



Universidad Nacional
de San Martín

Escuela Interdisciplinaria
de Altos Estudios Sociales
IDAES_UNSAM

Universidad Nacional de San Martín

Escuela Interdisciplinaria de Altos Estudios Sociales

Doctorado en Sociología

**Entre las promesas de desarrollo y las
prácticas con edición genética: la
innovación biotecnológica en la periferia**

Gisele Bilañski

Tesis para obtener el título de Doctora en Sociología

Directora: Mariana Laura Heredia

Buenos Aires

2022

Bilański, Gisele Andrea.

Entre las promesas de desarrollo y las prácticas con edición genética: la innovación biotecnológica en la periferia / Gisele Andrea Bilański; directora Mariana Laura Heredia. San Martín: Universidad Nacional de San Martín, 2022. - 430 p.

Tesis de Doctorado, UNSAM, IDAES, Sociología, 2022.

1. Ciencia y tecnología. 2. Investigación y desarrollo. 3. Innovación biotecnológica – Tesis.

I. Heredia, Mariana Laura (Directora). II. Universidad Nacional de San Martín, Escuela Interdisciplinaria de Altos Estudios Sociales. III. Doctorado.

Entre las promesas de desarrollo y las prácticas con edición genética: la innovación biotecnológica en la periferia

Gisele Bilañski

Tesis sometida a examen en el Doctorado en Sociología, Escuela Interdisciplinaria de Altos Estudios Sociales de la Universidad Nacional de San Martín - UNSAM, como parte de los requisitos necesarios para la obtención del título de Doctor en Sociología. En Buenos Aires, a los de de 2022.

(Nombre del director, titulación e institución a la que pertenece)

(Nombre del jurado, titulación e institución a la que pertenece)

(Nombre del jurado, titulación e institución a la que pertenece)

(Nombre del jurado, titulación e institución a la que pertenece)

RESUMEN

Gisele Bilański

Directora: Mariana Laura Heredia

Resumen de la Tesis para la obtención del título de Doctora en Sociología.

El trabajo analiza los límites y posibilidades de la innovación con nuevas técnicas de edición genética en Argentina, situándose en un nivel intermedio entre las grandes promesas y temores que suscita y el quehacer cotidiano de quienes trabajan con ellas. Entendiendo que el Estado apuesta por ciertas aplicaciones biotecnológicas como una vía para el desarrollo con alto valor agregado, este estudio de caso permite comprender los condicionantes para hacer investigación de vanguardia en un país semi-periférico. Recurriendo a fuentes documentales, legales, observaciones y entrevistas, la tesis reconstruye desde los debates generados por la técnica a nivel global hasta las dificultades diarias de los científicos en los laboratorios de Buenos Aires. Se identifica una ambigüedad en la apuesta por el desarrollo vía innovación biotecnológica: si bien logra articular actores públicos y privados para producir bienes y servicios novedosos, finalmente sus productos no llegan a comercializarse por razones geopolíticas. Así, las posibilidades de innovar con técnicas de intervención sobre la vida descansan en variables y decisiones complejas que exceden a la ciencia y a la técnica, y reactualizan el apremio de las autoridades para definir qué modelo de desarrollo se persigue y qué costos se está dispuesto a afrontar.

Palabras clave: PROMESAS; PRÁCTICAS; DESARROLLO; INNOVACIÓN; PERIFERIA; BIOTECNOLOGÍA; EDICIÓN GENÉTICA

Buenos Aires,
Febrero 2022.

