma y lo vincula con los efectos que eso genera en el desarrollo económico (Pérez, 1983). Así, este concepto es más amplio que el de paradigma tecnológico porque busca explicar que los cambios que se producen a partir de la imposición de un nuevo paradigma tecnológico trascienden al campo de la tecnología y de sus aplicaciones, y tienen impacto tanto en la estructura de costos y en las condiciones de producción y distribución, como en el ámbito social.

Por otro lado, la introducción al análisis de la noción de "capacidades" permite evaluar la vinculación de las firmas con el conocimiento a través de distintos parámetros. En primer lugar, el concepto de capacidades tecnológicas remite al grado de conocimiento y de habilidades que son necesarios para adquirir, adaptar, usar, mejorar y crear nuevas tecnologías (Bell y Pavitt, 1995; Lall, 1992). El desarrollo de estas capacidades es clave para los procesos de crecimiento y la competitividad tanto de empresas como de naciones. Estas capacidades son el resultado de la interacción entre los esfuerzos tecnológicos y los recursos

³ Un paradigma es definido como un conjunto de supuestos (teóricos, empíricos y metodológicos) que son compartidos por quienes trabajan en un campo de estudio particular y, a la vez, como una serie de principios (un sistema de valores) que operan guiando el modo de accionar de los científicos.

2. Marco teórico y metodológico

humanos que emplean las firmas, con la política de incentivos y otros factores institucionales. Por lo tanto, el desarrollo de capacidades tecnológicas depende no solo de las empresas, sino también de las condiciones específicas del país dónde éstas se encuentran (Lall, 1992).

Dentro del concepto de capacidades tecnológicas se incluyen las capacidades de absorción y las de innovación. Las capacidades de absorción refieren a las habilidades necesarias para reconocer el valor del conocimiento nuevo y externo, incorporarlo y explotarlo comercialmente (Cohen y Levinthal, 1990). Mientras que las capacidades de innovación implican la habilidad de los agentes para combinar elementos existentes (dentro de la empresa y fuera de ella) con el fin de crear conocimiento novedoso (Lundvall, 1992; Fagerberg, 2004).

Estas capacidades tienen un carácter acumulativo (*path dependency*) debido a que dependen de las capacidades acumuladas previamente por la organización y los individuos. A su vez, para su formación, requieren de la realización de esfuerzos económicos sostenidos vinculados a actividades de I+D. De este modo, el concepto de capacidades de absorción forma parte del doble rol que tiene el desarrollo de actividades de I+D. Por un lado, estas actividades permiten generar conocimiento nuevo, y en simultáneo, se desarrollan habilidades para incorporar el conocimiento ya existente (Cohen y Levinthal, 1989, 1990; Nonaka y Takeuchi, 1999).

En consecuencia, el cambio tecnológico es fruto de la generación de conocimiento económicamente útil que ocurre a través de distintos procesos de aprendizaje acumulativos. Entre ellos se identifica el aprendizaje a través de: i) *learning by doing*, que implica un aprendizaje a partir de la puesta en práctica de la actividad productiva (Arrow, 1962); ii) *learning by interacting*, producto de la interacción entre distintos agentes e instituciones (Lundvall, 1992) y; iii) *learnign to learn*, que implica el aprendizaje realizado a lo largo de toda la trayectoria innovativa (Lundvall, 1988). Estos aprendizajes dan lugar a nuevos conocimientos que pueden encontrarse de forma codificada o tácita. En el primer caso, el conocimiento puede ser transferido entre agentes, debido a que es formalizable y, a partir de ello, incorporado tanto en instrucciones operativas como en productos y procesos. En cambio, el conocimiento tácito es de carácter personal, específico a la firma y de difícil comunicación, en consecuencia, no se puede adquirir en el mercado y es un elemento clave en las diferencias

2. Marco teórico y metodológico

tecnológicas entre empresas⁴ (Polanyi, 1966). No obstante, estos tipos de conocimiento no son independientes entre sí, dado que en el proceso de creación de conocimiento intervienen tanto el de tipo tácito como el codificado (Nonaka y Takeuchi, 1999).

A partir de las nociones hasta acá expuestas se puede estructurar el concepto de trayectoria tecnológica. Este concepto recoge la importancia del carácter acumulativo del cambio tecnológico con el objetivo de resaltar los complejos y largos procesos de aprendizaje por los que deben atravesar las empresas (tanto la que innova como las que participan del proceso de difusión de la tecnología) y las instituciones circundantes, en pos del desarrollo y utilización de nuevas tecnologías. Este concepto muestra la evolución de una tecnología que se desarrolla dentro de cierto paradigma tecnológico. De este modo, una trayectoria tecnológica puede definirse como un conjunto de posibles direcciones que puede adoptar un proceso de cambio tecnológico cuyos límites se encuentran definidos por el paradigma tecnológico vigente (Dosi, 1982, 1988).

Hasta acá se presentaron rasgos comunes de las actividades de desarrollo y adopción de tecnología. Sin embargo, para los PED la problemática del cambio tecnológico adquiere sus propias particularidades. En primer lugar, las tecnologías utilizadas en dichos países no son de origen local, sino que son adoptadas a través de procesos de transferencia y difusión desde los países centrales, lo cual deriva en una situación de dependencia tecnológica respecto de los PD. Esto es consecuencia de la existencia de una división internacional del trabajo en la cual un grupo de países, con sistemas de conocimiento muy desarrollados, se especializan en el desarrollo de innovaciones tecnológicas de frontera y en su provisión a nivel internacional. La contracara es otro grupo de países que se limita a su adopción y se constituye como demandante neto de tecnología (Dulcich, 2015). Sin embargo, Lall (1992) destacó que la transferencia tecnológica requiere, dado el componente tácito del conocimiento, de un

⁴ Este enfoque sobre los tipos de conocimiento ofrece una mirada alternativa al que brinda la teoría económica neoclásica. En ella se sostiene que el conocimiento puede ser incorporado en su totalidad dentro de los bienes y que puede ser expresado vía precios de mercado. Por lo tanto, esta concepción solo tiene en cuenta el conocimiento codificado mientras olvida otros tipos de saberes, que existen de forma tácita, y que no se manifiestan a través del sistema de precios.

2. Marco teórico y metodológico

proceso de aprendizaje para el cual es imprescindible el desarrollo de habilidades y la realización de inversiones.

A su vez, otras características de los PED están asociadas a la alta heterogeneidad de las capacidades de producción e innovación de los distintos agentes económicos, a la falta de predisposición al cambio de las instituciones, y a las dificultades que atraviesan al momento de diseñar y aplicar incentivos concretos y direccionados para promover la innovación. En consecuencia, se ha demostrado que en los casos donde existió un proceso de cambio tecnológico fue como consecuencia del aprendizaje adaptativo y de esfuerzos de inversión en recursos específicos por parte de las empresas (Arocena y Sutz, 2003).

Por último, tanto el desarrollo como la adopción de tecnología implican incurrir en una serie de costos. A nivel de la firma, la obtención de una renta diferencial asociada a la realización de una innovación es lo que promueve su realización. Con el fin de garantizar que quien realiza el esfuerzo innovador sea quien se apropie de los beneficios derivados, existe una serie de mecanismos de protección formales, agrupados en los derechos de propiedad intelectual (DPI), entre los que se encuentran las patentes, los derechos de autor, el secreto industrial, entre otros. Sin embargo, estos mecanismos no siempre logran cumplir con su objetivo. Muchas veces, la innovación es rápidamente copiada por imitadores o proveedores, diluyendo el beneficio del innovador. Teece (2003) estructuró teóricamente este problema e identificó los elementos del entorno que influyen en la distribución de la renta de innovación entre el innovador, el imitador, y otras empresas con activos complementarios al innovador. Estos elementos son: el régimen de propiedad intelectual (como mecanismo formal), los activos complementarios (recursos necesarios para concretar la innovación que se encuentran en manos de otras empresas como, por ejemplo, tecnologías complementarias, canales de distribución, insumos, etc.) y el momento en que aparece la innovación dentro de un paradigma tecnológico. En consecuencia, a partir de la combinación de estos tres elementos y de la posición que tiene el innovador en el mercado, éste determinará cuál va a ser la estrategia por aplicar (patentes, contratos, asociaciones, entre otros) al momento de lanzar la innovación al mercado para aumentar sus posibilidades de apropiación de la renta.

En conclusión, tanto la generación de capacidades tecnológicas como la determinación de una adecuada trayectoria tecnológica y la correcta elección de mecanismos de protección

2. Marco teórico y metodológico

propicios en función de las características de la innovación y del mercado, son factores clave en los procesos de cambio tecnológico. De esta manera, los elementos hasta acá presentados sirven como base para pensar el problema del desarrollo o la adopción de una tecnología tanto en PD como en PED.

2.1.5 La innovación en el sector agrícola

Durante siglos la teoría económica consideró que los bienes primarios estaban asociados a productos de bajo valor agregado y de escasa diferenciación. En consecuencia, se entendía a las actividades basadas en recursos naturales como con escaso potencial para el desarrollo e introducción de innovaciones y, por lo tanto, con baja capacidad para apuntalar un sendero de crecimiento a largo plazo. Esta idea sumada al hecho de que los PED cuentan con amplias cantidades de recursos naturales dio lugar a considerarlos como una "maldición" de cara al desarrollo económico (De Ferranti *et al*, 2002). Por lo tanto, la propuesta clásica para avanzar en un proceso de cambio estructural implicaba la modificación de la matriz productiva a partir de la reducción del peso del sector agrícola y el aumento de la participación del sector industrial (Saviotti y Gaffard, 2008).

No obstante, en las últimas décadas, ocurrieron transformaciones estructurales que impactaron en esta visión sobre los bienes primarios y sobre la importancia económica asociada a su producción. Las actividades vinculadas al sector agrícola adquirieron un dinamismo tecnológico de gran importancia a partir de la incorporación de conocimiento científico para el desarrollo de productos y procesos productivos nuevos, contraponiéndose a la idea tradicional de que el sector agrícola tiene baja capacidad de creación y adopción de tecnología (Marín *et al*, 2015).

El primer antecedente de ello fue lo que se conoció como la "revolución verde", a partir de la cual se incorporó a la producción agrícola un conjunto de tecnologías (como las variedades de alto rendimiento en los cultivos de trigo y arroz, el abastecimiento controlado de agua y el uso masivo de fertilizantes y pesticidas sintéticos) que derivó en un gran aumento de la productividad agrícola entre los años 1960 y 1980 (FAO, 1996). Asimismo, la posterior introducción de un nuevo paquete tecnológico basado en la siembra directa, el uso de semillas

2. Marco teórico y metodológico

modificadas genéticamente y la organización de la producción en red, implicó una serie de transformaciones que tuvieron un profundo impacto tanto a nivel productivo como organizacional dentro del sector agrícola (Bisang, 2007).

Estos cambios han sido introducidos de la mano de otras modificaciones ocurridas en el sector como consecuencia de transformaciones profundas sucedidas en las últimas décadas. Dentro de estas transformaciones se destacan: i) la segmentación de mercado en productos que anteriormente eran considerados "*commodities*" y que actualmente se encuentran diferenciados a partir de la incorporación de innovaciones de alta tecnología y del uso por parte de usuarios especializados; ii) los cambios en la producción a través de la incorporación de las tecnologías de la información y comunicación (TIC), que permitieron aumentar el nivel de complejidad de los servicios complementarios ofrecidos al sector, y; iii) el aumento de la tendencia a la conformación de redes a lo largo de la cadena de valor, que derivó en un incremento de la cooperación entre productores y usuarios en el desarrollo de tecnologías (Pérez *et al*, 2013).

Por lo tanto, a partir de este nuevo contexto se abrió aún más la posibilidad para la creación e introducción de innovaciones en la producción agrícola que, en algunos casos, derivaron en un proceso de diferenciación de estos bienes. Este proceso de diferenciación puede ser analizado a partir de la identificación de un "activo crítico", lo cual permite construir distintas modalidades de diferenciación. La primera de ellas se constituye a partir del desarrollo de la moderna biotecnología, que permite la creación de semillas transgénicas. Este es un mecanismo posible para incorporar conocimiento científico a la producción de bienes basados en recursos naturales y, en consecuencia, desarrollar un nuevo producto (que puede estar destinado tanto al consumidor final como al productor) con propiedades nutricionales, estéticas o productivas superiores a las de la variante convencional. En segundo lugar, la explotación de diferencias en las condiciones productivas existentes también permite la diferenciación de un bien primario. Estas diferencias pueden encontrarse tanto en las características naturales (por ejemplo, en las condiciones específicas de un determinado ecosistema) como en los aspectos culturales (ligados a una tradición) de un territorio que no son de fácil reproducción. Estos elementos son los que le confieren un carácter único o auténtico al producto y son potencialmente explotables a nivel comercial a partir de

2. Marco teórico y metodológico

certificaciones como las Indicaciones Geográficas o las Denominaciones de Origen. Por último, la explotación económica de prácticas productivas y de comercialización alternativas a las convencionales (por ejemplo, la elaboración de productos orgánicos y el comercio justo) es la tercera vía para la descomoditización de bienes primarios (Sztulwark y Girard, 2017).

En base a esto, en el presente trabajo se analizan dos casos de estudio que son ejemplos de innovaciones en bienes primarios que pertenecen a la primera de las alternativas expuestas: el desarrollo de biotecnología. Los casos elegidos corresponden al desarrollo de un insumo mejorado, por lo tanto implican una diferenciación de producto al interior de la cadena productiva. Asimismo, se entiende que el desarrollo de biotecnología es una de las maneras más sofisticadas de innovación tecnología y un posible camino para modificar el rol que ocupan los PED en la estructura económica mundial.

2.2 Metodología

Tomando como punto de partida el problema de investigación ya señalado y el marco conceptual descrito, se diseñó una estrategia metodológica que tiene por objetivo proporcionar las herramientas para llevar a cabo un estudio exploratorio y un análisis descriptivo de carácter cualitativo (Stake, 2010). Para ello, se empleó una metodología de estudio de casos múltiples. Yin (2017) afirma que la metodología de estudios de casos puede emplearse cuando las preguntas de investigación refieren a el "¿cómo?" y el "¿por qué?" de determinados sucesos. En este sentido, aquí se examinan dos experiencias de desarrollo de eventos transgénicos realizados íntegramente en Argentina, donde cada uno de ellos conforma una unidad de análisis.

La selección de los dos casos estudiados estuvo basada en el criterio de elección de eventos transgénicos que hayan sido desarrollados plenamente en Argentina y que, al momento de iniciar esta investigación, dispusieran de un nivel de aprobación comercial avanzado. En este sentido, la soja con tolerancia a la sequía desarrollada por Bioceres y UNL-CONICET y la papa resistente a PVY desarrollada por Tecnoplant e INGEBI-CONICET eran los únicos eventos que cumplían con esos requisitos.

2. Marco teórico y metodológico

En la tabla 1 puede observarse un resumen de las principales características de los casos de estudio seleccionados. Debido a que, como se señaló anteriormente, la unidad de análisis es el desarrollo de dos semillas transgénicas, se presenta para cada caso el nombre del evento, el objetivo, la empresa desarrolladora, las instituciones públicas participantes y el resultado alcanzado.

Tabla 1.
Principales características de los casos de estudio

Nombre del evento	Objetivo	Empresa desarrolladora	Institución pública	Resultado
IND-00410-5 (HB4)	Desarrollar una variedad de soja tolerante a la sequía y resistente al glufosinato	Bioceres (INDEAR)	UNL- CONICET	Aprobación comercial condicionada a la obtención del permiso de importación en China
TIC-AR233-5	Desarrollar una variedad de papa resistente al virus Y	Tecnoplant	INGEBI - CONICET	Aprobación total

Posteriormente, a partir de la selección de los casos de estudio, fueron diseñados los instrumentos de relevamiento de información. Inicialmente, se procedió a la observación de fuentes primarias de información (documentos y sitios web de las empresas e instituciones científicas asociadas a los casos de estudio, planes de promoción sectorial y datos del sector biotecnológico) y de fuentes secundarias (artículos académicos y notas de prensa). El resultado fue la acumulación de un determinado nivel de información que, además de la propia utilidad que éste brindó, permitió identificar a los actores clave que posteriormente fueron entrevistados. En segundo término, se elaboraron las guías de preguntas para la realización de entrevistas en profundidad de carácter semiestructurado⁵. Finalmente, los resultados obtenidos a partir de las entrevistas fueron sometidos a una triangulación de datos

⁵ Las guías de preguntas utilizadas para cada uno de los entrevistados se encuentran en el anexo metodológico de este trabajo.

2. Marco teórico y metodológico

con fuentes secundarias y entre los distintos entrevistados, con el objetivo de constatar la información relevada y de mejorar el alcance de la misma (Forni, 2010).

Respecto a las entrevistas, se utilizó el método bola de nieve hasta encontrar el punto de saturación teórica (Eisenhardt, 1989). En consecuencia, fueron realizadas 8 entrevistas en profundidad, de carácter semi-estructurado, entre los meses de agosto de 2018 y junio de 2019, a investigadores científicos, referentes del ámbito científico-tecnológico y empresarios del sector. En su mayoría, las entrevistas fueron realizadas de forma presencial y en el espacio de trabajo del entrevistado, solo dos de ellas fueron realizadas a través de Skype y una única entrevista se realizó vía correo electrónico. En la tabla 2, se detallan sus principales características indicándose el caso de estudio para el que fueron realizadas y ordenadas cronológicamente. Se especifica el nombre del/a entrevistado/a, su pertenencia institucional, el cargo ocupado por el cual fue entrevistado, la fecha de realización de la entrevista, la duración, y el tipo de comunicación.

La estrategia de análisis que se llevó adelante se construyó a partir de los siguientes pasos. En primer lugar, se desgrabaron manualmente todas las entrevistas realizadas a partir de lo que se obtuvo un documento específico para cada entrevista. Luego, a esos documentos se los organizó en relación a los casos abordados en cada uno de ellos, dando por resultado solo dos documentos a analizar, uno por cada caso. En tercer lugar, a través de su lectura, se pasó a identificar la mención a las distintas dimensiones de análisis que permitieran responder a los objetivos específicos de esta investigación. A continuación, se organizó una grilla de análisis conformada por los dos casos y las diferentes dimensiones identificadas con el objetivo de evaluar las respuestas obtenidas. Por último, se efectuó el análisis documental de las fuentes secundarias utilizadas, con el fin de constatar y completar la evidencia empírica relevada a través de las entrevistas.

Tabla 2.**Características de las entrevistas realizadas**

Entrevistado/a	Pertenencia institucional	Cargo	Fecha de la entrevista	Duración de la entrevista	Tipo de comunicación
Fernando Bravo-Almonacid	INGEBI-CONICET	Investigador Principal CONICET	10 de agosto de 2018	01:13:15	Presencial
Alejandro Mentaberry	MINCYT / CONICET	Coordinador Gabinete Científico Tecnológico / Investigador Principal CONICET / Director Científico INDEAR (2004-2012)	22 de agosto de 2018	01:33:58	Presencial
Gustavo Napolitano	TECNOPLANT	Gerente General	23 de agosto de 2018	58:07:00	Presencial
Mariana Giacobbe	BIOCERES	Gerenta General (2002-2011)	2 de octubre de 2018	01:16:20	Presencial
Raquel Chan	UNL-CONICET	Investigadora Superior CONICET	31 de octubre de 2018	-	Correo electrónico
Federico Trucco	BIOCERES	Director y CEO	30 de noviembre de 2018	57:30:00	Skype
Carlos Pérez	BIOCERES	Gerente Científico (2004-2008)	10 de diciembre de 2018	39:44:00	Skype
Silvia Oliver	ANPCYT (Dirección General de Programas y Proyectos Sectoriales y Especiales)	Directora General	28 de junio de 2019	52:29:00	Presencial

Finalmente, es necesario señalar que entre la determinación de los objetivos generales y específicos de esta investigación y su finalización han pasado tres años. Debido al nivel de dinamismo que tiene el desarrollo de biotecnología agrícola en Argentina, durante ese lapso de tiempo se han aprobado nuevos eventos transgénicos que fueron desarrollados en el país por INDEAR (Bioceres). Uno de ellos es una variedad de cártamo con expresión de pro-quimosina bovina en la semilla, que fue aprobado para su comercialización en diciembre de 2017. Este evento constituye el primer caso de desarrollo de *molecular farming*⁶ en

⁶ El *molecular farming* consiste en el diseño de plantas para la producción de proteínas y otras moléculas de alto valor.

2. Marco teórico y metodológico

Argentina. El segundo evento, fue aprobado en diciembre de 2018 de forma condicional⁷, y corresponde a una variedad de soja que, además de ofrecer tolerancia a la sequía, tiene apilado un evento de la empresa Monsanto por lo cual también ofrece resistencia al glifosato. Finalmente, se aprobó en junio de 2018 una variedad de alfalfa con tolerancia al glifosato y menor contenido de lignina. Aunque este evento fue desarrollado por Monsanto, la empresa le cedió los derechos y la comercialización al INDEAR. Sin embargo, estos nuevos avances continúan manteniendo características similares en el proceso de desarrollo, desregulación y comercialización que los eventos transgénicos realizados con anterioridad y que constituyen los eventos analizados en la presente investigación. Por ende, su aparición no altera los resultados obtenidos en esta tesis.

⁷ Por incorporar el gen de tolerancia a la sequía este evento deberá contar con el permiso de importación de China para poder ser comercializado.

3. ELEMENTOS GENERALES Y CONTEXTUALES DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

En este capítulo se desarrollan algunos de los principales elementos generales y contextuales asociados al problema de investigación. Para una mejor exposición, el capítulo se encuentra dividido en cuatro secciones. En la primera de ellas se presenta una breve historia del desarrollo y evolución de la ingeniería genética, y las primeras aplicaciones en cultivos comerciales. En la segunda sección, se exhibe el estado actual de la creación y difusión de los eventos transgénicos⁸ a nivel mundial, teniendo como principales ejes de análisis la cantidad de eventos aprobados y la superficie sembrada con este tipo de tecnología que hay en la actualidad. En tercer lugar, se presenta el estado de situación de la aplicación de cultivos transgénicos en Argentina, a partir de las características de la adopción de esta tecnología, el marco regulatorio en el cual ésta se inserta y las políticas públicas que acompañaron este proceso. Por último, se desarrollan los atributos más relevantes correspondientes a los cultivos de soja y papa en Argentina.

3.1 Desarrollo y evolución de la ingeniería genética. Su aplicación en cultivos

Los primeros aportes sobre genética fueron realizados por Charles Darwin en su libro “El origen de las especies” en el año 1859. En él se establecieron los cimientos de la teoría de la evolución a través del proceso de selección natural. En el año 1866, Gregor Mendel descubrió el carácter hereditario de ciertas características de las plantas a partir de un registro de veinte mil variedades. Sin embargo, el estudio de la genética como ciencia comenzó recién a comienzos del siglo XX cuando fueron redescubiertas por los biólogos Hugo De Vries, Carl Correns y Erich von Tschermak las leyes de la herencia que había dado a conocer Mendel años atrás y comenzaron sus aplicaciones en los campos de la agronomía, la veterinaria y la medicina (Cruz-Coke, 1999).

⁸ Un evento transgénico es una construcción de ADN insertada con un gen al que se le identificaron y clasificaron sus propiedades y funciones (Sztulwark, 2012).

3. Elementos generales y contextuales del problema de investigación

Luego, uno de los hitos más importantes en el campo de la biología molecular ocurrió en el año 1953, a partir del descubrimiento por parte de Watson y Crick de la estructura de doble hélice de la molécula de ácido desoxirribonucleico (ADN), que permitió conocer cómo es el proceso de reproducción de los genes y el mecanismo de transmisión de la información genética de padres a hijos. Este fue el inicio de la genética moderna que, junto con los experimentos de Cohen y Boyer, dieron lugar al primer organismo con ADN recombinante en el año 1973 y, de ese modo, posibilitaron un paso fundamental para el desarrollo de la moderna biotecnología y de lo que constituye su técnica fundamental: la ingeniería genética. A partir de ese momento, comenzaron a elaborarse múltiples aplicaciones para estos avances de la ciencia (Hobsbawm, 1996). En la medicina, por ejemplo, hacia el año 1978 se logró la clonación del gen de la insulina humana, y en el año 1985 se obtuvieron los primeros cerdos genéticamente modificados con capacidad para producir la hormona humana de crecimiento. A estas aplicaciones le siguieron la fabricación de otras hormonas, de vacunas y de diversos tratamientos para la salud que, hasta el día de hoy, continúan desarrollándose (Watson, 1968; Rifkin, 1998).

Propiamente en el caso agrícola, la ingeniería genética se concentró en la modificación de los cultivos para mejorar alguna o varias de sus características “originales”⁹. Una planta transgénica es aquella en la cual se ha introducido uno o varios genes nuevos o en la que se ha modificado la función de algún gen propio (Bisang *et al*, 2006). La transgénesis, como método de mejoramiento vegetal, es una técnica que ha revolucionado el mecanismo por el cual se transfiere la información genética entre organismos vivos. En comparación con las técnicas convencionales de mejoramiento vegetal, en las que el mecanismo se efectuaba mediante repetidos intentos de prueba y error sin el control sobre los genes transferidos, la transgénesis permitió la modificación controlada y dirigida del genoma¹⁰. Esta técnica no

⁹ La noción de características “originales” es relativa, dado que los cultivos están siendo mejorados por la mano del hombre desde hace más de diez mil años cuando se comenzó a seleccionar y cruzar los mejores ejemplares de las plantas dando origen a nuevas variedades. En este sentido, los cultivos que conocemos hoy fueron mejorados durante miles de años por los agricultores. La diferencia es que aquellos no conocían cómo ocurrían esos procesos (Esperbent, 2016).

¹⁰ La transgénesis se lleva a cabo por medio de diferentes técnicas, por ejemplo, la biobalística, los protoplastos, los métodos mediados por *agrobacterium*, entre otros (Privalle *et al*, 2012).

3. Elementos generales y contextuales del problema de investigación

sólo proporcionó mejoras en la precisión de las modificaciones, sino que a través de la incorporación de genes de otras especies habilitó la posibilidad de realizar cambios en el genoma que nunca podrían haberse efectuado por sí solos en la naturaleza (Sovova *et al*, 2016).

A nivel institucional, la industria agro-biotecnológica comenzó a desplegarse a partir del año 1980 cuando, con el fallo en *Diamond v. Chakrabarty*, la Corte Suprema de Estados Unidos dictaminó de forma indirecta que podía patentarse un organismo nuevo producto de la intervención humana, provocando un aumento de los capitales especulativos dirigidos hacia esa área (Bárcena *et al*, 2004). Ese mismo año, el acta *Bayh-Dole*, también en Estados Unidos, abrió el camino para la comercialización (vía patentes y licencias) del conocimiento científico generado en las universidades e instituciones públicas de investigación, incentivando la obtención de patentes dentro de la investigación básica (Coriat *et al*, 2003). Por último, otro elemento institucional fundamental para el desarrollo de la agro-biotecnología fue el marco regulatorio de biotecnología aprobado en Estados Unidos en el año 1986, que sirvió de modelo para los sistemas regulatorios aplicados en el resto del mundo. A partir de ese cambio institucional, se produjo un impresionante flujo de conocimiento científico hacia la industria, conformando redes entre corporaciones de biotecnología y universidades (Parayil, 2003). Estos hechos le confirieron al desarrollo institucional de la biotecnología, al menos en un comienzo, una impronta muy fuerte del modelo de innovación norteamericano.

Dentro de este marco, los primeros desarrollos de cultivos genéticamente modificados comenzaron a realizarse en la década de 1980 (Fukuda-Parr, 2007; Qaim, 2016). Hacia el año 1986 ya se realizaban pruebas de campo en Estados Unidos y Francia con cultivos transgénicos de tabaco (James y Krattiger, 1996). Sin embargo, recién a mitad de la década de 1990 estos desarrollos lograron instalarse en el mercado de insumos agrícolas. El punto de partida para la difusión comercial de los cultivos transgénicos fue la aprobación en el año 1992 en Estados Unidos de un tomate de maduración retardada al cual, para lograrlo, se le había bloqueado la expresión de un gen propio. Se trataba del tomate FlavrSavr,

3. Elementos generales y contextuales del problema de investigación

comercializado por la empresa Calgene¹¹. Este evento fue el que abrió la puerta hacia la implementación masiva de la ingeniería genética para el diseño y desarrollo de cultivos genéticamente modificados que ocurrió años después.

3.2 Estado actual de los eventos transgénicos a nivel mundial

A partir de mediados de la década de 1990 el desarrollo y la utilización de semillas transgénicas comenzó a difundirse fuertemente, esta tendencia de vio reflejada tanto en la cantidad de eventos aprobados como en el área de superficie sembrada. Hasta el año 2018, según los datos brindados por el *International Service for the Acquisition of Agri-Biotech* (ISAAA), se encontraban aprobados 518 eventos transgénicos diferentes¹² en el mundo que ocuparon un total de 189,8 millones de hectáreas sembradas, lo cual indica un nivel de adopción de esta tecnología equivalente a un promedio de casi 9 millones de hectáreas nuevas sembradas con cultivos genéticamente modificados por año a nivel mundial (James, 2017).

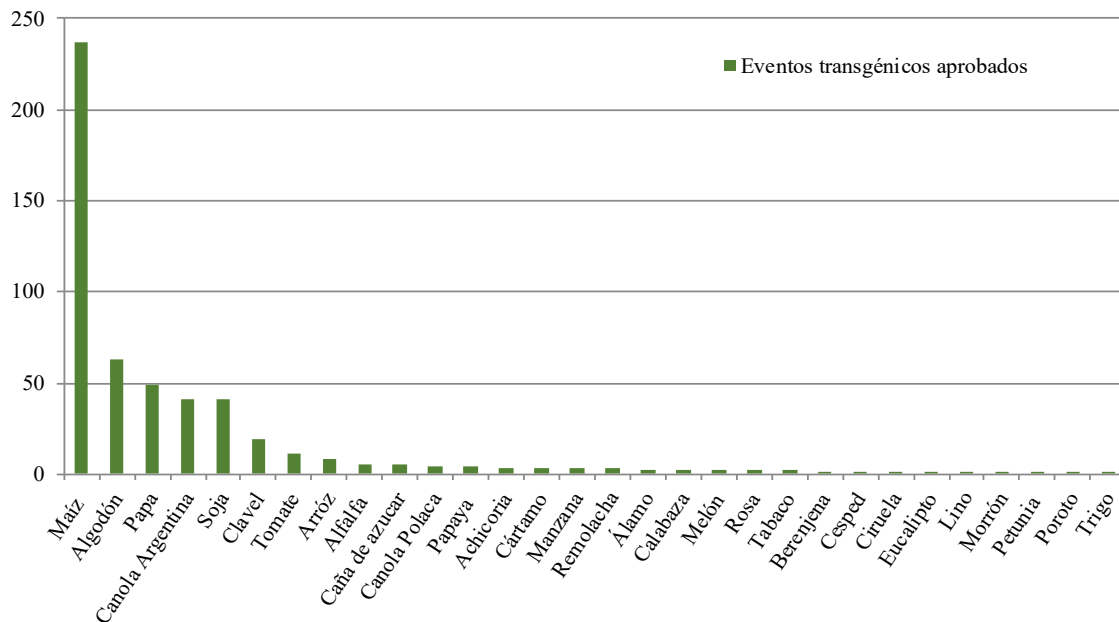
A su vez, desde un comienzo los eventos transgénicos que fueron aprobados estuvieron concentrados en muy pocos cultivos. En el Gráfico 1 se observa que sólo cinco cultivos (maíz, algodón, papa, canola argentina y soja) concentran más del 83% del total de los eventos aprobados, y si se incorporan los eventos para los cultivos de clavel, tomate y arroz, se alcanza a comprender el 90,5% del total de los mismos.

¹¹ Este producto, sin embargo, fue retirado del mercado en el año 1996. Su salida se explica en parte porque la modificación genética lograba retardar la descomposición del fruto una vez ya maduro, pero no lentificar su proceso de ablandamiento. Esto le significó a la empresa un importante nivel de desperdicio de la producción porque el producto llegaba a la venta minorista con daños en la piel y mostrando una baja calidad. A su vez, el precio de venta era superior al del tomate convencional, pero el consumidor no observaba cambios en la calidad que compensasen dicha diferencia (Harvey, 2004).

¹² Un mismo evento puede ser aprobado en diferentes países. Para evitar un problema de duplicación, se contabilizaron los eventos más allá de la cantidad de países en los que hayan sido aprobados.

Gráfico 1.

Eventos transgénicos aprobados a nivel mundial, 1992 a 2018: por cultivo

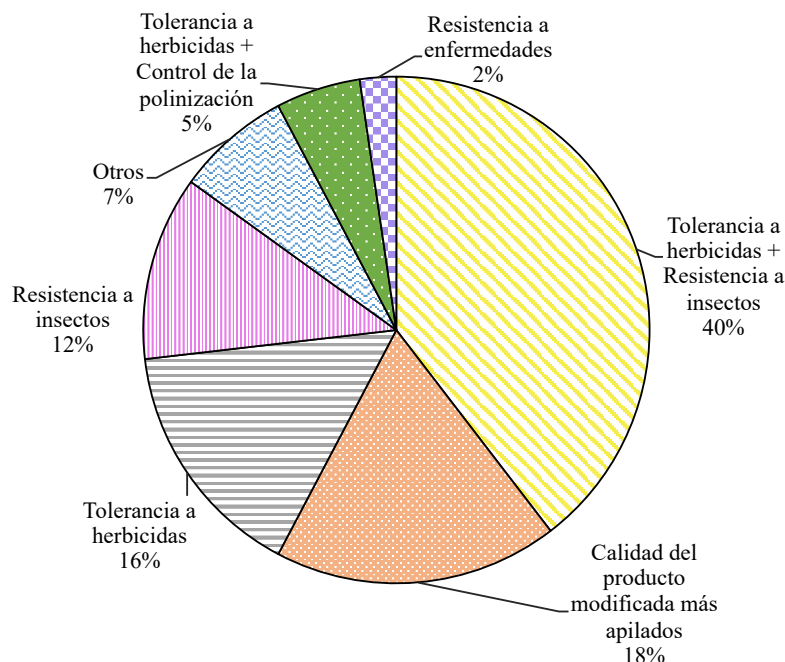


Fuente: Elaboración propia en base a datos publicados por ISAAA (2018)

Un análisis similar puede hacerse al observar cuáles son los rasgos o atributos que fueron modificados en las semillas a través de la transgénesis. Si bien existe un amplio abanico de mejoras que pueden realizarse en los cultivos transgénicos, los principales rasgos que han sido conferidos a las semillas modificadas tienen como objetivo proveer mejoras en el proceso de producción agrícola. En el Gráfico 2 se muestra que, de los 518 eventos transgénicos aprobados durante los años 1992 y 2018, el 16% corresponde a eventos que desarrollan plantas tolerantes a herbicidas, el 12% a eventos que confieren a las plantas de resistencia a insectos, y el 40% a eventos que apilan los dos rasgos anteriores. Esto quiere decir que solamente en dos atributos, orientados a incrementar la productividad del proceso agrícola, se agrupa casi el 68% de todos los eventos aprobados. En cambio, los eventos que incluyen modificaciones en la calidad del producto, como por ejemplo mejoras de tipo nutricional, hasta el momento no han logrado difundirse exitosamente a nivel comercial. A pesar de que muchos de ellos se encuentran aprobados para su comercialización, razones de orden económico, político y cultural, han limitado su difusión (Sztulwark y Girard, 2016b).

Gráfico 2.

Eventos transgénicos aprobados a nivel mundial, 1992 a 2018: por rasgo



Fuente: Elaboración propia en base a datos publicados por ISAAA (2018)

Por otro lado, desde el punto de vista del desarrollo y la comercialización de semillas transgénicas es conocido el alto grado de concentración en unas pocas empresas que existe. Estas empresas, pese a su carácter transnacional, tuvieron origen en los PD (en los cuales existen las condiciones estructurales para el desarrollo de innovaciones), y son las que se encargan de llevar adelante el proceso de desarrollo y difusión de la mayoría de los eventos transgénicos que son aprobados en los diferentes tipos de cultivos. El poder monopólico de esas empresas se sostiene mediante el patentamiento de las innovaciones y por medio de una estructura contractual que permite a dichas empresas controlar gran parte del mercado de semillas a nivel global (Sztulwark y Girard, 2016a). En este sentido, en la Tabla 3 se muestra que de los 518 eventos transgénicos aprobados hasta el año 2018, 485 fueron desarrollados por grandes empresas transnacionales y otras empresas o instituciones de PD, lo que equivale al 93,6% del total de los eventos transgénicos aprobados hasta el año 2018 a nivel mundial. Sólo 33 eventos aprobados fueron desarrollados por empresas o instituciones ubicadas en PED.

3. Elementos generales y contextuales del problema de investigación

Tabla 3

Eventos transgénicos aprobados a nivel mundial, 1992 a 2018: Por desarrollador

Desarrollador	Cantidad de eventos	Porcentaje sobre el total
BASF	9	1,74
Bayer CropScience y otros	59	11,39
Dow AgroSciences LLC y otros	42	8,11
DuPont	44	8,49
Monsanto y otros	163	31,47
Syngenta	100	19,31
Otras empresas o instituciones de PD	68	13,13
Empresas o Instituciones de PED	33	6,37
Total	518	100,00

Fuente: Elaboración propia en base a datos publicados por ISAAA (2018)

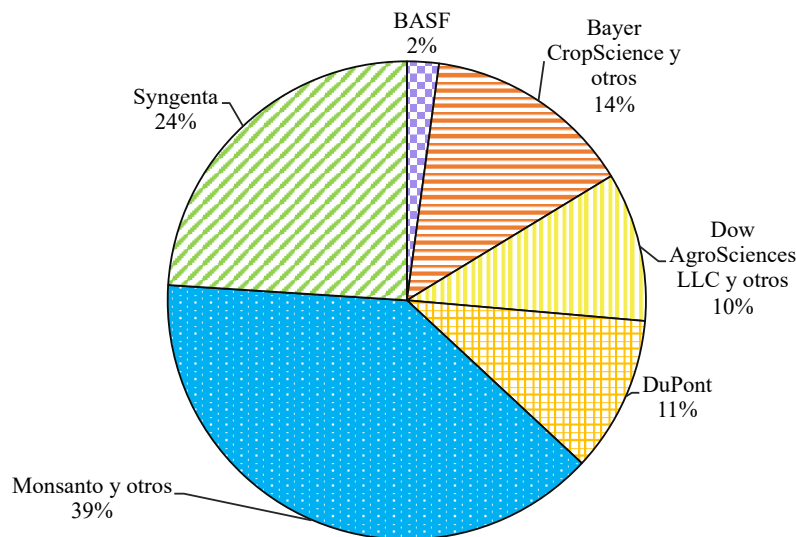
A partir de esta tabla también se observa que el 80,5% de los eventos transgénicos que fueron aprobados hasta el año 2018 han sido desarrollados por sólo seis empresas globales (conocidas como las "*Big Six*"). Ellas son: Monsanto, DuPont, Dow Chemical, BASF, Bayer y Syngenta. En el Gráfico 3 se puede observar cómo se distribuye el desarrollo de estos 417 eventos entre ellas. Se destaca que el 77% de estos desarrollos (o sea el 62% si consideramos la totalidad de los eventos aprobados) fueron realizados únicamente por tres empresas: Monsanto, Syngenta y Bayer CropScience.

Sin embargo, en la actualidad el nivel de concentración es aún mayor. En el año 2015 comenzó un proceso de fusiones y adquisiciones que comprometió a todas las grandes corporaciones de la industria agro-biotecnológica de Estados Unidos y Europa, con la excepción de BASF. A fines de ese mismo año comenzó el proceso de fusión, que concluyó en agosto de 2017, entre las empresas norteamericanas Dow y DuPont para la conformación de un nuevo grupo empresarial, DowDuPont, que alcanzó un valor bursatil de 130 mil millones de dólares, cuya división agrícola fue denominada Corteva Agriscience. En febrero del año 2016, la firma europea Syngenta fue adquirida en 43 mil millones de dólares por ChemChina, una empresa química propiedad del Estado chino. Por último, en septiembre del año 2016, Bayer acordó la compra de Monsanto en 66 mil millones de dólares. Sin embargo, algunas de estas operaciones aún se encuentran en curso debido a los requerimientos impuestos por las autoridades antimonopolio que, en algunos casos, exigen a las empresas que realicen desinversiones en ciertos mercados muy concentrados (Bonny, 2017).

3. Elementos generales y contextuales del problema de investigación

Gráfico 3.

Eventos transgénicos aprobados a nivel mundial desarrollados por empresas globales, 1992 a 2018



Fuente: Elaboración propia en base a datos publicados por ISAAA (2018)

No obstante, como se plasmó en la Tabla 3, estas empresas no son las únicas con capacidad de llevar adelante innovaciones en el campo de la biotecnología agrícola. Existen otros actores alternativos, aunque de una relevancia mucho menor en términos del mercado mundial, que tienen capacidades de innovación suficientes y que también participan en la realización de eventos transgénicos. Estas organizaciones (que pueden ser de carácter público, privado o mixto) plantean opciones tanto en términos de innovación como de la difusión de eventos transgénicos respecto a las empresas multinacionales que dominan el mercado. Esto es aún más relevante cuando se lo vincula con los PED, debido a que algunos de estos países se constituyeron como grandes adoptantes de estas tecnologías, pero históricamente su participación en el desarrollo de ésta ha sido mucho menor. En la Tabla 4 se muestran los eventos transgénicos que fueron desarrollados por empresas o instituciones alternativas a las *Big Six*. Poco más de la mitad de estas empresas u organizaciones pertenecen a PED¹³.

¹³ Para considerar a los países como desarrollados o en desarrollo se utilizó como referencia la clasificación utilizada por Naciones Unidas (UNDP, 2018).

3. Elementos generales y contextuales del problema de investigación

Tabla 4

Desarrolladores alternativos de cultivos transgénicos, según país y cantidad de eventos aprobados, 1992 a 2018.

Desarrollador	País	Cantidad de eventos
INDEAR	Argentina	2
Technoplant	Argentina	1
Verdeca	Argentina	1
Florigene Pty Ltd. (Australia)	Australia	15
Go Resources Pty Ltd	Australia	2
Nuseed Pty Ltd	Australia	1
Cotton and Sericulture Department (Myanmar)	Birmania	1
Centro de Tecnologia Canavieira (CTC)	Brasil	2
EMBRAPA (Brazil)	Brasil	1
FuturaGene Group	Brasil	1
Okanagan Specialty Fruits Incorporated	Canadá	3
University of Saskatchewan	Canadá	1
Beijing University	China	3
Huazhong Agricultural University (China)	China	3
Chinese Academy of Agricultural Sciences	China	2
Research Institute of Forestry (China)	China	2
Institute of Microbiology, CAS (China)	China	1
Origin Agritech (China)	China	1
South China Agricultural University	China	1
J.R. Simplot Co.	Estados Unidos	15
University of Florida	Estados Unidos	4
AgriTope Inc. (USA)	Estados Unidos	3
Cornell University and University of Hawaii	Estados Unidos	2
DNA Plant Technology Corporation (USA)	Estados Unidos	1
Stine Seed Farm, Inc (USA)	Estados Unidos	1
United States Department of Agriculture - Agricultural Research Service	Estados Unidos	1
Vector Tobacco Inc. (USA)	Estados Unidos	1
International Rice Research Institute	Filipinas	1
SEITA S.A. (France)	Francia	1
Genective S.A.	Francia / Alemania	1
Central Institute for Cotton Research and University of Agricultural Sciences Dharwad (India)	India	1
JK Agri Genetics Ltd (India)	India	1
Metahelix Life Sciences Pvt. Ltd (India)	India	1
Maharashtra Hybrid Seed Co (MAHYCO)	India	1
Nath Seeds/Global Transgenes Ltd (India)	India	1
PT Perkebunan Nusantara XI (Persero)	Indonesia	3
ICABIOGRAD	Indonesia	1
Agricultural Biotech Research Institute (Iran)	Irán	1
Suntory Limited (Japan)	Japón	6
National Institute of Agrobiological Sciences (Japan)	Japón	1
Bejo Zaden BV (Netherlands)	Países Bajos	3
Renessen LLC (Netherlands)	Países Bajos	1
Zeneca Plant Science and Petoseed Co	Reino Unido	3
Centre Bioengineering, Russian Academy of Sciences	Rusia	2
Total		101

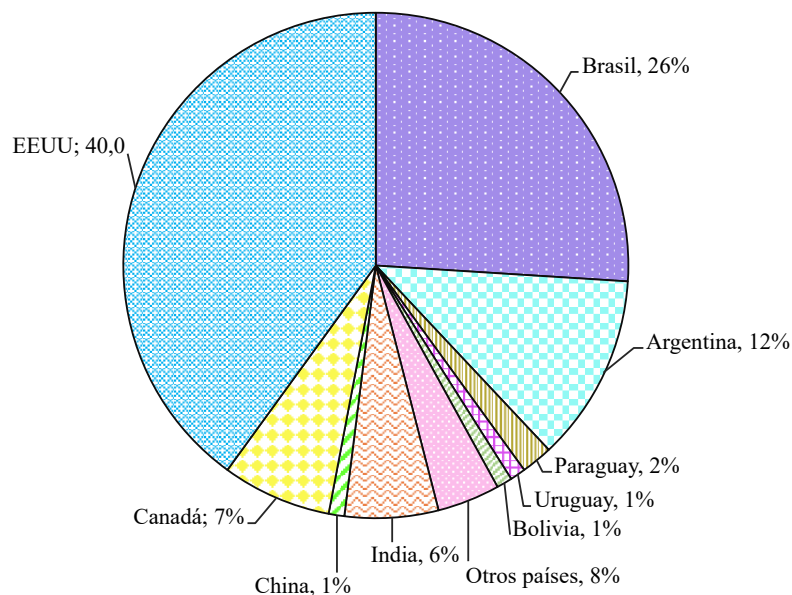
Fuente: Elaboración propia en base a datos publicados por ISAAA (2018)

3. Elementos generales y contextuales del problema de investigación

Por otro lado, para analizar cómo fue la adopción de esta tecnología es importante revisar la distribución a nivel geográfico de la superficie sembrada con semillas transgénicas. En este sentido, se observa que la incorporación para la siembra de cultivos transgénicos no sucedió de forma homogénea a nivel mundial. En el Gráfico 4 se presenta la superficie total sembrada con semillas transgénicas para el año 2017 por país. Allí puede observarse como Estados Unidos se destaca como el principal país adoptante, con un 40% de la superficie global sembrada con transgénicos. Sin embargo, los países de América del Sur (Brasil, Argentina, Paraguay, Bolivia y Uruguay, entre otros) alcanzaron en forma conjunta el 42% de la superficie global sembrada. Entre ellos se destaca fuertemente la preponderancia de Brasil y Argentina, que concentran el 38% del total. Otro espacio geográfico en el que la adopción de esta tecnología ha sido importante es Asia. Un punto a destacar es que de los 24 países que sembraron este tipo de cultivos en el año 2017, 19 de ellos son PED.

Gráfico 4

Superficie total sembrada con semillas transgénicas en 2017: por país



Fuente: Elaboración propia en base a datos publicados en James (2017)

En consecuencia, se verifica que la tecnología de semillas transgénicas ha tenido una amplia difusión en los países que conforman el MERCOSUR. En la actualidad, estos países constituyen el primer espacio regional del mundo en la producción de cultivos transgénicos, seguido por Estados Unidos, el país pionero en el desarrollo y uso de esta tecnología. Sin

3. Elementos generales y contextuales del problema de investigación

embargo, al momento de pensar el modelo de desarrollo de la biotecnología agrícola en la región, se destaca que la adopción temprana de esta innovación que tuvo un alto impacto productivo ocurrió sin el desarrollo y la comercialización de la propia tecnología. En efecto, si se analiza quienes fueron los actores económicos que llevaron estas tecnologías al mercado en estos países, la conclusión es contundente: de los 216 eventos biotecnológicos aprobados en los cuatro países del MERCOSUR, sólo 8 fueron desarrollados por empresas o instituciones locales¹⁴. Como se puede ver en la Tabla 5, el 96% de los eventos aprobados en la región son propiedad de un acotado conjunto de empresas multinacionales que son las que dominan el negocio mundial de las semillas transgénicas. De ese total, además, sólo dos empresas (Monsanto y Syngenta) concentran el 58% de los eventos aprobados.

Tabla 5

Eventos transgénicos aprobados en el MERCOSUR, 1992 a 2018: Por desarrollador y por país

Desarrollador	Argentina	Brasil	Uruguay	Paraguay	Total de eventos aprobados por desarrollador
BASF	2	1	1	1	5
Bayer CropScience	9	12	4	0	25
Dow AgroScience	8	16	3	3	30
Dow AgroScience y Dupont	1	0	1	0	2
DuPont	9	9	0	1	19
Tecnoplant Argentina	1	0	0	0	1
Verdeca	1	0	0	0	1
EMBRAPA	0	1	0	0	1
FuturaGene Group	0	1	0	0	1
Monsanto	23	32	14	12	81
Syngenta	22	16	3	5	46
INDEAR	2	0	0	0	2
Centro de Tecnologia Canavieira (CTC)	0	2	0	0	2
Total de eventos aprobados por país	78	90	26	22	216
Big Six/Total de eventos aprobados por país	95%	96%	100%	100%	

Fuente: Elaboración propia en base a datos publicados por ISAAA (2018)

¹⁴ No se le contabiliza a EMBRAPA un evento de soja que surgió de una asociación público-privada con BASF porque el gen de tolerancia a herbicida utilizado para realizar la modificación es propiedad de BASF.

3. Elementos generales y contextuales del problema de investigación

En conclusión, a partir de estos datos se desprende, como rasgo estructural, que la región ha demostrado tener una gran capacidad para adoptar la tecnología pero no así para desarrollarla. Por lo tanto, el desarrollo y la comercialización de la tecnología en la región se encuentra en poder de unas pocas empresas globales, que cada vez se encuentran más concentradas, y que tienen la capacidad de vincular los sistemas de innovación más desarrollados del mundo, generar innovaciones y luego desplegar capacidades empresariales para poder explotarlos económicamente a nivel mundial (Sztulwark y Girard, 2016a).

Dentro de este marco, el desarrollo de eventos transgénicos por parte de empresas nacionales es un hecho a destacar. En consecuencia, las condiciones bajo las cuales se desarrollaron los dos primeros eventos transgénicos en Argentina es lo se pretende abordar en los próximos capítulos de este trabajo.

3.3 La adopción de cultivos transgénicos en Argentina

Durante los años noventa en Argentina se consolidaron algunas reformas estructurales que habían comenzado a esbozarse a fines de la década anterior. Éstas incluyeron, entre otras cuestiones no menos importantes, procesos de desregulación de mercados, la conformación del MERCOSUR como espacio regional, y una fuerte apertura comercial. Específicamente, durante esta década, el sector agropecuario fue uno de los más dinámicos de la economía, con tasas de crecimiento positivas durante todo ese período. En este contexto, se llevó a cabo un fuerte proceso de cambio tecnológico en el sector. Este incluyó desde la intensificación en el uso de bienes de capital, herbicidas, pesticidas y fertilizantes, hasta la adopción de cultivos transgénicos (Trigo *et al*, 2002).

Por lo tanto, Argentina fue un país pionero en la incorporación de semillas transgénicas a la producción agrícola. La primera liberación comercial en el país de un evento transgénico ocurrió en el año 1996 (sólo meses después de su aprobación en Estados Unidos) y correspondió a una variedad de soja con tolerancia al glifosato que había sido desarrollada por Monsanto. Se trató de la soja RR, que tuvo una muy rápida difusión a nivel nacional (incluso superior a la registrada en Estados Unidos). A partir de ese momento, la cantidad de eventos aprobados y la superficie sembrada con semillas transgénicas creció rápidamente en

3. Elementos generales y contextuales del problema de investigación

el país¹⁵, al punto que la tasa de adopción de esta tecnología representa un proceso de incorporación tecnológica sin antecedentes a nivel local e internacional (Trigo, 2016)¹⁶.

En la actualidad la variedad de cultivos con eventos transgénicos aprobados en Argentina creció. Sin embargo, como se observa en el Gráfico 5, los cultivos tradicionales como el maíz, la soja y el algodón tienen una mayor preponderancia en el total de eventos aprobados en el país. La liberación comercial de eventos transgénicos en otro tipo de cultivos es un fenómeno de los últimos años. Este es el caso de la papa, el cártamo y la alfalfa, cuyo desarrollo o comercialización estuvo a cargo de empresas locales. Estas empresas son Tecnoplant para el cultivo de la papa e INDEAR (Bioceres) para el caso del cártamo y la alfalfa.

En lo que refiere a la superficie sembrada con semillas transgénicas en Argentina, el patrón de adopción también continúa atado a los cultivos tradicionales. Pese a que, como se mencionó anteriormente, en el año 2017 este país representó el 12% de la superficie total sembrada con cultivos transgénicos (el equivalente a 23,6 millones de hectáreas), en el Gráfico 6 se muestra que los únicos cultivos genéticamente modificados que se siembran en Argentina corresponden a soja, maíz y, en menor medida, algodón. Aunque han sido aprobados eventos transgénicos en otro tipo de cultivos, distintas trabas han dificultado el comienzo de su aplicación, por lo que hasta ese momento estas nuevas variedades no han comenzado a ser utilizadas.

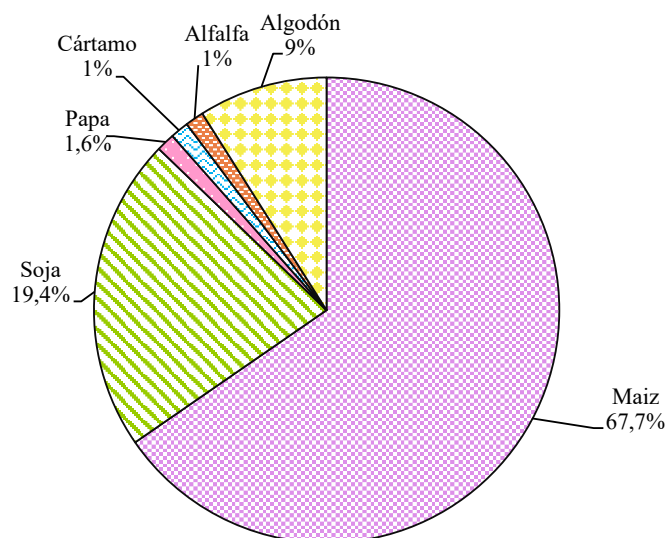
¹⁵ Trigo *et al* (2002) señalan que el área sembrada con soja transgénica pasó de representar menos del 1% de la superficie cultivada con soja en la campaña agrícola 1996/97, a ocupar más del 90% (el equivalente a 9 millones de hectáreas) en la campaña 2000/01.

¹⁶ Algunas de las razones que explican este fenómeno tienen que ver con similitudes agroecológicas entre la región pampeana y los agroecosistemas donde estas tecnologías fueron originalmente desarrolladas, la existencia de programas de fitomejoramiento consolidados, una industria de semillas y de servicios agropecuarios desarrollados, la existencia de un marco institucional acorde y, sobre todo, la plena compatibilidad de estas tecnologías con la siembra directa que era una práctica que había comenzado a difundirse años atrás (Trigo, 2016).

3. Elementos generales y contextuales del problema de investigación

Gráfico 5.

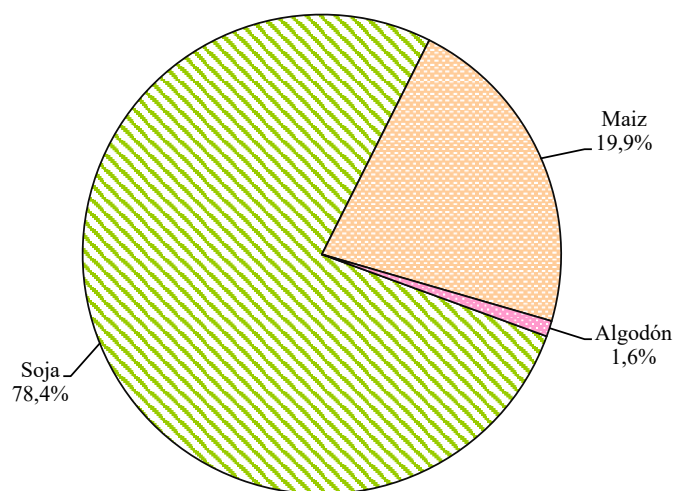
Eventos transgénicos aprobados en Argentina, 1992 a 2018: Por cultivo



Fuente: Elaboración propia en base a datos publicados por ISAAA (2018)

Gráfico 6.

Superficie sembrada con semillas transgénicas en Argentina en 2017: Por cultivo



Fuente: Elaboración propia en base a datos publicados por ISAAA (2017)

3. Elementos generales y contextuales del problema de investigación

3.3.1 El marco regulatorio local

Para que este proceso de adopción tecnológica tan veloz pudiera desplegarse en el país fue necesaria la conformación de un marco regulatorio que estableciera los criterios que deben ser satisfechos para la liberación comercial de los eventos transgénicos. Estos deben ser evaluados respecto a su posible toxicidad, su potencial alergénico o de causar daños en el ecosistema, y otros posibles efectos involuntarios que pudieran resultar de la inserción de nuevos genes en la planta huésped (como, por ejemplo, la desactivación de la expresión de genes importantes). El objetivo es demostrar que la semilla transgénica es tan segura como su contraparte convencional (Privalle *et al*, 2012).

El primer paso en este sentido fue la creación de la Comisión Nacional Asesora de Biotecnología Agropecuaria (CONABIA), bajo la esfera de la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca (SAGYP), en el año 1991. Este órgano se encuentra constituido por representantes del sector público y del sector privado expertos en la temática y, junto con la Dirección de Biotecnología, tiene por objetivo regular las actividades relacionadas con organismos genéticamente modificados (OGM) de uso agropecuario, a través de la evaluación del posible impacto ambiental que estas pudieran tener, con el fin de garantizar la bioseguridad del agroecosistema. De este modo, la CONABIA recibe solicitudes para la realización de pruebas de campo con OGM que son analizadas por especialistas. En esa instancia se consideran tanto las características del OGM en cuestión como también el objetivo de la actividad a desarrollar, las condiciones en las que se la realizará y la idoneidad del solicitante¹⁷.

El segundo paso que se debe cumplir para la liberación comercial de un evento transgénico es obtener la autorización por parte del Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA). Este organismo forma parte de este marco regulatorio y su función es evaluar la inocuidad del OGM para su uso alimentario, humano y animal¹⁸.

¹⁷ Para una descripción más detallada de este proceso ver Res. SAGYP N° 701/11.

¹⁸ Res. SENASA N° 412/02.

3. Elementos generales y contextuales del problema de investigación

En tercer lugar, un evento transgénico debe obtener un dictamen positivo de la Dirección de Mercados Agrícolas del Ministerio de Agroindustria¹⁹. En este caso se evalúa el impacto a nivel productivo y comercial respecto de la liberación del OGM. Para ello se tiene en cuenta si el evento transgénico fue liberado en los mercados de destino y si su incorporación a la oferta exportable del país limita el acceso a nuevos mercados. Por lo tanto, sólo son aprobados los eventos transgénicos que ya se encuentran liberados en los mercados importadores de estos productos. Este criterio, por un lado, le permitió al país seguir una "política espejo" que sirvió para continuar exportando a Europa, incluso luego de la moratoria de facto iniciada en el año 1998²⁰ (Vara, 2004). Pero, por otro lado, opera como una limitación para el desarrollo local de innovaciones en transgénicos a nivel mundial, dadas las escasas posibilidades de poder obtener la aprobación comercial rápidamente en el país de origen. Lo mismo ocurre para desarrollos en cultivos que son de gran importancia a nivel local pero que, al no ser prioritarios para el resto de los países, existe el riesgo de que nunca obtengan su aprobación comercial en ellos y, por lo tanto, tampoco en Argentina. Asimismo, la participación de la Dirección de Mercados Agrícolas en el proceso de evaluación de un OGM es un hecho que diferencia el sistema regulatorio local de otros, como el de Estados Unidos, que no se encuentran tan orientados a la exportación (Vara *et al*, 2012).

Finalmente, cada uno de los organismos que participó de la evaluación debe emitir un dictamen no vinculante que es presentado ante la SAGYP del Ministerio de Agroindustria, quien finalmente decide la autorización o no del desarrollo y comercialización de los OGM analizados. Cumplir este proceso en su totalidad es una tarea que puede demandar varios años.

Por último, cabe destacar que el marco regulatorio de Argentina toma como objetivo de evaluación al producto y no al proceso con el cual éste fue obtenido. Esto implica que las evaluaciones se realizan caso por caso en función de las características del producto y del uso al cual éste esté destinado. Por ende, las cuestiones relativas al proceso sólo son observadas

¹⁹ Res. SAGYP N° 510.

²⁰ A partir de la cual se detuvieron todas las aprobaciones de eventos transgénicos en Europa hasta que se estableciera un nuevo marco normativo. La moratoria fue anunciada en julio de 1999 y comenzó a levantarse en el año 2004 con la aprobación del maíz Bt-11 (Tomás, 2005).

3. Elementos generales y contextuales del problema de investigación

en el caso en que éste implicara algún tipo de riesgo ambiental, para la producción agropecuaria o para la salud humana o animal (Trigo *et al*, 2002).

3.3.2 Políticas públicas orientadas al desarrollo de biotecnología

En Argentina la institucionalización de las actividades científicas y tecnológicas comenzó de forma muy incipiente a mediados del siglo XIX²¹. Sin embargo, no fue hasta la década de 1950 cuando fueron creadas las primeras instituciones destinadas a la política, al planeamiento y a la promoción de la ciencia y la tecnología (Albornoz, 2001). En este sentido, uno de los hitos más importantes ocurrió en el año 1958 cuando se creó el CONICET. Este organismo, dedicado exclusivamente a la investigación, cuenta con presupuesto propio y tiene por objetivos promover, coordinar y orientar las investigaciones científicas y tecnológicas. Por su parte, hacia mediados de la década del cincuenta las universidades nacionales comenzaron un proceso de “modernización académica” el cual sentó las bases institucionales para la profesionalización de la investigación (Prego y Vallejos, 2010). De este modo, en Argentina, se constituyeron dos pilares para la actividad científica: las universidades nacionales y el CONICET.

Otro hito de envergadura ocurrió en el año 1984 y fue la transformación de la Subsecretaría de Ciencia y Técnica, que se encontraba bajo la órbita de la Secretaría de Planeamiento de la Presidencia, en la Secretaría de Ciencia y Tecnología (SECYT) perteneciente (junto con el CONICET) al Ministerio de Educación y Justicia, en un intento de equiparar las jerarquías entre ambos espacios. A partir de estas reformas, se comenzaron a identificar áreas de atención prioritarias entre las cuales se encontraba la biotecnología²² y comenzó un proceso débil de fomento para el retorno de científicos exiliados (Albornoz y Gordon, 2011).

Durante los años noventa, cambió el enfoque de las políticas de ciencia y tecnología que había existido hasta entonces. Comenzó a implementarse un modelo, inspirado en la agenda

²¹ A partir de la creación del Servicio Meteorológico Nacional en 1872, y del Instituto Geográfico Nacional y el Servicio de Hidrografía Naval en 1879.

²² Otras áreas identificadas como prioritarias fueron: la electrónica, los estudios sobre fiebre aftosa y mal de Chagas, las micotoxinas y los complejos agroindustriales (Albornoz y Gordon, 2011).

3. Elementos generales y contextuales del problema de investigación

de los organismos internacionales de crédito, en el cual la innovación se constituyó como eje de las políticas científico-tecnológicas, la empresa privada como motor de la innovación y el Estado como herramienta de apoyo. En este contexto, en el año 1996 se creó la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCYT) con el objetivo de concentrar los distintos instrumentos de promoción para la ejecución de proyectos de investigación y el fomento de la innovación tecnológica en las empresas (Bekerman, 2016).

A partir del año 2003, comenzó un periodo de ampliación de presupuesto para el sector de ciencia y tecnología, el cual había sido fuertemente castigado por la crisis económica de comienzo de los años 2000. Este incremento del presupuesto estuvo acompañado de una ampliación a nivel institucional del CONICET (a partir de la aumento del número de becas y de la reapertura de la carrera de investigador), un incremento de las dedicaciones ofrecidas por las universidades, una mayor capacidad de financiamiento por parte de la ANPCYT (que se vio reflejada en el aumento de los proyectos financiados) y el diseño de programas más focalizados. En ese marco, se produjo la negociación de un programa con el Banco Mundial por el cual fueron establecidos tres pilares fundamentales de promoción: la biotecnología, la nanotecnología y las tecnologías de la información y la comunicación (TIC's). Esto significó un cambio de modalidad en relación al direccionamiento de los fondos para financiamiento de proyectos muy importante. En relación a ello, desde la Dirección General de Programas y Proyectos Sectoriales y Especiales de la ANPCYT se afirma:

*"Entre el 2003 y el 2007 se negociaron varios programas mucho más orientados. El del (Banco) Mundial se toma casi como plataforma (nano, bio y TICS), y el del BID empieza a trabajar en sectores (agroindustria, salud, energía, desarrollo social). Entonces se armó con eso una matriz intentando orientar."*²³

Finalmente, en el año 2007 se produjo la creación del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (MINCYT), a partir del cual se le dio rango ministerial a la antigua SECYT, lo que fue celebrado como un reconocimiento a la importancia política de la ciencia (Albornoz y Gordon, 2011).

²³ S. Oliver, comunicación personal.

3. Elementos generales y contextuales del problema de investigación

Por lo tanto, es dentro de este contexto general que se enmarcó el proceso de adopción de innovaciones biotecnológicas y los esfuerzos por lograr su desarrollo a nivel local. Desde la aprobación del primer evento transgénico en Argentina en el año 1996, se inició en el país un proceso sostenido de incorporación de eventos transgénicos en el marco de una política de apoyo que se sostuvo de manera permanente durante las últimas décadas, donde se verifica un amplio predominio de actores transnacionales. No obstante, como se mencionó anteriormente, desde hace unos pocos años Argentina comenzó a desregular algunos eventos transgénicos propios. Esta dinámica innovativa se dio en el marco de una política explícita de promoción de la agro-biotecnología en Argentina, a partir de la identificación de la biotecnología como área prioritaria de desarrollo (Arza y Carattoli, 2012). En efecto, se verifican una serie de acciones de política pública orientadas a promover este tipo de actividades. Entre las más importantes, se destacan:

- El Programa Nacional de Biotecnología (1982-1991, SECYT), orientado a la financiación de proyectos para el desarrollo del sector.
- El Programa Argentino-Brasileño de Integración (1984, SECYT), cuyo propósito estaba orientado a alcanzar la autonomía tecnológica en áreas clave, como la informática y la biotecnología.
- El Programa Nacional Prioritario de Biotecnología (1992-1996, SECYT), de carácter similar al programa anterior, con la salvedad de que éste se encontraba orientado a la financiación de proyectos de investigación concertados con el sector privado.
- El Programa de Biotecnología del Plan Plurianual de Ciencia y Tecnología (1998-2000, SECYT), en el que se establecieron prioridades temáticas para la financiación de proyectos de I+D.
- El Plan Estratégico Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación del Bicentenario (2006-2010, MINCYT), en el cual se declaró a la Biotecnología como área temática prioritaria y se desarrollaron una serie de instrumentos aplicados de promoción como el Programa de Área Estratégica (PAE), los Proyectos de Investigación y Desarrollo (PID) y el Fondo Argentino Sectorial (FONARSEC). Estos instrumentos tienen por objetivo promover la creación de consorcios inter-institucionales públicos y privados

3. Elementos generales y contextuales del problema de investigación

con el fin de mejorar la articulación entre empresas e instituciones de investigación básica y de incentivar la transferencia tecnológica.

- El Plan Estratégico para el Desarrollo de la Biotecnología Agropecuaria (2005-2015, SAGPYA), que previó acciones de estímulo para el desarrollo de la biotecnología agropecuaria.
- La Ley de Promoción del Desarrollo y Producción de la Biotecnología Moderna (26.270/07), en la que se estipularon beneficios impositivos para la producción de bienes y servicios, para la realización de proyectos de I+D y emprendimientos dentro del territorio nacional. Además, creó un fondo de estímulo para el financiamiento del capital inicial.
- La constitución como Núcleo Socio-Productivo Estratégico del mejoramiento de cultivos y producción de semillas (Idígoras, 2013), el cual orienta las políticas en ciencia, tecnología e innovación aplicadas al sector y constituye una Mesa de Implementación para definir cursos de acción y posibles metas dentro de un período de tiempo. Los objetivos establecidos abarcaron desde la formación de recursos humanos y el incentivo a la investigación básica hasta el desarrollo de plataformas tecnológicas de servicios para apoyo a las empresas semilleras.
- La participación en iniciativas de cooperación regional como:
 - El Centro Argentino-Brasileño de Biotecnología (CABBIO), creado en 1987, cuya finalidad es promover las interacciones entre las instituciones científicas y el sector productivo a través de la implementación de proyectos binacionales y de la capacitación de recursos humanos a través de la Escuela Argentina-Brasileña de Biotecnología (EABBIO).
 - La plataforma BIOTECSUR, creada en 2005, es la plataforma de biotecnología del MERCOSUR. Surgió como una iniciativa de cooperación entre el MERCOSUR y la Unión Europea que tiene como objetivo articular actores públicos y privados para el desarrollo de investigaciones sobre temas prioritarios para la región.

3. Elementos generales y contextuales del problema de investigación

- El Foro Argentino de Biotecnología (FAB), creado en 1986, es una entidad privada cuyo objetivo es promover la biotecnología y facilitar la articulación entre el sector científico, productivo y gubernamental.
- El Programa Cooperativo para el Desarrollo Tecnológico Agroalimentario y Agroindustrial del Cono Sur (PROCISUR), creado en 1980, busca integrar y articular instituciones científicas vinculadas a lo agropecuario de Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay, y el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).
- La Red de Cooperación Técnica en Biotecnología Vegetal (REDBIO/FAO), creada en 1990, es una red que promueve el uso de la biotecnología para el desarrollo agropecuario y forestal a nivel regional, e impulsa la conservación de los recursos fitogenéticos.

A su vez, como se mencionó previamente, la existencia en el país de instituciones científicas y tecnológicas (como las universidades públicas, el CONICET, entre otras) capaces de generar invenciones localizadas pero de potencial impacto global, le confieren a la Argentina un nivel importante de capacidades de investigación para el desarrollo de biotecnología agrícola (Trigo *et al*, 2002).

Sin embargo, a pesar de la implementación en las últimas décadas de estas políticas explícitas, existen dos restricciones fundamentales que tienen que ver con la magnitud de los recursos invertidos en el sistema de conocimiento y con la construcción de capacidades de innovación para explotar económicamente el conocimiento a una escala global.

En este sentido, cabe destacar que en el año 2016 Argentina invirtió el 0,53% de su PBI en I+D mientras que Estados Unidos (país con un importante y consolidado sistema de conocimiento) realizó una inversión equivalente al 2,74%. Para dimensionar esta inversión en términos de la población de cada país, lo que se verifica es que mientras Estados Unidos invierte 1580,31 dólares por habitante, Argentina invierte 67,81 dólares. Esto muestra, para el caso argentino, una inversión en I+D por habitante 23 veces menor que la que realizó Estados Unidos (RICYT, 2019). En términos específicos de la inversión realizada en el sector agropecuario, en el año 2016, Argentina invirtió 408 millones de dólares en todo el conjunto

3. Elementos generales y contextuales del problema de investigación

de actividades de I+D que engloban las ciencias agrarias (Stats OECD, 2019). Sin embargo, la inversión de Estados Unidos únicamente en biotecnología agrícola fue, para el año 2014, de 593 millones de dólares (NIFA, 2019).

Respecto del esfuerzo innovativo, se destaca que en el año 2016 en Argentina el 73,06% del gasto en I+D fue realizado por el gobierno y sólo el 18,24% lo realizaron empresas (públicas y privadas). Sin embargo, en Estados Unidos la relación es inversa, el 25,08% del gasto en I+D lo realiza el gobierno, mientras que el 62,32% lo llevan adelante las empresas (RICYT, 2019). Asimismo, se estima que la inversión que realizan en actividades de I+D las empresas dedicadas a la biotecnología en Argentina es cercana a los 90 millones de dólares anuales, de los cuales el 65% de esa inversión es realizada por empresas vinculadas con la producción de semillas (Anlló *et al*, 2016). Estos datos entran en contraste cuando se compara con la inversión realizada por algunas empresas de carácter transnacional en el mismo rubro. En este sentido, sólo Monsanto realizó en el año 2017 una inversión en I+D de 1.607 millones de dólares, el equivalente al 54,36% del gasto total que Argentina realizó en todas las actividades de I+D (Statista, 2019).

En conclusión, si bien desde hace varias décadas existen distintas políticas públicas orientadas al desarrollo de la biotecnología y ésta ha sido considerada como un área temática prioritaria de desarrollo para el país, al revisar los recursos destinados se observa que el cumplimiento de los umbrales mínimos tanto para la invención como para la innovación está lejos de asemejarse al que efectúan países o empresas que logran desarrollar innovaciones de alcance global.

3.4 Principales características de los cultivos de papa y soja en Argentina

Históricamente en Argentina las actividades agropecuarias tuvieron una gran significancia en términos tanto económicos como políticos. Las grandes extensiones de suelo cultivable, su amplia productividad y la variedad de climas, entre otros factores, han permitido que este sector se convirtiese en el principal proveedor de divisas en la economía. Por lo tanto, gran parte de la estrategia productiva nacional y de comercio exterior se ha centrado en el desarrollo de este sector. Actualmente la producción agropecuaria es responsable del 7,6%

3. Elementos generales y contextuales del problema de investigación

del Producto Bruto Interno (PBI) y los cultivos agrícolas representan el 65% de ese aporte, siendo la soja, el maíz y el trigo los principales cultivos sembrados en el país (INDEC, 2019).

A continuación, se presentan los rasgos más significativos de los cultivos que son analizados en este trabajo: la papa y la soja. El objetivo es observar sus principales características dado que fueron los elegidos por dos empresas argentinas para, en conjunto con instituciones científicas públicas, desarrollar los primeros eventos transgénicos del país.

3.4.1 El cultivo de papa en Argentina

La papa es un cultivo originario del continente americano que ha logrado una gran difusión en el mundo entero, es el cuarto alimento más importante a nivel mundial (después del arroz, el trigo y el maíz). Argentina se encuentra entre los 30 principales productores de papa en el mundo (de un total de 160 países que siembran este cultivo) y es el tercer productor en la región, por detrás de Perú y Brasil (FAOSTAT, 2019). A nivel global, la producción de papa se destina principalmente para consumo humano, pero también es utilizada por la industria química, textil, papelería y farmacéutica (Curcio y Colamarino, 2009).

En Argentina la papa es un cultivo de consumo local masivo, cuya producción se encuentra estabilizada alrededor de los 2 millones de toneladas desde el año 2004 (para los años previos ese nivel productivo corresponde al promedio de la producción, pero con una gran variabilidad). Las principales zonas productoras se encuentran localizadas en la provincia de Buenos Aires, Córdoba y Tucumán. Por su parte, la superficie cosechada también se encuentra relativamente estable desde el mismo año en 70 mil hectáreas. Sin embargo, lo que se observa de forma previa al año 2004 es una tendencia descendente de esta variable, la cual no impactó en los niveles de producción debido al aumento de los rendimientos que experimentó este cultivo hasta finales de la década de 1990²⁴, momento en el cual estos se estabilizaron en 30 toneladas por hectárea cosechada (casi un 50% superior a la productividad

²⁴ Las razones de este aumento tienen que ver con una mejora en la eficiencia del manejo del cultivo a partir de la rápida adopción y difusión de mejoras tecnológicas como, por ejemplo, la introducción de nuevas variedades, la aplicación de fertilización y la implementación de técnicas de riego complementario (Franco, 2014).

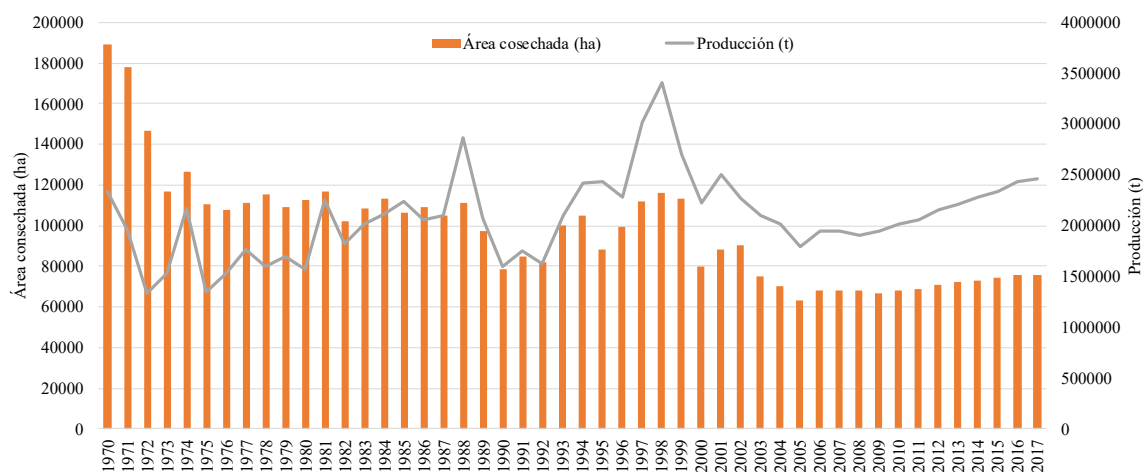
3. Elementos generales y contextuales del problema de investigación

mundial). En el Gráfico 7 se detalla la información sobre niveles de producción y superficie cosechada de papa en Argentina correspondiente al período 1970-2017.

Por otro lado, es importante señalar que, dentro de la estructura de costos de la producción de papa, la compra de la semilla es el costo más importante que deben afrontar los productores, principalmente cuando siembran la variedad Spunta, que es la más difundida en el país. Luego, le sigue en importancia los costos asociados a la utilización de agroquímicos y fertilizantes, a la cosecha, al riego y al arrendamiento. Sin embargo, en el caso de la papa destinada a la industria, los costos de comercialización son superiores a los que implica la compra de la semilla (González y Rodríguez, 2011).

Gráfico 7

Producción y superficie cosechada de papa en Argentina, 1970 a min2017



Fuente: Elaboración propia en base a datos publicados por SAGYP y FAO (2019)

Como se señaló previamente, la papa es un producto que tiene como principal destino el consumo interno. En este sentido, González y Rodríguez (2011) analizaron los coeficientes de exportación de la papa para consumo en fresco correspondiente a los principales países productores y los que cuentan con mayor volumen de exportación, y concluyeron que el ratio es menor al 10%. En el caso de Argentina, según datos correspondientes al año 2008, cerca del 1% de la producción total es exportada, y el 93% de las exportaciones corresponden a la

3. Elementos generales y contextuales del problema de investigación

papa para consumo en fresco²⁵. Los principales destinos de estas exportaciones son Chile, Brasil, Uruguay y otros países de la región como Bolivia y Paraguay (Curcio y Colamarino, 2009).

Por otro lado, cabe destacar que el 25% de la producción total de papa en Argentina atraviesa un proceso de industrialización que deriva en diferentes productos donde el principal es la papa bastón prefrita congelada, aunque también están incluidos los snacks y purés instantáneos. Un punto significativo en esta cuestión fue la instalación en Argentina durante los años 1995 y 1996 de dos plantas elaboradoras de papas prefritas que tuvieron por objetivo abastecer el mercado interno y externo²⁶. Estas plantas, ubicadas cerca de las zonas productoras, con el fin de garantizar el abastecimiento del insumo, hicieron crecer en gran medida la demanda industrial de papa. A su vez, a partir de su instalación, Argentina elevó los niveles de exportaciones de papa prefrita congelada a los países de la región, siendo el principal destino Brasil el cual absorbe el 76% de las ventas (Franco, 2014).

Con respecto al desarrollo de semillas transgénicas para la producción de este cultivo, a nivel mundial se encuentran aprobados 49 eventos transgénicos de los cuales casi el 90% fueron desarrollados por Monsanto y la empresa estadounidense Simplot. Las variedades transgénicas desarrolladas por estas empresas se enfocaron principalmente en conferir al cultivo de papa de resistencia a insectos y de mejorar la calidad del producto a partir de la reducción de acrilamida (un compuesto tóxico que aparece en la papa al freírla). Sin embargo, en Argentina no se encuentra aprobado ninguno de los eventos transgénicos mencionados.

3.4.2 El cultivo de soja en Argentina

Actualmente Argentina se destaca a nivel global por la producción de soja y sus derivados. En ese cultivo es el tercer país productor más importante del mundo, detrás de Estados

²⁵ El cultivo de papa deriva en tres tipos de producto: la papa para consumo en fresco, para procesamiento industrial y para ser vendida como semilla.