ABSTRACT

Gisele Bilański

Director: Mariana Laura Heredia

This work analyzes the limits and possibilities of innovation with new gene editing techniques in Argentina. It is situated at an intermediate level between the great promises and fears that it arouses and the daily work of those who carry it out. Assuming that the state is committed to certain biotechnological applications as a path to development with high added value; this case study allows us to understand the conditions for conducting cutting-edge research in a peripheral country. Using documentary and legal sources, observations and interviews, the thesis reconstructs the debates raised by the technique at a global scale as well as the daily difficulties of scientists working at the laboratories of Buenos Aires. It identifies an ambiguity in the commitment to development through biotechnological innovation: Although it manages to articulate public and private actors to produce cutting-edge goods and services, finally its products are not commercialized due to geopolitical reasons. Thus, the possibilities of innovating with intervention techniques on life, rest on variables and complex decisions that exceed science and technology, and also reactivate the urgency of the authorities to define what development model should be pursued and at what cost.

Keywords: PROMISES; PRACTICES; DEVELOPING; INNOVATION; PERIPHERY; BIOTECHNOLOGY; GENE EDITING

Buenos Aires,
Febrero 2022

ÍNDICE

LISTADO DE SIGLAS, ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS	11
AGRADECIMIENTOS	16
INTRODUCCIÓN	18
a. Ciencia, tecnología e innovación: su importancia política	21
b. Innovación biotecnológica y capitalismo cognitivo: una nueva afinidad en la apuesta por el desarrollo	26
c. CRISPR: Incertidumbre, riesgo y regulación	31
d. Estrategia metodológica y fuentes	34
e. Estructura de la tesis	39

PARTE I. PROMESAS Y CONTROVERSIAS DE LA BIOTECNOLOGÍA MODERNA

42

1. LA ERA DE LA INGENIERÍA GENÉTICA: NOVEDAD, ESPERANZA Y RIESGO	43
1.1. Los inicios de la biotecnología moderna	43
1.2. Temores y promesas en torno a la I+D biotecnológica	48
1.2.1. Ejes y argumentos de debate: el caso de la clonación de mamíferos	51
1.2.2. Repertorios disponibles y encuadre de la interpretación	57
1.3. Las nuevas técnicas de edición genética	59
1.3.1. Las nucleasas con dedos de zinc (ZFN)	60
1.3.2. Las “TALEN”	61
1.3.3. CRISPR	62
1.4. La rápida expansión de CRISPR: ¿hacia una democratización de las intervenciones genéticas?	65
2. INTERVENCIONES EN HUMANOS: TÉCNICAS NUEVAS, DEBATES VIEJOS	71
2.1. Las investigaciones chinas: primeras alarmas e intentos de consensuar límites a la práctica	71
2.2. Hacia una regulación de la edición humana	78
2.3. Reactivación de promesas viejas y miedos conocidos	84
2.3.1. Dimensiones y variables del debate ético en torno a CRISPR	84
2.3.2. Continuidad y cambio en los debates sobre las biotecnologías	90
2.4. Menos alertas, mayores amenazas, nuevos desafíos	92

3. LAS PROMESAS BIOTECNOLÓGICAS PARA LA ARGENTINA AGROPECUARIA _____ 95

3.1. La centralidad del “campo” en la estructura socio-económica _____	96
3.1.1. Revolución verde: la unión entre la agricultura y las biotecnologías modernas _____	100
3.1.2. La revolución de la revolución: los cultivos transgénicos _____	102
3.1.3. Legislación sobre biotecnologías verdes y doble dependencia __	106
3.2. La I+D con biotecnología moderna en Argentina _____	112
3.2.1. Inicios: la reinención de trayectorias de figuras clave _____	112
3.2.2. Expansión y consolidación de los OGM: el establecimiento de un marco regulatorio _____	115
3.2.3. La segunda etapa de la investigación con transgénesis vegetal __	117
3.2.4. Altibajos en las aplicaciones animales: clonación y transgénesis	119
3.3. Los transgénicos en Argentina: problemas y pendientes _____	121
3.4. Situación y marco legal de la edición genética _____	127
3.4.1. Las reglas del juego: Argentina y la no-regulación _____	128
3.4.2. Jugadores y alineamientos: La regulación en el mundo _____	131
3.5. Una pesada herencia para la edición genética _____	142