²⁶ En el año 1995 la empresa de origen canadiense McCain instaló su planta en Balcarce (Buenos Aires) desde donde provee papas congeladas al resto del MERCOSUR, y en el año 1996 la empresa de origen holandés Farm Frites International comenzó sus actividades en el país al ubicar su planta en Munro (Buenos Aires).

3. Elementos generales y contextuales del problema de investigación

Unidos y Brasil. Esta condición fue alcanzada a partir de la aprobación del primer evento transgénico en el año 1996. Desde ese momento, la importancia de la producción de soja a nivel interno comenzó a crecer al punto de formar parte de la agenda económica, política y ambiental de manera significativa.

A su vez, la soja es el principal cultivo del país. Sin embargo, esto no ha sido siempre así. A comienzos de la década del '70 este cultivo era insignificante para la producción agrícola argentina que en general se encontraba dominada por el trigo. En la actualidad esta condición se ha revertido. En términos productivos, en la campaña 2016/2017 la soja representó casi 40% del total de la producción agrícola. A su vez, en relación a la superficie sembrada, para la misma campaña, este cultivo implicó poco más del 45% de la superficie total implantada en el país (que se encuentra cerca de las 40 millones de hectáreas) seguida muy de lejos por el maíz, el segundo mayor cultivo sembrado, con una participación del 21% (SAGYP, 2019).

Además de la marcada importancia relativa que tiene el cultivo de soja en Argentina, en los últimos años éste experimentó un gran crecimiento en sus propios términos. En el Gráfico 8 se presentan los datos correspondientes desde las campañas 1990/91 hasta 2016/2017 para los principales cultivos de Argentina: soja, maíz, trigo y girasol. Allí, se observa que la producción de soja se ha quintuplicado durante ese período²⁷, mientras que el resto de los cultivos, con excepción del maíz en los últimos años, se ha mantenido relativamente estable. Un fenómeno similar ocurre con la superficie sembrada, ello se observa en el Gráfico 9. Asimismo, tanto la producción como la superficie implantada se encuentra mayormente concentrada en solo tres provincias: Buenos Aires, Córdoba y Santa Fe, aunque en los últimos años es notable el crecimiento de la participación de regiones extrapampeanas en la producción de este cultivo.

Los motivos por los cuales ha ocurrido este fenómeno expansivo pueden encontrarse en el aumento del precio internacional de este producto (sobre todo a partir de la irrupción de la demanda china), las características adecuadas del suelo argentino para la producción de este cultivo y la mejora en el rendimiento a partir de la introducción del paquete tecnológico

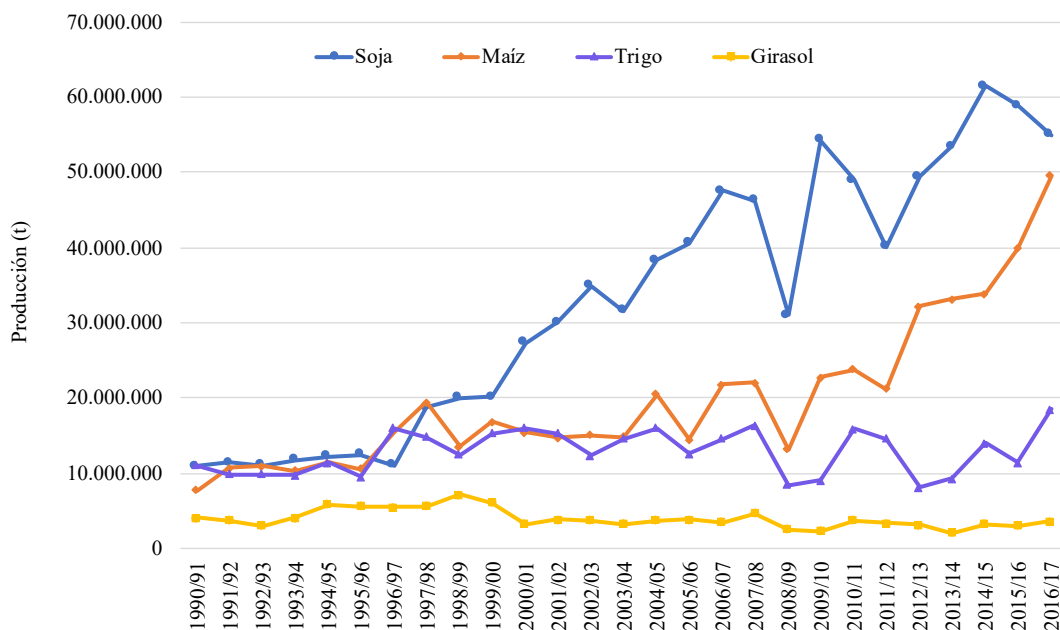
²⁷ Más del 90% de la producción de soja es exportada y su principal destino es China, país que absorbe alrededor del 80% de la producción.

3. Elementos generales y contextuales del problema de investigación

(basado en el empleo de semillas transgénicas, biocidas asociados, y la implementación de la siembra directa) que ha permitido sobre todo reducir los costos productivos (se estima que la reducción de costos del empleo de semillas tolerantes a herbicidas es en promedio de 20 USD/ha²⁸) y acortar los tiempos de rotación (Satorre, 2005; Bisang *et al*, 2008).

Gráfico 8

Producción de soja, maíz, trigo y girasol en Argentina, 1990/91 a 2016/17



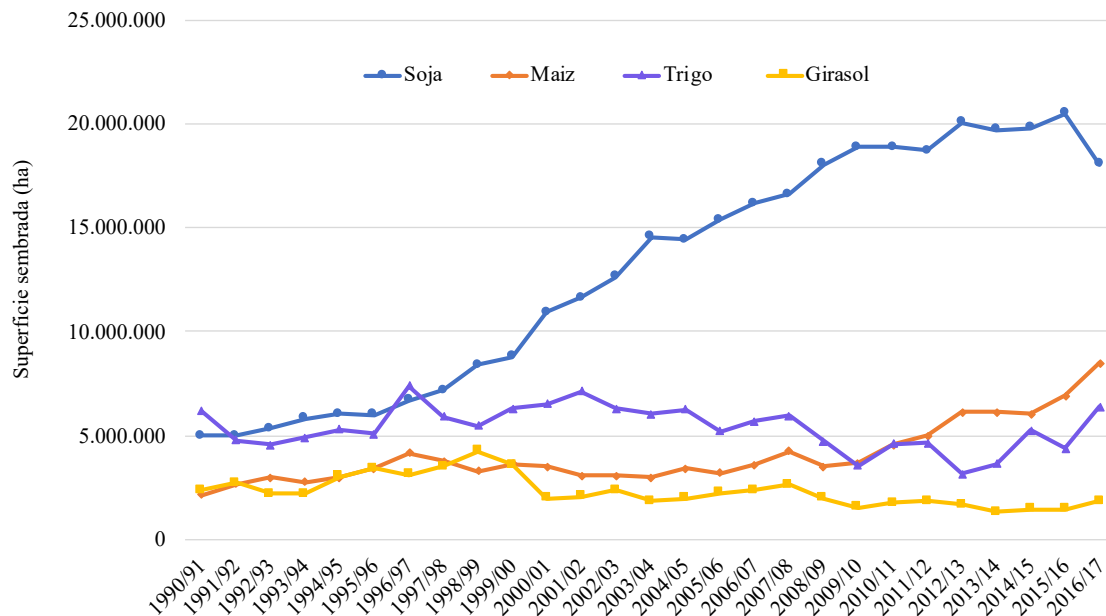
Fuente: Elaboración propia en base a datos publicados en SAGYP (2019)

Con respecto a la utilización de semillas transgénicas en el cultivo de soja hay dos fenómenos a destacar. Por un lado, el peso de este cultivo en el total de los transgénicos sembrados en Argentina. En el año 2017, el 77% de las 23,6 millones de hectáreas implantadas con cultivos transgénicos fueron sembradas con soja. Por otro lado, cabe destacar la amplia adopción del uso de semillas transgénicas en la producción de este cultivo, al punto de que a partir de la campaña 2009/10 la totalidad de su siembra comenzó a realizarse con este tipo de semillas. El rasgo mayormente elegido es la tolerancia a herbicidas (83%) y el resto emplea el apilado de tolerancia a herbicidas junto con el de resistencia a insectos (James, 2017).

²⁸ Al respecto véase Penna y Lema (2003).

Gráfico 9

Superficie sembrada de soja, maíz, trigo y girasol en Argentina, 1990/91 a 2016/17



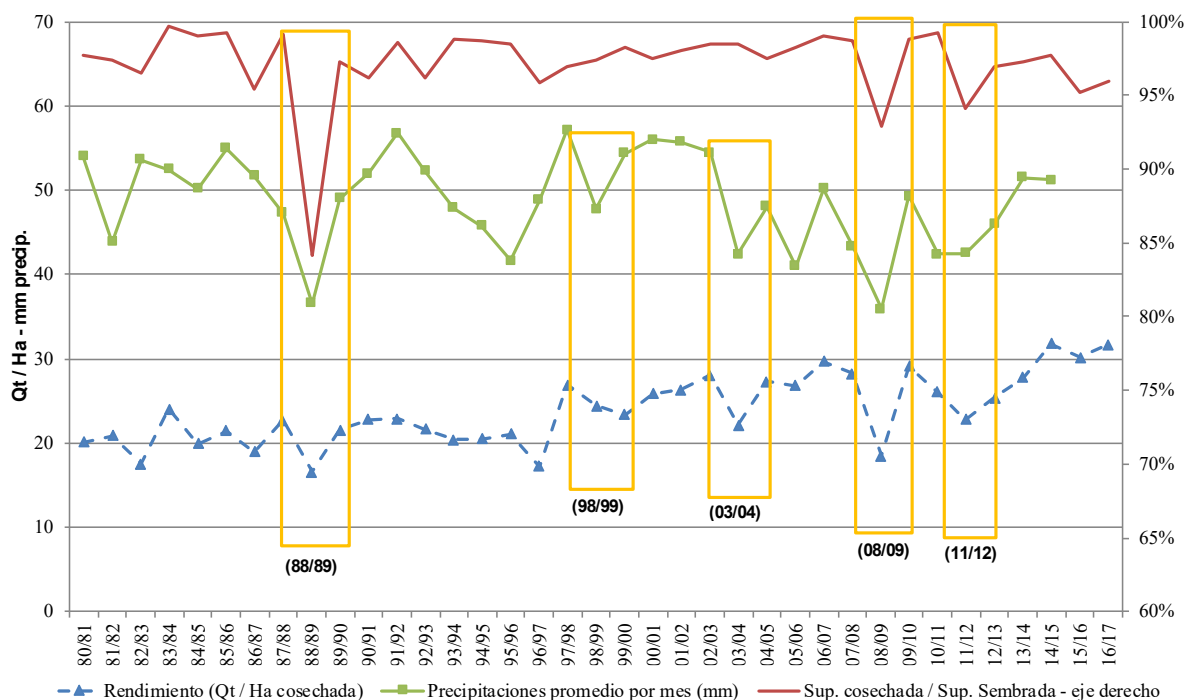
Fuente: Elaboración propia en base a datos publicados en SAGYP (2019)

Otro elemento importante a considerar es la evolución del rendimiento que ha tenido el cultivo de soja en las últimas décadas. Este se encuentra determinado por distintos factores que tienen incidencia en el desarrollo y crecimiento de la planta como, por ejemplo, los niveles de agua y nutrientes, las plagas, malezas y enfermedades (Salvagiotti *et al*, 2016). En el Gráfico 10 se presenta la evolución de esta variable desde la campaña 1980/81 hasta 2016/17, junto con las precipitaciones promedio mensuales y la relación entre la superficie cosechada y sembrada para cada campaña. Allí se observa que el aumento del rendimiento (medido en quintales por hectárea cosechada) fue del 58% en el período contemplado. Por lo tanto, no fue tan significativo como el del resto de las variables previamente analizadas.

En consecuencia, el aumento significativo de la producción de soja se encuentra principalmente explicado por un incremento de la superficie sembrada. De este modo, lo que se observa es un proceso de expansión de la frontera agrícola como resultado de la incorporación de tierras menos productivas (extrapampeanas) y el aumento de la intensificación del uso de la tierra a partir de la rotación de cultivos que, en este caso, se basa en la combinación de la siembra de trigo inicialmente y luego soja.

Gráfico 10

Rendimiento del cultivo de soja, relación entre superficie cosechada y sembrada y precipitaciones mensuales, 1980/81 a 2016/17



Fuente: Elaboración propia en base al Ministerio de Agroindustria y a Climate Change Knowledge Portal (World Bank)

Como se señaló previamente, la incorporación de semillas transgénicas con el rasgo de tolerancia a herbicida tuvo su principal efecto en la reducción de los costos productivos y no tanto en el aumento del rendimiento. A su vez, del Gráfico 10 se desprende que dicho rendimiento es considerablemente sensible a los períodos con menor nivel de precipitaciones promedio. Esto conduce a concluir que un evento transgénico que provea de tolerancia a la sequía para este cultivo tendrá un impacto significativo en su rendimiento.

4. CASO 1: LA PAPA RESISTENTE A PVY

En este capítulo se presentan los detalles del primer caso de estudio seleccionado correspondiente al desarrollo de la papa resistente a PVY realizada por Tecnoplant, una empresa perteneciente al Grupo Sidus, e INGEBI-CONICET. El mismo se divide en dos secciones. En la primera de ellas se describen los antecedentes empresariales y tecnológicos vinculados a este desarrollo. Allí se aborda la trayectoria tecnológica de las empresas involucradas en el desarrollo de la innovación, junto con el análisis de las condiciones iniciales a nivel científico que operaron como marco para el desarrollo del evento transgénico observado.

Finalmente, en la segunda sección, se presenta cómo fue el surgimiento de la papa con resistencia a PVY, a partir del trabajo de investigación bibliográfica y del trabajo de campo realizado. Los principales aspectos considerados surgen de los objetivos específicos establecidos en este trabajo y de otros elementos que emergieron de la realización de las entrevistas y que son de gran importancia al momento de comprender cuáles fueron las condiciones que permitieron el desarrollo de este evento transgénico.

4.1 Antecedentes empresariales y tecnológicos vinculados al desarrollo de la papa resistente a PVY

En esta sección se describen los antecedentes empresariales y tecnológicos vinculados al evento transgénico de papa. Para ello, inicialmente se presenta al Grupo Sidus. Allí se desarrolla de forma resumida la historia del Laboratorio Sidus, su proceso de expansión a partir de la adquisición y creación de otras empresas, su trayectoria tecnológica y su incursión en el desarrollo de innovaciones biotecnológicas. Luego, se describen los antecedentes empresariales vinculados a Tecnoplant, dentro de los cuales se destaca la historia de la empresa, la construcción de relaciones con instituciones científicas del sector público, y su aporte al Grupo Sidus en el desarrollo de innovaciones en biotecnología agrícola. Por último, se abordan los antecedentes tecnológicos vinculados a los primeros intentos de desarrollo de una papa transgénica en Argentina.

4.1.1 El Grupo Sidus

En el año 1938 Antonio y Miguel Argüelles junto con Esteban Grau Carrió fundaron el Instituto Sidus, una empresa ubicada en la Ciudad de Buenos Aires orientada a la fabricación de medicamentos de bajo valor agregado pero de uso difundido. Su primer producto fue el "Calcio Sidus", que permitió la consolidación de la presencia de este laboratorio en el mercado. Sin embargo, durante los primeros años de existencia esta empresa mantuvo una escala de producción reducida. Recién en la década de 1950 comenzó a ampliar sus niveles de producción a partir de la adquisición de un terreno ubicado en Bernal (Provincia de Buenos Aires) donde construyó una planta de producción propia que, aunque le permitió ampliar su escala de producción, no modificó el bajo contenido innovador que caracterizaba a sus productos. En el año 1978, Esteban Grau Carrió abandonó esta sociedad y, a partir de ese momento, la empresa profundizó su carácter familiar, el cual fue conservado durante varias décadas hasta que, recientemente, una parte de la compañía fue vendida a fondos extranjeros (Bercovich y Katz, 1990; Campins y Pfeiffer, 2009).

A partir de la década de 1960, Sidus comenzó tempranamente a ejecutar una estrategia de diversificación empresarial que luego derivó en su transformación al Grupo de Empresas Farmacéuticas Sidus. De esta forma, Sidus inició un proceso de expansión que lo llevó a crear, adquirir y desarrollar diferentes firmas enfocadas a objetivos variados. El primer movimiento hacia esta estrategia se realizó en el año 1961 cuando los socios de la empresa adquirieron parte de los Talleres Gráficos Santa Fe S.A.; y el segundo ocurrió en el año 1975, cuando fue creada una empresa dedicada al diagnóstico precoz de cáncer llamada Prosan S.R.L. (posteriormente Sidus Diagnostico S.R.L.). A partir de entonces, esta estrategia ha sido cada vez más pronunciada constituyéndose como uno de los pilares más importantes de la empresa (Campins y Pfeiffer, 2009).

Por otro lado, a comienzos de la década de 1980, Sidus empezó a priorizar la acumulación de capacidades productivas y tecnológicas, y la realización de inversiones con el objetivo de combinar el conocimiento desarrollado internacionalmente junto con los desarrollos propios que se habían alcanzado en los procesos productivos. Según Aguiar (2011), dado que hasta

4. Caso 1: La papa resistente a PVY

ese momento en lo que refiere a los esfuerzos de innovación Sidus no se diferenciaba de otras firmas medianas de capital nacional (con un bajo nivel de conocimiento aplicado al desarrollo de nuevos productos), existe la hipótesis de que las relaciones iniciadas en la década de 1970 con otra empresa del sector llamada Inmunoquemia S.A. y con el centro público de investigación Instituto de Oncología "Ángel H. Roffo" fueron determinantes en la trayectoria tecnológica seguida por Sidus. A partir de entonces, los socios de Sidus vieron que existía una vacancia en desarrollos locales basados en las herramientas que otorga la biotecnología. Por lo cual, para ellos existía la posibilidad de que Sidus comenzara a ocupar ese nicho de mercado que prometía generar, en el largo plazo, importantes réditos económicos (Milesi *et al*, 2016; Aguiar y Buschini, 2009).

A su vez, esto se combinó con el importante crecimiento que experimentó durante esta década su fuerza de venta a partir de la implementación de acuerdos de representación con diversos laboratorios extranjeros²⁹ para fabricar localmente sus productos, lo cual llegó a su punto más alto en el año 1988 cuando Sidus adquirió la planta de producción que tenía en Argentina el laboratorio de origen norteamericano Merk, Sharp & Dohme (MSD). A partir de estos sucesos, los socios de Sidus comprendieron que el camino correcto para lograr la maximización de la rentabilidad de las inversiones que habían realizado era el que conducía a la reorganización de sus desarrollos en curso y de los productos elaborados. Esta reorganización implicaba la separación de los productos y desarrollos que eran intensivos en I+D de los que no lo eran, en pos de adecuar la estructura de la empresa a la nueva trayectoria tecnológica (Bercovich y Katz, 1990).

Como parte de este nuevo enfoque, en el año 1980 Sidus creó el “Área de Biotecnología” que estuvo a cargo de Marcelo Argüelles, Gerente de Ventas e hijo del presidente de Sidus, Antonio Argüelles. Su constitución se realizó a partir de nuevos aportes de capital de la familia Argüelles³⁰ y por medio de la incorporación de un grupo importante de profesionales formados en biología molecular que pertenecían a Inmunoquemia (principalmente el Lic.

²⁹ Entre los que se encuentran: Merkle, Ana, Biobasal, Robapharm, entre otras (Bercovich y Katz, 1990).

³⁰ Según Bercovich y Katz (1990) esta inversión fue de aproximadamente 300.000 dólares, los cuales se vieron reforzados con un préstamo de 600.000 dólares otorgado por el Banco Provincia de Buenos Aires unos años después.

4. Caso 1: La papa resistente a PVY

Alberto Díaz, que ocupó el cargo de Director General, y el investigador Marcelo Criscuolo). A través de la captación de recursos humanos Sidus logró absorber e internalizar las capacidades en I+D necesarias para reducir el nivel de riesgo asociado al inicio de esta nueva experiencia. A partir de ese momento la empresa empezó con un proceso de acumulación de capacidades tecnológicas que fueron clave para el desarrollo de innovaciones futuras (Bell y Pavitt, 1995; Lall, 1992).

A su vez, cabe destacar que la creación del Área de Biotecnología (y el consecuente cambio en la trayectoria tecnológica seguida por la empresa) ocurrió en simultáneo con la aparición de un nuevo paradigma tecnológico a nivel mundial -en los términos planteados por Dosi (1982)- a partir del empleo de la biología molecular y de las técnicas de ingeniería genética que funcionaron como herramientas para el desarrollo de innovaciones biotecnológicas. Esto, a su vez, coincidió (no casualmente) con la creación de empresas de biotecnología en países con sistemas de conocimiento mucho más desarrollados que el de Argentina, como es el caso de Estados Unidos, lo cual significó para Argentina ser una de las primeras iniciativas privadas en América Latina en utilizar herramientas de la biotecnología (como el ADN recombinante) aplicadas a la industria farmacéutica. Por lo tanto, Sidus inició este camino con una dosis alta de incertidumbre sobre el horizonte de este nuevo emprendimiento (Aguiar y Thomas, 2009).

Inicialmente, el Área de Biotecnología funcionó como una división interna de la empresa hasta que, en el año 1983, debido a los avances logrados por los investigadores y a las limitaciones de la planta de producción y de la estructura organizativa, se constituyó Biosidus S.A. Una empresa separada pero que permaneció bajo el control del Instituto Sidus³¹. En sus comienzos la presidencia fue ocupada por Antonio Argüelles y, luego de su fallecimiento, en el año 1985 fue asumida por su hijo Marcelo Argüelles (Aguiar, 2011). Esta nueva empresa tuvo como principal elemento de diferenciación su fuerte carácter innovador enfocado al desarrollo de productos biotecnológicos orientados a nichos de mercado generalmente vacantes.

³¹ Para un análisis de este proceso con mayor grado de detalle véase Bercovich y Katz (1990).

4. Caso 1: La papa resistente a PVY

Para afrontar este proceso, la estrategia a nivel económico y financiero de Sidus se concentró en la realización de una inversión a largo plazo de 25 millones de dólares realizada durante la década de 1980 (Correa, 1996). Esta inversión fue constituida en su mayoría por fondos propios, con excepción del crédito obtenido del Banco Provincia de Buenos Aires, y recién comenzó a ser recuperada a partir del año 1993 cuando la empresa introdujo la eritropoyetina humana recombinante en Brasil (Campins y Pfeiffer, 2009). Por otro lado, para la realización de sus proyectos, Biosidus recurrió a fuentes externas y públicas de conocimiento, que derivó en que las innovaciones alcanzadas fueran generadas de manera conjunta con diferentes instituciones públicas (aunque con particularidades específicas según los distintos proyectos llevados a cabo). Este modo de operar permitió que la empresa pudiera acceder a recursos de I+D que de otra forma le hubieran estado vedados por sus altos costos. Además, la asociación con el sector público le facilitó la disponibilidad de una multiplicidad de proyectos innovadores que le permitieron apuntar a distintos nichos de mercado, y la creación de diferentes activos complementarios como una imagen de la empresa asociada a la innovación y a la vinculación con el sistema científico nacional (Milesi *et al*, 2016).

Específicamente, los principales esfuerzos de Biosidus estuvieron orientados al uso de las técnicas de ADN recombinante. Como se mencionó previamente, en los años 80 esto constituía una novedad dentro del sistema productivo nacional y, además, implicaba que esta firma se insertara en la frontera tecnológica internacional. El objetivo de su uso era obtener materias primas aplicables en salud humana y el desarrollo de vacunas recombinantes, entre otras (Campins y Pfeiffer, 2009; Guzmán y Guzmán, 2009). El carácter acumulativo de estas capacidades a nivel organizacional e individual y la inversión sostenida en I+D que es necesario realizar para su consolidación (Cohen y Levinthal, 1989, 1990), fueron sentando las bases para el posterior desarrollo del evento transgénico en el cultivo de papa.

El primer producto lanzado al mercado por Biosidus fue la eritropoyetina en el año 1990. Fue la primera proteína recombinante desarrollada completamente en la Argentina. A partir de allí, la producción se fue ampliando con otras moléculas, tales como: el Interferón alfa 2b, Interferón alfa 2a, Filgastrim, Lenogastrim, y distintas hormonas de crecimiento. Pese a estos avances logrados en el desarrollo de productos, el reconocimiento internacional para la empresa en el campo de la biotecnología llegó en el año 2002 tras el nacimiento de “Pampa”,

4. Caso 1: La papa resistente a PVY

la primera ternera clonada en el país de la cual se podía obtener leche que contuviera la proteína humana hGH. Este reconocimiento se vio reforzado en el año 2007 cuando se produjo la cración de las vacas transgénicas "Patagonía" con el objetivo de producir insulina humana, y luego en el año 2010 a partir de la clonación del primer caballo en Argentina (Pellegrini, 2013; Campins, 2012).

A partir de la creación de Biosidus, la estrategia de expansión y desarrollo de las empresas del Grupo se estructuró sobre el eje Sidus/Biosidus. Así, la primera de ellas concentró el desarrollo de empresas dedicadas a la producción y distribución de medicamentos tradicionales, mientras que Biosidus se instaló en el desarrollo del campo científico-empresarial a partir de innovaciones en el área de biotecnología (Campins, 2012).

De esta forma, las principales creaciones y adquisiciones empresarias por la parte correspondiente a Sidus sucedieron a partir del año 1990 con la creación de la empresa SD, encargada de la distribución de medicamentos elaborados por Sidus y Biosidus; luego, en el año 1992 fue adquirida la cadena de farmacias Vantage de origen inglés; en el año 1995 se desarrolló Lasifarma S.A., la división de productos de venta libre de Sidus³²; en el año 1998 se creó la firma Biovacs S.A. (creada para distribuir a nivel local vacunas contra el virus de HIV y otros productos desarrollados por la firma de origen francés Neovacs S.A.)³³ y, por último, hacia el año 2008 fue adquirida la firma Delta Farma S.A., a partir de la cual se comercializaron biosimilares³⁴ desarrollados por Biosidus (Aguilar, 2011; Campins, 2015).

Por su parte, Biosidus dio paso en el año 1986 a la creación de Bio Arg S.A., en el año 1996 creó el Centro de Diagnóstico Molecular S.A. y en 1998 desarrolló la firma Biopork S.A. Asimismo, a comienzos de los años noventa fue adquirida una empresa pequeña llamada

³² En el año 2000 fue absorbida por Biosidus como consecuencia del contexto económico desfavorable y de que la empresa no había dado los resultados esperados (Campins, 2012).

³³ En el año 2004 esta empresa se transformó en Biosidus AG S.A. (Campins, 2012).

³⁴ Los medicamentos biosimilares son medicamentos biológicos que ya no cuentan con patentes vigentes y, por ende, son producidos y comercializados por laboratorios distintos al de origen. Por su parte, los medicamentos biológicos tienen por característica el haber sido obtenidos a partir de sistemas vivos a los cuales, por medio de la tecnología de ADN recombinante, se les ha implantado material genético (Rodríguez Cumplido y Asensio Ostos, 2018).

4. Caso 1: La papa resistente a PVY

Tecnoplant S.A., para lo cual no fue necesaria la inversión de una gran suma de dinero. Esta empresa estaba dedicada a la micropropagación vegetal y era la primera vez que Biosidus incursionaba en el campo vegetal. Para profundizar este camino, Biosidus desarrolló otras tres empresas integradas, dos de ellas vinculadas al campo de la biotecnología vegetal y una de carácter complementario. De este modo, en el año 1999 Biosidus fundó la firma Tecnovital S.A. y en el año 2003 fue creada Berries de Argentina S.A. Ambas empresas dedicadas a la producción y exportación de arándanos. Por último, en el año 2002, se creó Vitalpack S.A., una firma dedicada al empaque de frutas de exportación, que se especializó en brindar servicios de apoyo a las otras empresas del Grupo Sidus (Campins, 2015).

Asimismo, en el año 2004 Biosidus se asoció con Bioceres para formar (junto con el CONICET) el Instituto de Agrobiotecnología de Rosario (INDEAR). Si bien la iniciativa de formar este instituto de carácter mixto (público-privado), dedicado a la investigación y desarrollo de la agrobiotecnología, había surgido como iniciativa de Bioceres; Biosidus se incorporó acompañando el esfuerzo económico de su creación y delegó algunos de sus proyectos que se encontraban en curso. Este acuerdo fue muy importante. El hecho de que dos de las empresas privadas del país más importantes en el desarrollo de productos biotecnológicos se unieran para trabajar de forma conjunta con el sector público y crearan un instituto de investigaciones que daría insumos científicos que estas empresas podrían valorizar a través del mercado era inédito, e implicaba una ruptura con la baja escala en I+D que caracteriza a la Argentina.

No obstante, por cuestiones económicas, en el año 2008 Biosidus abandonó su participación en INDEAR, a partir de lo cual retuvo alguno de sus proyectos originales (como, por ejemplo, el desarrollo de un evento transgénico de papa), mientras que otros que despertaban menor interés en la compañía continuaron ejecutándose en INDEAR (por ejemplo, el desarrollo de *molecular farming* a partir de semillas de cártamo)^{35 36}.

De esta forma, el Grupo Sidus se conformó como un sistema integrado de empresas donde se podían identificar tres conjuntos de firmas: las dedicadas a la producción de productos

³⁵ Alejandro Mentaberry, comunicación personal.

³⁶ Gustavo Napolitano, comunicación personal.

4. Caso 1: La papa resistente a PVY

destinados a salud humana, las destinadas al desarrollo de la biotecnología vegetal y los agronegocios, y las encargadas de brindar servicios de apoyo complementarios a las empresas que se encuentran en los dos grupos anteriores. Sin embargo, hasta el año 2010, este conglomerado diverso de firmas se encontraba enfocado hacia un objetivo compartido: el avance en la innovación en biotecnología y la elaboración de productos derivados de ella, a través de la utilización de técnicas novedosas a nivel internacional, sin descuidar los negocios locales de producción y distribución de medicamentos.

En el año 2010, el Grupo Sidus decidió dar paso a una reorganización societaria que implicó la separación de los distintos negocios entre los descendientes de las dos ramas familiares fundadoras. De este modo, Sidus quedó a cargo de Marcelo Argüelles y de Silvia Argüelles de Bóscolo (su hermana), lo cual constituyó una novedad debido al fuerte vínculo que existía entre Marcelo Argüelles y Biosidus. Ellos también pasaron a controlar Sidus (Uruguay) y Sidus (Paraguay,) y decidieron quedarse con el control de la división de biotecnología vegetal a través de Tecnoplant, con la producción de arándanos a través de Berries de Argentina, Tecnovital y Vitalpack, más otra serie de empresas³⁷ que por sus características innovadoras habían pertenecido a Biosidus. Asimismo, Sidus recibió de Biosidus derechos de propiedad intelectual y de comercialización sobre diferentes productos (Campins, 2012).

Por otro lado, la parte de Biosidus quedó en manos de Irma Argüelles, Estela Argüelles de García Belmonte y su hijo (descendientes de Miguel Argüelles), quienes además pasaron a controlar Better Pharm y Vantage, en el mercado local, y en el exterior Biovacs Inc., Sterrenbeld Biotechnologie NA Inc. y BioSidus NA Inc. Sin embargo, luego de esta importante división, esta parte del grupo familiar no detuvo su proceso de transformación (Campins, 2012). En el año 2011 una gran parte de los activos intangibles del grupo fueron transferidos a Better Pharm, reduciendo la cantidad de proyectos que podían ser realizados en el futuro por Biosidus. Esto tuvo un impacto negativo en las capacidades de innovación en biotecnología de la empresa y, a partir de ese momento, Biosidus comenzó a operar de forma similar a una empresa farmacéutica tradicional. A su vez, en el año 2015 fue vendida la cadena de farmacias Vantage. Sin embargo, la última gran novedad ocurrió en el año 2018,

³⁷ Entre las que se encuentran Delta Pharma, Centro de Diagnóstico Molecular, Negocios Farmacéuticos, Bio Arg., y Talleres Gráficos Santa Fe.

4. Caso 1: La papa resistente a PVY

cuando fue anunciada la venta de Biosidus a dos fondos de inversión uno de ellos radicado en Estados Unidos, Acon Investments, y otro en Argentina, Humus Capital Partners. Pese a que estos fondos alcanzaron una participación mayoritaria en la empresa, la presidencia de la compañía continuó a cargo de Santiago García Belmonte y su familia, aunque ahora sin el ejercicio pleno del control sobre la toma de decisiones.

4.1.2 Tecnoplant

A comienzos de la década de 1990 el Grupo Sidus comenzó a interiorizarse en la biotecnología vegetal. Esto implicaba combinar un ámbito donde este grupo a través de Biosidus ya había alcanzado cierta trayectoria, el laboratorio, junto con una actividad poco explorada por la empresa, la agricultura. Para ello, en el año 1992 el Grupo Sidus (específicamente a partir de Biosidus) decidió absorber la empresa Tecnoplant³⁸ con el objetivo de convertirla en la división de agrobiotecnología del grupo. Inicialmente, esta empresa se especializó en el desarrollo de materias primas y bioproductos de origen vegetal de alto perfil tecnológico a partir de la micropropagación de plantines³⁹ y, años después, en actividades con mayor intensidad tecnológica como, por ejemplo: la genotipificación vegetal, el desarrollo de plantas transgénicas resistentes a distintos herbicidas o agentes patógenos y su multiplicación (Aguilar, 2011).

La nueva estructura que se iba configurando dentro del Grupo Sidus permitió que la empresa pudiera trazarse objetivos más amplios que implicaron el desarrollo de nuevos mercados. Los procesos de aprendizaje que atravesó Biosidus de forma previa a la adquisición de Tecnoplant, impactaron en la trayectoria tecnológica de esta nueva empresa. De este modo, con el transcurso del tiempo, Tecnoplant logró alcanzar varios de esos objetivos. En este

³⁸ Tecnoplant era una empresa que había sido creada en el año 1986 por la Lic. Bettina Panick, la primera persona en lograr la clonación de yerba mate (*Ilex paraguensis*), una especie que se había mantenido salvaje a nivel genético pese a largos intentos de propagación clonal por parte de varios laboratorios de distintas empresas.

³⁹ La micropropagación es un conjunto de técnicas a partir de cultivos de tejidos que permite la multiplicación de plantas de forma asexual. Este método se utiliza para reproducir en grandes cantidades plantas de calidad uniforme a partir de un genotipo previamente seleccionado (Pellegrini, 2013).

4. Caso 1: La papa resistente a PVY

sentido, desarrolló dos plataformas tecnológicas centrales (la micropropagación y la transgénesis de especies vegetales) basadas en recursos humanos, equipamiento y *know how* que permitieron ser utilizadas para distintas aplicaciones.

En los comienzos de esta empresa la micropropagación (que era la única actividad que desarrollaba la firma antes de la adquisición por parte de Sidus) se aplicó en plantas ornamentales (begonias y *spathyphillum*) y frutales, las cuales tuvieron un moderado alcance en su comercialización. Aunque la empresa demandaba poco personal para su funcionamiento (entre 6 y 8 personas), el tamaño del mercado donde eran colocados los plantines era demasiado pequeño y se tornó necesaria la búsqueda de nuevos segmentos de mercado (Pellegrini, 2013).

Como consecuencia, en el año 1994 la empresa comenzó a trabajar con otras especies vegetales, entre las que se destacaron fuertemente las berries (frambuesas y arándanos). Específicamente, Tecnoplant se dedicó en la micropropagación de plantines de arándanos que luego vendía a los productores agrícolas. Debido al rápido crecimiento que tuvo el mercado de arándanos durante la década del 2000⁴⁰, el Grupo Sidus decidió insertarse en toda la cadena de producción, lo cual derivó en la creación de dos empresas relacionadas: Berries de Argentina SA y Tecnovital SA. La primera dedicada al cultivo de arándanos en San Luis a partir de los plantines que le proporcionaba Tecnoplant, y la segunda dedicada a la exportación de su producción hacia Estados Unidos, Europa, Canadá, Australia y Nueva Zelanda. Cabe destacar que la mayor parte de la producción de arándanos es exportada debido al casi nulo consumo local de ese fruto. De esta forma, con estas empresas, el Grupo Sidus logró ocupar de forma satisfactoria un nicho de mercado de frutas de elite y liderar a nivel internacional este segmento del mercado (Pellegrini, 2013; Campins, 2015).

Más adelante, en el año 1997, Tecnoplant decidió comenzar a apostar por el desarrollo de cultivos genéticamente modificados. Para ello, entabló relaciones con el INGEPI y con el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). En ese momento ambos institutos ya tenían cierta trayectoria en el desarrollo de una variedad de papa resistente a diferentes

⁴⁰ Entre los años 1999 y 2009 las exportaciones de arándanos se incrementaron en más del 5000%, lo cual implicaba un mercado de 82 millones de dólares (Pellegrini, 2013).

4. Caso 1: La papa resistente a PVY

tipos de virus, pero Marcelo Argüelles tenía una relación de amistad con el Dr. Héctor Torres (director del INGEBI) y algunos proyectos conjuntos previos que se encontraban en desarrollo. Por lo tanto, en el año 1999, Tecnoplant celebró un convenio con el INGEBI/CONICET para el desarrollo de un evento genéticamente modificado de papa resistente a PVY. El acuerdo implicaba que el INGEBI se encargaría del generar el nuevo evento mientras que Tecnoplant se haría cargo de todo el resto de las actividades vinculadas a la financiación del proyecto, la liberación comercial y su posterior comercialización.

Con el tiempo, cuando Tecnoplant ya se encontraba consolidada en el mercado de arándanos, se decidió incluir todo el proceso de desarrollo de los eventos transgénicos tanto para el cultivo de la papa como también de la caña de azúcar⁴¹. Esto implicó que la empresa comenzara a desarrollar capacidades tecnológicas vinculadas a la utilización de ADN recombinante. Para ello, la empresa contrató una mayor cantidad de recursos humanos capacitados en el uso de estas herramientas de la biotecnología. Estos esfuerzos fueron consecuencia de las altas exigencias que imponía atravesar el proceso regulatorio en Argentina para la liberación comercial de los eventos transgénicos, lo cual no implicó un abandono de la cooperación con el sector público, sino que ésta fue potenciada a través de la realización de este trabajo en forma conjunta. De este modo, Tecnoplant logró consolidarse como una de las pocas empresas de capital enteramente nacional que llevaron adelante desarrollos en ingeniería genética de forma exitosa (Aguiar, 2011; Pellegrini, 2013; Campins, 2015).

Con el paso del tiempo, el rol que empezó a cumplir Tecnoplant (y las dos empresas relacionadas) fue muy importante dentro del Grupo Sidus. La diversificación hacia el desarrollo de productos por medio de la utilización de las herramientas de la biotecnología vegetal y los agronegocios vinculados, abrieron la posibilidad de conseguir divisas, dado el carácter fuertemente exportador de las actividades agrícolas que llevan adelante este conjunto de empresas. Esto se constituyó en un soporte para el Grupo Sidus y lo ayudó a compensar

⁴¹ Tecnoplant inició un proyecto de desarrollo de una variedad de caña de azúcar resistente al glifosato que fue frenado por las empresas del sector (G. Napolitano, comunicación personal).

4. Caso 1: La papa resistente a PVY

algunas de las demandas que generaban en este sentido las empresas del grupo dedicadas al área de salud humana.

Sin embargo, más adelante esta situación se revirtió completamente. Luego de la separación de Sidus/Biosidus, Tecnoplant redujo de forma considerable la cantidad de trabajadores científicos pertenecientes a la empresa, al punto de dejar de disponer de un *staff* científico propio. Por lo tanto, la forma de trabajo caracterizada por la asociación con la potencia científica del sector público se profundizó aún más. En este sentido, el gerente de la empresa afirma que:

*"La lógica es para qué voy a tener yo laboratorios cuando ya existen en la posesión del Estado (del CONICET, del MINCYT, del INGEBI, del INTA), hay cantidad de laboratorios, hay cantidad de tecnología, hay cantidad de cuadros formados, pero que están formados para trabajar dentro de una estructura científico-tecnológica no en una empresa. Y las empresas no entendemos ese modelo, y ese modelo no entiende a las empresas. (...) como nosotros conocemos las necesidades del mercado y tenemos buenas relaciones con el sistema tecnológico y científico, entonces, eso es lo que hacemos, juntarlo."*⁴²

Esta reducción en las capacidades científicas propias implicó un cambio de estrategia. A partir de la salida de Tecnoplant de Biosidus y de su incorporación a Sidus, los esfuerzos de la empresa quedaron abocados únicamente a lograr atravesar el proceso de liberación del evento transgénico de la papa resistente a PVY. Este giro implicó que Tecnoplant contratara recursos especializados en cuestiones comerciales, regulatorias y técnicas (vinculadas con la reproducción de plantas). A su vez, debido al abandono de la producción de plantas *in vitro* de otros cultivos distintos al de la papa (como los arándanos), la empresa prácticamente dejó de generar ingresos propios a partir de la venta de productos en el mercado y, actualmente, se encuentra esperando el lanzamiento de la comercialización de este nuevo producto⁴³. A

⁴² G. Napolitano, comunicación personal.

⁴³ No obstante, Tecnoplant continuó ofreciendo algunos servicios de biotecnología a las otras empresas pertenecientes a Sidus, aunque en una escala reducida (G. Napolitano, comunicación personal).

4. Caso 1: La papa resistente a PVY

partir de ello, comenzó a financiarse únicamente de los aportes que realiza Sidus para sostener este proyecto. Según la visión de la empresa, esta inversión realizada espera ser recuperada a través de regalías que serán cobradas sobre la semilla comprada y/o almacenada por el productor. Sin embargo, el producto no saldrá al mercado antes del año 2020⁴⁴.

Estas decisiones de achicamiento de la empresa estuvieron relacionadas con el hecho de que hasta principios del año 2018 la empresa pudo realizar actividades de laboratorio a partir de un convenio con la Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad de Buenos Aires, ubicado en Ciudad Universitaria. Sin embargo, las capacidades de este laboratorio eran muy reducidas para desarrollar más de un cultivo y, por ende, la empresa debió tomar la decisión de dedicarse sólo al desarrollo de plantas *in vitro* de papa. Asimismo, Tecnoplant dispone de invernáculos de producción de minitubérculos de papa en un campo ubicado en el Partido de Baradero (Provincia de Buenos Aires). No obstante, se esperaba que a fines del año 2018 la empresa dispusiera de un laboratorio propio con la suficiente capacidad de producción para afrontar las exigencias del mercado e incorporar nuevos cultivos a su cartera de productos⁴⁵.

4.1.3 Los primeros intentos de desarrollo de una papa transgénica en Argentina

Desde la década de 1970 la principal variedad utilizada para la siembra de este cultivo es la papa Spunta, de origen holandés, que representa el 60% de la producción nacional para consumo humano⁴⁶. Las enfermedades virales son uno de los principales problemas que afectan a este producto, debido a que se encuentran presentes en todas las regiones⁴⁷ infectan a una gran cantidad de cultivares. Si bien no producen inconvenientes para los consumidores, estas enfermedades tienen fuerte impacto en los costos de producción y el rendimiento de los cultivos, causando entre un 40 y un 80% de pérdidas en la producción (Bravo-Almonacid y Segretin, 2016).

⁴⁴ G. Napolitano, comunicación personal.

⁴⁵ G. Napolitano, comunicación personal.

⁴⁶ Esta variedad es la más elegida debido a su rendimiento y al aspecto que tiene el tubérculo.

⁴⁷ Principalmente los virus que mayor presencia tienen son los PVY, PRLV y PVX, aunque también existen otros patógenos como hongos, bacterias e insectos diversos (González-Franco *et al*, 2014).

4. Caso 1: La papa resistente a PVY

Como el contagio de estas enfermedades está estrechamente relacionado con la forma de cultivo que se emplea para la producción de papas⁴⁸, los productores deben asegurarse de que el "tubérculo-semilla" que deciden sembrar se encuentre libre de patógenos para evitar su traspaso a la producción resultante (Pellegrini, 2013). Debido a que la presencia de papas infectadas con virus y la incidencia de pulgones (vectores de transmisión de enfermedades) en los campos de producción es habitual, el productor debe reemplazar la totalidad de las papas sembradas en la campaña siguiente y utilizar grandes cantidades de insecticidas para obtener buenos rendimientos. Dada la inexistencia de productos antivirales para el control de las infecciones por virus vegetales, el productor se encuentra obligado a la compra de tubérculos sanos todos los años.

Estas semillas sanas son producidas en zonas aisladas de los campos en los que se cultivan papas y deben provenir de plantas con alta sanidad. Por ende, estos desarrollos son realizados en laboratorios de producción *in vitro*, que luego son transportados a invernaderos para la producción de los minitubérculos, los cuales más adelante son multiplicados a campo en zonas aisladas para aumentar el volumen de producción. Este mecanismo de producción de tubérculos-semilla sanos, demanda alrededor de 5 años, con el consecuente impacto en los costos de producción de la semilla y en su precio de venta⁴⁹.

Las primeras experimentaciones con ingeniería genética que se realizaron en el ámbito nacional con el cultivo de papa fueron llevadas adelante a fines de la década del ochenta, por dos científicos argentinos, Alejandro Metaberry y Esteban Hopp, con un objetivo que no era comercial. La idea original radicaba en poder ayudar a los agricultores que sembraban este cultivo con una variedad transgénica que permitiera disminuir las pérdidas que estos sufrían cuando los cultivares se infectaban con alguno de los virus u otros patógenos que abundan

⁴⁸ El cultivo de la papa puede realizarse a través de la siembra de la semilla que ofrece la planta llamada "semilla-botánica", o bien, a través de la siembra de uno de sus tubérculos llamados "tubérculos-semilla". Este último método es el que se utiliza en la agricultura porque permite mantener de forma estable las características de la variedad, debido a que los tubérculos nuevos obtenidos son clones del original (Pellegrini, 2013).

⁴⁹ G. Napolitano, comunicación personal.

4. Caso 1: La papa resistente a PVY

en la región⁵⁰; o bien, para evitar que debieran afrontar los altos costos que implica la compra de tubérculos-semillas desarrollados *in vitro* libres de virus. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación tenía un carácter económico y social. Por un lado, la variedad transgénica de la papa iba a permitir un aumento del rendimiento de los cultivos y una reducción en los costos. Por otro lado, el impacto social se vería reflejado en que estos beneficios económicos estarían dirigidos a agricultores pobres y minifundistas, como son en su mayoría los productores de papa en Argentina (Pellegrini, 2013; Obschatko *et al*, 2007).

Sin embargo, además de estos elementos, otras cuestiones influyeron en la elección de la papa como cultivo para ser transformado genéticamente de forma temprana en Argentina. Una de ellas tiene que ver con que la papa es un cultivo fácilmente transformable (casi tanto como el tabaco). Por otro lado, este es un cultivo eventualmente industrial, eso significa que transformando la variedad adecuada se pueden obtener alimentos procesados (como el puré deshidratado), biocombustibles, etc., lo cual abre el campo de aplicación de esta innovación. Por último, la elección del cultivo de la papa les permitía a los investigadores armar el andamiaje tecnológico necesario, formar sus primeras armas en transformación de plantas, sin la necesidad de chocar con los intereses de grandes empresas (como, por ejemplo, Monsanto)⁵¹.

En base a esto, ambos investigadores comenzaron por dividirse las variedades del cultivo y los distintos virus para dar comienzo a una investigación que empezaba a realizarse sin precedentes en el país⁵². En el INGEPI el grupo dirigido por Mentaberry compuesto por el bioquímico Fernando Bravo-Almonacid (cuya tesis de doctorado fue el desarrollo del evento

⁵⁰ La opción de realizar esta mejora genética de forma convencional (a través del cruzamiento de individuos de la misma especie que muestran características diferentes, para luego seleccionar aquellos ejemplares que presentan las características buscadas por el mejorador) estaba descartada debido a que, en el caso de la papa, este es un procedimiento lento y complicado dadas las características genéticas de la especie y de la variedad Spunta que produce muy bajos niveles de semilla botánica.

⁵¹ A. Mentaberry, comunicación personal.

⁵² Esto implicó que los investigadores debieran transitar una serie de etapas previas antes de poder empezar con el proceso de transformación de la planta de papa en sí. Sobre todo, aspectos relacionados con la manipulación del virus como, por ejemplo, el aprendizaje sobre el proceso de purificación del virus a utilizar para otorgar la resistencia a la planta (F. Bravo-Almonacid, comunicación personal).

4. Caso 1: La papa resistente a PVY

transgénico en papa) y la técnica Silvia Cabral, trabajaron sobre la variedad Spunta y sobre los virus PVY y PVX. Mientras que el grupo de investigadores de Hopp, en el INTA, incursionaron sobre la variedad Huinkul (desarrollada localmente por la Estación Experimental de Balcarce en el año 1940) y sobre los virus PLRV y PVX. En el año 1990 (sólo cuatro años después de que la tecnología de transgénesis se hubiera desarrollado a nivel mundial) por primera vez en Sudamérica, se obtuvieron las primeras plantas de papa transgénicas con resistencia a virus⁵³. A partir de ello, la investigación continuó generando líneas diferentes de la variedad modificada, con el objetivo de analizar en qué parte del genoma resultaba mejor insertar el transgén⁵⁴.

Cabe resaltar que este logro implicó la realización de un gran esfuerzo personal por parte de los investigadores participantes, dadas las necesidades de instalación de cierta tecnología que es necesaria para poder llevar adelante el desarrollo de una planta transgénica. Por ejemplo: cuartos estériles, cuartos de crecimiento de plantas, invernaderos, entre otras cosas, para las cuales no había colaboración por parte de los organismos de ciencia y tecnología del país, ni tampoco por parte de las empresas. En este sentido, A. Mentaberry relata que:

"El otro día nos acordábamos con Fernando Bravo-Almonacid cuando subimos el invernadero que está en el techo del INGEBI, lo subimos nosotros con cuerdas. Lo instalamos (es un invernadero puesto en una terraza) y cuando empezó a funcionar casi se cocina todo porque la temperatura subía a 45 grados. Entonces, nos pasamos dos años instalando sistemas de refrigeración. Teníamos sistemas de enfriamiento por aire, por agua, por redes, era un espanto, porque todo era al revés de como uno podía haberlo imaginado racionalmente. Hubo que construirlo

⁵³ El transgén inserto en la variedad de papa se extrajo del propio virus. El objetivo era pre-armar un mecanismo de defensa que genera en la planta una respuesta inmunológica anticipada a la infección. La técnica empleada fue el silenciamiento génico postranscripcional, que es un mecanismo que también ocurre de forma natural en las plantas ante posibles infecciones, pero de forma tardía. La primera vez que se utilizó esta tecnología fue para lograr una papaya resistente al virus PRSV en Hawái. Para un desarrollo más exhaustivo de este caso ver Gonsalves (2004).

⁵⁴ F. Bravo-Almonacid, comunicación personal.

4. Caso 1: La papa resistente a PVY

a los ponchazos. Y eso sin mucha comprensión del lado del sistema científico ni del sistema productivo."⁵⁵

Pese a que finalmente los investigadores participantes lograron el desarrollo de la papa transgénica, esta experiencia no acabó, en ese momento, de la manera prevista. Esta innovación no llegó a manos de los agricultores pobres para quienes había sido desarrollada. El motivo fue que los investigadores se encontraron con una nueva traba ligada a la imposibilidad de conseguir el cuantioso financiamiento que era necesario para poder emprender las diferentes pruebas y ensayos exigidas para transitar exitosamente el proceso de liberación de un producto transgénico en Argentina (sobre todo a partir de la creación de la CONABIA en el año 1991). Las posibilidades de financiamiento públicas no eran suficientes y los convenios que intentaron establecerse con otras empresas a comienzos de la década de 1990 no prosperaron. A su vez, este problema fue reforzado por la presión en contra que ejercieron otros actores que se veían perjudicados por la existencia de la nueva papa transgénica. Estos actores eran las empresas productoras de tubérculo-semilla libre de virus y los laboratorios de diagnóstico de enfermedades en plantas, los cuales veían como una amenaza a su actividad que esta papa transgénica llegara a manos de los agricultores. Finalmente, en ese momento, la papa con resistencia a PVY no logró comenzar con la realización de las pruebas necesarias para alcanzar su liberación comercial (Pellegrini, 2013).

4.2. El desarrollo de la papa resistente a PVY⁵⁶

En esta sección se muestran los principales hallazgos que se obtuvieron para el caso de la papa resistente a PVY. Para ello, se presentan las principales características que tuvo el desarrollo de este evento transgénico. Se profundiza sobre cuatro dimensiones específicas: i) el rol que ocupó el sector público y el sector privado en su desarrollo y la necesidad concreta

⁵⁵ A. Mentaberry, comunicación personal.

⁵⁶ La información que se utilizó para la redacción de esta sección y la reconstrucción del desarrollo de este evento transgénico (salvo que se especifique otra fuente) fue obtenida a partir de entrevistas personales realizadas durante el mes de agosto de 2018 al Dr. Fernando Bravo-Almonacid, al Dr. Alejandro Mentaberry y al Ing. Gustavo Napolitano.

4. Caso 1: La papa resistente a PVY

de un acuerdo entre ambos; ii) los tipos de recursos empleados para su realización; iii) el proceso de liberación comercial y; iv) las expectativas comerciales asociadas a este nuevo evento transgénico.

4.2.1 La necesidad de un acuerdo. El rol del sector público y el sector privado

Un segundo período en el desarrollo de la papa resistente a PVY comenzó hacia el año 1999 cuando se realizó la firma de un acuerdo para la realización de este evento transgénico entre la empresa Tecnoplant (que pertenecía a Biosidus) y el INGEBI (CONICET). En ese momento, Biosidus (a través de Tecnoplant) estaba dando comienzo a una etapa de profundización de sus capacidades tecnológicas vinculadas a la utilización de ADN recombinante aplicado a plantas y manifestó interés en participar de esta innovación, motivados porque la presencia del virus PVY en la región central del país continuaba siendo una de las principales causas de pérdidas de la producción y del bajo rendimiento de los cultivos de papa.

Como consecuencia, se realizó un acuerdo de cooperación público-privado que incluyó al grupo de investigadores del INGEBI y a la firma Tecnoplant, para continuar con la investigación que posibilitaría la liberación comercial de una variedad del cultivo de la papa resistente a PVY. Para ello, se continuó con la experimentación sobre la variedad Spunta. El objetivo era lograr una versión comercial de esa variedad con la inserción de un transgén que contuviera una secuencia de la proteína de cápside de PVY. La necesidad del acuerdo era imprescindible en tanto el INGEBI, como instituto público, no disponía de los recursos económicos, pero tampoco del resto de los activos complementarios (recursos logísticos, gerenciales y comerciales) necesarios para atravesar un proceso de desregulación comercial de un evento transgénico y su posterior comercialización en el mercado. En este punto, los investigadores participantes afirman con relación a este acuerdo:

“Yo creo que fue bueno, que fue positivo. Si nosotros no hubiésemos tenido el apoyo, no hubiésemos tenido la financiación para hacerlo. Porque pasa a otra escala de dinero y a otra escala de logística, cuando tenés que alquilar un campo para hacer un ensayo a campo ya pasas a otra cosa,

4. Caso 1: La papa resistente a PVY

nosotros no tenemos esa capacidad (...) Entonces, para nosotros fue crucial el vínculo con la empresa.”⁵⁷

"No había otra forma de atravesar el proceso de liberación comercial sin el acuerdo con una empresa privada. Yo creo firmemente que tiene que haber una etapa de riesgo que la tiene que afrontar el Estado, sobre todo en países como estos, si no la visión no pasa de tres meses y depende de cómo sube o baja el dólar. Ahí el riesgo tiene que ser del Estado y después de que pasa el hueco este inicial, ya es un tema del sector privado.”⁵⁸

A partir de este acuerdo, el rol que cumplió el INGEBI fue realizar la parte científica vinculada a la generación de eventos de papa resistente a PVY seleccionados *in vitro*, la cual ya se encontraba en un estado avanzado dado los antecedentes de este proyecto.

Por su parte, Tecnoplant se encargó de llevar adelante la micropropagación por clonación (que era su área de mayor experiencia) con el fin de obtener una cantidad de plantas que resultara suficiente para poder proceder, luego, a la selección en invernáculo. También, la empresa tuvo a su cargo el financiamiento de todos los proyectos que fueron llevados a ensayos de campo para cumplir con la etapa regulatoria. Por otro lado, Tecnoplant se encargó de llevar a cabo la gestión burocrática implicada en el proceso de desregulación del evento transgénico y la confección de los derechos de propiedad intelectual sobre el mismo. Para complementar los esfuerzos del INGEBI, la empresa realizó aportes en cuestiones de infraestructura, de conocimiento científico y técnico, y de fuerza de trabajo. Asimismo, la motivación de la empresa para celebrar este tipo de acuerdo de cooperación se basó en que éste le permitiría acceder rápidamente a un conocimiento científico ya desarrollado, incurriendo en menores costos y reduciendo el riesgo de la realización de este tipo de proyectos (CEPAL-SEGIB, 2010). En este sentido, el gerente general de Tecnoplant afirma:

“Nosotros creemos honestamente en las asociaciones público-privadas. Nos parece que son una muy buena manera de que los privados no se metan en cosas que le resultan muy riesgosas y que los sacan demasiado de sus

⁵⁷ F. Bravo-Almonacid, comunicación personal.

⁵⁸ A. Mentaberry, comunicación personal.

4. Caso 1: La papa resistente a PVY

vínculos con el mercado y de sus necesidades reales, y que los científicos no se metan o no quieran llegar hasta el mercado, porque les resulta muy difícil, porque no conocen, porque no es su estructura mental. (...) la ventaja es juntarse. Entonces, cuando vos construís esas relaciones público-privadas lo que hacés es poner la potencia de ambos sistemas funcionando para beneficio mutuo. Entonces, en la realidad los científicos pueden seguir haciendo ciencia y los empresarios podemos seguir siendo empresarios y en ese modelo funciona.”⁵⁹

Por lo tanto, en base a lo afirmado por algunos de los actores centrales del desarrollo de esta innovación, se puede concluir que el acuerdo de cooperación entre el INGEBI y Tecnoplant resultó beneficioso tanto para el instituto público, que pudo continuar con el desarrollo científico que había comenzado e intentar llevarlo al mercado, como para la empresa privada que se garantizó el acceso a un conocimiento científico novedoso y evitó asumir los riesgos que implican las etapas iniciales del desarrollo de una innovación biotecnológica. Sin embargo, estos esquemas no se encuentran libres de tensiones. Como afirman Dasgupta y David (1994), muchas veces la comunicación y el entendimiento entre la esfera científica y la empresaria pueden implicar un gran desafío a sortear. En este caso, esta fricción se intentó evitar a partir de la realización de reuniones semanales entre los investigadores del INGEBI y el personal de Tecnoplant. Asimismo, inicialmente la empresa disponía de científicos propios que trabajaron en forma conjunta con la gente del INGEBI y que funcionaban como mediadores entre la esfera netamente académica y la empresaria.

4.2.2 Características de los recursos empleados para el desarrollo de la innovación

El equipo de trabajo inicial que se encontraba compuesto por 3 investigadores del INGEBI debió ampliarse en la medida en que, para atravesar el proceso regulatorio con éxito, fue necesario disponer de nuevas capacidades y de mayor fuerza de trabajo. Así, para poder dar comienzo con las pruebas regulatorias se necesitó aumentar el número de plantas transgénicas de 20 a 400, por lo que se requirió de una mayor cantidad de investigadores y

⁵⁹ G. Napolitano, comunicación personal.

4. Caso 1: La papa resistente a PVY

técnicos para poder llevar adelante las actividades de micropropagación. Luego, en el momento en que se comenzó con la etapa de ensayos de campo, se incorporaron un grupo de agrónomos que contribuyeron en el diseño y los aspectos técnicos de los ensayos. En ese transcurso, también fueron incorporados otros especialistas en temas específicos que surgían como demandas de la CONABIA y el SENASA que era necesario resolver para seguir avanzando. Así, hacia el año 2012, el principal equipo de trabajo terminó compuesto por 12 investigadores y técnicos pertenecientes tanto al INGEBI como a Tecnoplant. Este equipo de trabajo estaba formado, en su mayoría, por doctores y doctorandos provenientes de áreas tales como la biología, la bioquímica, la biotecnología y la agronomía. Este equipo trabajaba de forma integrada, con reuniones semanales en las cuales eran discutidos los distintos procedimientos que se iban realizando con el fin de cumplir las exigencias de los diferentes organismos de control.

A su vez, la forma y los mecanismos por los cuales esta innovación obtuvo el financiamiento necesario para convertirse en un producto fueron variados. En un primer momento, cuando aún no había una empresa asociada al desarrollo de este evento transgénico, éste se llevó a cabo a partir de fondos del CONICET, que es la institución que paga los salarios de los investigadores pertenecientes al INGEBI, y de subsidios otorgados por la International Foundation for Science (IFS) de Suecia. En una segunda etapa, una vez que se había establecido el convenio con Tecnoplant, fue esta empresa quien empezó a aportar fondos para la continuidad del desarrollo del evento transgénico. En términos globales, dado que el proceso más costoso de este desarrollo comenzó con el tránsito por las distintas etapas regulatorias y la preparación de su salida comercial, mencionadas en el apartado anterior, puede afirmarse que Tecnoplant fue quien hizo los principales aportes respecto del financiamiento, el cual desde la empresa es estimado en 5 millones de dólares. Para ello, Sidus prestó los recursos económicos para que este proyecto pudiera ser llevado adelante. La empresa no contó con financiamiento de capitales externos ni del Estado. Los capitales utilizados fueron nacionales y propios de la empresa. Tecnoplant no utilizó subsidios ni líneas de financiamiento para el desarrollo de la papa resistente a PVY. La explicación que brindan desde la empresa es que no existían líneas de crédito o subsidios para lo que ellos necesitaban que era atravesar el proceso de desregulación. Sin embargo, en el futuro la empresa no descarta la opción de utilizar algunas fuentes de ayuda económica nuevas que ahora brinda

4. Caso 1: La papa resistente a PVY

el Estado (por ejemplo, las ofrecidas a partir de la creación del FONREBIO⁶⁰) para la realización de sus próximos desarrollos en transgénesis.

Finalmente, debido a que para desarrollar este producto el método de transgénesis que se utilizó fue mediante *Agrobacterium*, a que se trabajó con secuencias que no se encontraban bajo la protección de ninguna patente, y que la variedad Spunta era una variedad libre sobre la cual ya no quedaban derechos de propiedad, en ningún momento el INGEBI o Tecnoplant tuvieron que enfrentarse a la adquisición de licencias o al pago de regalías por la utilización de procedimientos o insumos protegidos.

4.2.3 El proceso de desregulación comercial y las razones de la demora en la salida al mercado

Una de las primeras actividades que se realizó a partir de la firma del convenio entre el INGEBI y Tecnoplant fueron los análisis de ensayo sobre cultivos de papa con resistencia a PVY en condiciones de invernadero, los cuales arrojaron como candidatas más de 100 líneas independientes. Estos ensayos implicaron la infección mecánica bajo invernáculos controlados para luego analizar esas plantas a partir de una prueba inmunoenzimática (test ELISA) con el fin de seleccionar los eventos resistentes. Se realizaron un total de 9 ensayos durante los años 1998 y 2001. Este proceso permitió la identificación de dos líneas genéticamente estables resistentes a PVY, la SY230 y la SY233. A partir de ello, estas dos líneas continuaron multiplicándose y, debido a los altos costos que implicaba realizar todas las pruebas establecidas por la regulación para las dos líneas, los investigadores decidieron

⁶⁰ El Fondo de Regulación de Productos Biotecnológicos (FONREBIO) es un instrumento creado a través del Fondo Tecnológico Argentino (FONTAR) perteneciente a la ANPCYT, cuyo objetivo es financiar parcialmente, mediante créditos de devolución contingente y aportes no reembolsables (subsidios), proyectos de desregulación de productos agro-biotecnológicos (como transgénicos o moléculas recombinantes utilizadas principalmente en la industria farmacéutica o para uso veterinario). Para ser elegibles, estos productos deben haber sido desarrollados en el país, poseer un bajo nivel de riesgo técnico, y contar con una agenda de ejecución que permita fijar hitos claros de verificación (S. Oliver, comunicación personal).

4. Caso 1: La papa resistente a PVY

quedarse con la línea SY233⁶¹ que fue la que finalmente transitó el resto de los procesos de desregulación oficiales.

En este camino, la primera etapa del proceso implicó lograr la aprobación de la CONABIA. Como consecuencia, plantines de la línea SY233 fueron sometidos a pruebas de infección a campo realizadas en distintas regiones del país, entre las cuales estuvieron incluidas las provincias de Córdoba, Mendoza y Buenos Aires⁶². Los ensayos se realizaron en más de dos mil plantas durante seis años y estas pruebas mostraron resultados positivos en términos de la resistencia de esta variedad transgénica de papa al virus PVY. Ninguna de ellas resultó infectada por el virus, mientras que las plantas de control que no tenían incorporado el transgén sufrieron una tasa de infección de entre el 60 y el 80%. En paralelo, se realizaron los análisis de aptitud alimentaria. Para ello, se estudiaron las diferentes características fenotípicas y bioquímicas, y se secuenció todo el genoma de la variedad transgénica para ser comparada con el genoma de referencia de la variedad Spunta tradicional. A partir de esta información, por un lado se determinó que el desempeño agronómico de la nueva variedad es imposible de distinguir respecto de la variedad original, y también se estableció la consistencia de las modificaciones efectuadas, el lugar donde ocurrió la inserción y la no ocurrencia de otras modificaciones indeseadas (Bravo-Almonacid *et al*, 2011). El día 29 de abril de 2015 la CONABIA aprobó el evento transgénico de papa resistente a PVY.

La etapa de aprobación por parte del SENASA fue más difícil y prolongada de concluir. Una de las razones que explican su complejidad es que este evento transgénico fue considerado por parte del organismo de control como el primer producto de consumo humano directo que podría ser aprobado, lo que llevó a que se profundizaran las exigencias y controles respecto de su liberación, dilatando su aprobación. Esta etapa comenzó en el año 2010 y finalizó recién en 2018. En el año 2015, mediante la Resolución 399/15 del MAGYP, se le otorgó la liberación comercial a este producto. Pero el dictamen aprobatorio del SENASA (Nota N° 485), pese a que explicita que el Comité Técnico Asesor y el mismo Servicio habían

⁶¹ Cuyo evento asociado es el TIC-AR 233-5.

⁶² Para realizar este paso fue necesaria la tramitación previa de una autorización expedida por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (MAGYP) que permitiera la evaluación a partir de la siembra en campo de la papa transgénica desarrollada.

4. Caso 1: La papa resistente a PVY

coincido en que no se identificaron factores de riesgo para la salud humana y animal como consecuencia del proceso de transgénesis, quedó sujeto a que la empresa desarrolladora completara con información adicional su presentación. Estos requerimientos adicionales no fueron comunicados a la empresa de forma específica hasta después de un año de la firma de la resolución. A partir de ello, la empresa comenzó con la realización de los pedidos adicionales solicitados para finalizar el proceso completamente.

La aprobación por parte de la Dirección de Mercados Agropecuarios no presentó estas complejidades. La papa resistente a PVY es el único evento transgénico en Argentina que tuvo una doble aprobación por parte de esta Dirección. Durante el año 2014, se realizó la primera presentación del informe de impacto de mercado, el cual fue aprobado sin objeciones. Asimismo, a instancias de la llegada de un nuevo gobierno, en el año 2017 se realizó una nueva evaluación de impacto de mercado, en la que se obtuvieron idénticas conclusiones que la vez anterior. Finalmente, el proceso de desregulación de este evento transgénico culminó en agosto de 2018, cuando el Ministerio de Agroindustria a partir de la Resolución 65/2018 autorizó la comercialización de papa resistente a PVY.

El proceso de aprobación comercial para la papa resistente a PVY fue particularmente largo por dos razones. La primera es que no siempre estaban disponibles los recursos económicos para poder afrontar las distintas pruebas exigidas. La separación de Biosidus de INDEAR⁶³ en el año 2008, la separación de Sidus y Biosidus en el año 2010 junto con el cambio de manos de Tecnoplant de Biosidus a Sidus, provocaron que durante largos períodos de tiempo el proyecto detuviera sus operaciones a la espera de definiciones en los distintos asuntos legales que se encontraban pendientes de resolver. Esta situación interrumpió el flujo de fondos varias veces y dificultó la continuación de los avances y de las pruebas que debían ser realizadas para lograr su aprobación comercial.

La segunda razón tuvo que ver con la inexistencia de un protocolo definido para el proceso de desregulación de eventos transgénicos en general, y del cultivo de la papa y del rasgo de

⁶³ Este proyecto se integró a INDEAR a través de un convenio que Biosidus realizó con el instituto luego de su creación. Cuando Biosidus se retiró de INDEAR el proyecto permaneció unos meses más en esa institución y luego volvió a Biosidus.

4. Caso 1: La papa resistente a PVY

resistencia a virus, en particular⁶⁴. Esta falencia derivó en largos debates entre la empresa y los organismos de control sobre qué pruebas eran necesarias realizar⁶⁵ y lo que era posible hacerse y lo que no. Esta situación se vio agravada dadas las especificidades de este cultivo⁶⁶ que son muy diferentes a las que presentan otros cultivos tradicionales como la soja, el maíz o el algodón (donde la CONABIA, el SENASA y la Dirección de Mercados ya contaban con la experiencia de haber desregulado diferentes eventos). A este elemento se sumó que era la primera vez en el país que se desregulaba el rasgo de resistencia a virus. En este sentido, otros rasgos (como la tolerancia a herbicidas o resistencia a insectos) podrían haber resultado mucho más sencillos de desregular debido a que los organismos de control ya disponían de recursos capacitados y de antecedentes para su evaluación. En el caso de resistencia a virus, estos organismos se enfrentaron a la dificultad de tener que buscar expertos en virología para realizar las consultas necesarias y definir qué aspectos se evaluarían y cómo lo harían. Asimismo, por ser el primer evento transgénico que desregulaba Tecnoplant, la empresa tampoco tenía experiencia en estos procedimientos y eso demandó una mayor cantidad de tiempo en el empleo de la resolución de dificultades, la generación de alianzas, y el aprendizaje de los procesos técnicos y burocráticos.

4.2.4 Los resultados y las expectativas comerciales asociadas al evento transgénico

Pese a la larga demora que llevó conseguir la autorización comercial de este desarrollo, los resultados parciales de enfrentar este desafío comenzaron a aparecer en el año 2002 cuando

⁶⁴ Si bien es cierto que los organismos de control han publicado listados con los requisitos que deben ser presentados y cumplidos por los desarrolladores de eventos transgénicos, estos listados revisten de un carácter general, en los cuales no se encuentran especificados algunos aspectos fundamentales como, por ejemplo, qué pruebas se deben realizar en función de cada transformación, cómo deben ser realizadas y cómo se deben presentar los resultados obtenidos.

⁶⁵ Por ejemplo, fue pedido un ensayo de flujo génico para asegurar que el polen de este evento transgénico no contaminaría a otras variedades de papa o a otras especies relacionadas. Esta prueba fue muy cuestionada debido a la baja cantidad de polen que produce la variedad Spunta y, como consecuencia, la baja cantidad de semilla sexual producida y su alto nivel de infertilidad.

⁶⁶ Por ejemplo, la no utilización de una semilla botánica para la siembra comercial.

4. Caso 1: La papa resistente a PVY

fue aprobada una patente nacional de la cual es titular el CONICET y cuya autoridad es compartida⁶⁷. En ella figuran Alejandro Mentaberry (INGEBI), Fernando Bravo-Almonacid (INGEBI) y Germán Serino (Tecnoplant). Dado que Tecnoplant es el representante de la patente y el desarrollador de esta tecnología en el mercado, el 5% de lo que Tecnoplant cobre en concepto de regalías dentro del sistema comercial es lo que percibirá el CONICET como obtentor. A nivel comercial, las expectativas de la empresa con este producto se ubican en alcanzar entre un 15 y un 20% del mercado total de semillas de papa en Argentina. Dentro de ese mercado, Tecnoplant trabaja en la producción de tubérculo-semilla en asociación con otros productores⁶⁸, a los cuales les licencia el evento transgénico. En este sentido, el gerente general de la empresa afirma que:

*"Tampoco nosotros vamos a ser los únicos productores de esto, vamos a ser una pequeña parte, la producción gruesa se va a hacer con productores empresarios especializados en eso. Nosotros creemos mucho en la especialización. Nosotros somos empresarios, pero nosotros tenemos un conocimiento que es más de gestión de contratos, de desarrollo de marketing y de mercadeo."*⁶⁹

Así, Tecnoplant sólo planea producir el 15% de las semillas de papa mejorada. Con esta porción del mercado, y las regalías obtenidas por la venta de semillas y las almacenadas por parte del productor, calculan cubrir todos los costos que implicó el desarrollo del evento, el pago de las regalías al CONICET, y la obtención de beneficios para la empresa. Esta proyección conservadora tiene que ver con la estructura de protección de propiedad intelectual que la empresa está desarrollando:

"La única manera de manejar esto, y es de hecho como nosotros lo vamos a hacer, es a través de contratos entre partes y eso está regido por la Ley

⁶⁷ N° Res. AR041781B1

⁶⁸ Uno de los motivos de estas asociaciones es que la producción del tubérculo-semilla es lenta y su grado de multiplicación es bajo. La curva de crecimiento recién se acelera cuando se alcanza cierto nivel de producción. Debido a que Tecnoplant no cuenta con grandes capacidades productivas ni de control de su propia innovación, la empresa optó por la realización de acuerdos con otros productores.

⁶⁹ G. Napolitano, comunicación personal.

4. Caso 1: La papa resistente a PVY

*de Patentes y no por la Ley de Semillas. Hay formas de controlar eso, nuestras formas de controlar son dos: la primera es tener una estructura jurídica y de contratos muy sólida y muy coherente. Y la segunda es no ocupar demasiado volumen de mercado para poder controlar. Porque si nosotros queremos expandirnos demasiado en el mercado, se nos descontrola y una vez que se te descontroló, se descontroló... no es que se descontroló un poquito, se descontroló todo."*⁷⁰

En cuanto a los beneficios para el productor de la siembra de esta semilla transgénica, según el gerente general de Tecnoplant que fue entrevistado, estos se encuentran asociados a la disminución entre un 7 y un 9% por campaña en los costos de producción de papa para consumo fresco, junto con una mejora en los rendimientos de producción y, por ende, una mayor rentabilidad del cultivo. Asimismo, la introducción de la característica de la resistencia a PVY en la papa puede implicar una ampliación de la frontera geográfica de la producción de papa en Argentina y un menor uso de insecticidas.

Por otro lado, esta tecnología es potencialmente exportable. Sin embargo, esto no es un objetivo que se encuentre entre los prioritarios de la empresa. Las razones son varias. Por un lado, exportar la tecnología implica tener que atravesar el proceso de desregulación en cada país que se quiera introducir este evento transgénico. El principal problema radica en los altos costos que se deben afrontar para poder realizar este camino. Además, no todos los países (ni siquiera los vecinos regionales) consumen la misma variedad de papa, por lo que introducir este evento transgénico en otro país también demandaría realizar la inserción del transgén en una nueva variedad. Por último, los niveles de exportación de papa para su consumo en fresco son muy reducidos, debido a que no es un producto con características de exportación dado su gran volumen y las dificultades que implica su conservación.

De todas formas, el producto para el mercado de consumo fresco no estará disponible hasta el año 2020 aproximadamente.

⁷⁰ G. Napolitano, comunicación personal.

5. CASO 2: LA SOJA TOLERANTE A LA SEQUÍA (HB4)

En este capítulo se presenta el desarrollo del segundo caso de estudio seleccionado para la realización de este trabajo, correspondiente a la realización del evento transgénico de soja con tolerancia a la sequía (HB4) desarrollada por Bioceres y UNL-CONICET. Al igual que el capítulo anterior, éste se encuentra dividido en dos secciones. En la primera de ellas se abordan los antecedentes empresariales y tecnológicos vinculados a este desarrollo. Aquí se estudian cuestiones relativas a la trayectoria tecnológica y otras características de las empresas participantes y aspectos asociados a los estudios de identificación y aislamiento del gen HaHB-4 realizados por las instituciones científicas del sector público.

Luego, en la segunda sección, se presenta cómo fue el proceso de surgimiento de la soja con tolerancia a la sequía. En base a los objetivos específicos planteados inicialmente, se profundiza en las distintas dimensiones que permitieron el desarrollo de un cultivo de interés comercial basado en la tecnología HB4, las cuales se reconstruyeron a partir del trabajo de investigación bibliográfica y del trabajo de campo realizado.

5.1 Antecedentes empresariales y tecnológicos vinculados al desarrollo de la soja tolerante a la sequía

En esta sección se describen los antecedentes empresariales y tecnológicos vinculados al evento transgénico de soja. El mismo se encuentra dividido en cuatro apartados. En el primero de ellos se describen los antecedentes empresariales de Bioceres. Se presenta la historia de la empresa, el contexto de surgimiento, la asociación con el sector público y los antecedentes que la empresa tiene en actividades de I+D. Luego, se describen los antecedentes de Arcadia, la empresa norteamericana con la cual Bioceres realizó un *joint venture*, llamado Verdeca. La información relativa a esta empresa se presenta en el tercer apartado. Finalmente, se abordan las cuestiones asociadas a los antecedentes tecnológicos basados en el estudio del gen HaHB-4 que dieron como fruto el surgimiento de la tecnología de tolerancia a la sequía.

5.1.1 Bioceres

Bioceres es una empresa compuesta por capitales argentinos, creada el 12 de diciembre de 2001, momento en el cual imperaba en el país una importante crisis política, económica y social. La empresa fue fundada por 23 socios accionistas (luego se sumaron 22 más) que aportaron un capital inicial de 600 dólares cada uno. Estos accionistas eran productores agropecuarios que se encontraban vinculados por su pertenencia a la Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa (AAPRESID)⁷¹, una organización no gubernamental sin fines de lucro que tiene como objetivo promover formas de cultivo sin labranza y mejorar la productividad del suelo a través de la adopción de innovaciones, del uso de la ciencia y de la gestión del conocimiento.

Los accionistas que conformaron Bioceres eran productores preocupados por la implementación de innovaciones tecnológicas y por el grado de dependencia respecto de empresas trasnacionales que existía debido a su escaso desarrollo en el país. Asimismo, estos productores conocían las capacidades de invención existentes en el sector público, pero también observaban la dificultad que éste tenía en poder transformar ese conocimiento en verdaderas innovaciones que tuvieran impacto en la producción. Como consecuencia, los socios de Bioceres plantearon la creación de una empresa que colabore con el sector científico para que el conocimiento allí generado traspase las paredes del laboratorio y pueda ser convertido en tecnología. Así, uno de los principales objetivos que se plantearon estos productores fue desarrollar innovaciones biotecnológicas pensadas en función de las necesidades locales del sector agrícola (Pellegrini, 2013). Este objetivo, que inicialmente se encontraba dirigido hacia el desarrollo de innovaciones para su aplicación directa a la producción (que era el espacio dónde los accionistas tenían experiencia), fue transformándose rápidamente hacia un objetivo que apuntó al desarrollo de innovaciones productivas en sí mismas, por lo que en poco tiempo el negocio de Bioceres se amplió hacia la venta de tecnología.

⁷¹ Entre estos socios iniciales se encontraban Gustavo Grobocopatel, uno de los mayores empresarios nacionales reconocido por su capacidad innovadora, y Víctor Trucco, quien también participó de la fundación de AAPRESID en el año 1989.

5. Caso 2: La soja tolerante a la sequía (HB4)

La estrategia sobre la cual se construyó esta empresa implicó la conformación de una estructura abierta basada en un modelo de tipo colaborativo en red. Se buscó instalar un modelo de empresa innovadora desde el punto de vista organizacional. Para ello, los inversores se inspiraron en los cambios que habían ocurrido durante la década de 1990 en la producción agrícola⁷² y trataron de replicarlo en el modo de funcionamiento de la empresa. Los integrantes de Bioceres consideraban que no era necesario tener activos propios, sino que la empresa podía contratar o subcontratar los elementos que fueran necesarios para su desempeño. Así, Bioceres se constituyó como un "gerente de contratos" entre los diversos actores del sector público y del sector privado (Giacobbe, 2011).

Bajo esta lógica, inicialmente los participantes contribuyeron con distintos aportes en función de sus capacidades (insumos, capacidad de gestión, conocimientos, tierras, dinero, etc.) a cambio de acciones de la firma. A su vez, para el financiamiento de proyectos específicos, la empresa convocaba a inversores que participaban únicamente de esos proyectos y a los cuales se les retribuía una vez que esos desarrollos eran comercializados o licenciados. De este modo, la empresa se encargaba del planeamiento y la coordinación de la utilización de los diferentes elementos. Los esfuerzos empresariales de Bioceres fueron dirigidos hacia la creación, la gestión y la financiación de diversos proyectos relacionados con el desarrollo de tecnologías y de productos (Feeney *et al*, 2016).