PARTE II. INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN ARGENTINA: PRÁCTICAS CIENTÍFICAS Y TÉCNICAS INNOVADORAS _____ 144

4. LAS PERIPECIAS DEL SISTEMA NACIONAL DE INVESTIGACIÓN: HISTORIA E INSTITUCIONES _____ 145

4.1. Breve historia de la ciencia y su compleja relación con el Estado _____	145
4.1.1. La ciencia como herramienta: foco del interés del Estado _____	146
4.1.2. La ciencia como profesión: marchas y contramarchas del sistema nacional de investigación _____	149
4.1.3. La ciencia como innovación, y la estabilización de un sistema __	152
4.1.4. La ciencia como bandera y foco de disputa: la historia reciente _	154
4.2. Las instituciones de la investigación científica _____	158
4.2.1. CONICET: el sistema de becas y la carrera de investigador _____	159
4.2.2. Las universidades nacionales y su articulación con el CONICET	165
4.2.3. La importancia del sector público _____	168
4.2.4. Instrumentos de financiación a la I+D en CyT _____	171
4.2.5. Hacia una cuantificación de los biotecnólogos _____	174
4.3. Dificultades de investigar en Argentina _____	177

4.3.1. Problemas de la financiación con fondos públicos _____	182
4.3.2. Problema de las investigaciones biotecnológicas _____	184
4.4. Continuidades y rupturas del sistema de investigación CyT _____	188
5. I+D CON EDICIÓN GENÉTICA EN ARGENTINA: ACERCAMIENTOS DE HECHO ENTRE SECTOR PÚBLICO Y PRIVADO _____	191
5.1. Investigaciones con edición génica _____	191
5.2. Hacia una caracterización de los científicos-investigadores _____	202
5.2.1. Sesgos disciplinares en el ejercicio de la profesión _____	203
5.2.2. La cuestión generacional _____	205
5.2.3. La etapa en la carrera profesional _____	208
5.3. Hacer de la necesidad virtud: nuevas formas de relación _____	211
5.4. Prácticas y estrategias de los científicos-investigadores _____	221
5.4.1. Búsqueda de financiación extranjera _____	222
5.4.2. Provisión de servicios científico-tecnológicos _____	223
5.4.3. Realización de colaboraciones _____	225
5.4.4. Combinación y camuflaje de investigación básica y aplicada ____	228
5.4.5. Superespecialización y adaptación a las modas internacionales _	231
5.5. Disponibilidad de científicos: vacancia y potencialidades _____	232
6. DE LA NECESIDAD A LA VIRTUD: “DAR EL SALTO” AL ECOSISTEMA INNOVADOR _____	234
6.1. Las transformaciones del capitalismo y la celebración de la innovación ____	235
6.1.1. Capitalismo cognitivo y biotecnología _____	235
6.1.2. Un nuevo espíritu innovador: del fomento institucional al emprendedor _____	236
6.1.3. El “ecosistema startup” _____	238
6.1.4. Anclaje del “ecosistema startup” en Argentina y fomento estatal	243
6.2. Instituciones clásicas y emergentes del espacio “intermedio” _____	246
6.2.1. La apertura de las instituciones de financiación pública _____	251
6.2.2. La demanda desde el sector privado _____	254
6.2.3. La company building biotecnológica Grid Exponential _____	256
6.3. Empresas y startups argentinas innovando con CRISPR _____	263
6.3.1. CASPR Biotech _____	264
6.3.2. Michroma _____	271
6.3.3. Kheiron _____	275
6.4. Nueva dinámica ¿virtuosa? de mediadores para la innovación _____	277

7. MÁRGENES PARA INNOVAR EN LA PERIFERIA: LA AMBIGUA INSERCIÓN GLOBAL ARGENTINA **281**

7.1. El potencial estratégico de la articulación entre sector público y privado	281
7.1.1. Dos lógicas no tan antagónicas	282
7.1.2. La pandemia como catalizador de capacidades instaladas	285
7.2. Vanguardia en espera: condicionantes a la comercialización	293
7.2.1. El “revuelo” por los caballos editados	294
7.2.2. El trigo transgénico de Bioceres	298
7.3. Límites y potencialidades de la innovación biotecnológica	301
7.3.1. La cantidad y calidad de los recursos materiales y humanos	302
7.3.2. Protección de las invenciones y acceso a las patentes	306
7.4. El carácter nacional de la innovación	315