Para ello, un elemento fundamental fue la construcción de un vínculo fuerte con el sector público. Desde el comienzo de la empresa sus socios consideraron que este sector contaba con amplias y consolidadas capacidades científicas, pero también habían detectado un problema histórico: la incapacidad de transformar ese conocimiento en innovaciones con potencial impacto en el mercado. Por ende, su propuesta fue complementar esa capacidad científica con la capacidad de gestión que era lo que Bioceres tenía para aportar en el proceso de desarrollo de innovaciones biotecnológicas. Así, Bioceres firmó acuerdos de desarrollo

⁷² Como se mencionó en el capítulo 2, estos cambios incluyeron, por un lado, la adopción y adaptación de un novedoso paquete tecnológico (uso de semillas transgénicas, la aplicación de herbicidas e insecticidas, y la siembra directa) y, por otro lado, una modificación en la organización de la producción a partir del establecimiento de un modelo en red, donde la introducción de contratos pasó a estructurar los intercambios productivos, tecnológicos y comerciales. Para un desarrollo más exhaustivo ver Bisang, 2007.

5. Caso 2: La soja tolerante a la sequía (HB4)

tecnológico conjuntos con el sector público. Durante un plazo de siete años la empresa utilizó tanto laboratorios como investigadores pertenecientes a este sector⁷³. De este modo, Bioceres era responsable de la coordinación general, la financiación y la gestión de la propiedad intelectual de proyectos de investigación básica que habían sido iniciados en los laboratorios públicos, que se encontraban en un estado avanzado, y que eran de su interés debido al potencial comercial que estos tenían. Gracias a ello, la empresa evitó tener que realizar grandes inversiones, principalmente en infraestructura, pero también en mantenimiento de las instalaciones y capacitación, y además redujo el nivel de riesgo de sus inversiones (Pellegrini, 2013; Giacobbe, 2011).

De esta forma, en sus comienzos, Bioceres presentó una estructura organizacional con tres características clave. En primer lugar, ésta era simple, porque contaba con escasos niveles jerárquicos. En segundo término, también era flexible, dado que los equipos de trabajo se armaban de manera *ad hoc* para el cumplimiento de proyectos específicos que, una vez concluidos, eran disueltos. Por último, era ligera, debido a los escasos recursos que eran necesarios para su funcionamiento. Este tipo de estructura le permitió manejar niveles bajos de inversión durante los primeros años y además trabajar de forma conjunta con el sector público (Giacobbe, 2011).

Sin embargo, con el transcurrir del tiempo, esta forma de gestionar presentó una serie de inconvenientes. Como afirman Bonaccorsi y Piccaluga (1994) es usual que en los esquemas basados en acuerdos de cooperación surjan problemas vinculados al ritmo y la forma de trabajo que se emplea en las investigaciones académicas y a cuestiones de apropiación del conocimiento generado. En el caso de Bioceres, el principal problema estuvo asociado a las dificultades que tenía la empresa para poder aprovechar en futuras iniciativas los conocimientos generados durante la ejecución de los proyectos que habían terminado en fracaso. Esta dificultad radicaba en la pérdida de vinculación con los científicos que habían trabajado en el proyecto que había fracasado. Por lo tanto, esta imposibilidad de capitalizar las fallas derivaba de la propia estructura organizacional de la empresa. El inconveniente se encontraba en que el conocimiento quedaba en manos del sector público, debido a que eran

⁷³ Específicamente el Instituto de Biotecnología y de Genética del INTA, la UNL, y el INGEPI del CONICET (Pellegrini, 2013).

5. Caso 2: La soja tolerante a la sequía (HB4)

sus laboratorios los encargados de proveer los servicios de investigación, y no en los empleados de la propia compañía (Feeney *et al*, 2016).

Asimismo, la aparición de esta dificultad se combinó, por un lado, con un contexto económico más favorable que el existente durante la creación de la empresa, lo cual generó las condiciones de posibilidad para realizar inversiones de capital; y, por otro lado, la existencia un conjunto de políticas públicas implementadas por el Estado Nacional destinadas al fomento de la I+D en industrias locales que sirvieron de gran apoyo (Gamba y Mocchiari, 2016).

Como consencuencia, la empresa reconsideró su estructura organizacional. Así, la estructura original comenzó, poco a poco, a ser reemplazada por otra de mayor tamaño, más rígida y que demandaba mayores niveles de inversión. Por lo tanto, Bioceres decidió tener una estructura científica propia, un núcleo de investigadores propios que pudieran complementarse con otros científicos, pero que permitiese que los conocimientos generados quedaran dentro de la empresa. Así, en el año 2004 Bioceres tomó la decisión, junto con Biosidus, de crear el INDEAR, un laboratorio especializado fruto de una alianza con el CONICET⁷⁴. Para ello, los accionistas de Bioceres tuvieron que ampliar cinco veces el capital invertido⁷⁵ (Huergo, 2004). En el acuerdo se estableció que el CONICET cedería en comodato por 30 años un terreno en el Centro Científico Tecnológico (CCT) de Rosario, en el cual se realizó la construcción de un edificio destinado a investigaciones. Así, en el año 2006 comenzó la construcción del edificio y en el año 2010 se produjo su inauguración oficial, aunque ya se encontraba en actividad tiempo antes.

La creación de INDEAR impactó fuertemente en el aumento de la cantidad de empleados de la empresa, principalmente estas incorporaciones fueron investigadores, desarrolladores y técnicos. Parte de los investigadores que comenzaron a desempeñarse allí lo hicieron bajo un régimen de contratación de CONICET como "Investigador en la Empresa", esto significa que

⁷⁴ Como se mencionó previamente, Biosidus abandonó su participación en INDEAR en el año 2008 con motivo de la crisis financiera internacional (Pellegrini, 2013).

⁷⁵ La inversión necesaria para la construcción y el equipamiento de este Instituto fue alrededor de 5 millones de dólares. Disponible en <https://www.lanacion.com.ar/594975-crean-un-instituto-de-agrobiotecnologia>

5. Caso 2: La soja tolerante a la sequía (HB4)

los investigadores realizan su trabajo en una empresa determinada por un período de 4 años durante los cuales el CONICET se hace cargo del pago de sus salarios. A partir de un convenio marco establecido entre CONICET e INDEAR ese plazo podía ser extendido por 4 años más. El resto de los investigadores eran contratados directamente por INDEAR. Por su parte, INDEAR aportó recursos económicos, gerenciamiento y competencias para la transferencia tecnológica, como también investigadores formados en campos específicos de interés especial. Así, Bioceres comenzó con un proceso de desarrollo de capacidades tecnológicas a partir de la creación de conocimiento científico y tecnológico propio, que inicialmente lograron comercializarlo a través de la venta de servicios científicos a otras empresas⁷⁶.

De este modo, poco a poco, INDEAR fue adquiriendo más importancia en la realización de actividades de I+D para la empresa hasta convertirse en la empresa de I+D del Grupo Bioceres. Así, a medida que INDEAR fue consolidando su participación dentro de la compañía, comenzó a ocuparse de proyectos que se encontraban en etapas cada vez más tempranas de ejecución y empezó a vender servicios científicos a otras instituciones de biotecnología aprovechando el conocimiento generado y la capacidad instalada. La mayoría de estos servicios estaban relacionados con detección molecular, análisis moleculares de muestras y servicios de estudios regulatorios⁷⁷.

Cabe agregar que, al ser Bioceres la única empresa del sector privado que participa de INDEAR, ésta tiene la primera opción sobre la propiedad intelectual de los resultados exitosos de los proyectos que allí se desarrollan. Contando con ello, Bioceres comenzó a desplegar diversos tipos de proyectos de investigación, en términos de tiempos y riesgos, y a construir alianzas con otros grupos de investigación que se desempeñaban en laboratorios públicos mediante diferentes acuerdos (Feneey *et al*, 2016).

El segundo paso que dio la empresa en esta dirección fue la creación en el año 2006 de Bioceres Semillas, una empresa creada y dirigida tanto por productores agrícolas como por vendedores de semillas. El objetivo de esta nueva empresa era lograr capturar en el mercado

⁷⁶ M. Giacobbe, comunicación personal.

⁷⁷ C. Pérez, comunicación personal.

5. Caso 2: La soja tolerante a la sequía (HB4)

el valor de las tecnologías y el conocimiento generado. Bioceres Semillas nació a partir de un Convenio de Vinculación Tecnológica entre Bioceres y el INTA firmado en el año 2003. En ese momento, el ente gubernamental le otorgó una licencia exclusiva para comercializar su línea de desarrollo en trigo, la cual pasó a denominarse BioInta, y fue el primer producto que lanzó Bioceres al mercado local en el año 2004. En la actualidad, esta empresa es la encargada de la multiplicación, comercialización y de la adaptación para su mejor rendimiento, según las distintas zonas geográficas⁷⁸, de diversas variedades de semillas de diferentes tipos de cultivos desarrolladas por Bioceres⁷⁹.

Estas iniciativas fueron el puntapié inicial a partir del cual Bioceres se convirtió en Grupo Bioceres, un *holding* compuesto por distintas empresas que actúan en base a objetivos específicos pero con un horizonte compartido. Actualmente, además de INDEAR y Bioceres Semillas, el Grupo Bioceres se encuentra compuesto por las empresas que se detallan en la Tabla 6.

De estos elementos se desprende el modelo de negocios de Bioceres, el cual se encuentra estructurado sobre tres ejes: el desarrollo de tecnologías, el desarrollo de nuevos productos, y la producción y comercialización.

El primero de estos ejes se caracteriza por estructurarse dentro el primer eslabón de la cadena de producción de cultivos transgénicos, en las actividades que refieren a la identificación y generación de nuevos conocimientos y tecnologías para múltiples aplicaciones y mercados. De esta manera, Bioceres obtiene y desarrolla tecnologías prometedoras desde etapas tempranas, las cuales son financiadas a través de subsidios públicos y otras fuentes de capital⁸⁰. Debido a que Bioceres tiene un modelo de desarrollo de tecnología donde no realiza investigación precompetitiva, sino que se apoya en la investigación que realiza el sistema científico, la empresa afirma que por cada dólar que invierte en este segmento de desarrollo,

⁷⁸ Del ámbito nacional y de países limítrofes.

⁷⁹ M. Giacobbe, comunicación personal.

⁸⁰ Aquí se tienen en cuenta los salarios cobrados por los investigadores que paga el sistema científico nacional, líneas de financiamiento públicas otorgadas por el Fondo para la Investigación Científica y Tecnológica (FONCYT) y el FONTAR, y socios inversores que aportan a cada proyecto en forma de cuotas partes del mismo (F. Trucco, comunicación personal).

5. Caso 2: La soja tolerante a la sequía (HB4)

20 dólares son invertidos por terceros⁸¹. Las actividades de I+D llevadas a cabo en esta etapa son realizadas a través de INDEAR (empresa que se encuentra en continua relación con el CONICET) y de la Unidad de Ingeniería Metabólica (INMET). El objetivo de contar con estas empresas es poder generar tecnologías propias que le permitan a Bioceres reducir el nivel de dependencia respecto de la tecnología desarrollada en los países centrales y, con ello, evitar el pago respectivo por su utilización (Bioceres, 2018).

Luego, el segundo eje del modelo de negocios establecido por Bioceres, se basa en la construcción de relaciones de colaboración con distintos socios estratégicos que dan lugar a la formación de los *joint venture* (Verdeca, Trigall Genetics y S&W Semillas) que Bioceres mantiene para el desarrollo de nuevos productos, según las distintas áreas de interés. Estos proyectos de desarrollo de productos, que se ubican en un segundo eslabón de la cadena, implican una inversión promedio de 4 dólares por parte de los socios por cada dólar invertido por Bioceres, lo cual impacta en una reducción de la carga financiera de la empresa y la posibilidad de participar del desarrollo de múltiples productos a la vez. Esto se logra a partir de la contratación de INDEAR como plataforma de servicios para llevar adelante las distintas actividades de I+D requeridas en esta etapa como, por ejemplo, los ensayos a campo, las evaluaciones toxicológicas, los ensayos de genómica, entre otros. Por lo tanto, la realización de estas contrataciones resultan en ingresos para una subsidiaria, a partir de los cuales el Grupo Bioceres recupera parte de la inversión inicial, sin ceder el control de la tecnología⁸². De este modo, estas nuevas empresas nutren sus capacidades de innovación a partir de los conocimientos y tecnologías generadas por INDEAR y la INMET. En esta instancia es donde se genera la propiedad intelectual de la empresa (Bioceres, 2018).

⁸¹ F. Trucco, comunicación personal.

⁸² F. Trucco, comunicación personal.

5. Caso 2: La soja tolerante a la sequía (HB4)

Tabla 6

Empresas pertenecientes al Grupo Bioceres

Empresa	Año de creación o vinculación	Descripción
Unidad de Ingeniería Metabólica (INMET)	2011 (lanzamiento 2013)	Esta firma es un "spin off" de INDEAR. Se ocupa del desarrollo de organismos genéticamente optimizados para la producción de compuestos de alto valor agregado, los cuales permiten reemplazar productos químicos por productos biológicos sustentables minimizando el impacto ambiental y reduciendo sus costos.
Verdeca	2012	Es un joint venture junto con Arcadia Biosciences, que tiene el objetivo de desarrollar y comercializar nuevas tecnologías transgénicas para distintos cultivos.
Trigall Genetics	2013	Surge de la asociación de Bioceres con la compañía francesa Florimond Desprez. Esta nueva empresa tiene el objetivo de desarrollar y comercializar variedades de trigo a través de la utilización de herramientas biotecnológicas de última generación.
S&W Semillas	2015	Bioceres y la empresa estadounidense S&W crearon un joint venture con el objetivo de desarrollar variedades de alfalfa y tecnologías aplicadas a ese cultivo.
Héritas	2016	Surge como consecuencia de la fusión de CIBIC con INDEAR. Esta empresa se encuentra enfocada en el diagnóstico genómico para el desarrollo de medicina de precisión.
AGBM	2016	Creada en conjunto con Porta Hnos. Esta empresa produce y comercializa quimosina y otros derivados, un insumo para la industria láctea, a partir de semillas de cártamo modificadas genéticamente. Éstas constituyen el último evento transgénico aprobado y desarrollado por Bioceres[*].
Rizobacter	2016	Bioceres adquirió el 50,01% del paquete accionario de la tradicional empresa argentina. El objetivo de esta empresa está dirigido al desarrollo y comercialización de productos de base microbiológica enfocados en la nutrición y la protección de los cultivos. Hacia el año 2012 estas empresas habían conformado SEMYA, un joint venture que tiene como objetivo específico el desarrollo conjunto e integrado de eventos biotecnológicos, germoplasma, biofertilizantes y biopesticidas.
Chemotecnica	2016	Bioceres adquirió el 28% de esta empresa que se encuentra controlada por Glencore Argentina. Esta empresa está encargada de la fabricación de productos para la salud humana y productos destinados a la actividad agropecuaria.

[*] Resolución 103-E/2017 del Ministerio de Agroindustria de la República Argentina. La variedad fue aprobada bajo el nombre comercial Cártamo SPC.

Fuente: Elaboración propia en base a información brindada por Bioceres S.A.

5. Caso 2: La soja tolerante a la sequía (HB4)

Por último, el tercer eje se basa en la producción y el acceso al mercado de los productos desarrollados por Bioceres, el último eslabón de la cadena de producción de cultivos transgénicos. Algunas de las empresas que se encargan de esta etapa son Rizobacter, AGBM, Héritas y Bioceres Semillas. El objetivo es capturar el valor en el mercado de los desarrollos realizados a partir de la producción y comercialización de los mismos. En el año 2017, Bioceres ya contaba con más de 300 productos y licencias (Bioceres, 2018).

Esta forma de funcionamiento deja en claro los cambios que atravesó Bioceres desde su creación hasta la actualidad. En primera instancia, la gestión y financiación de proyectos de agrobiotecnología fue desplazada de su lugar central por la adquisición o vinculación con otras empresas. Por otro lado, la operatoria en red continuó siendo una parte fundamental de su estructura, pero en la cual ahora se incluyen una multiplicidad de empresas donde Bioceres participa con inversiones de capital y en la toma de decisiones de forma activa para lograr coordinar todas las instancias de desarrollo de un nuevo producto o tecnología.

Respecto de la forma de financiamiento de los proyectos que lleva adelante la empresa, la estrategia de Bioceres estuvo centrada en dos tipos de instrumentos. Por un lado, parte de su financiación provino del MINCYT, el cual le otorgó una serie de subsidios de aporte no reembolsable (ANR) a la empresa provenientes de fondos destinados a proyectos innovadores en términos de productos y procesos. Bioceres comenzó a recibir este tipo de subsidio desde el año 2005 los cuales se fueron intensificando con el paso del tiempo, al punto que desde el año 2008 Bioceres recibió entre 7 y 10 subsidios por año destinados a diferentes proyectos. Cada uno de ellos significó una suma entre 100 y 200 mil dólares (Feeney *et al*, 2016).

Sin embargo, a partir del año 2012, Bioceres dejó de recibir ayuda estatal. Anteriormente había recibido unos subsidios en el marco del PAE. Pero luego de ese año, el MINCYT interrumpió el financiamiento a partir de la idea de que Bioceres debía empezar a competir con otros institutos o empresas que también se encontrasen dentro de la carrera tecnológica. En este sentido, A. Mentaberry afirma que:

“En realidad, hubo un momento en que dijimos ahora es el momento en que INDEAR compita con otros. Hay que apoyar a otros. Para que haya

5. Caso 2: La soja tolerante a la sequía (HB4)

competencia, porque la innovación significa competencia. Tenés que estar en el borde de la avanzada. Pero en un momento decís hasta acá, ya arrancaste, ya estás en el negocio, ya estás estabilizado, pasaste el valle de la muerte, bueno, ahora arreglate por tu cuenta y competí como todos los capitalistas compiten”⁸³

El segundo mecanismo que permitió el financiamiento de proyectos en etapas iniciales fue la formación de consorcios. Estos son asociaciones público-privadas entre instituciones de investigación que se realizan con el objetivo de llevar adelante grandes proyectos de I+D que implican largos plazos de ejecución. Bioceres ha participado de siete consorcios, tres de ellos a nivel nacional, dos de ellos realizados con la Comunidad Económica Europea, uno con el Mercosur y, por último, un consorcio con el Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo. Algunos de los temas investigados por estos consorcios estuvieron vinculados con el estudio de pastizales transgénicos, conversión de glicerina en biodisel, desarrollo de alimentos funcionales, secuenciación del genoma de la soja, entre otros (Feeney *et al*, 2016).

Hacia el año 2017 la empresa contaba con 308 accionistas, de los cuales 270 son productores agropecuarios, y ninguno de ellos mantiene en su poder más del 5% del paquete total de acciones. A su vez, esta empresa es titular o licenciataria de 303 productos registrados y de 217 patentes o solicitudes de patentes, en forma exclusiva y no exclusiva. Bioceres, concentró sus esfuerzos en el desarrollo de variedades de cinco cultivos estratégicos: soja, trigo, maíz, alfalfa y cártamo (Bioceres, 2018).

5.1.1.1 Antecedentes en I+D de Bioceres

Desde sus comienzos Bioceres se dedicó al desarrollo de nuevos productos biotecnológicos a partir de la construcción de vínculos con distintas instituciones públicas. La primera experiencia que realizó en este sentido fue en el año 2002 a partir de la firma de un convenio con el equipo de Alejandro Mentaberry (INGEBI-CONICET) para generar una soja

⁸³ A. Mentaberry, comunicación personal.

5. Caso 2: La soja tolerante a la sequía (HB4)

transgénica resistente a enfermedades fúngicas. El objetivo de Bioceres era aprovechar las capacidades que el equipo de investigadores del INGEBI había acumulado en sus intentos de desarrollar la papa transgénica resistente a PVY. Sin embargo, este proyecto concluyó al poco tiempo, debido a que se fracasó en el proceso de construcción de la nueva variedad vegetal, como consecuencia de la falta experiencia que tenían los investigadores en el cultivo de soja (Pellegrini, 2013). No obstante, el grupo continuó trabajando de forma independiente en la transformación de soja, lo cual se logró conseguir unos años después con la incorporación del gen HaHB-4. A su vez, el vínculo formado entre la empresa y Mentaberry se sostuvo y, en el año 2004, Mentaberry fue nombrado director científico de INDEAR, cargo que ocupó hasta el año 2012⁸⁴.

Otro proyecto que llevó adelante Bioceres, también en el año 2002, fue la firma de un convenio con el INTA para el desarrollo de una variedad de maíz transgénico resistente al mal de Río Cuarto. Debido a que el virus que propicia ese mal sólo existe en Argentina, era esperable que las grandes empresas transnacionales no se preocuparan por desarrollar soluciones para este problema. En este caso, el INTA se encargó de realizar la caracterización del virus, las construcciones genéticas⁸⁵ para obtener la resistencia al virus, y la transformación⁸⁶ de la planta de maíz. Por su lado, Bioceres gestionó las solicitudes de patentes y aportó 250 mil dólares para el desarrollo del proyecto.

Sin embargo, Bioceres comenzó a enfrentarse a una serie de dificultades que derivaron en que este proyecto tampoco lograra concluirse. Una de ellas tuvo que ver con la gran inversión de dinero que implicaba llevar adelante el proceso de desregulación internacional necesario para lograr la liberación comercial del evento, y que Bioceres no tenía la capacidad económica de realizar. A este elemento se le sumó la existencia de algunas mejoras en el cultivo de maíz con respecto al mal de Río Cuarto, que habían sido desarrolladas mediante cruzamientos

⁸⁴ A. Mentaberry, comunicación personal.

⁸⁵ Una construcción genética es la secuencia genética que contiene el transgén y que es posible de ser patentada (Pellegrini, 2011).

⁸⁶ Por "transformar" se entiende la incorporación de la construcción genética dentro del genoma de la planta objetivo (Pellegrini, 2011).

híbridos convencionales, lo cual impactó de forma negativa en los esfuerzos realizados por Bioceres para llevar este desarrollo al mercado (Pellegrini, 2013).

A partir de estos intentos fallidos Bioceres acumuló la experiencia que le permitió ver que si quería ser una empresa que lograra llevar un producto biotecnológico al mercado necesitaba obtener la colaboración, no sólo del sector público para las cuestiones de desarrollo científico y tecnológico, sino también de un socio comercial que le permitiese ampliar sus capacidades de gestión, aumentar el nivel de recursos económicos disponibles, y obtener los activos complementarios necesarios para hacer frente a los procesos de desregulación a nivel internacional y comercializar un producto biotecnológico. Sólo así Bioceres podría comenzar a participar de forma activa en los mercados internacionales como proveedor de biotecnología para la agricultura⁸⁷.

5.1.2 Arcadia Biosciences

Arcadia es una empresa que fue fundada en el año 2002, en California, Estados Unidos. Sus procursores fueron Eric Rey, un especialista en la gestión de proyectos para el desarrollo de innovaciones biotecnológicas, y John Sperling, un empresario multimillonario creador de la Universidad de Phoenix que se incorporó a la empresa como accionista mayoritario dado su interés asociado a la biotecnología. El objetivo era crear una empresa dedicada al desarrollo de productos y tecnologías agrícolas dirigidas a la mejora del medio ambiente y la salud humana.

La estrategia de esta empresa estuvo basada en la incorporación de personal con amplia trayectoria en el sector. Los cargos ejecutivos más importantes fueron ocupados por personas que tenían en promedio 20 años de experiencia en distintas empresas de biotecnología agrícola. La mayoría de ellos se habían desempeñado previamente en Calgene, una empresa de California (Estados Unidos) que en el año 1997 fue adquirida por Monsanto, y habían sido partícipes activos del proceso que derivó en las tres primeras aprobaciones comerciales para

⁸⁷ F. Trucco, comunicación personal.

5. Caso 2: La soja tolerante a la sequía (HB4)

eventos transgénicos en Estados Unidos⁸⁸. En este sentido, desde sus comienzos, Arcadia contaba con un equipo de personas con amplias capacidades en temas clave para el desarrollo, la obtención de la propiedad intelectual, la desregulación, y la comercialización de eventos biotecnológicos.

Uno de los principales logros de esta compañía fue alcanzar una tecnología que posibilitó conferir tolerancia a la sal a cultivos como el arroz, el trigo, la caña de azúcar, el maíz, y la soja, entre otros. Este desarrollo permite que las plantas cultivadas en condiciones salinas produzcan niveles de rendimiento y de calidad similares al de las cultivadas en condiciones normales. La ventaja de esta tecnología se encuentra asociada a la reducción del uso de agua dulce para el riego de los cultivos, a partir de su sustitución por agua salinizada. Asimismo, esta empresa realizó desarrollos vinculados a la tolerancia a la sequía, para los cuales posee una patente en Estados Unidos obtenida en el año 2013 (Feeney *et al*, 2016).

Otro desarrollo importante que llevó adelante esta empresa fue el desarrollo de una tecnología que mejora la eficiencia en el uso del nitrógeno de los cultivos. A partir de ella, la empresa consiguió producir variedades de cultivos (como el arroz, la soja y el algodón) que necesitan menores cantidades de fertilizante de nitrógeno y con rendimientos similares a los de las variedades convencionales. Esta tecnología tiene impacto no sólo para el productor, que utiliza menos fertilizante, sino también para el medioambiente. Esto se debe a que gran cantidad del fertilizante que es arrojado en los campos no es asimilado por las plantas y, en cambio, se volatiliza en óxido nitroso (un gas que contribuye fuertemente al efecto invernadero) o es absorbido por los sistemas de agua subterráneos.

⁸⁸ En el año 1992 Calgene consiguió la primera aprobación de un cultivo transgénico en Estados Unidos. Este cultivo era una variedad de tomate de maduración retardada llamado Tomate FlavrSavr. El segundo cultivo transgénico fue aprobado en el año 1994, se trató de una variedad de algodón tolerante al bromoxynil, un herbicida. Por último, ese mismo año, Calgene logró la aprobación del tercer cultivo transgénico en Estados Unidos, una canola que contiene un alto nivel de ácido láurico (ISAAA, 2018). Uno de los principales responsables de conseguir estas aprobaciones fue Don Emlay, quien en ese momento era el Director de Asuntos Regulatorios de Calgene, y en el año 2004 pasó a formar parte de Arcadia.

5. Caso 2: La soja tolerante a la sequía (HB4)

Por último, Arcadia Biosciences ha desarrollado otros productos como un girasol enriquecido que produce semillas de las cuales se puede extraer un aceite con 40% de ácido gamma-linoleico, el cual es utilizado en la elaboración de alimentos funcionales. Asimismo, también se encuentra en proceso de desarrollo una variedad de trigo con mayor proporción de almidón, una variedad de cártamo con alto contenido de ácido araquidónico, y vegetales más duraderos luego de la cosecha⁸⁹

5.1.3 La creación de Verdeca

Los primeros contactos entre Bioceres y Arcadia comenzaron hacia el año 2010 con motivo de la inauguración de las nuevas instalaciones de INDEAR, en el CCT-Rosario. Los gerentes de Arcadia fueron invitados a participar del evento pero no pudieron asistir. Sin embargo, en abril del 2011, en una visita que ellos realizaron a la Argentina, pudieron reunirse con los gerentes de Bioceres y visitar la empresa. Esa visita generó una impresión muy positiva en Arcadia, tanto por la infraestructura montada como por los logros y alcances de Bioceres, especialmente en lo referido al conocimiento genético desarrollado para la soja y a las patentes que Bioceres poseía para las tecnologías de tolerancia a la sequía y a la salinidad respecto de este cultivo (Feeney *et al*, 2016).

A partir de ese encuentro, Arcadia comenzó a ver a Bioceres como un posible socio debido a que este último, además de las capacidades tecnológicas, tenía una buena inserción en el mercado de semillas sudamericano y una relación estrecha con los productores. Al mismo tiempo, Bioceres encontraba que Arcadia era una empresa que contaba con los activos complementarios que necesitaban en ese momento, personas con amplia experiencia en desarrollos vinculados a la biotecnología agrícola y, sobre todo, en lo que concierne a su desregulación y salida al mercado. Por lo tanto, también Bioceres vio un posible aliado en Arcadia (Arcadia web, 2012).

De este modo, la ex gerenta general de Bioceres afirma que:

⁸⁹ Información disponible en www.arcadiabio.com/approach/science/

5. Caso 2: La soja tolerante a la sequía (HB4)

*"Había una posibilidad de complementación muy interesante de expertise que ellos tenían con lo que nosotros teníamos. Y a ellos de alguna manera también les interesaba acceder a Sudamérica, para difundir sus proyectos y demás, entonces era un partner interesante."*⁹⁰

Así, surgió el interés de ambas empresas de trabajar en forma conjunta. En consecuencia, en febrero del año 2012, ambas compañías constituyeron un *joint venture*, una tercera empresa que fue llamada Verdeca compuesta en partes iguales por recursos de Bioceres y de Arcadía⁹¹. Asimismo, ambas empresas aportaron tecnologías específicas que actualmente están siendo desarrolladas por Verdeca. Bioceres aportó la tolerancia a la sequía y salinidad y Arcadia aportó una serie de desarrollos en estadíos más tempranos vinculados a la eficiencia en la utilización de nutrientes y agua que constituyen el *pipeline* inicial de Verdeca. A su vez, ambas partes se comprometieron a contribuir con 10 millones de dólares cada una para comenzar con el proceso de desregulación de los primeros productos de la nueva empresa⁹².

Principalmente, decidieron enfocarse en la posibilidad de desarrollar, desregular y comercializar eventos transgénicos dirigidos al incremento del rendimiento y de la adaptabilidad de los cultivos a nivel mundial, centrando todos sus esfuerzos en el cultivo de soja. El principal objetivo de la nueva compañía estuvo enfocado en el aporte clave que realizó Bioceres, la aplicación de la nueva tecnología transgénica que confiere a cultivos como el maíz, la alfalfa, el trigo y la soja, tolerancia a la sequía y a la salinidad (Arcadia, 2012).

El camino elegido por Bioceres para llevar una tecnología de desarrollo propio al mercado se aleja del camino tradicional al que se ven conducidas la mayoría de las empresas que buscan realizar innovaciones y que operan a nivel local. Usualmente, estas empresas tienen bajas probabilidades de lograr licenciar sus desarrollos y es común que estos sean vendidos

⁹⁰ M. Giacobbe, comunicación personal.

⁹¹ Ambas empresas tienen el 50% de la participación en Verdeca, por lo tanto, aportan partes iguales tanto en términos de la inversión realizada como de la distribución de los beneficios (Gamba y Mocciaro, 2016).

⁹² F. Trucco, comunicación personal.

5. Caso 2: La soja tolerante a la sequía (HB4)

de forma temprana a las grandes compañías que operan a nivel mundial. Esas empresas, que cuentan con importantes capacidades económicas y de gestión, pueden afrontar los altos costos y riesgos que implica transitar por el proceso de desregulación y comercialización de eventos biotecnológicos en los diferentes países. La carencia de estas capacidades por parte de las empresas locales es un elemento que se consituye como una de las principales barreras que impiden la llegada al mercado de nuevos desarrollos (Pellegrini, 2011).

En este sentido, el director de Bioceres afirma que:

*"La creación de Verdeca fue un punto de inflexión en donde vimos la posibilidad de internacionalizar un proyecto y en el proceso lograr el financiamiento necesario a partir de unir fuerzas con una compañía del exterior. Eso es lo que ocurrió ahí en el 2012 cuando terminamos de anunciar Verdeca."*⁹³

Sin embargo, la decisión tomada por Bioceres de realizar un *joint venture* con una compañía de la significancia de Arcadia implicó una novedad en el escenario local, la cual no estuvo exenta de una serie de beneficios y de riesgos. Por un lado, esta empresa pasó a convertirse en un "jugador internacional" en el campo de la biotecnología agrícola. No obstante, esta decisión también implicó tener que compartir las futuras ganancias producto de las tecnologías desarrolladas por Bioceres, y asumir ciertos riesgos a nivel comercial y financiero, dado que no sólo se deberá afrontar el proceso de desregulación de las tecnologías, sino que luego deberá competir con las grandes empresas en el mercado mundial. Por lo tanto, el diseño de una estrategia de desregulación y de inserción comercial serán elementos claves para el éxito de este acuerdo.

5.1.4 Los estudios sobre el gen HaHB-4

Los estudios vinculados al mecanismo por el cual las plantas se adaptan al medioambiente y la identificación de los genes involucrados en la reacción ante condiciones de distintos tipos de estrés comenzaron en el año 1993 y fueron llevados a cabo por el grupo a cargo de la

⁹³ F. Trucco, comunicación personal.

5. Caso 2: La soja tolerante a la sequía (HB4)

bióloga molecular Raquel Chan, que acababa de volver al país luego de una estadía de post doctorado en Francia, y que recientemente se había incorporado al staff de investigadores del CONICET⁹⁴. La investigación, que ocupó alrededor de diez años, encontró que el gen HaHB-4 perteneciente al girasol es el encargado de la activación de los mecanismos de respuesta de las plantas ante condiciones de estrés abiótico (vinculado a elementos que no tienen origen biológico como sequías, inundaciones, salinidad, disponibilidad de nutrientes, entre otros) y biótico (causado por elementos vivos como, por ejemplo, insectos, virus, malezas, etc.)⁹⁵ (Chan, 2005; Gamba y Mocciaro, 2016).

El gen HaHB-4 opera reduciendo la sensibilidad al etileno, que es el encargado de regular el crecimiento de la planta bajo condiciones de estrés abiótico. Por lo tanto, esta modificación ayuda a mantener el metabolismo y a activar el proceso de fotosíntesis de la planta, lo cual repercute en un aumento del rendimiento de la semilla. A su vez, si la planta sufre condiciones de estrés hídrico frecuentes y por largos períodos de tiempo, esta modificación permite que su rendimiento no se vea afectado de forma significativa. Estos resultados se tornaron de gran interés debido a que permitían extender esa característica deseable a otros cultivos diferentes al girasol⁹⁶ (Waltz, 2015).

Sin embargo, aunque el equipo de Raquel Chan había logrado testear el gen en *Arabidopsis* (que es una especie que se utiliza como planta modelo), hasta ese momento no había certezas de que ese gen pudiera introducirse en un cultivo de interés comercial y que funcionara de forma exitosa. Por lo tanto, aún faltaba mucha experimentación y desarrollo de ciertos aspectos técnicos, que permitiesen dar alcance a la transformación de una especie como la soja.

⁹⁴ Más adelante estas investigaciones continuaron en el Instituto de Agrobiotecnología del Litoral (IAL). El IAL es un instituto de investigación y tecnología creado en el año 2008 por el CONICET y la UNL.

⁹⁵ Para ello se introdujo el gen aislado en la especie *Arabidopsis thaliana* y se constató que el ejemplar transformado tenía una mayor tolerancia a la sequía comparada con las plantas control a las cuales no se les había inserto el gen (Chan, 2005).

⁹⁶ Por ejemplo la soja, el maíz, el trigo y la alfalfa.

5.2 El desarrollo de la soja tolerante a la sequía (HB4)⁹⁷

En esta sección se presentan los principales resultados que se obtuvieron para el caso de la soja tolerante a la sequía. Para ello, éste fue dividido en cinco apartados. En el primero, se profundiza en los elementos que permitieron el desarrollo de un cultivo de interés comercial basado en la tecnología HB4⁹⁸. Inicialmente se abordan los condicionantes que llevaron a la realización de un acuerdo entre el sector público y Bioceres para el desarrollo de la soja tolerante a la sequía, se resaltan los roles que debieron cumplir cada una de las partes y la distribución de las regalías obtenidas a partir de la salida comercial del producto basado en esa tecnología. En el segundo apartado, se analiza la necesidad de llevar adelante un acuerdo con una empresa extranjera en conjunto con las condiciones que fueron impuestas. En el tercero, se desarrolla cómo fue el proceso de liberación comercial de este evento y su condición actual a nivel local e internacional. Luego, se detalla la estrategia comercial diseñada por la empresa para lograr abastecer los mercados internacionales con la semilla de soja mejorada cuando ésta se encuentre liberada finalmente. Por último, se presentan los recursos que fueron necesarios para llevar adelante su desarrollo.

5.2.1 El acuerdo entre el sector público y el sector privado. Condiciones y alcances

Desde los comienzos de Bioceres se designaron especialistas para la realización de un seguimiento minucioso de los desarrollos científicos del país. Como demuestran Miotti y Sachwald (2003), las empresas suelen acercarse a las instituciones públicas para la realización de innovaciones importantes debido a los recursos complementarios en materia científica que estas ofrecen. Quien estuvo a cargo de esta tarea durante los primeros años de la empresa fue Miguel Lucero, un biólogo y miembro de AAPRESID, el cual a partir de

⁹⁷ La información que se utilizó para la redacción de esta sección y reconstrucción del desarrollo de este evento transgénico (salvo que se especifique otra fuente) fue obtenida a partir de entrevistas personales realizadas entre los meses de agosto y diciembre de 2018 al Dr. Alejandro Mentaberry, a la Ing. Mariana Giacobbe, a la Dra. Raquel Chan, al Dr. Federico Trucco y al Dr. Carlos Pérez.

⁹⁸ Esta tecnología se desarrolló a partir de la inserción del gen HaHB-4 (perteneciente al girasol) en otros tipos de cultivos.

5. Caso 2: La soja tolerante a la sequía (HB4)

reuniones y de la lectura de las publicaciones que realizaban los investigadores argentinos, identificó a Raquel Chan y al proyecto vinculado con el estudio del gen HaHB-4. A partir de ahí comenzaron a entablarse reuniones periódicas con el objetivo de lograr un acuerdo entre las partes (Bioceres, UNL y CONICET) para desarrollar de forma conjunta la investigación del gen de tolerancia a la sequía.

El convenio de vinculación se firmó en el 2003⁹⁹, el cual se realizó rápidamente debido que los investigadores de la UNL ya habían realizado publicaciones científicas vinculadas y eso ponía en riesgo la posibilidad de presentación de una patente. Sin embargo, su firma implicó una serie de negociaciones en las que las partes no tenían experiencia. En este sentido, quien entonces era la gerenta general de la empresa afirma que:

*"Tuvimos que negociar por primera vez cómo íbamos a distribuir las regalías, cómo iban a ser los aportes, cuál iba a ser el presupuesto, cómo iban a ser las etapas, todas cosas que éramos pioneros porque nosotros podíamos ver lo que se hacía afuera pero no teníamos un ejemplo en la Argentina en que se hubiesen cumplido todos los pasos."*¹⁰⁰

Hasta el momento de la firma del acuerdo toda la investigación había sido realizada a partir del trabajo de investigadores radicados en UNL-CONICET. Del mismo modo, el financiamiento para su realización provenía exclusivamente de parte del Estado Nacional a través del CONICET en forma predominante, y del FONCYT de manera secundaria. Sin embargo, para poder avanzar con este desarrollo e intentar llevarlo en un futuro a un nivel comercial, fue necesaria la participación del sector privado. En este sentido, Raquel Chan afirma que:

"El primer motivo es que tiene que haber un motor con interés comercial para encarar todas las etapas ulteriores a desarrollar; y en segundo lugar, sin la gestión e inversión empresaria hubiese sido muy difícil llegar a

⁹⁹ En el momento de la firma de este convenio el presidente de Bioceres era Gustavo Grobocopatel.

¹⁰⁰ M. Giacobbe, comunicación personal.

5. Caso 2: La soja tolerante a la sequía (HB4)

destino. El Estado no tiene una estructura adecuada para encarar esas etapas ulteriores."¹⁰¹

Por lo tanto, desde la perspectiva de los investigadores, la necesidad de un acuerdo con el sector privado radicaba en que éste permitiría que la investigación que se había desarrollado dentro del laboratorio público pudiera convertirse en un producto. Según Chan, Bioceres fue la empresa elegida para ellos porque:

"No existía en Argentina otra empresa con esas características y objetivos. Existen otras a nivel internacional, pero tuvimos mucho interés en desarrollar esto en el país en lugar de "venderlo" a multinacionales."¹⁰²

De este modo, con la firma del acuerdo comenzaron los primeros intentos para el desarrollo de la soja tolerante a la sequía, conocida como la soja HB4¹⁰³. Para conseguirlo, el método de transformación genética mediado por *Agrobacterium* fue el elegido para la inserción de una versión modificada del HaHB-4 en el germoplasma de la soja. El objetivo era aumentar la adaptabilidad del cultivo de soja al medio ambiente. A su vez, fueron diseñados promotores específicos para lograr que el gen se active sólo en circunstancias de estrés y así evitar que la planta reduzca su rendimiento en condiciones normales. Por lo tanto, la inserción de este gen en variedades comerciales de soja impactaría en un mayor rendimiento potencial de la semilla y la posibilidad de disminuir las pérdidas económicas asociadas a los períodos de sequía (Verdeca, 2017).

A partir de la firma de este convenio se establecieron los roles de cada una de las partes. Chan y su equipo se comprometían a seguir estudiando el gen y a realizar otros estudios con el fin de lograr la transformación de un cultivo de interés, mientras que la empresa se encargaría de financiar estas actividades y de realizar todas las gestiones correspondientes para patentar el descubrimiento. Asimismo, en el acuerdo quedó establecido que las tres partes serían titulares iguales de las patentes derivadas de la actividad investigadora respecto del gen

¹⁰¹ R. Chan, comunicación personal.

¹⁰² R. Chan, comunicación personal.

¹⁰³ Identificador único de la OCDE IND-00410-5.

5. Caso 2: La soja tolerante a la sequía (HB4)

HaHB-4 y se le otorgó a Bioceres una licencia exclusiva para la explotación comercial de los derechos provenientes de las patentes HaHB-4.

La forma de reparto de las regalías que podría generar en un futuro esta tecnología fue un punto que demandó una gran negociación entre las partes. Así, la ex gerenta general de Bioceres afirma los siguiente:

*"Era entender cuáles son las fases de un proyecto de biotecnología, tomábamos más o menos lo que había internacionalmente publicado respecto de la probabilidad de éxito de cada fase, de cuánto podía ser la inversión en cada fase, cuánto tiempo nos podía llevar, hicimos valuaciones de valor actual neto de los proyectos, y eso fueron negociaciones muy intensas, pero súper bien, porque nos permitieron entendernos y entender. Y creo que un desafío grande es esto de entender la parte científica que genera mucho conocimiento pero que de ahí a que ese conocimiento sea realmente un valor hay una brecha enorme."*¹⁰⁴

Finalmente, dado que la parte pública recibe un porcentaje de las regalías de acuerdo al grado de avance de la tecnología al momento de la transferencia, en este caso ellas fueron estructuradas entre un 3 y un 5%. Estos ingresos irán directamente a CONICET quien, por estatuto, se quedará con una mitad mientras que la otra parte será repartida a los investigadores que estuvieron involucrados en el desarrollo. En este sentido, el CEO de Bioceres sostiene que:

*"Lo que nosotros tratamos de hacer es ofrecer contratos más generosos en el mundo de la tecnología de lo que ofrecían las multinacionales. Todas las licencias que tiene Monsanto, Syngenta, generalmente no superan el 1 o el 1,5% hacia el grupo investigador. Lo que buscamos es tener una participación un poquito más generosa y, a cambio de eso, que no nos exijan pagos iniciales muy onerosos"*¹⁰⁵. La cuota de acceso a la tecnología

¹⁰⁴ M. Giacobbe, comunicación personal.

¹⁰⁵ Se refiere al *access fee* que paga la empresa al desarrollador de la invención en el momento en que se acuerda una licencia.

5. Caso 2: La soja tolerante a la sequía (HB4)

*que nosotros fuimos pagando en los estadios preliminares probablemente fue mas baja que la que tuvo que pagar Monsanto para poder llegar después a tener el 1 o el 1,5% a compartir"*¹⁰⁶

De esta forma, en el mismo año que se llevó adelante el acuerdo, Bioceres comenzó el proceso de solicitud de la primera patente de invención para este desarrollo ante el Instituto Nacional de la Propiedad Intelectual (INPI), la cual fue conferida en el año 2005¹⁰⁷. Hacia el año 2007 Bioceres logró obtener, junto con el CONICET y la UNL, la primera patente respecto de este desarrollo en Estados Unidos¹⁰⁸.

Más adelante, Bioceres, la UNL y el CONICET continuaron con el proceso de patentamiento de nuevas invenciones tanto en Argentina como en Estados Unidos (Gamba y Mocciaro, 2016). Hacia el año 2012, Bioceres realizó un acuerdo separado con el CONICET y con la UNL por la titularidad y los derechos de licencia de patentes adicionales para el desarrollo del evento HB4, las cuales son llamadas patentes "HB4 2012". De este modo, Bioceres se convirtió en el titular del 40% de las patentes HB4 2012, mientras que el CONICET y la UNL tienen cada una el 30% respectivo. Al igual que en el acuerdo anterior, el CONICET y la UNL le otorgaron a Bioceres una licencia exclusiva para la explotación comercial de sus respectivos derechos sobre estas patentes hasta el año 2033, momento en el que vence la última patente de ellas¹⁰⁹ (Bioceres, 2018).

¹⁰⁶ F. Trucco, comunicación personal.

¹⁰⁷ La patente de invención N° AR039518A1 fue la primera de una familia compuesta por las siguientes patentes: AR052164A1 y AR053194A1. Las cuales también fueron presentadas y concedidas en Brasil, Australia, México, China y Estados Unidos.

¹⁰⁸ Patente N° US20070180584A1. Sus autores son Ranquel L. Chan (Investigadora CONICET); Carlos A. Dezar (Investigador CONICET, con lugar de trabajo en INDEAR); Marisa G. Gago (Investigadora CONICET); Claudio M. Dunan (Director de Estrategia de Bioceres); y Daniel H. González (Investigador CONICET).

¹⁰⁹ En Argentina estas son las patentes N° AR081216A2 y AR090110A1, mientras que Estados Unidos son las US20070192895A1 y US20070234439A1.

5.2.2 El acuerdo con Arcadia. Una empresa extranjera

En el año 2012 Bioceres encontró la posibilidad de gestionar este desarrollo con un actor externo a través de la creación de una empresa conjunta con Arcadía Biosciences, llamada Verdeca. El objetivo de esta nueva empresa era convertirse en un proveedor internacional de eventos transgénicos de alta calidad. Tanto la empresa argentina, como las instituciones públicas que participaron en este desarrollo, eran concientes de las limitaciones que restringían la posibilidad de explotar comercialmente esta innovación a nivel mundial y que la asociación con una empresa extranjera era imprescindible para lograr atravesar con éxito las etapas de desarrollo y desregulación en el exterior. Así, se decidió realizar un acuerdo con una empresa que tuviera los activos complementarios necesarios para llevar este desarrollo al mercado mundial.

A partir de ello se creó Verdeca, una empresa que tenía por objetivo combinar las capacidades tecnológicas y la inserción en el mercado sudamericano de Bioceres junto con las capacidades de Arcadia de transitar marcos regulatorios a nivel internacional de forma exitosa. De este modo, el principal objetivo de esta nueva empresa fue llevar al mercado la nueva variedad de soja tolerante a la sequía desarrollada por Bioceres en conjunto con la UNL y el CONICET¹¹⁰. Como consecuencia de este acuerdo, Verdeca desarrolló su primer producto, el evento biotecnológico HB4 para la soja (Bioceres, 2018).

En esta instancia de desarrollo del nuevo cultivo transgénico la participación del Estado fue mucho menor. Si bien Bioceres se encontraba obligada a informar a las otras partes involucradas en el desarrollo acerca de la posibilidad de realizar un acuerdo con actores externos para la explotación del conocimiento patentado, y estas instituciones tenían un plazo determinado para aceptarlo o rechazarlo, lo cierto es que ninguna institución del Estado tenía, a ojos de la empresa, la capacidad de gestionar y comercializar una tecnología como la HB4

¹¹⁰ Posteriormente, Bioceres, que tiene la licencia exclusiva de la tecnología HB4, decidió desarrollar un evento apilado que incluye la tecnología HB4 y la resistencia al glifosato. Debido a que en Argentina el gen RR es público, este evento pudo desarrollarse sin la necesidad de tomar una licencia para realizarlo. Este evento, al igual que el sin apilar, se encuentra a la espera de la aprobación de China para completar su liberación comercial.

5. Caso 2: La soja tolerante a la sequía (HB4)

en otros países. A su vez, desde el sector público no hubo oposición a la realización de este acuerdo.

Por lo tanto, se le otorgó a Verdeca la licencia exclusiva, sublicenciable a nivel mundial, de las tecnologías desarrolladas por Bioceres, entre las cuales estaba incluida la tecnología HB4 para su uso en el cultivo de soja. A partir de ello, todas las decisiones vinculadas al desarrollo y comercialización de este nuevo producto comenzaron a resolverse de forma conjunta entre Bioceres y Arcadia, entre ellas la estrategia de liberación comercial tanto a nivel local como internacional. A su vez, debido a que el evento transgénico fue desarrollado formalmente por Verdeca, éste podrá ser comercializado a través de cualquiera de los dos socios (independientemente del lugar geográfico donde esto se realice), o bien, puede ser comercializado por terceros a partir de nuevos acuerdos. Esto quiere decir que ninguno de los dos socios tiene un derecho comercial pre-adjudicado.

Respecto a las regalías obtenidas a partir de la venta del evento transgénico, estas se van a repartir entre Bioceres y Arcadia de forma proporcional a las tenencias (o sea, 50% para cada uno). Sin embargo, dado que en el momento en que se formó Verdeca ambas empresas aportaron diversas tecnologías potencialmente comercializables, para evitar tener que fijar un precio inicial a las mismas se acordó un esquema de regalías bajo el cual la empresa aportante de la tecnología se apropia de un 15% (como reconocimiento del trabajo previo realizado) y el restante 85% se reparte entre ambos socios de forma simétrica.

Finalmente, es importante destacar que desde Bioceres afirman que la realización de este acuerdo fue parte de una decisión estratégica, donde estaba comprometida la posibilidad de obtener el acceso a ciertos activos complementarios (como por ejemplo el *know how* acerca de procesos de desregulación internacional), y no fue solamente una decisión relativa a los recursos económicos que demanda el desarrollo de un evento transgénico. En este sentido, el ex gerente científico de la empresa afirma, con respecto a las motivaciones que llevaron a la creación de Verdeca, lo siguiente:

“No solamente fueron los fondos. Los fondos por ahí se podían conseguir por medio de otras herramientas, pero asociarse con una empresa de

tecnología que ya esté en Estados Unidos y poner un pie en Estados Unidos, era una forma de ampliar las posibilidades de crecimiento.”¹¹¹

No obstante, desde la empresa también fueron consideradas otras opciones alternativas a la creación del *joint venture*. Por ejemplo, que Bioceres realizara la inversión de capital completa o licenciara el evento a una multinacional. Sin embargo, estas opciones traían aparejadas una serie de costos. En el primer caso, se debía restringir el mercado de aplicación del nuevo producto, mientras que la segunda opción requería perder el control sobre el evento transgénico. Por lo tanto, la opción que a criterio de Bioceres maximizaba las posibilidades de retorno de la inversión realizada era la creación de Verdeca, debido a que esta alternativa potenciaba las posibilidades de expansión, no incrementaba los costos y reducía el monto necesario de inversión.

5.2.3 El proceso de liberación comercial

Como paso previo a transitar el proceso de liberación comercial, Bioceres comenzó con la realización del trabajo de campo que incluyó seis temporadas de pruebas de campo que iniciaron en el año 2009 en Argentina y en el año 2011 en Estados Unidos, y dos años de ensayo de campo reglamentarios (Sasson y Malpica, 2018). Estos ensayos mostraron que el nuevo evento transgénico proporcionaba mejoras en la productividad del cultivo en un 7% en buenas condiciones, en un 10% en ambientes de bajo estrés hídrico, y de hasta un 30% en condiciones de estrés alto (Feeney *et al*, 2016). En números absolutos, el aumento del rendimiento en promedio es de 300 kilogramos adicionales por hectárea respecto de la variedad convencional (Waltz, 2015).

El proceso formal de desregulación o liberación comercial del evento transgénico para el cultivo de soja tolerante a la sequía comenzó a realizarse a partir de la creación de Verdeca en el año 2012. Este proceso, como para cualquier otro evento transgénico, requirió de la aprobación de diferentes instituciones gubernamentales, en cada uno de los países donde la semilla se produce o comercializa, y el cumplimiento de una serie de pruebas y resultados

¹¹¹ C. Pérez, comunicación personal.

5. Caso 2: La soja tolerante a la sequía (HB4)

respecto de la nueva semilla¹¹². Este proceso de desregulación suele demandar varios años de trabajo por parte de la empresa que realiza la solicitud de liberación comercial.

En abril del año 2015 Verdeca anunció que fue completado el primer paso para la obtención de la aprobación regulatoria en Argentina para el evento transgénico que confiere a la soja tolerancia al estrés abiótico. Esta aprobación provino de la CONABIA, y junto con la Dirección de Biotecnología del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (MAGYP), concluyeron que esta nueva variedad de soja era tan segura como la soja convencional¹¹³ (Waltz, 2015). Finalmente, la aprobación para su uso comercial ocurrió en octubre de 2015 (bajo la resolución N° 397/2015 del MAGYP) y se convirtió en la primera aprobación en el mundo otorgada para la tolerancia al estrés abiótico en el cultivo de soja¹¹⁴.

No obstante, la Dirección de Mercados Agrícolas del MAGYP dejó establecido en dicha resolución que, dada la importancia que representa para las exportaciones del complejo sojero en Argentina el comercio con China, la difusión de los cultivares portadores del evento transgénico en cuestión quedaría postergada hasta que este evento sea aprobado en aquel país. De este modo, la empresa se comprometió a no comercializar variedades de soja HB4 hasta que fuera obtenido el permiso de importación correspondiente en China. Por lo tanto, el rápido cumplimiento de esta instancia es un paso fundamental para garantizar la comercialización exitosa de la nueva semilla.

Como consecuencia de este obstáculo, desde Bioceres se iniciaron una serie de acciones para intentar acelerar el proceso de aprobación del evento transgénico en China. La estrategia estuvo basada en construir una alianza con la empresa china Beijing Dabeinong Biotechnology (DBNBC) con el objetivo de generar un ámbito de reciprocidad en cuestiones

¹¹² Un detalle más exhaustivo de cómo es el proceso de liberación comercial en Argentina se encuentra en el apartado 3.3.1 del presente trabajo.

¹¹³ Las variedades de soja que fueron utilizadas para comparar los niveles de rendimiento y la evaluación de la inocuidad fueron las denominadas Williams 82, Dow 32R280 y Pioneer 93Y82.

¹¹⁴ Previo a este suceso fueron aprobados otros dos eventos transgénicos que confieren tolerancia al estrés hídrico. El primero de ellos obtuvo su aprobación en Estados Unidos en el año 2011. Se trató del maíz DroughtGard desarrollado por Monsanto. El segundo es una variedad de caña de azúcar aprobada en el año 2013 en Indonesia que fue desarrollada por la empresa PT Perkebunan Nusantara XI (Waltz, 2015).

5. Caso 2: La soja tolerante a la sequía (HB4)

regulatorias¹¹⁵. De este modo, Bioceres mantiene una presencia permanente de personal en DBN y desde allí llevan adelante todos los requerimientos de las autoridades chinas para la liberación del evento HB4 (que incluyen desde ensayos de campo en dicho país, hasta presentaciones formales en el idioma local). A cambio, Bioceres le ofrece a DBN una colaboración similar en Argentina, llevando a cabo todo el proceso de desregulación ante CONABIA y SENASA de eventos transgénicos que la empresa china se encuentra interesada en liberar comercialmente en Argentina. En este sentido, el Director de Bioceres afirma en relación a este acuerdo:

*"Nos permitió poder llevar adelante procesos de aprobación internacionales a una fracción del costo de los que nos hubiese costado tener nuestra propia subsidiaria en China con nuestro propio personal, y todo lo que es el derecho de piso que uno paga cada vez que uno quiere entrar a una nueva geografía."*¹¹⁶

Por otro lado, en agosto de 2015, Verdeca recibió la notificación de que la *Food and Drug Administration* (FDA) de Estados Unidos, había completado el proceso de Evaluación Temprana de Seguridad Alimentaria (*Early Food Safety Evaluation*, EFSE) para el gen HaHB-4, y en agosto de 2017 la FDA finalizó la revisión completa de la evaluación de inocuidad para la salud humana y animal de este evento transgénico en Estados Unidos. Finalmente, en agosto de 2019 el *US Department of Agriculture* (USDA) anunció la desregulación definitiva para el evento de soja HB4, al concluir que dicho evento es seguro para el medio ambiente. De esta forma, la soja tolerante a la sequía desarrollada por Verdeca se convirtió en el primer evento biotecnológico para soja desarrollado fuera de Estados Unidos y que recibe aprobación en dicho país. A su vez, en mayo de 2019 la soja HB4 completó de forma exitosa el proceso regulatorio y recibió la aprobación comercial por parte

¹¹⁵ Las relaciones con esta empresa comenzaron en el año 2014 debido a que desde Bioceres anticipaban el requerimiento de la aprobación en China para poder comercializar su evento. Sin embargo, como en China no se pueden iniciar actividades vinculadas a la desregulación sin que el evento ya se encuentre aprobado previamente en otro país, tuvieron que esperar hasta fines del año 2015 para comenzar a realizar los ensayos requeridos.

¹¹⁶ F. Trucco, comunicación personal.

5. Caso 2: La soja tolerante a la sequía (HB4)

de la Comisión Técnica Nacional de bioseguridad (CTNBio) en Brasil. Esta aprobación permite que variedades de soja que tengan incluido este evento puedan ser sembradas y cosechadas en Brasil.

Estos avances en el terreno regulatorio implican que los productos derivados de la soja HB4 pueden ser utilizados comercialmente en alimentos para humanos y animales. Esto significó un paso fundamental en el desarrollo de la nueva semilla, y uno de los principales efectos positivos de la asociación con Arcadia, debido a que las conclusiones de la FDA y del USDA resultan de gran importancia para los reguladores del resto del mundo. Por lo tanto, estas aprobaciones dan una señal positiva respecto de la seguridad del uso de este gen, incluso en cultivos diferentes al de soja.

En conclusión, si bien el evento transgénico asociado a la tecnología HB4 aún no puede ser comercializado en Argentina, es importante destacar la estrategia diseñada por Bioceres basada en la conformación de un *clearing house* regulatorio para afrontar los requisitos que conlleva la liberación comercial de un evento transgénico en diferentes países. Así, cada empresa con la que se arma un acuerdo de cooperación opera en el ámbito regulatorio donde se encuentra anclado y le brinda al socio internacional la prestación local generando un trueque de servicios. En este sentido, desde Bioceres resaltan lo siguiente:

*"Creo que eso es un modelo de arquitectura abierta que vale la pena compartirlo porque muchas empresas piensan que es imposible desregular internacionalmente a partir de los números de referencia que dan lo líderes de la industria que te dicen que si no tenés 100 ó 150 millones de dólares no lo podés hacer. Lo que vas a ver es que Bioceres ha podido lograr aprobaciones internacionales a una fracción de ese costo. De hecho, la soja HB4 está aprobada por la FDA en Estados Unidos, creo que eso tumba algunos mitos que hay alrededor de lo que es el monto a invertir en este tipo de procesos."*¹¹⁷

Por lo tanto, el objetivo de este tipo de esquema es que a partir del acceso al *know how* que tiene cada empresa respecto de las instituciones, los usos y costumbres y los procedimientos

¹¹⁷ F. Trucco, comunicación personal.

específicos requeridos a nivel local, se puedan reducir los costos y los tiempos que conllevan las aprobaciones internacionales de eventos transgénicos, que conforman una de las principales trabas que existen en el desarrollo de los mismos. Adicionalmente, como consecuencia de la implementación de esta estrategia, la empresa se encuentra esperando aprobaciones en China, Paraguay, Uruguay, Bolivia y la Unión Europea.

5.2.4 La estrategia de comercialización

Como se mencionó previamente, una de las decisiones más importantes que tomó Bioceres a lo largo de su historia fue la creación de Bioceres Semillas, la división encargada de comercializar las semillas mejoradas a partir de los distintos desarrollos que la empresa realiza. Para decidir su creación se evaluó la importancia de que la empresa contara con un canal propio de comercialización. De esta forma, Bioceres ganaría poder de negociación debido a que evitaba tener que licenciar de forma obligatoria los eventos transgénicos a empresas semilleras para poder lanzar la semilla mejorada al mercado. Por lo tanto, Bioceres al tener su propia compañía de germoplasma no dependía del interés de otra empresa en su evento transgénico para que este pudiera llegar al mercado, y también conservaba la posibilidad de licenciarlo en el caso de que esa alternativa resultara más conveniente. Así, el director de Bioceres menciona que:

"Bioceres Semillas es el canal propio que está controlado por un mismo accionista y a nosotros nos permite poder llevar adelante nuestra propia estrategia comercial. Y creo que eso es muy saludable, porque lo que vimos es que compañías similares que solamente dependían de terceros para comercializar terminaron con resultados muy erráticos. Porque a veces su capacidad para influenciar a un tercero para que lance en un determinado año, con un determinado volumen, es acotada. A veces estos terceros son compañías gigantescas, como Monsanto, Pioneer, etc. Entonces, es importante tener una estrategia propia donde podés controlar quién lo va a vender, a qué precio lo va a cobrar, qué tipo de salida querés para el producto y todo lo demás. Y creo que nosotros aprendimos de otros casos

5. Caso 2: La soja tolerante a la sequía (HB4)

*donde hubo un desempeño errático, para tratar de fortificar nuestro modelo de negocios."*¹¹⁸

De este modo, en el caso de la soja tolerante a la sequía se utilizó una estrategia mixta de comercialización, donde Bioceres Semillas es sólo uno de los múltiples canales comerciales por los cuales se espera llevar el producto al mercado. El objetivo, en este sentido, es que la tecnología tenga el mayor grado de penetración posible. Si bien, como se dijo anteriormente, la semilla aún no se encuentra en el mercado, el despliegue estratégico orientado a su futura comercialización comenzó a diseñarse e implementarse años atrás. En este sentido, la ex gerenta general de Bioceres afirma lo siguiente:

*"Siempre se pensó que es muy difícil que una sola empresa pueda llegar al mercado y cubrirlo. Siempre se pensaba en tratar de armar como un abanico. Con el tiempo que lleva hacer la patente, hasta que te la otorgan, y además terminás el proyecto, los años que te quedan de propiedad son pocos. Entonces, si vos pensás una proyección, un ingreso al mercado muy tranquilo, cuando estás con alta penetración de mercado ya te quedaste a lo mejor sin propiedad."*¹¹⁹

En consecuencia, durante los años en los cuales esta variedad de soja se sometió a los diferentes procesos de desregulación, Verdeca se ocupó de licenciar el evento transgénico a otras empresas, con el fin de garantizar su inmediata comercialización una vez que éste estuviera liberado. Así, en el año 2013 esta empresa anunció la realización de un acuerdo con el Grupo Don Mario (GDM Semillas), una importante semillera sudamericana, para multiplicar y comercializar las nuevas variedades de soja desarrolladas por Verdeca. Con este acuerdo se buscó aprovechar las capacidades de multiplicación y el germoplasma de elite que posee GDM Semillas, y su amplia participación en el mercado de semillas en América del Sur. En igual sentido, Verdeca anunció en julio de 2015 la realización de otro acuerdo para comercializar el evento de soja tolerante a la sequía con la empresa brasilera Tropical

¹¹⁸ F. Trucco, comunicación personal.

¹¹⁹ M. Giacobbe, comunicación personal.

5. Caso 2: La soja tolerante a la sequía (HB4)

Melhoramento e Genética Ltda. (TMG). Por último, el tercer canal comercial que tendrá el evento de soja HB4 estará a cargo de Bioceres Semillas.

En este sentido, la estrategia de Verdeca tuvo como pilar garantizar una amplia y rápida capacidad de penetración en el mercado. De este modo, Bioceres Semillas no se convirtió en el licenciatario exclusivo del nuevo evento desarrollado debido que se buscó evitar que la penetración de la tecnología fuera limitada como consecuencia de las limitaciones del propio canal comercial. Así, la compañía decidió aprovechar las posiciones estratégicas en las distintas regiones del mundo que tienen otras empresas semilleras para el despliegue comercial de la nueva semilla.

Esta estrategia de complementariedad entre licenciatarios se refuerza a partir del hecho de que el productor no elige de forma aislada la tecnología HB4, sino que busca una semilla de soja adaptada a su zona geográfica que tenga esta tecnología. En ese sentido, la disponibilidad de germoplasma que tienen las distintas empresas influyó en los acuerdos realizados. De este modo, a nivel local se observa que mientras empresas como GDM Semillas u otras líderes de la industria tienen una gran incidencia de mercado en la zona núcleo de Argentina, Bioceres Semillas tiene como principales mercados algunas zonas de la provincia de Santa Fe, de Córdoba, y otras zonas consideradas marginales para la producción de soja. Asimismo, el hecho de que el beneficio que otorga el uso de la tecnología HB4 se manifieste de un modo más pronunciado en las zonas de producción marginales, donde la sequía es más frecuente, permitió a la semillera de Bioceres desarrollar su propio germoplasma para esas zonas geográficas, el cual no se encontraba consolidado dentro de la industria semillera. En este sentido, Federico Trucco afirma que:

"Lo que terminamos de ver es que para el tipo de producto que nosotros estábamos desarrollando el germoplasma que necesitamos estaba vacante, no existía o estaba con poco grado de desarrollo. Y eso nos generó la posibilidad de, con una inversión relativamente pequeña, desarrollar nuestros activos para poder vender variedades específicas a esas zonas de

5. Caso 2: La soja tolerante a la sequía (HB4)

periferia, donde consideramos que la tecnología va a tener el mayor impacto."¹²⁰

Por otro lado, en septiembre de 2015 Verdeca junto con TMG realizaron un segundo acuerdo para desarrollar nuevas variedades de soja no modificadas genéticamente con mejoras en su calidad, basándose en la biblioteca de diversidad genética de soja que posee Arcadia y en el germoplasma de alta calidad de TMG. El resultado sería el desarrollo de un germoplasma diferenciado en términos de atributos de calidad no genéticamente modificado, que se planea comercializar en Sudamérica a través de TMG y a nivel global por medio de Verdeca (Arcadia, 2015).

Finalmente, en el año 2015 también se celebró un acuerdo con Dow AgroSciences para desarrollar la tecnología HB4 en la plataforma EXZACT que es propiedad de Dow. Esta plataforma es un sistema de transformación genética donde el transgén es posicionado en un *locus* específico del cromosoma de la planta, que además puede ligarse a sitios donde Dow tiene insertos los genes de resistencia a herbicidas, a insectos, entre otros, logrando que todos los rasgos puedan heredarse como un sólo gen (Waltz, 2015). Por lo tanto, el objetivo de este acuerdo es lograr el desarrollo de eventos apilados, que incluyan la tecnología HB4 junto con otros rasgos, y que al conformar cada uno una unidad hereditaria pueda evitarse el seguimiento de múltiples genes que no se encuentran ligados entre sí, reduciendo el costo del desarrollo y los tiempos regulatorios. Si bien el acuerdo se realizó hace cuatro años, estos productos aún se encuentran en proceso de desarrollo, pero forman parte del horizonte de aplicación de la tecnología de tolerancia a la sequía.

5.2.5 Los recursos empleados para el desarrollo del evento transgénico

Desde los inicios de este proyecto, en las etapas de descubrimiento y estudio del gen HaHB-4, participaron desde el sector público Raquel Chan como investigadora principal y un equipo de aproximadamente cinco becarios e investigadores que, en algunos casos, no participaron

¹²⁰ F. Trucco, comunicación personal.

5. Caso 2: La soja tolerante a la sequía (HB4)

de forma permanente, sino sólo lo hicieron para resolver cuestiones puntuales de la investigación.

Respecto de Bioceres, inicialmente el equipo de trabajo estuvo conformado por seis personas, que dedicaban parcialmente su tiempo al proyecto de desarrollo de la soja con tolerancia a la sequía, entre las cuales se encontraban Federico Trucco y Gerónimo Watson quienes desde el comienzo gestionaron los aspectos centrales del desarrollo de este evento. Sin embargo, a medida que el proyecto fue avanzando se incorporó más personal asociado a actividades específicas como, por ejemplo, la supervisión de la realización de los ensayos a campo, y se comenzaron a contratar más servicios de terceros para cubrir otras necesidades puntuales.

Con respecto a los recursos financieros, entre los años 2005 y 2007, Bioceres realizó una serie de acuerdos con varios inversores para obtener financiamiento por un monto total de un millón de dólares destinados a la investigación y el desarrollo de la fase inicial de tecnologías relacionadas al gen HaHB-4, entre lo que se incluyó la inserción del gen en un cultivo de interés comercial como la soja. A cambio, los inversores obtenían el derecho de percibir el 52,8% de las regalías que le serían pagadas a Bioceres en el caso de lograrse la comercialización exitosa de esta nueva tecnología aplicable a la soja, el trigo y el maíz (Bioceres, 2018).

La necesidad de recursos para lograr este tipo de desarrollo fue amplia. Este proyecto demandó inicialmente una inversión de 20 millones de dólares y aportes de 5 millones de dólares por año durante el período 2012-2015. La forma de financiamiento que se planeó desde Bioceres para poder llevar adelante estos requerimientos implicó recurrir a accionistas externos y fondos públicos. En este sentido, el ex gerente científico de la empresa afirma:

“El financiamiento fue mixto. Hubo parte de la financiación que provino del capital de los socios aportado a la empresa y que se derivaban al financiamiento del proyecto, parte de financiamiento público y parte de lo que eran cuotas partes, que era como vender acciones específicas del proyecto, no de la empresa. Entonces, algunos accionistas compraban acciones de Bioceres, otros compraban acciones del proyecto HB4, y en

5. Caso 2: La soja tolerante a la sequía (HB4)

algún caso ambas. Pero era una herramienta de financiamiento específica asociada al proyecto.”¹²¹

En este sentido, las herramientas de financiamiento que utilizó Bioceres para llevar adelante todos los proyectos basados en la tecnología HB4 fueron: (i) subsidios otorgados por el sector público, que consistieron en alrededor de 1,25 millones de dólares destinados a la realización de proyectos de I+D; (ii) expansión de capital mediante el Programa de Fomento de la Inversión Emprendedora en Tecnología (PROFIET), el cual permite que cada nuevo inversionista que adquiera acciones de Bioceres sea elegible para obtener reembolsos del MINCYT de hasta el 50% del valor neto de la inversión realizada, que son pagados en bonos que pueden utilizarse para cancelar obligaciones impositivas en Argentina. Este mecanismo sirvió para recaudar alrededor de 10 millones de dólares; y (iii) inversiones de socios estratégicos a partir de las cuales se obtuvieron alrededor de 8 millones de dólares.

Como se mencionó anteriormente, una vez alcanzada la desregulación del evento transgénico, la empresa comenzó a realizar acuerdos con empresas semilleras encargadas de la multiplicación de la nueva semilla. En este momento ya no se necesitó de la realización de nuevas inversiones.

¹²¹ C. Pérez, comunicación personal.

6. ANALISIS DE LOS CASOS DE ESTUDIO

En el presente capítulo se desarrolla un análisis conceptual de los casos de estudio elegidos para la realización de este trabajo de investigación. El mismo se encuentra dividido en dos secciones. La primera de ellas se organiza en función de cuatro dimensiones de análisis establecidas de acuerdo con los objetivos específicos de este trabajo, los cuales fueron expuestos en el primer capítulo. Estas dimensiones constituyen los elementos que permiten dar cuenta del primer objetivo general planteado en esta investigación, es decir, cuáles fueron las condiciones de desarrollo de los dos eventos transgénicos aquí estudiados.

Posteriormente, se aborda el segundo objetivo general: el análisis en torno a la posible existencia de una estrategia nacional de innovación que haya operado como motor para el desarrollo de los dos eventos transgénicos aquí estudiados. Para ello, se recuperan algunos de los principales conceptos trabajados en el capítulo 2, y luego se profundizan algunos aspectos que surgieron como resultado del trabajo de campo realizado y que se vinculan con elementos concretos de la experiencia de desarrollo de estos dos eventos transgénicos, los cuales son revisados a la luz de las herramientas conceptuales expuestas en el marco teórico.

6.1 Las condiciones de desarrollo de los dos primeros eventos transgénicos realizados en Argentina

Ciertos aspectos centrales que constituyeron las condiciones de desarrollo de los eventos transgénicos de papa resistente a PVY y de soja tolerante a la sequía (HB4) fueron desarrollados de forma exhaustiva en los capítulos 4 y 5 del presente trabajo. En consecuencia, a continuación se presenta a modo de resumen una tabla en la cual se estructuran las distintas dimensiones de análisis (que componen los objetivos específicos de esta investigación) y los resultados obtenidos para cada uno de los eventos transgénicos analizados. Con ello, se intenta brindar respuestas concretas a las preguntas de investigación planteadas en el primer capítulo de este trabajo.

6. Análisis de los casos de estudio

Tabla 7

Comparación de las condiciones de desarrollo de la papa resistente a PVY y de la soja tolerante a la sequía (HB4)

Dimensión analítica/Evento	Papa resistente a PVY	Soja tolerante a la sequía (HB4)
Trayectoria tecnológica de las empresas desarrolladoras	- El Laboratorio Sidus nace con un bajo perfil innovador que es revertido tempranamente.	- Bioceres es una empresa que nació con una impronta marcadamente innovadora.
	- A partir de los años ochenta Sidus se perfiló como una empresa con capacidad para operar en la frontera de conocimiento a nivel internacional.	- Desde el comienzo esta empresa orientó su trayectoria tecnológica hacia el desarrollo de innovaciones vinculadas con la biotecnología agrícola.
	- El cambio de trayectoria tecnológica del Laboratorio Sidus ocurrió prácticamente en simultáneo con la difusión de la tecnología de transgénesis a nivel mundial.	- En el momento de la creación de Bioceres el paradigma tecnológico basado en la ingeniería genética ya se encontraba consolidado a nivel internacional, y en Argentina habían transcurrido aproximadamente cinco años desde la liberación del primer evento transgénico para la siembra.
	- Tecnoplant es incorporada a Biosidus con el objetivo de ser una empresa dedicada al desarrollo de innovaciones tecnológicas aplicadas al campo vegetal.	- Desde sus comienzos esta empresa se apoyó en las instituciones científicas públicas a través de la realización de diferentes acuerdos.
	- Desde la década del '80 las empresas pertenecientes al Grupo Sidus estuvieron vinculadas con las instituciones científicas públicas para el desarrollo de diferentes proyectos.	- El impulso para la creación de INDEAR constituyó un punto de inflexión en la trayectoria tecnológica de Bioceres a partir de la cual comenzó a desarrollar capacidades científicas propias.
Rol desempeñado por las instituciones científicas públicas y las empresas privadas	- En el año 1999 se realizó un acuerdo entre el INGEBI y Tecnoplant para llevar la papa resistente a PVY al mercado.	- En el año 2003 se realizó un convenio de vinculación entre la UNL-CONICET y Bioceres para llevar la soja con tolerancia a la sequía (HB4) al mercado.
	- El INGEBI no contaba con los recursos económicos y logísticos necesarios para atravesar un proceso de liberación comercial y su posterior salida al mercado.	- El equipo de Raquel Chan no disponía de los recursos necesarios para desregular el evento y gestionar su salida al mercado.
	- Luego del acuerdo el INGEBI continuó desarrollando aspectos científicos vinculados a este evento transgénico.	- A partir de la firma del convenio la UNL-CONICET se comprometió a continuar con los estudios del gen HaHB-4 y a lograr llevar la inserción del mismo en un cultivo de interés comercial.
	- Por su parte, Tecnoplant se encargó de realizar la micropropagación por clonación y la selección en invernáculo, el financiamiento del proyecto, la gestión burocrática asociada a la desregulación del evento y la confección de los derechos de propiedad intelectual sobre el mismo.	- Por su parte, Bioceres se encargó de contribuir al financiamiento de las actividades de investigación de UNL-CONICET asociadas al desarrollo de este evento transgénico, y de realizar las gestiones correspondientes para patentarlo.

6. Análisis de los casos de estudio

Tipos de recursos empleados	- En el INGEBI inicialmente sólo trabajaron 3 investigadores en este proyecto. Luego del acuerdo se incorporó más personal y en el año 2012 el principal equipo de trabajo estaba compuesto por 12 investigadores y técnicos pertenecientes tanto al INGEBI como a Tecnoplant.	- El equipo de la UNL-CONICET estaba conformado por Raquel Chan y otros 5 investigadores y becarios. En Bioceres el equipo de trabajo inicial era de 6 personas. Este luego se fue ampliando a medida que se incorporaron nuevas tareas.
	- Posteriormente, Tecnoplant redujo el personal científico de la empresa y pasó a trabajar sólo con los investigadores de los laboratorios públicos.	- A su vez, Bioceres aumentó en gran medida la cantidad de investigadores en la empresa. Inicialmente no contaba con laboratorios propios pero a partir de la creación del INDEAR esto se revirtió.
	- Previo a la realización del acuerdo, el financiamiento del proyecto estuvo a cargo del CONICET y de forma secundaria a partir de subsidios provenientes de la IFS de Suecia.	- En la primera fase del proyecto el financiamiento provino exclusivamente de parte del Estado Nacional, a través del CONICET en forma predominante, y del FONCYT de manera secundaria.
	- Luego del acuerdo todos los aportes financieros los realizó Tecnoplant con fondos del Grupo Sidus.	- Una vez realizado el acuerdo, Bioceres aportó gran parte del financiamiento necesario para concluir el proyecto. Éste provino de fondos propios (a través de aportes de sus accionistas y de otros inversores que aportaban específicamente al proyecto) y de fondos públicos (a través de distintos subsidios otorgados por el FONTAR).
Participación y rol de empresas extranjeras	- En este caso no hubo participación de empresas extranjeras en el desarrollo del proyecto.	- En el año 2012 se creó Verdeca, un joint venture entre Bioceres y Arcadia Bioscience.
		- El motivo del acuerdo fueron las limitaciones de Bioceres para explotar comercialmente esta innovación a nivel mundial.
		- Arcadia fue elegida para realizar esta asociación porque disponía de los activos complementarios necesarios para atravesar con éxito las etapas de desarrollo y desregulación en el exterior (principalmente en Estados Unidos).
		- Las condiciones del acuerdo le otorgaron a Verdeca la licencia exclusiva, sublicenciable a nivel mundial de la tecnología HB4. Las regalías que surjan de la explotación de esta tecnología serán repartidas de forma proporcional entre las empresas, pero a Bioceres le corresponderá un 15% adicional por ser quien aportó la tecnología base para el desarrollo de las innovaciones.
		- En el año 2014 Bioceres realizó una alianza con Beijing Dabe Nong Biotechnology para generar un ámbito de reciprocidad en cuestiones regulatorias.

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, se observa que el desarrollo de la papa resistente a PVY y la soja tolerante a la sequía (HB4) tienen varios puntos de similitud entre sí. Por un lado, ambos eventos transgénicos tuvieron su origen en instituciones científicas públicas, siendo el Estado Nacional el principal ente financiador. En el caso de la papa todo el desarrollo del evento fue realizado en el INGEBI, mientras que para el caso de la soja la UNL-CONICET desarrolló la inserción del gen en *Arabidopsis* y una vez que se realizó el acuerdo con Bioceres se comenzó a trabajar en un cultivo de interés comercial. Por otro lado, para que estos proyectos pudieran convertirse en una innovación con salida al mercado, fue imprescindible la incorporación de empresas privadas que, no solamente brindaran apoyo económico, sino que proveyeran de otros recursos fundamentales para atravesar ese proceso de forma exitosa. De

6. Análisis de los casos de estudio

esta forma, ambas empresas tomaron un desarrollo científico que había comenzado a realizarse previamente sin su intervención, por lo cual se posaron sobre un conocimiento desarrollado públicamente y a partir de ahí montaron una estrategia comercial vinculada a ellos. A su vez, se debe resaltar que, en ambos casos, las empresas involucradas tenían una trayectoria de innovación previa junto con un marcado perfil tecnológico y eran firmas que contaban con experiencia en la realización de acuerdos con instituciones científicas públicas. Por último, los roles asumidos por la parte pública y la parte privada luego de la firma de los distintos acuerdos también fueron similares en ambos casos de estudio.

Las principales diferencias que se encontraron fueron dos. La primera de ellas se vincula con las fuentes de financiamiento que utilizaron las empresas para llevar a cabo las últimas fases de estos proyectos. La diferencia radica en que TecnoPlant sólo utilizó fondos propios mientras que Bioceres complementó ese tipo de fondos con subsidios públicos. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que los aportes del Estado no son solamente las erogaciones de dinero, sino que también debe contemplarse el otorgamiento de infraestructura (como, por ejemplo, el terreno donde fue construido INDEAR o los laboratorios que presta para el desarrollo de actividades privadas) y el capital acumulado en los laboratorios que luego es transferido a las empresas junto con los resultados de la investigación.

Por otro lado, la segunda diferencia refiere a la realización de acuerdos con empresas extranjeras. En este caso, TecnoPlant no llevó adelante ningún tipo de convenio con otra empresa. Esto es factible que se relacione con las bajas probabilidades que existen de que esta innovación sea exportada, tanto a nivel de la tecnología (el evento transgénico) como a nivel del producto en sí (la papa modificada genéticamente). El escaso interés que manifestó TecnoPlant en la exportación de este desarrollo se vincula con las características específicas de este cultivo y con que el evento se realizó sobre la variedad Spunta que no es de las más consumidas en la región, pero sí lo es en el país. Por lo tanto, pretender exportar la tecnología de resistencia a PVY demandaría un amplio esfuerzo científico de inserción del gen en otras variedades, lo cual aún no fue realizado. En contraposición, Bioceres, a partir de la intención de llevar la tecnología desarrollada a una escala mundial, realizó un acuerdo fundamental con una empresa estadounidense y otro con una empresa china, con el objetivo de atravesar los marcos regulatorios de otros países a partir del desarrollo de un modelo de arquitectura

abierta colaborativa con otras empresas. En conclusión, puede afirmarse que tanto Tecnoplant como Bioceres disponen de los recursos económicos y de gestión necesarios para desarrollar eventos transgénicos de forma local pero, cuando el objetivo es diseñar una tecnología pensando en una escala global, estas empresas no cuentan con los activos complementarios necesarios para explotar económicamente una innovación de esa envergadura.

6.2 El desarrollo de biotecnología agrícola en Argentina ¿fruto de una estrategia nacional de innovación?

El desarrollo de un evento transgénico es una innovación que conforma un hito de gran relevancia para el sistema científico tecnológico de los PED. Las características específicas de este tipo de innovaciones demandan una serie de elementos (alto conocimiento científico, capacidad de gestión en cuestiones regulatorias, recursos económicos, estrategias de mercado, entre otros) que no siempre se encuentran disponibles de forma conjunta en las organizaciones. Esto implica que sea necesaria la cooperación entre instituciones científicas y empresas, y la existencia de un cuerpo de políticas coordinado desde el Estado que brinde el apoyo necesario para el desarrollo y la promoción de este tipo de actividades.

Sobre este punto concuerda buena parte de la literatura económica. Como fue desarrollado en el apartado 2.1.2, desde los enfoques basados en los SNI (Freeman, 1995; Lundvall, 1992; Nelson, 1993, Edquist, 1997), los autores del modelo de Triple Hélice (Etzkowitz y Leydesdorff, 1995), los referentes del movimiento CTS en América Latina (Sábato, 1975; Leite López, 1978; Sagasti, 1984; Varsavski, 1971) y la corriente neoestructuralista (Bielschowsky, 2009) se resalta la importancia de la construcción de vínculos sólidos entre el sector académico y la industria, en concordancia con la participación del Estado como formador de políticas públicas, las cuales no sólo deberían promover ese tipo de asociaciones, sino también orientar de forma estratégica y articulada los procesos de innovación tecnológica hacia áreas previamente determinadas como prioritarias. A grandes rasgos, la existencia de estos elementos junto con otros aspectos más generales de índole cultural, político y económico, constituyen una condición necesaria para la existencia de una estrategia

nacional de innovación exitosa (Mazzucato, 2013; Freeman 2002) que sirva para mejorar la posición de un país dentro de la estructura mundial (CEPAL, 1996). A continuación, se analiza la existencia y el alcance de estos elementos para los casos de estudio elegidos en este trabajo.

Para comprender la evolución de un sistema de innovación específico es importante revisar las relaciones e interacciones que se dan entre sus componentes (Malerba, 2005). En este sentido, se pudo observar que la vinculación entre las instituciones científicas y las empresas fue un elemento clave que estuvo presente en el desarrollo de los dos eventos transgénicos. Tanto Tecnoplant como Bioceres recurrieron a un conocimiento novedoso que se encontraba disponible en los laboratorios públicos del INGEBI, por un lado, y de la UNL por otro. Sin embargo, se debe destacar que, en ambos casos, lo que llevó a la construcción de ese vínculo fueron motivaciones individuales y no fruto de una política específica que promoviera la cooperación entre el sector público y privado. En el caso de Tecnoplant, fue el vínculo de amistad entre Torres y Marcelo Argüelles sumado a la confianza que generaba la existencia de otros proyectos que se estaban realizando conjuntamente. Y, en el caso de Bioceres, el acercamiento a la UNL ocurrió a partir de un accionar concreto de la empresa que consistía en buscar proyectos que se estuvieran realizando en laboratorios públicos y que pudieran resultar de interés comercial.

Sobre este aspecto, otro elemento para considerar es que, dada la trayectoria tecnológica que habían desarrollado previamente estas empresas, ellas ya contaban con experiencia en la creación de asociaciones con instituciones del sector público lo que facilitó el proceso de vinculación. Es importante señalar que, en el momento en que se formalizaron estos acuerdos de cooperación, no existía un instrumento estatal exitoso que promoviera de forma directa este tipo de asociaciones. Por lo tanto, posteriormente un avance importante que se realizó en términos de políticas públicas fue la creación del FONARSEC en el año 2008, el cual ocupó un espacio de vacancia que había en este sentido¹²².

¹²² Previamente los proyectos PAE manejados desde el FONCYT y los proyectos PITEC manejados desde el FONTAR habían intentado unir al ámbito científico con la esfera productiva pero no lo lograron. Los primeros

6. Análisis de los casos de estudio

Por otro lado, respecto de la implementación de políticas específicas para la promoción del desarrollo de innovaciones biotecnológicas, se observó que a partir del año 2006 se pasó a un esquema de fomento a tres grandes pilares de la ciencia y la tecnología (donde la biotecnología ocupa uno de esos lugares) en el marco de una política más general de apoyo, promoción y reivindicación de la ciencia y la tecnología a nivel nacional que comenzó en el año 2003. Esto derivó -en los términos de Herrera (1995)- en el armado de una política explícita de apoyo al sector que incluyó el desarrollo de un plan estratégico, una ley de promoción y la participación de distintas iniciativas de cooperación internacional¹²³ (Arza y Carattoli, 2012).

Sin embargo, las iniciativas aquí estudiadas surgieron de forma previa a la conformación de este marco de apoyo. Por lo tanto, la motivación para el desarrollo de la investigación básica que derivó en la posibilidad de realizar eventos transgénicos de interés comercial, como suele ocurrir, provino únicamente del interés particular a nivel académico de los investigadores que las llevaron adelante. Esto invita a considerar un elemento clave en el marco de una estrategia nacional de innovación: el grado de vinculación entre los desarrollos científicos tecnológicos y las necesidades del sector productivo (usuario de esos desarrollos) (Sábato y Botana, 1970).

En este sentido, lo que se observó es que si bien las dos innovaciones consideradas en este trabajo están dirigidas a resolver problemas concretos que enfrentan y afectan a los productores, la identificación de estos problemas provino más de la intuición de ciertos investigadores (que detectaron que tanto el ataque de cierto virus al cultivo de la papa como la sequía eran cuestiones económicamente relevantes que podían ser solucionadas a partir de recursos tecnológicos), que de un espacio de discusión consolidado en donde a través del encuentro entre científicos y productores fueran analizados e identificados cuáles son los principales problemas que enfrenta el sector productivo y cómo estos pueden ser solucionados desde el ámbito científico-tecnológico.

terminaron siendo proyectos científicos y los segundos destinados a las empresas (S. Oliver, comunicación personal).

¹²³ Todas estas iniciativas se encuentran mencionadas más exhaustivamente en el apartado 3.3.2.

6. Análisis de los casos de estudio

Si bien estas reuniones ocurrieron de forma aislada, en los casos de estudio no se observó la existencia de una política de carácter general que promoviera específicamente estos encuentros en pos de orientar el desarrollo de innovaciones de forma estratégica. En este sentido, un investigador del INGEBI afirma lo siguiente:

“Reunidos con gente de vinculación tecnológica de CONICET le pedimos que haga reuniones con paperos y que nos los traiga (o nosotros vamos) y los escuchamos a ver qué demandas tienen. Y nosotros desde nuestro conocimiento le podemos decir "esto se puede resolver así, esto se puede resolver así, esto por ahora no tiene solución". Que es lo que yo hago con Argüelles cuando me reúno con ellos (...). Y creo que lo que hace falta es eso, juntar las distintas áreas de conocimiento con la producción. Y ese es un problema que tenemos los del CONICET. Los del CONICET muchas veces queremos hacer lo que nosotros consideramos importante, y a veces es difícil que nos hagan cambiar de opinión (...). Pero lo que yo puedo pensar dentro de estas paredes que está bueno, puede que esté muy lejos de lo que se necesita en el campo.”¹²⁴

Lo mismo ocurrió en el caso de la soja tolerante a la sequía. En este sentido, Raquel Chan afirma que ese proyecto:

“No respondió a ninguna demanda en particular, sino al interés científico que en muchas ocasiones está guiado por un interés social o productivo.”¹²⁵

Pese a esto, en la primera etapa de los proyectos aquí analizados la participación del Estado fue determinante. Como se mencionó previamente, el desarrollo científico inicial se realizó íntegramente en laboratorios públicos con fondos estatales. A su vez, una vez realizados los acuerdos de cooperación, el rol del Estado consistió en continuar con el pago de salarios a los investigadores y becarios vinculados a través del CONICET a los respectivos proyectos,

¹²⁴ F. Bravo-Almonacid, comunicación personal.

¹²⁵ R. Chan, comunicación personal.

en el otorgamiento de fondos (vía FONCYT) para la continuación de la investigación básica asociada y, para el caso específico de la soja tolerante a la sequía en el financiamiento a partir de distintos subsidios y ANR que fueron recibidos por Bioceres (vía FONTAR). A su vez, si bien para el desarrollo del evento transgénico en papa no hubo financiamiento explícito por parte del Estado por fuera del pago de salarios mencionado, éste brindó otro tipo de facilidades que deben considerarse como, por ejemplo, la realización de un convenio con la Facultad de Ciencias Exactas de la UBA que le permitía a la empresa utilizar sus laboratorios para llevar adelante actividades con destino comercial.

En este punto es importante destacar la importancia de las Agencias públicas como facilitadoras de la innovación (Leyden y Link, 1999; Carayannis y Alexander, 1999). En el caso argentino, el rol que cumple la ANPCYT es clave en el desarrollo científico tecnológico en Argentina. Este organismo constituye el brazo ejecutor de las políticas públicas científico-tecnológicas del país. Su forma de financiamiento es a través de créditos de largo plazo que son otorgados por organismos multilaterales como, por ejemplo, el BID y el Banco Mundial, los cuales deben ser destinados al financiamiento de proyectos específicos. Esto significa que esos fondos no pueden ser dirigidos al Tesoro para ser empleados en otro tipo de cuestiones. Esta condición es lo que ha permitido sostener una cierta estabilidad en términos de financiamiento de proyectos científico-tecnológicos a lo largo del tiempo, pese a los vaivenes económicos y los cambios políticos que acontecieron en Argentina en los últimos veinte años.

Por fuera de las políticas de financiamiento a la ciencia y la tecnología, como se señaló anteriormente, a mediados de la década del 2000 se desarrollaron algunos instrumentos específicos de promoción hacia la biotecnología que parecieran constituir ciertas bases para el despliegue de una estrategia nacional de innovación. Uno de ellos fue la sanción de la Ley de Promoción del Desarrollo y Producción de la Biotecnología Moderna que prevé diversos beneficios fiscales para los emprendimientos biotecnológicos¹²⁶. Estos aspectos constituyen

¹²⁶ Por ejemplo, el acceso a la amortización acelerada de los bienes de capital o los equipos especiales, partes o elementos componentes de dichos bienes, nuevos, adquiridos con destino al proyecto promovido; la devolución anticipada del IVA correspondiente a la adquisición de tales bienes; la conversión en Bonos de Crédito Fiscal del 50% del monto de las contribuciones a la seguridad social y de los gastos destinados a las contrataciones de servicios de investigación y desarrollo con instituciones pertinentes del sistema público nacional de ciencia,

una demanda de antaño entre las empresas del sector. En este sentido, desde Bioceres se afirma lo siguiente:

“Parte de la Ley de Biotecnología fueron cosas por las cuales peleamos un montón. Porque la mayor dificultad que teníamos era que todos nuestros costos eran más 21% de IVA y ese IVA nunca lo recuperábamos, y con la inflación y todo sabías que tenías un 21% que perdías. Ese era el concepto, porque de acá a que llegaras a facturar para usar ese IVA pasa mucho tiempo. Esa fue una de las cosas que trabajamos fuertemente.”¹²⁷

Sin embargo, esta Ley que fue sancionada en julio de 2007 recién se reglamentó en enero de 2018, por lo cual no tuvo impacto en ninguno de los proyectos acá analizados. A su vez, esta Ley estipula una vigencia de 15 años a partir de su promulgación. Por lo tanto, la demora en la reglamentación redujo considerablemente su impacto y alcance a sólo 5 años de aplicación, lo cual atenta contra el potencial desarrollo de innovaciones en el sector.

Asimismo, pese a los esfuerzos realizados por parte del Estado Nacional para orientar y promover la investigación hacia el área de biotecnología con el fin de mejorar el desempeño innovador de las empresas del sector, existe un conjunto de problemáticas específicas que fueron señaladas por algunos de los entrevistados y que sólo en algunos casos han podido ser solucionadas parcialmente a partir de políticas específicas. Estas problemáticas constituyeron fallas estratégicas que obstaculizaron, de diversos modos, el desarrollo de innovaciones biotecnológicas por parte de las empresas.

En primer lugar, se puede mencionar la importancia de la existencia de políticas que fomenten el desarrollo de activos complementarios necesarios que posibilitan la llegada de las innovaciones tecnológicas al mercado (Teece, 2003; Mazzucato, 2013). En el caso de eventos biotecnológicos el proceso de desregulación comercial suele ser uno de los pasos más costosos en términos de tiempo y dinero para los desarrolladores, siendo este un proceso que demanda una gran cantidad de recursos especializados en la materia. De manera

tecnología e innovación; y la creación de un Fondo de Estímulo a Nuevos Emprendimientos en Biotecnología Moderna, destinado a financiar aportes de capital inicial de nuevos pequeños emprendedores (Ley 26270/07).

¹²⁷ M. Giacobbe, comunicación personal.

adicional puede mencionarse que, si bien a partir del año 2016 fue creado en el marco del Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación “Argentina Innovadora 2020” el FONREBIO que brida apoyo financiero para esta etapa, desde el Estado aún resta resolver otras trabas que trascienden a cuestiones de apoyo económico y que se vinculan con aspectos más estructurales de la administración pública nacional que dificultan y lentifican los procesos de regulatorios. Por ejemplo, algunas de estas cuestiones se relacionan con la gran burocracia que rodea a todos los procesos de desregulación y la inexistencia de un protocolo claro que indique las evaluaciones que se realizarán, los requerimientos que se solicitarán y los pasos a seguir en el marco de la liberación comercial de cada uno de los distintos eventos transgénicos. En este sentido, el gerente general de Tecnoplant afirma lo siguiente:

“La reducción de la burocracia, la enorme, gigantesca, entorpecedora e ineficiente burocracia que hay en Argentina, yo creo que esto ayudaría enormemente. (...) y tiene que existir un protocolo. Vos tenés que llegar y decir "hola, quiero aprobar un evento biotecnológico" y te tienen que decir "bueno, ningún problema, usted mire, tiene que hacer esto, esto, esto, esto y esto". Eso hoy no existe. La CONABIA lo tiene bastante armado. Pero con el SENASA estuvimos un año para que nos diga qué teníamos que llevar. En otros países sí hay protocolos y es que no puede ser de otra manera, bah, sí, puede ser, pero tardás 18 años.”¹²⁸

En segundo término, como mencionan Dogson *et al* (2008) y Mazzucato (2013), el desarrollo y consolidación de un mercado de capitales de riesgo es un elemento crucial para la formación de empresas de base tecnológica. En Argentina, este mercado no se encuentra desarrollado, esto dificulta a las empresas la obtención de financiamiento privado para el desarrollo de proyectos con altos niveles de incertidumbre. A su vez, existe otra problemática vinculada a este elemento que tiene que ver con el aprovechamiento de la infraestructura pública que ocurrió en los casos aquí estudiados. Específicamente, en el caso de Bioceres, que a diferencia de Tecnoplant manifestaron la intención de recurrir al crédito privado, el acceso al mismo fue imposible:

¹²⁸ G. Napolitano, comunicación personal.

*"Nosotros el espacio que utilizamos es un espacio que es de CONICET, y ahí construimos el edificio, porque nuestro concepto era "nuestro valor no está en los ladrillos, está en el know how y en formar parte de la red" pero eso nos impidió acceder a créditos, porque no podíamos hipotecar. No podíamos ir a un banco privado y decir "queremos hacer esto" y la respuesta era "¿y contra qué?"."*¹²⁹

La consecuencia directa de esta situación es que para estas empresas las opciones de financiamiento se reducen y quedan circunscriptas a los distintos subsidios u otros instrumentos que se brindan desde el Estado o a los aportes de capital que realizan los propios accionistas, pero se limitan las posibilidades de acceso a otro tipo de financiamiento complementario, lo cual reduce el potencial de desarrollo de innovaciones en el sector.

En tercer lugar, otro punto para destacar tiene que ver con el sistema de evaluación del personal científico en Argentina. Éste se basa fundamentalmente en la cantidad de artículos publicados y no toma en consideración el desarrollo de patentes, lo cual impacta negativamente en el interés de los científicos para patentar los hallazgos de sus investigaciones. A su vez, el sistema de propiedad intelectual requiere la postergación de las publicaciones relacionadas hasta tanto la patente haya sido concedida. Finalmente, el investigador se encuentra obligado a publicar para mantener su condición, y las investigaciones orientadas al mercado a veces pueden ofrecer resultados no publicables, lo cual implica un problema para los científicos que deben arriesgarse a ser evaluados negativamente por el sistema científico tecnológico debido a la falta de publicaciones. En esta línea, el ex gerente científico de Bioceres expresa lo siguiente:

"En Argentina sigue habiendo un sistema científico que está muy enfocado en la investigación académica lo cual es buenísimo. Pero los científicos se encuentran con que para patentar estas tecnologías tienen que demorar las publicaciones. Los investigadores son de alguna manera medidos y valorados por lo que publican, pero aplicar a una patente los demora dos

¹²⁹ M. Giacobbe, comunicación personal.

6. Análisis de los casos de estudio

*años y pueden quedar fuera del sistema científico, porque al no publicar no son valorados por eso"*¹³⁰

En el mismo sentido, Alejandro Mentaberry agrega lo siguiente:

*"El sistema te califica por los paper y nada más que por los paper, no importa si vos lográs meter un cultivo mundial transgénico, eso no corre en ningún currículum. De hecho, en el mío, toda la historia de la papa está en dos líneas. No puedo decir otra cosa, ¿qué voy a decir? ¿Que hice 6 años en ensayos de campo? ¿Que anduve supervisando eso? ¿Que nos peleamos con medio mundo? Eso no cuenta."*¹³¹

Por lo tanto, este es un punto importante porque el interés por las patentes, junto con el secreto industrial y otros mecanismos de apropiación de los beneficios que surgen del esfuerzo innovativo, constituyen un primer paso para convertir al conocimiento que se genera en el ámbito científico-tecnológico en un valor económico.

Finalmente, los distintos problemas aquí señalados (que no constituyen una lista exhaustiva) muestran distintas fallas de la estrategia nacional de innovación. En los casos de estudios seleccionados para la realización de este trabajo estas fallas se manifestaron en: i) la inexistencia de una instancia de coordinación de las necesidades del sector productivo con los desarrollos científicos, ii) en la implementación parcial de ciertas políticas que *a priori* podrían considerarse beneficiosas para el sector (como, por ejemplo, el retraso en la reglamentación de la Ley 26270 ya mencionada), iii) en cuestiones específicas del armado institucional local que perjudican la realización de innovaciones biotecnológicas (carencia de protocolos para la liberación comercial de eventos biotecnológicos, y pocos incentivos para patentar por parte del sistema de evaluación de los investigadores) y, iv) en el bajo nivel de desarrollo de mercados complementarios, como el mercado de capital de riesgo, que resulta una fuente de financiamiento fundamental para el desarrollo de este tipo de proyectos.

¹³⁰ C. Pérez, comunicación personal.

¹³¹ A. Mentaberry, comunicación personal.

En relación a estas dificultades, es importante señalar que la creación de INDEAR fue un intento de sortear algunos de estos obstáculos. Su surgimiento ocurrió a partir de una serie de reuniones que mantuvieron Alejandro Mentaberry, Lino Barañao, Victor Trucco y Esteban Hopp, a comienzos de los años 2000, en las cuales decidieron crear un instituto de agrobiotecnología público-privado que se ocupara de desarrollar las etapas iniciales de proyectos biotecnológicos. Como resultado de relaciones previas construidas entre Bioceres y Alejandro Mentaberry, fue él (con el apoyo de Eduardo Charreau quien pertenecía al directorio del CONICET) el encargado de organizar el nuevo instituto, el cual inicialmente contó con ocho proyectos (entre los cuales se encontraba el proyecto de tolerancia a sequía y el de la papa con resistencia a PVY).

A partir de la creación de INDEAR se intentó solucionar el problema de la desconexión entre el ámbito científico y el sector productivo a través de la detección de problemas que enfrentan los productores y que requieren de una solución tecnológica. Así, a partir de diversas reuniones donde se invitaba a productores y empresarios del sector, se alcanzó a conocer algunas de sus necesidades que derivaron en proyectos exitosos como, por ejemplo, el desarrollo de la primera plataforma de genómica de la Argentina. De este modo, INDEAR implicaba, además de una asociación público-privada, un espacio de conjunción entre empresas con objetivos similares. Sin embargo, como ya fue mencionado, un punto de quiebre ocurrió en el año 2008 cuando Biosidus abandonó su participación en INDEAR y, a partir de ese momento, este instituto cobró un carácter diferente ya que evolucionó como una compañía de tecnología manejada por el Grupo Bioceres en la cual los objetivos de investigación eran determinados por la empresa. En este sentido, Alejandro Mentaberry afirma lo siguiente:

“Esa no era la idea original nuestra. La idea original que teníamos con Lino (Barañao) era que eso fuera un INVAP de la Argentina para la agrobiotecnología. O sea, una cosa público-privada, donde el CONICET te metía investigación a fondo pero con su propia lógica, y ellos hacían el desarrollo y los negocios. Pero bueno, quisieron hacer todo junto y ahí yo dije “hasta acá llegué” (...) Porque la lógica de la investigación no es la lógica de la empresa. La lógica de la investigación tiene que mirar mucho

más a largo plazo, no puede estar supeditada a la entrada de plata coyuntural de una empresa. Entonces, lo que pasaba en INDEAR era que iniciabas un proyecto y ahí venía el mes de vacas flacas y el proyecto se paraba o querían bajarlo. “¹³²

Sin embargo, pese a estos bemoles, la experiencia de INDEAR intentó ser una solución frente a los distintos problemas de carácter estructural que enfrentan los proyectos de innovación biotecnológica en Argentina, que devino es una experiencia de asociación público-privada bastante exitosa en términos de los productos y servicios que brinda al mercado. No obstante, la falta de participación de otras empresas importantes del sector (como en su momento fue Biosidus) impactó de forma negativa en el potencial de este instituto para la construcción de una base que sirva como plataforma para el despliegue de una estrategia nacional de innovación.

Por lo tanto, en función de lo hasta acá analizado, se puede concluir que si bien en Argentina a partir del 2003 hubo un cambio profundo en la política científico-tecnológica por la cual se comenzó a orientar el financiamiento hacia áreas estratégicas, se avanzó en la vinculación entre el sector académico y las empresas, hubo una política explícita de puesta en valor de las actividades científicas y tecnológicas de cara a la sociedad, y se diseñaron instrumentos concretos de apoyo para las actividades biotecnológicas, estos elementos no alcanzaron a consolidar una estrategia nacional de innovación exitosa. Los casos aquí estudiados revelan que, aunque el desarrollo de estas innovaciones ocurrió dentro de un marco de apoyo explícito por parte del Estado (que se manifestó principalmente desde el financiamiento), las empresas desarrolladoras tuvieron que sortear diversas dificultades y avanzar en un camino que notoriamente no se encontraba diseñado para que estas innovaciones alcanzaran la instancia de mercado rápidamente y, menos aún, para gestionarlas a escala mundial. A lo largo de este trabajo han sido listadas y comentadas estas dificultades, sin embargo, el hecho de que la papa resistente a PVY se demorara alrededor de 20 años en ser liberada comercialmente y que la soja con tolerancia a la sequía aún continúe esperando para poder ser sembrada constituye un elemento contundente que refuerza lo expresado.

¹³² A. Mentaberry, comunicación personal.

7. CONCLUSIONES

Este trabajo de investigación se realizó en el marco de la importancia económica que reviste el desarrollo de innovaciones en PED. La existencia de una estructura económica mundial que conforma una relación de jerarquía entre los países centrales y los periféricos impone a estos últimos la necesidad de encontrar espacios de innovación tecnológica que sirvan como vectores para la transformación de sus economías. En este sentido, el desarrollo de la ingeniería genética, y de la innovación que implican las semillas transgénicas, ha abierto oportunidades para países periféricos que disponen de grandes dotaciones de recursos naturales y amplias capacidades acumuladas vinculadas a la producción primaria, como es el caso de Argentina. Sin embargo, el rol tradicional que han desempeñado estos países ha sido el de la adopción de esta tecnología sin el dominio en el desarrollo de la misma. Por lo tanto, la posibilidad de que la periferia comience a asumir ciertas funciones dentro de la economía mundial, que usualmente son propias de los países centrales, en parte depende de la capacidad que estos tengan para aprovechar las oportunidades de innovación que son abiertas a partir de la aparición de nuevas tecnologías.

En este marco, la presente tesis se desarrolló con el objetivo de realizar un aporte al campo de estudios de CTS, a partir del abordaje en particular del desarrollo de biotecnología agrícola en Argentina. Dentro de las diversas temáticas que pueden tratarse al respecto, esta investigación se centró en el desarrollo de semillas transgénicas, más específicamente, en el desarrollo de los dos primeros eventos transgénicos que se realizaron en el país: la papa con resistencia a PVY, desarrollada por el INGEPI y Tecnoplant, y la soja tolerante a la sequía (HB4), desarrollada por la UNL-CONICET y Bioceres. Dado que el desarrollo de ambos eventos transgénicos marcó un hito en la trayectoria de innovación en biotecnología agrícola del país, las preguntas que guiaron esta investigación estuvieron dirigidas a conocer cuáles fueron las condiciones de desarrollo de ambos eventos biotecnológicos y si los mismos fueron resultado de la implementación de una estrategia nacional de innovación exitosa dirigida a este sector. Para ello, se realizó un trabajo de campo basado en la realización de entrevistas a actores clave con el objetivo de lograr una construcción original de los casos de estudio elegidos.

7. Conclusiones

En consecuencia, la realización de esta investigación permitió arribar a una serie de resultados generales que fueron desarrollados exhaustivamente en los capítulos 4 y 5 de este trabajo, y analizados en el capítulo 6. A su vez, de ellos se desprendieron algunas reflexiones y futuras líneas de investigación, las cuales son señaladas a continuación.

En el capítulo 6 se concluyó que, pese a la existencia de distintos elementos que muestran que desde el Estado Nacional se realizaron esfuerzos en pos de propiciar el desarrollo de innovaciones biotecnológicas, estos no fueron los causantes de las dos innovaciones aquí estudiadas y tampoco lograron constituir una estrategia nacional de innovación exitosa. Algunas de las causas que llevaron a este resultado, como se vio previamente, fueron la inexistencia de ciertas medidas necesarias para promover el desarrollo de innovaciones en este campo, su implementación parcial, la dificultad en la articulación entre el sector productivo, el ámbito científico y la esfera política, entre otras. Sin embargo, existe un aspecto que podría operar de forma más profunda y que tiene que ver con la imposibilidad que enfrenta el Estado de poder comunicarle a la sociedad la existencia de una estrategia nacional de innovación que tenga como uno de sus pilares el desarrollo de semillas transgénicas. El rechazo a nivel social que existe de estos productos opera como un desincentivo a nivel político y esta podría ser una de las causas por la que no se termina de diseñar e implementar una estrategia dirigida a innovaciones en semillas transgénicas. Por lo tanto, ahondar con mayor profundidad en este punto es de suma importancia debido a que este impedimento no es menor, ya que en la medida que se sostenga dentro del imaginario social que las semillas transgénicas son nocivas (tanto para la salud como para el ambiente), es muy difícil pensar en que el desarrollo de innovaciones vinculadas a este campo pueda representar una alternativa sólida que conduzca al cambio estructural en Argentina.

Pese a estas dificultades, el proceso de descomoditización de bienes primarios que se despliega desde hace ya varios años, junto con las amplias dotaciones de recursos naturales y el nivel de conocimiento sobre genómica con el que cuenta el sistema científico nacional, invitan a continuar pensando posibles alternativas de desarrollo de innovaciones de alta tecnología vinculadas a la biotecnología agrícola para Argentina. En este sentido, sería importante evaluar las oportunidades que abre la irrupción de otro método de modificación genética como es la edición génica, el cual permite suponer que, dado que este mecanismo

7. Conclusiones

de transformación no depende directamente de la introducción de ADN foráneo, las innovaciones basadas en esta técnica podrían no requerir atravesar procesos de liberación comercial tan rigurosos como deben hacerlo las semillas obtenidas por transgénesis y, tal vez, tener una mayor aceptación por parte del consumidor. Como se vio a lo largo de este trabajo, esto implicaría una importante reducción en los tiempos de salida del producto al mercado (lo que permitiría una mayor posibilidad de explotación económica de las patentes asociadas) y de los recursos destinados a este fin, solucionando una de las principales trabas que enfrentan tanto las instituciones públicas como las empresas a la hora de realizar innovaciones en semillas transgénicas.

De este último punto se desprenden nuevas preguntas: ¿hasta dónde debe llegar la participación del Estado en el desarrollo de innovaciones biotecnológicas? ¿es deseable que el Estado disponga de una estructura que permita atravesar todas las etapas del proceso de innovación? ¿qué otros modelos de desarrollo de innovaciones en biotecnología agrícola pueden pensarse para Argentina? A lo largo de este trabajo se afirma que tanto el INGEBI como la UNL-CONICET no dispusieron ni de la estructura ni de las capacidades necesarias para poder llevar los desarrollos científicos que estas instituciones habían alcanzado a una fase de mercado y que, en consecuencia, tuvieron que recurrir a empresas privadas, a las cuales les transfirieron el conocimiento generado para que ellas lo exploten económicamente a cambio de la obtención de futuras regalías. Esta fue la forma que encontraron desde las instituciones públicas para que sus avances científicos pudieran generar algún rédito económico y ser aplicados al campo productivo. Sin embargo, cabe preguntarse si este es el mejor esquema para un país como Argentina, o si existen alternativas superadoras que puedan pensarse para su implementación en el largo plazo.

Finalmente, la elaboración de esta tesis también abrió interrogantes sobre aspectos de índole conceptual. En este sentido, al emplear los conceptos de SNI y estrategia nacional de innovación emergieron algunas cuestiones. Por un lado, si bien el concepto de SNI resulta útil para estudiar aspectos vinculados a la coordinación y articulación entre el sector productivo, la academia y el gobierno, no permite ahondar en el análisis de otros aspectos más amplios relativos a las características estructurales de los espacios geográficos donde el SNI se inserta. Por otro lado, la utilización del concepto de estrategia nacional de innovación

7. Conclusiones

implica definir y explicitar qué se entiende por dicha estrategia y qué elementos son considerados dentro de un análisis que tenga como eje este concepto. Esto se debe a la existencia de una diversidad de posibles estrategias a desplegar por los países, y a que la relación entre los objetivos definidos y las políticas a articular en pos de alcanzarlos *a priori* no se encuentra explicitada. Por lo tanto, dado un contexto de PED, es importante disponer de categorías que contribuyan a pensar cuáles estrategias de innovación son posibles y las más adecuadas para lograr transitar un camino que conduzca al cambio estructural. En consecuencia, constituye una tarea para el futuro ahondar en estos conceptos para repensarlos y, a partir de ello, volver a utilizarlos en trabajos posteriores.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguiar, D. (2011). *Análisis de los procesos socio técnicos de construcción de tecnologías intensivas en conocimiento en la Argentina: un abordaje desde la sociología de la tecnología sobre una empresa de biotecnología en el sector salud: el caso de Bio Sidus SA, 1975-2005*. Tesis de doctorado, Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales.

Aguiar, D., & Buschini, J. D. (2009). Empresa científica y empresa de científicos: la producción comercial de interferón entre la firma Inmunoquemia y el Instituto de Oncología "Ángel H. Roffo"(1975-1980). *Redes*, 15(30), 41-68.

Aguiar, D., & Thomas, H. (2009). Historia de los antecedentes a la creación de una empresa de biotecnología orientada a la salud en la Argentina: El "Área de Biotecnología" de Sidus (1980-1983). *Revista de Humanidades Médicas & Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología*, 1(2), 3-44.

Albornoz, M. (2001). Política científica y tecnológica. Una visión desde América Latina. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación*, 1(4), 1-19.

Albornoz, Mario, & 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*, 65-87.

Anlló, G., Bisang, R., & Stubrin, L. (2011). *Las empresas de biotecnología en Argentina*. CEPAL.

ARCADIA (2012). Arcadia Biosciences and Bioceres Form Verdeca, an Agricultural Technology Joint Venture. Disponible en <https://www.arcadiabio.com/news/press-release/arcadia-biosciences-and-bioceres-form-verdeca-agricultural-technology-joint-venture>, último acceso el 10 de abril de 2018.

ARCADIA (2015). Arcadia Biosciences, Bioceres and TMG to Develop Soybeans with Non-GM Agronomic and Product Quality Traits Through New Collaboration. Disponible en <https://www.bioceres.com.ar/arcadia-biosciences-bioceres-and-tmg-to-develop-soybeans->

[with-non-gmagronomic-and-product-quality-traitsthrough-new-collaboration-2/](#), último acceso el 11 de abril de 2018.

Arocena, R., & Sutz, J. (2003). Knowledge, innovation and learning: systems and policies in the north and in the south. *Systems of innovation and development: evidence from Brazil*. Cheltenham: Edward Elgar, 291-310.

Arrow, K. (1962). Economic welfare and the allocation of resources for invention." En R.R. Nelson (Ed.) *The Rate and Direction of Inventive Activity* (pp. 609-625). Princeton, NJ: Princeton University Press.

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.

Bárcena, A., Katz, J., Morales, C. y Schaper, M. (2004). *Los transgénicos en América Latina y el Caribe: un debate abierto*. División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos de la CEPAL. Libros de la CEPAL. N°78, Santiago de Chile.

Barro, R. J. (1991). Economic growth in a cross section of countries. *The quarterly journal of economics*, 106(2), 407-443.

Bekerman, F. (2016). El desarrollo de la investigación científica en Argentina desde 1950: entre las universidades nacionales y el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. *Revista iberoamericana de educación superior*, 7(18), 3-23.

Bell, M., & Pavitt, K. (1995). The development of technological capabilities. *Trade, technology and international competitiveness*, 22(4831), 69-101.

Bercovich, N. y Katz, J. (1990). *Biotecnología y economía política: estudios del caso argentino*. Buenos Aires, Argentina, Centro Editor de América Latina.

Bernal, J. (1967). *Historia social de la ciencia*, Barcelona, España: Península.

Bielschowsky, R. (2009). Sesenta años de la CEPAL: estructuralismo y neoestructuralismo. *Revista Cepal* 97, 173-194.

BIOCERES (2018). Prospecto de colocación de acciones. 23 de enero de 2018. Disponible en

https://www.lbo.com.ar/upload/informes_web/PROSPECTO%20RESUMIDO%20Bioceres.pdf

Bisang, R. (2007). El desarrollo agropecuario en las últimas décadas: ¿volver a creer?. En: *Crisis, recuperación y nuevos dilemas. La economía argentina, 2002-2007-LC/W. 165-2007-*, 187-260.

Bisang, R., Anlló, G., & Campi, M. (2008). Una revolución (no tan) silenciosa. Claves para repensar el agro en Argentina. *Desarrollo económico*, 48(190-91), 165-208.

Bisang, R., Díaz, A., Gutman, G. E., Lavarello, P., & Sztulwark, S. (2006). *Biotechnología y desarrollo: un modelo para armar en la Argentina*. Buenos Aires, Argentina, Prometeo Libros.

Bonaccorsi, A., & Piccaluga, A. (1994). A theoretical framework for the evaluation of university-industry relationships. *R&D Management*, 24(3), 229-247.

Bonny, S. (2017). Corporate concentration and technological change in the global seed industry. *Sustainability*, 9(9), 1632.

Bravo-Almonacid, F., Rudoy, V., Welin, B., Segretin, M. E., Bedogni, M. C., Stolorowicz, F., ... & Serino, G. (2012). Field testing, gene flow assessment and pre-commercial studies on transgenic *Solanum tuberosum* spp. *tuberosum* (cv. Spunta) selected for PVY resistance in Argentina. *Transgenic research*, 21(5), 967-982.

Bravo-Almonacid, F. F., & Segretin, M. E. (2016). Status of transgenic crops in Argentina. *Plant Pathogen Resistance Biotechnology*, 275.

Breznitz, D., & Ornston, D. (2013). The revolutionary power of peripheral agencies: Explaining radical policy innovation in Finland and Israel. *Comparative Political Studies*, 46(10), 1219-1245.

Bush, V. (1945): *Science the Endless Frontier: A Report to the President on a Program for Postwar Scientific Research*. U.S. Government Printing Office, Washington, D.C.

Campins, M. (2012). De mediana empresa a grupo económico. Los casos de Bagó y Sidus. En *III Congreso Latinoamericano de Historia Económica y XXIII Jornadas de Historia Económica*. Mesa general 5: Empresas y Empresarios. San Carlos de Bariloche, 23 al 27 de Octubre de 2012

Campins, M. (2015). Modalidades de internacionalización de dos empresas farmacéuticas argentinas en perspectiva histórica: Los casos Bagó y Sidus. *Apuntes*, 42(76), 95-136.

Campins, M. y Pfeiffer A. (2009). *Algunas causas que explican la estrategia hacia la conglomeración empresarial en Argentina: el caso del grupo SIDUS* (Doctoral dissertation, Facultad de Ciencias Económicas. Universidad de Buenos Aires).

Carayannis, E. G., & Alexander, J. (1999). Secrets of success and failure in commercialising US government R&D laboratory technologies: a structured case study approach. *International Journal of Technology Management*, 18(3-4), 246-269.

CEPAL-SEGIB, (2010). Espacios Iberoamericanos. Vínculos entre Universidades y Empresas para el Desarrollo Tecnológico.

CEPAL, (1996). Transformación productiva con equidad: la tarea prioritaria del desarrollo de América Latina y el Caribe en los años noventa.

Chan, R. (2015). Transgénicos ¿La mala palabra?. *Revista ConCiencia*, 15(11), 16-17.

Cohen, W. M., & Levinthal, D. A. (1989). Innovation and learning: the two faces of R & D. *The economic journal*, 99(397), 569-596.

Cohen, W. M., & Levinthal, D. A. (1990). Absorptive capacity: A new perspective on learning and innovation. *Administrative science quarterly*, 35(1), 128-152.

Coriat, B., Orsi, F., & Weinstein, O. (2003). Does biotech reflect a new science-based innovation regime?. *Industry and Innovation*, 10(3), 231-253.

Correa, C. M., Díaz, A., Burachik, M., Jeppesen, C., & Gil, L. (1996). *Biotecnología: innovación y producción en América Latina*. Oficina de Publicaciones del CBC, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, AR.

Cruz-Coke, R. (1999). The history of genetics in Latin American countries during the twentieth century. *Revista medica de Chile*, 127(12), 1524-1532.

Curcio, N., & Colamarino, I. (2009). Papa: panorama del cultivo. *Alimentos Argentinos* (44), 30-32.

Dasgupta, P., & David, P. A. (1994). Toward a New Economics of Science. *Research Policy*, 23(5), 487–521.

De Ferranti, D., & Perry, G. E. C. (2002). *De los recursos naturales a la economía del conocimiento* (No. 338.98 D3616r Ej. 1). BANCO MUNDIAL.

Devlin, R., & Moguillansky, G. (2009). Alianzas público-privadas como estrategias nacionales de desarrollo a largo plazo. *Revista Cepal*.

Dodgson, M., Mathews, J., Kastelle, T., & Hu, M. C. (2008). The evolving nature of Taiwan's national innovation system: The case of biotechnology innovation networks. *Research Policy*, 37(3), 430-445.

Dosi, G. (1982). Technological paradigms and technological trajectories: a suggested interpretation of the determinants and directions of technical change. *Research policy*, 11(3), 147-162.

Dosi, G. (1988). Sources, procedures, and microeconomic effects of innovation. *Journal of economic literature*, 1120-1171.

Dulcich, F. M. (2015). La nueva división del trabajo y su impacto en el desarrollo económico. *Realidad Económica*, 296, 113-141.

Edquist, C. (2001). *Systems for Innovation for Development (SID)*, Tema, Univ.

Edquist, C. (Ed.). (1997). *Systems of Innovation: Technologies, Institutions, and Organizations*, Psychology Press.

Eisenhardt, K. M. (1989). Building theories from case study research. *Academy of management review*, 14(4), 532-550.

- Esperbent, C. (2016). La ingeniería detrás de un cultivo. *RIA. Revista de investigaciones agropecuarias*, 42(2), 125-130.
- Etzkowitz, H., & Leydesdorff, L. (1995). The Triple Helix--University-industry-government relations: A laboratory for knowledge based economic development. *EASST review*, 14(1), 14-19.
- Etzkowitz, H., & Leydesdorff, L. (2000). The dynamics of innovation: from National Systems and “Mode 2” to a Triple Helix of university–industry–government relations. *Research policy*, 29(2), 109-123.
- Evans, P. (1995). *Embedded autonomy: states and industrial transformation*, Princeton, N.J.: Princeton University Press.
- Fagerberg, J. (2004). *Innovation: A guide to the literature*, Georgia Institute of Technology.
- FAO (1996). Enseñanzas de la revolución verde: hacia una nueva revolución verde. Disponible en: <http://www.fao.org/3/w2612s/w2612s06.htm>
- FAOSTAT (2019). Portal de estadística de la Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Disponible en <http://www.fao.org/statistics/es>
- 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.
- Ferraro, C., & Rojo, S (2018). Políticas de Desarrollo Productivo en el Estado de Jalisco, México. OIT Américas, Informes Técnicos 2018/14.
- Forni, P. (2010). Reflexiones metodológicas en el Bicentenario. La triangulación en la investigación social: 50 años de una metáfora. *Revista Argentina de Ciencia Política*, (14), 255-270.
- Franco, D. (2014). Papas prefritas congeladas. *Alimentos Argentinos* (62), 18-27.
- Freeman, C. (1995). The ‘National System of Innovation’ in historical perspective. *Cambridge Journal of economics*, 19(1), 5-24.

- Freeman, C. (2002). Continental, national and sub-national innovation systems—complementarity and economic growth. *Research policy*, 31(2), 191-211.
- Fukuda-Parr, S. (Ed.). (2007). *The gene revolution: GM crops and unequal development*. Earthscan.
- Gamba, M., & Mocciaro, A. (2016). Vínculo entre el sector público y privado en el ámbito de la Ciencia y Tecnología: desarrollo de patentes durante el gobierno kirchnerista. En *IX Jornadas de Sociología de la UNLP*. Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. Departamento de Sociología. Ensenada, Argentina, 5 al 7 de diciembre de 2016
- Giacobbe, M. (2011). Innovation as a determining factor in the access to new agrobiotechnological businesses: the Bioceres case. En *VIII International Agribusiness PAA-PENSA Conference “The Multiple Agro Profiles: How to Balance Economy, Environment and Society”*. Buenos Aires, Argentina, November 30th-December 2nd.
- Gibbons, M., Limoges, C., Nowotny, H., Schwartzman, S., Scott, P., & Trow, M. (1997). La nueva producción del conocimiento. *La dinámica de la ciencia y la investigación en las sociedades contemporáneas*, 121.
- Gonsalves, D. (2004). Transgenic papaya in Hawaii and beyond. *AgBioForum*, 7(1&2), 36-40.
- González-Franco, A. C., Rodríguez-Rodríguez, M., & Robles-Hernández, Y. L. (2014). Principales virus que afectan al cultivo de papa y metodologías para su identificación y caracterización. *Tecnociencia Chihuahua*, 8(3), 142-151.
- González, J., & Rodríguez, E. (2011). Limitantes para la implementación de buenas prácticas agrícolas en la producción de papa en Argentina. *Agroalimentaria*, 17(33), 63-84.
- Guzmán, A., & Guzmán, M. V. (2009). ¿Poseen capacidades de innovación las empresas farmacéuticas de América Latina?: La evidencia de Argentina, Brasil, Cuba y México. *Economía: teoría y práctica*, (spe1), 131-173.

Referencias bibliográficas

Harvey, M. (2004). The appearance and disappearance of the GM tomato: innovation strategy, market formation and the shaping of demand. En S. Vellema y K. Janssen (Eds.) *Agribusiness and Society. Corporate Responses to Environmentalism, Market Opportunities and Public Regulation*, (pp.68–90), London, Zed Press.

Herrera, A. O. (1995). Los determinantes sociales de la política científica en América Latina. Política científica explícita y política científica implícita. *Redes*, 2(5), 117-131.

Hobsbawm, E. (1996). Brujos y aprendices: las ciencias naturales. *Historia del siglo XX*. Barcelona, España. Crítica.

Huergo, H. (2004). Lo público con lo privado. Nota publicada por el Diario Clarín, el 23 de octubre de 2004. Disponible en <http://edant.clarin.com/suplementos/rural/2004/10/23/r-00611.htm>, último acceso el 15 de marzo de 2018.

Idígoras, G. (2013). Núcleo socio-productivo estratégico. Mejoramiento de Cultivos y Producción de Semillas. Documento de referencia. Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la Nación.

INDEC (2019). Insituto Nacional de Estadística y Censos de Argentina. Disponible en <https://www.indec.gob.ar>

ISAAA (2018): GM ApprovalDatabase. Disponible en <http://www.isaaa.org/gmapprovaldatabase/>

James, C. (2015). Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops in 2015. *ISAAA Brief* (51), International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications (ISAAA), Ithaca, NY.

James, C. (2017). Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops in 2017: Biotech Crop Adoption Surges as Economic Benefits Accumulate in 22 Years. *ISAAA Brief* (53), International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications (ISAAA), Ithaca, NY.

James, C. and Krattiger, A.F. (1996). Global Review of the Field Testing and Commercialization of Transgenic Plants, 1986 to 1995: The First Decade of Crop

Biotechnology, *ISAAA Briefs (1)*, International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications (ISAAA), Ithaca, NY.

Kuhn, T. (1990 [1962]). *La estructura de las revoluciones científicas*, México: Fondo nacional de cultura económica.

Lall, S. (1992). Technological capabilities and industrialization. *World development*, 20(2), 165-186.

Leite López, J. (1978). *La ciencia y el dilema de América Latina: dependencia o liberación*, México: Siglo XXI.

Leyden, D. P., & Link, A. N. (1999). Federal laboratories as research partners. *International Journal of Industrial Organization*, 17(4), 575–592.

Lundvall B-Å (1992). *National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*. Londres, Pinter Publishers.

Lundvall, B. (1988). Innovation as an interactive process: from user-producer interaction to the national system of innovation. En G. Dosi *et al.* (Eds.) *Technical Change and Economic Theory*. London, New York Pinter.

Malerba, F. (2006). Sectoral Systems: How and why innovation differs accross sectors. *The oxford handbook of innovation*. New-York: Oxford University Press Inc, 380-406

Marin, A., Navas-Alemán, L., & Perez, C. (2015). Natural resource industries as a platform for the development of knowledge intensive industries. *Tijdschrift voor economische en sociale geografie*, 106(2), 154-168.

Mazzoleni, R., & Nelson, R. R. (2007). Public research institutions and economic catch-up. *Research policy*, 36(10), 1512-1528.

Mazzucato, M. (2013). *The entrepreneurial state: Debunking public vs. private sector myths* (Vol. 1), Anthem Press.

Mazzucato, M. (2018). Mission-oriented research & innovation in the European Union. *Brussels: European Commission*.

- Merton, R. K. (1984). *Ciencia, tecnología y sociedad en la Inglaterra del siglo XVII*, Madrid, España: Alianza.
- Milesi, D., Petelski, N. & Verre, V. (2016). Dinámica de la innovación y estrategia de apropiación en una gran firma bio-farmacéutica argentina. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad-CTS*, 11(32), 189-211.
- Miotti, L., & Sachwald, F. (2003). Co-operative R&D: why and with whom?: An integrated framework of analysis. *Research policy*, 32(8), 1481-1499.
- Nelson, R. R. (1959). The simple economics of basic scientific research. *Journal of political economy*, 67(3), 297-306.
- Nelson, R. R. (Ed.). (1993). *National innovation systems: a comparative analysis*, Oxford University Press on Demand.
- NIFA (2019). Data Gateway. National Institute of Food and Agriculture. Disponible en <https://nifa.usda.gov/data>
- Nonaka, I., & Takeuchi, H. (1999). *La organización creadora de conocimiento: cómo las compañías japonesas crean la dinámica de la innovación* (pp. 61-103), México: Oxford University Press.
- Obschatko, E., Foti, M. D. P., & Román, M. (2006). Los pequeños productores en la República Argentina. Importancia en la producción agropecuaria y en el empleo en base al Censo Nacional Agropecuario 2002. *Serie Estudios e Investigaciones*, (10).
- OCDE. (1996). La Innovación Tecnológica: Definiciones y Elementos de Base. *Redes*, 3(6), 131-175.
- Oszlak, O., & O'donnell, G. (1995). Estado y políticas estatales en América Latina: hacia una estrategia de investigación. *Redes*, 2(4), 99-128.
- Parayil, G. (2003). Mapping technological trajectories of the Green Revolution and the Gene Revolution from modernization to globalization. *Research policy*, 32(6), 971-990.

- Pavitt, K. (2003). The process of innovation. *Science and Technology Policy Research SPRU*, Electronic Working paper Series No 89.
- Pellegrini, P. A. (2011). Dinámicas de innovación en biotecnología vegetal. Estudios de caso en empresas de Argentina y Francia. *Redes*, 17(32), 39-63.
- Pellegrini, P. A. (2013). *Transgénicos: ciencia, agricultura y controversias en la Argentina*. Buenos Aires, Argentina, Universidad Nacional de Quilmes Editorial.
- Penna, J. A., & Lema, D. (2003). Adoption of herbicide tolerant soybeans in Argentina: an economic analysis. En *The Economic and Environmental Impacts of Agbiotech* (pp. 203-221). Springer, Boston, MA.
- Pérez, C. (1983). Cambio estructural y asimilación de nuevas tecnologías en el sistema económico y social. *Futures*, 15(4), 357-375.
- Pérez, C., Marín, A., y Navas-Alemán, L. (2013). El posible rol dinámico de las redes basadas en recursos naturales para las estrategias de desarrollo en América Latina. En G. Dutrénit y J. Sutz (Eds.) *Sistemas de innovación para un desarrollo inclusivo. La experiencia latinoamericana* (pp. 347-377), México: Foro Consultivo Científico y Tecnológico.
- Polanyi, M. (1966). *The Tacit Dimension*. Garden City, NY: Doubleday.
- Prebisch, R. (1963). *Hacia una dinámica del desarrollo latinoamericano: con un apéndice sobre El falso dilema entre desarrollo económico y estabilidad monetaria*. México DF, México: Fondo nacional de cultura económica.
- Prebisch, R. (1981). *Capitalismo periférico. Crisis y transformación*. México DF, México: Fondo nacional de cultura económica.
- Prebisch, R. (1986). El desarrollo económico de la América Latina y algunos de sus principales problemas. *Desarrollo económico*, 479-502.
- Prego, C. A., & Vallejos, O. (2010). *La construcción de la ciencia académica: instituciones, procesos y actores en la universidad argentina del siglo XX*. Editorial Biblos.

- Privalle, L. S., Chen, J., Clapper, G., Hunst, P., Spiegelhalter, F., & Zhong, C. X. (2012). Development of an agricultural biotechnology crop product: testing from discovery to commercialization. *Journal of agricultural and food chemistry*, 60(41), 10179-10187.
- Qaim, M. (2016). *Genetically modified crops and agricultural development*. Springer.
- Rifkin, J. (1998). *La era de la biotecnología. El comercio genético y el nacimiento de un mundo feliz*. Barcelona, España, Editorial Crítica.
- Rodríguez Cumplido, D. y Asensio Ostos, C. (2018). Fármacos biológicos y biosimilares: aclarando conceptos. *Atención Primaria*, 50(6), 323-324.
- Romer, P. M. (1986). Increasing returns and long-run growth. *Journal of political economy*, 94(5), 1002-1037.
- RYCYT (2019). Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología Iberoamericana e Interamericana. Disponible en <http://www.rieyt.org/>
- Sábato, J. A. (1975). *El pensamiento latinoamericano en la problemática ciencia-tecnología-desarrollo-dependencia*, Buenos Aires, Argentina: Paidós.
- Sábato, J. y Mackenzie, M. (1982). *La producción de tecnología*, México: Edit. Nueva Imagen.
- Sábato, J., & Botana, N. (1970). La ciencia y la tecnología en el desarrollo de América Latina. En *América Latina: Ciencia y Tecnología en el desarrollo de la sociedad*, Colección *Tiempo latinoamericano*, Santiago de Chile, Chile: Editorial Universitaria SA, 59-76.
- Sagasti, Francisco (1984). *La política científica y tecnológica en América Latina: un estudio del enfoque de sistemas*, México: El Colegio de México.
- SAGYP (2019). Estimaciones agrícolas de la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca. Disponible en <https://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/estimaciones/>
- Salvagiotti, F., Rotundo, J. L., Di Mauro, G., Condori, A., Gallo, S., & Boxler, M. (2016). Rendimientos potenciales y brechas de rendimiento de soja en la campaña 2014-15. Para mejorar la producción (54), INTA EEA Oliveros.

- Sasson, A., & Malpica, C. (2018). Bioeconomy in Latin America. *New biotechnology*, 40, 40-45.
- Satorre, E. H. (2005). Cambios tecnológicos en la agricultura argentina actual. *Ciencia hoy*, 15(87), 24-31.
- Saviotti, P. P., & Gaffard, J. L. (2008). Preface for the special issue of JEE on innovations, structural change and economics development. *Journal of Evolutionary Economics*, 18(2), 115-117.
- Schumpeter, J. A. (1944). *Teoría del desenvolvimiento económico: una investigación sobre ganancias, capital, crédito, interés y ciclo económico*, Sección de Obras de Economía.
- Schumpeter, J. A. (1996). *Capitalismo, socialismo y democracia*, Barcelona, España: Folio.
- Singer, H. W. (1950). The distribution of gains between investing and borrowing countries. *The American Economic Review*, 40(2), 473-485.
- Sovová, T., Kerins, G., Demnerová, K., & Ovesná, J. (2016). Genome editing with engineered nucleases in economically important animals and plants: state of the art in the research pipeline. *Curr. Issues Mol. Biol*, 21(21), 41-62.
- Stake, R. E. (2010). *Qualitative research: Studying how things work*. Guilford Press.
- Statista (2019). The Statistics Portal. Disponible en <https://www.statista.com/>
- STATS OECD (2019). Base de datos de la Organisation for Economic Co-operation and Development. Disponible en <https://stats.oecd.org>
- Sztulwark, S. (2005). *El estructuralismo latinoamericano*, Ediciones Prometeo-UNGS.
- Sztulwark, S. (2012). *Renta de innovación en cadenas globales de producción: el caso de las semillas transgénicas en Argentina*. Universidad Nacional de General Sarmiento.
- Sztulwark, S., y Girard, M. (2016a). Estrategias nacionales de innovación en biotecnología agrícola. Implicancias para el MERCOSUR, *Gestión y Gerencia*, 10(3), 46-79.

Sztulwark, S., y Girard, M. (2016b). Genetically modified seeds and the de-commodification of primary goods. *International Journal of Biotechnology*, 14(2), 132-150.

Sztulwark, S. y Girard, M. (2017). Descomoditización de bienes primarios. Fundamentos para el diseño de políticas públicas en Argentina. UCAR – Ministerio de Agroindustria de la República Argentina.

Teece, D. (2003). Sacando partido de la innovación tecnológica: implicaciones para la integración, colaboración, obtención de licencias y políticas públicas. En F. *Chesnais y J. Neffa (Comp.) Sistemas de innovación y política tecnológica*, CEIL-PIETTE CONICET, Buenos Aires.

Teitel, S. (1985). Indicadores científico tecnológicos: la América Latina, países industrializados y otros países en vía de desarrollo. *El trimestre económico*, 52(205(1)), 95-119.

Toffler, A. (1997). *La tercera ola*, Barcelona, España: Plaza y Janes.

Tomás, A. (2005). La Unión Europea y la regulación de la biotecnología aplicada a la agricultura. Instituto para las Negociaciones Agrícolas Internacionales. Disponible en http://www.inai.org.ar/archivos/notas/30-07-2005 UE_regulación biotec AT.pdf

Trigo, E. J. (2016). Veinte años de cultivos genéticamente modificados en la agricultura argentina. *Buenos Aires: Argenbio*.

Trigo, E., Chudnovsky, D., Cap, E., & López, A. (2002). Los transgénicos en la agricultura argentina. *Una historia con final abierto. Libros Del Zorzal, Buenos Aires, Argentina*.

United Nations Development Programme. (2018). Human development indices and indicators: 2018 Statistical update.

Vaccarezza, L. S. (1998). Ciencia, tecnología y sociedad: el estado de la cuestión en América Latina. *Revista Iberoamericana de Educación*, 18, 13-40.

Vara, A. M. (2004). Transgénicos en Argentina: más allá del boom de la soja. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad-CTS*, 1(3), 101-129.

Referencias bibliográficas

- Vara, A. M., Piazz, A., & Arancibia, F. (2012). Biotecnología agrícola y “sojización” en la Argentina: controversia pública, construcción de consenso y ampliación del marco regulatorio. *Política & Sociedade*, 11(20), 135-170.
- Varsavsky, Oscar (1971). *Proyectos nacionales. Planteos y estudios de viabilidad*, Buenos Aires, Argentina: Ediciones Periferia.
- VERDECA (2017). Petition for determination of non-regulated status for the new plant variety HB4 soybean (IND-00410-5). Submitted to The United States Department of Agriculture (USDA). August 7, 2017.
- Waltz, E. (2015). First stress-tolerant soybean gets go-ahead in Argentina. *Nature biotechnology*, 33(7), 682-683.
- Watson, J. (1968). *La doble hélice*. Gran Bretaña, Weidenfeld & Nicholson.
- Yin, R. K. (2017). *Case study research and applications: Design and methods*. Sage publications.
- Yoguel, G., Barletta, F., & Pereira, M. (2013). De Schumpeter a los postschumpeterianos: viejas y nuevas dimensiones analíticas. *Problemas del desarrollo*, 44(174), 35-59.
- Yoguel, G., Lugones, M., & Sztulwark, S. (2007). La política científica y tecnológica argentina en las últimas décadas: algunas consideraciones desde la perspectiva del desarrollo de procesos de aprendizaje. CEPAL. Buenos Aires, Argentina.

ANEXO METODOLÓGICO

Para la realización de esta tesis fueron realizadas una serie de entrevistas a actores clave (Tabla 2) a partir de las cuales se extrajo gran parte de la información empleada en este trabajo. A continuación, se anexa la guía de preguntas que fue realizada a cada uno/a de los/as entrevistados/as.

A) Entrevista realizada a Fernando Bravo-Almonacid (10 de agosto de 2018)

1. ¿En qué año comenzaron las investigaciones para el desarrollo de la papa transgénica?
2. ¿Cuánto tiempo llevó su desarrollo? ¿Se presentó en 1990?
3. ¿Cuántas personas hubo involucradas en ese proyecto?
4. ¿Patentaron el desarrollo? ¿Por qué? ¿Quién llevó adelante la solicitud?
5. ¿Hubo patentes ajenas involucradas? ¿Cuántas? ¿Cuáles? ¿Tuvieron que pagar licencias? ¿Qué monto?
6. ¿Por qué se abandonó ese primer intento? ¿cuándo fue?
7. ¿Hubo empresas interesadas en realizar acuerdos?
8. ¿Hubo alguna política pública por detrás de ese desarrollo?
9. ¿Hubo oposición por parte de algunos sectores? (empresas, consumidores, etc.)
10. ¿De dónde se obtuvo el financiamiento?
11. ¿Cuántas personas participaron del desarrollo? ¿Qué nivel de formación tenían? ¿Dónde la obtuvieron? ¿cómo se armó el equipo? ¿Participó alguno de los referentes iniciales?
12. ¿Era imprescindible la alianza/convenio/acuerdo con una empresa del sector privado?
13. ¿Quién eligió a quién? ¿Cómo fue que se gestó ese contacto? ¿Ya existía relación previamente?
14. ¿Qué rol tuvo la empresa? ¿Cómo fue el acuerdo?
15. ¿Podría decirse que el desarrollo es 100% nacional?
16. Patentes: ¿Quién es el titular? ¿Cuántas hay? ¿Se patentó en otro país? ¿Cuáles? ¿Hasta cuándo tienen vigencia?

17. ¿Cómo se reparten las regalías?
18. ¿Este virus existe en otras partes del mundo? ¿Existe la chance de que este desarrollo se pueda vender en otros países?
19. ¿Cómo fue ese proceso? ¿Cuánto duró?
20. ¿Cómo se eligió la línea SY233?
21. ¿Hay alguna estimación del costo de la innovación y desarrollo del evento?
22. ¿Qué hubiera hecho falta a nivel de políticas públicas para que este tipo de desarrollo sea más fácil de hacer?
23. ¿Qué relación tuvo el INGEBI con Bioceres para el desarrollo de una soja resistente a enfermedades? ¿En qué año sucedió? ¿Por qué no se siguió adelante?
24. ¿El transgén se extrae del propio virus?
25. Una vez que las plantas tienen la resistencia al virus, ya sea natural o de forma transgénica, ¿es hereditario?

B) Entrevista realizada a Alejandro Mentaberry (22 de agosto de 2018)

1. ¿Cómo surgió el proyecto de la papa transgénica? ¿Cuál fue su participación?
2. ¿En qué año comenzaron las investigaciones para el desarrollo de la papa transgénica?
3. ¿Cuánto tiempo llevó su desarrollo?
4. ¿Cuándo se suspendió ese primer intento? ¿Por qué?
5. ¿Hubo patentes ajenas involucradas? ¿Cuántas? ¿Cuáles? (¿ADN recombinante? ¿Agrobacterium? ¿Bombardeo de partículas?)
6. ¿Hubo alguna política pública por detrás de ese desarrollo?
7. ¿De dónde se obtuvo el financiamiento en esta primera etapa?
8. ¿Por qué se realizó el acuerdo con Tecnoplant? ¿Año 1997?
9. ¿Era imprescindible la alianza/convenio/acuerdo con una empresa del sector privado?
10. ¿Fue adecuada la elección de Tecnoplant? ¿Tenía las capacidades necesarias?
11. ¿Quiénes se encargaron de realizar los estudios para la desregulación de la papa?
12. ¿Qué relación tuvo el INGEBI con Bioceres para el desarrollo de una soja resistente a enfermedades? ¿En qué año sucedió? ¿Por qué no se siguió adelante?
13. ¿Cómo se creó INDEAR? ¿Cuándo empezó a funcionar concretamente?
14. ¿En qué años fue director científico de INDEAR?
15. ¿La investigación de Raquel Chan se da en paralelo a estos sucesos? ¿Cuándo?
16. ¿Cómo comienza el vínculo entre Chan (UNL) e INDEAR (BIOCERES)? ¿Cómo fue ese acuerdo?
17. ¿Cuál fue su rol en el desarrollo de la soja HB4?
18. ¿Era necesaria la participación de una empresa extranjera?
19. ¿Por qué se buscó esa característica para la soja y no alguna otra? ¿Tuvo que ver el evitar con competir con las grandes empresas?
20. ¿Estos logros fueron parte de una estrategia organizada desde el Estado o sólo fueron resultado de esfuerzos individuales?
21. A su entender, ¿hubo buena articulación público-privada?
22. ¿Existe la posibilidad (o se está trabajando) para que haya más desarrollos de transgénicos? ¿Qué falta para que los haya?

C) Entrevista realizada a Gustavo Napolitano (23 de agosto de 2018)

1. Tecnoplant es creada en el año 1986 y es comprada por Sidus en el 1992 ¿La empresa siempre tuvo interés en hacer desarrollos biotecnológicos? ¿En la ingeniería genética?
2. ¿La empresa ya estaba interesada en pasar de la micropropagación de plantines a la ingeniería genética?
3. ¿Con qué capacidades científicas y tecnológicas cuenta la empresa? ¿cuántos empleados distribuidos en las distintas áreas?
4. ¿Con qué capacidades comerciales cuenta? ¿Principales productos?
5. ¿Cuáles son las principales actividades que desarrolla en la actualidad la empresa?
6. ¿Por qué Tecnoplant queda del lado de Sidus? ¿En qué afectó eso a la empresa y a este desarrollo?
7. ¿Cómo se decidió la asociación con el INGEBI y la participación en este proyecto?
8. ¿En qué año se quedó Tecnoplant con este proyecto?
9. ¿Cuál fue el rol de la empresa en el desarrollo de la papa resistente al virus Y? ¿Cómo fue ese acuerdo?
10. ¿Cuántas personas participaron del desarrollo? ¿Qué nivel de formación tenían? ¿Dónde la obtuvieron? ¿Cómo se armó el equipo?
11. ¿Qué otros recursos fueron necesarios? (licencias, insumos, etc.)
12. ¿De dónde se obtuvo el financiamiento?
13. ¿Qué políticas públicas o programas nacionales acompañaron este desarrollo? ¿Qué impacto tuvieron?
14. Patentes: ¿Quién es el titular? ¿Cuántas hay? ¿Se patentó en otro país? ¿Cuáles?
15. ¿Cómo se reparten las regalías?
16. Fernando dice que la patente no es un buen instrumento de protección (porque es muy costosa de vigilar y, en caso de violación, es muy costoso afrontar los mecanismos para hacerla valer) ¿Vos pensás igual? ¿Lo mejor es un buen acuerdo con los productores? ¿Qué camino va a elegir Tecnoplant para asegurarse ese derecho?
17. ¿Se va a patentar en otros países? ¿Es muy costoso? ¿Tiene sentido?
18. ¿Cómo fue el proceso de liberación comercial? ¿Cuánto duró? ¿Cuál fue el motivo de la demora?

19. En la resolución N°399 de 2015 la liberación comercial quedó sujeta a que se aporte la información complementaria de cumplimientos técnicos requeridos por el SENASA ¿Cuáles eran esos requisitos?
20. ¿En algún momento sintieron la necesidad de aliarse con otras empresas?
21. ¿La falta de un mayor flujo dinero (de algún financiamiento internacional o subsidio local) tuvo impacto?
22. ¿Qué se espera a nivel comercial de este producto? ¿Se va a exportar?
23. ¿Hay posibilidades de aplicación a otras variedades utilizadas en otros países?
24. ¿Hay o habrá otras empresas asociadas? ¿Nacionales o extranjeras?
25. ¿Hay alguna estimación del costo de la innovación y desarrollo del evento? ¿Los ingresos por las ventas cubrirán los costos afrontados?
26. ¿Por qué Tecnoplant pudo hacer este desarrollo?
27. ¿Qué hubiera hecho falta a nivel de políticas públicas para que este tipo de desarrollo sea más fácil de hacer?
28. ¿Cuál es el próximo desafío de la empresa?
29. ¿Estos logros fueron parte de una estrategia organizada desde el Estado o sólo fueron resultado de esfuerzos individuales?

D) Entrevista realizada a Mariana Giacobbe (2 de octubre de 2018)

1. ¿Qué fue lo que llevó a los primeros accionistas a formar Bioceres? ¿Por qué no decidieron una estrategia de adopción tecnológica en lugar de una de desarrollo?
2. ¿Cuál fue la primera experiencia que realizó la empresa para desarrollo de productos biotecnológicos?
3. Cuando se dice que para la empresa no era necesario tener "activos propios" ¿a qué activos se refiere concretamente?
4. ¿Cuáles fueron los laboratorios que utilizó inicialmente la empresa? ¿Cuál era el problema de no poder capitalizar las fallas de los proyectos? El conocimiento quedaba en el sector público y eso ¿qué problema específico le generaba a la empresa?
5. ¿Por qué motivos se decidió cambiar la estructura organizacional de la empresa? ¿En qué año ocurrió esto? (Contexto económico y políticas públicas).
6. ¿Por estos motivos se decidió crear INDEAR? ¿Hubo políticas públicas que ayudaron o contextualizaron su creación?
7. Bioceres tiene la primera opción sobre la propiedad intelectual de los proyectos que desarrolla INDEAR (luego de que se retira Biosidus). ¿INDEAR empezó a trabajar con proyectos en fases más tempranas? ¿Más riesgosos? ¿Cuáles?
8. ¿En qué año nació Bioceres Semillas? ¿Fue a partir de un convenio de vinculación tecnológica con el INTA?
9. ¿El trigo BioInta fue el primer producto de Bioceres en el mercado? ¿En qué año fue? ¿Cómo se sostuvo la empresa hasta ese momento?
10. ¿Con qué capacidades científicas y tecnológicas cuenta la empresa? ¿cuántos empleados distribuidos en las distintas áreas?
11. ¿Cuáles fueron y son sus fuentes de financiamiento?
12. ¿Subsidios públicos? ¿cómo fue su dinámica?
13. ¿Bioceres obtiene regalías por la propiedad de sus patentes? ¿Cómo se reparten las regalías?
14. ¿Las transformaciones en soja comenzaron hacia el año 2002 con el INGEBI?
15. ¿En qué estadio llegó el proyecto desde UNL?
16. ¿Cómo se decidió la asociación con la UNL y la participación en este proyecto? ¿La UNL los eligió? ¿Cómo fue ese acuerdo?

17. ¿Existió la opción de incorporar el gen de tolerancia al glifosato?
18. ¿Cuántas personas participaron del desarrollo? ¿Qué nivel de formación tenían? ¿Dónde la obtuvieron? ¿Cómo se armó el equipo? ¿Ya disponían del personal necesario?
19. ¿Qué otros recursos fueron necesarios? (licencias, insumos, etc.)
20. ¿En qué otros países fue patentado? ¿Cómo fue ese proceso?
21. ¿Por qué y cómo se eligió esa empresa para llevar a cabo la empresa conjunta?
22. ¿La falta de un mayor flujo dinero (de algún financiamiento internacional o subsidio local) tuvo impacto?
23. ¿Era necesaria esa asociación para transitar el proceso de desregulación local? ¿O sólo para desregular en otros países?
24. ¿Qué beneficios le aportó a Bioceres esta asociación?
25. ¿Qué riesgos o perjuicios provocó? ¿la división de ganancias es significativa?
26. ¿Cómo fue el proceso de liberación comercial? ¿En qué año comenzó? ¿Cuánto duró? ¿Cuál fue el motivo de la demora?
27. ¿Hay alguna estimación del costo de la innovación y desarrollo del evento? ¿Los ingresos por las ventas cubrirán los costos afrontados?
28. ¿Qué hubiera hecho falta a nivel de políticas públicas para que este tipo de desarrollo sea más fácil de hacer?
29. ¿Sintieron discrecionalidad por parte de los organismos de control entre el trato hacia ustedes con respecto al que reciben las grandes empresas?
30. ¿Estos logros fueron parte de una estrategia organizada desde el Estado o sólo fueron resultado de esfuerzos individuales?

E) Entrevista realizada a Raquel Chan (31 de octubre de 2018)

1. ¿Cuándo comenzaron a estudiarse los genes involucrados en la reacción de las plantas ante condiciones de estrés?
2. ¿Cómo se decidió comenzar con esa investigación? ¿Tuvo relación con alguna demanda del sector productivo? ¿Fue sólo interés científico?
3. ¿Cuántas personas participaron de ese estudio?
4. ¿Qué institución financió esta etapa de la investigación? ¿a través de qué mecanismos?
5. En este momento inicial ¿Hubo participación de alguna empresa?
6. ¿En qué año comenzó a intentar introducirse ese gen en soja? ¿Por qué se eligió ese cultivo?
7. ¿Por qué se tuvo que recurrir a una empresa privada para continuar con el desarrollo? ¿Había otras posibilidades? ¿Por qué se eligió a Bioceres?
8. ¿Qué características tenía el acuerdo UNL-Bioceres? ¿De qué se iba a hacer cargo cada una de las partes? ¿Qué iba a aportar cada una de ellas?
9. ¿Qué reacción generó en las instituciones científicas participantes la asociación de Bioceres con Arcadia para la explotación comercial de este evento?
10. ¿Consideran que esta asociación fue imprescindible?
11. ¿Quién gestionó las solicitudes de patentes? ¿Cómo se reparten las regalías?
12. ¿En algún momento se pensó en incluir a este evento (apilar) la resistencia a glifosato?
13. ¿La UNL sigue trabajando con Bioceres? ¿En qué proyectos?
14. ¿Hubo alguna política pública o programa nacional específico por detrás de ese desarrollo? Si las hubo ¿Qué impacto tuvieron? ¿Considera que fueron útiles?
15. ¿Qué hubiera hecho falta a nivel de políticas públicas para que este tipo de desarrollo sea más fácil o rápido de hacer?
16. A su entender, ¿este es un caso exitoso de articulación público-privada?
17. ¿Estos logros fueron parte de una estrategia organizada desde el Estado o sólo fueron resultado de esfuerzos e iniciativas individuales?
18. ¿Qué hace falta (a nivel políticas, recursos, iniciativa empresarial, vinculación pública/privada, etc.) para que existan en el país más desarrollos de este tipo?

F) Entrevista realizada a Federico Trucco (30 de noviembre de 2018)

1. ¿En qué momento Bioceres empezó a pensar en participar en los mercados internacionales? ¿Por qué toman esa decisión? ¿Cuál fue el detonante?
2. ¿Con qué capacidades científicas y tecnológicas cuenta la empresa? ¿cuántos empleados distribuidos en las distintas áreas?
3. ¿Verdeca se compuso por inversiones iguales realizadas por Arcadia y Bioceres? ¿O sea es un 50 y 50? ¿Bioceres tuvo que poner dinero además del evento y del gen? ¿Arcadia aportó sólo dinero?
4. ¿El acuerdo es repartirse el mercado? ¿Bioceres se queda con Latinoamérica y Arcadia con EEUU, China y el resto del mundo?
5. ¿Es por la venta de la semilla modificada o de la tecnología del evento?
6. Los beneficios de la asociación con Arcadia están claro, pero ¿Cuáles fueron los efectos negativos de esta asociación? ¿la división de ganancias es significativa?
7. Cuando se llegue a comercializar ¿cómo es el acuerdo de distribución de regalías para CONICET y UNL? ¿estas instituciones ya recibieron algún fondo proveniente de subvenciones del gen?
8. Hubo un acuerdo con Dow para apilar el evento con el de tolerancia a herbicidas que ellos tenían, ¿Qué pasó con ese acuerdo?
9. En el año 2013 se hizo un acuerdo con Don Mario para comercializar las variedades de soja HB4 y, luego, otro acuerdo con Tropical, ¿Qué pasó con ese acuerdo?
10. ¿Qué rol cumple Bioceres Semillas en esto? ¿Por qué es necesario que se hagan acuerdos con otras semilleras? ¿es por la disponibilidad del germoplasma? ¿para lograr cubrir el mercado?
11. ¿Qué se espera a nivel comercial de este producto?
12. El objetivo de Bioceres Semillas era que más adelante se dedicará a introducir en sus materiales los genes desarrollados por INDEAR ¿no? ¿Y por otros países u empresas?
13. ¿Cómo fue el proceso de liberación comercial? ¿En qué año comenzó? ¿Cuánto duró? ¿Cuál fue el motivo de la demora?
14. En la resolución N°397 de 2015 la liberación comercial quedó sujeta a que se apruebe el evento en China ¿Qué acciones está tomando la empresa al respecto?
15. ¿En qué estado se encuentra la desregulación en EEUU?

16. ¿Cuándo se espera que se pueda comercializar?
17. En el prospecto de colocación de la empresa de 2018 encontré que en el desarrollo de tecnologías Bioceres afirma que por cada dólar que invierte en esas actividades 20 dólares son invertidos por terceros ¿Quiénes son esos terceros? ¿cuántos son esos terceros?
18. ¿Cuáles son hoy sus principales fuentes de financiamiento?
19. En este caso específico, ¿de dónde se obtuvo el financiamiento?
20. Para una empresa como Bioceres ¿la patente es un buen instrumento de protección?
¿Lo mejor es un buen acuerdo con los productores?
21. ¿Estos logros fueron parte de una estrategia organizada desde el Estado o sólo fueron resultado de esfuerzos individuales?
22. ¿Qué políticas públicas o programas nacionales acompañaron este desarrollo? ¿Qué impacto tuvieron?
23. ¿Qué hubiera hecho falta a nivel de políticas públicas para que este tipo de desarrollo sea más fácil de hacer?

G) Entrevista realizada a Carlos Pérez (10 de diciembre de 2018)

1. En sus comienzos Bioceres funcionaba sin activos propios, bajo la idea de replicar el modelo de contratos del agro. En esa etapa, ¿cuáles fueron los laboratorios que utilizaba la empresa? (INGEBI, UNL e Instituto de Biotecnología y Genética del INTA).
2. Con el tiempo se vio que esa forma de operar impedía apropiarse del conocimiento generado en proyectos que no acababan en el mercado. Pero además, he leído que se habla de que había servicios que, en esa etapa, Bioceres no podía ofrecer ¿cuáles eran? ¿eran intensivos en conocimiento? Y ¿cuáles otros servicios sí ofrecía?
3. ¿Podría decirse que este cambio en la estructura organizacional de la empresa (creación de INDEAR) fue consecuencia de un contexto económico específico (más favorable que el que había durante la creación de la empresa) o de alguna política pública en particular? O no, y sólo fue consecuencia de un aprendizaje de la empresa.
4. ¿Qué servicios científicos comenzó a vender INDEAR a otras empresas de biotecnología? ¿eran intensivos en conocimiento? ¿a qué empresas se vendían?
5. ¿Cuáles fueron y son sus fuentes de financiamiento?
6. ¿Cómo se decidió la asociación con la UNL y la participación en este proyecto? ¿La UNL los eligió?
7. ¿Cómo fue ese acuerdo?
8. ¿Cuál fue el rol de la empresa en el desarrollo temprano de la soja HB4?
9. ¿Existió la opción de incorporar el gen de tolerancia al glifosato?
10. ¿Cuántas personas participaron del desarrollo? ¿Qué nivel de formación tenían? ¿Dónde la obtuvieron? ¿Cómo se armó el equipo?
11. ¿Ya disponían del personal necesario?
12. ¿Qué otros recursos fueron necesarios? (licencias, insumos, etc.)
13. En este caso específico, ¿de dónde se obtuvo el financiamiento?
14. Patentes: ¿Quién es el titular? ¿Cuántas hay? ¿Cuáles? ¿Hasta cuándo tienen vigencia?
15. ¿La falta de un mayor flujo dinero (de algún financiamiento internacional o subsidio local) fue una de las causas de la asociación con una empresa extranjera?
16. ¿Qué riesgos o perjuicios provocó? ¿la división de ganancias es significativa?

17. ¿Cómo fue el proceso de liberación comercial? ¿En qué año comenzó? ¿Cuánto duró?
18. ¿Qué políticas públicas o programas nacionales acompañaron este desarrollo? ¿Qué impacto tuvieron?
19. ¿Qué hubiera hecho falta a nivel de políticas públicas para que este tipo de desarrollo sea más fácil de hacer?

H) Entrevista realizada a Silvia Oliver (28 de junio de 2019)

1. ¿Qué vínculos existieron entre el MINCYT y Bioceres? ¿Cómo se construyó esa relación?
2. ¿Cuál fue el rol del MINCYT en el desarrollo de la soja HB4?
3. ¿En qué año comenzó a funcionar el PROFIET?
4. ¿Y el rol del FONTAR?
5. ¿Qué políticas acompañaron el desarrollo de la soja HB4? Líneas de financiamiento, subsidios, etc.
6. ¿Qué instrumentos de financiamiento hay en la actualidad vinculados al desarrollo de biotecnología?
7. FONREBIO ¿Líneas de crédito para la desregulación de eventos transgénicos? ¿desde cuándo? ¿Qué montos se estipulan? ¿Cómo son las condiciones de otorgamiento? ¿De dónde se obtienen esos fondos?
8. A su entender, ¿existe una buena articulación público-privada para el desarrollo de innovaciones biotecnológicas?
9. ¿Qué considera que podría hacer falta para mejorar esa articulación o para ayudar a que haya más innovaciones en el sector?
10. ¿Cree que existe o existió una estrategia nacional de innovación o estos logros fueron resultado de esfuerzos individuales empresariales?