8. PENSAR EL DESARROLLO A LA LUZ DE LOS LOGROS: ¿EDICIÓN GENÉTICA PARA QUÉ? **318**

8.1. El rol de las (bio)tecnologías en la búsqueda del desarrollo	318
8.1.1. La financiarización y su impacto en las economías periféricas	320
8.1.2. La reinserción de la discusión por el desarrollo	322
8.1.3. La geopolítica del desarrollo: nuevos desafíos del siglo XXI	324
8.2. El lugar de la edición genética en el modelo de desarrollo: balances y transformaciones a la luz de sus promesas	327
8.2.1. La innovación aplicada a la agricultura de exportación	331
8.2.2. La innovación orientada a la diversificación y la industria	334
8.3. Prioridades y temporalidades de los desarrollos en pugna	336
8.3.1. Un desarrollo en dos tiempos: la urgencia económica	338
8.3.2. El tiempo es ahora: voces críticas y urgencia socio-ambiental	341
8.3.3. ¿Un diálogo imposible?	343
8.3.4. La capacidad decisoria frente a las nuevas tecnologías	344

CONCLUSIONES **349**

a. Geopolítica: condiciones de posibilidad para las promesas asociadas a CRISPR	353
b. ¿Cuáles son los incentivos para hacer I+D con edición genética en Argentina?	354
c. ¿Qué podemos aprender de una observación más distante de estas prácticas?	357
d. Consideraciones finales y líneas de investigación a futuro	360

APÉNDICES	364
A. Guía de entrevistas	364
A.1. Pauta para científicos	364
A.2. Pauta para funcionarios de oficinas o instituciones de vinculación	366
B. Entrevistas realizadas	368
C. Observaciones realizadas	371
D. Testimonios en el marco del Círculo de Estudios sobre Ciencia y Periferia (2020-2021) de IDAES-UNSAM	372
E. Principales fondos de financiación de la ANPCyT	374
F. Carreras de grado y posgrado en biotecnología y genética acreditadas por CONEAU e instituciones en que se dicta	376
F.1. Carreras de grado en biotecnología y genética acreditadas por CONEAU, e instituciones en que se dicta	376
F.2. Carreras de posgrado en biotecnología, biología molecular y genética, acreditadas por CONEAU, e instituciones en que se dicta	377
G. Institutos donde se investiga con edición génica y sus características	378
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	385
FUENTES	416
Documentos e informes	416
Notas periodísticas	419
Legislación	426
Páginas web	428
Filmografía	430
Redes sociales	430

LISTADO DE SIGLAS, ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

Aapresid	Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa
ADN	Ácido Desoxirribonucleico
AMBA	Área Metropolitana de Buenos Aires
ANLIS-Malbrán	Administración Nacional de Laboratorios e Institutos de Salud
ANMAT	Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica
ANPCyT	Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica
APHIS	Animal and Plant Health Inspection Service (Servicio de Inspección Sanitaria de Animales y Plantas)
ARCAP	Asociación Argentina de Capital Privado, Emprendedor y Semilla
ASA	Asociación de Semilleros Argentinos
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
BIRF	Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento
BORA	Boletín Oficial de la República Argentina
CAB	Cámara Argentina de Biotecnología
CEO	Chief Executive Officer (Director Ejecutivo)
CEPAL	Comisión Económica para América Latina
CESYMA	Centro de Estudios en Salud y Medio Ambiente
CIC	Carrera de Investigador Científico
CICUAE	Comité Institucional para el Cuidado y Uso de Animales en Experimentación
CICUAL	Comité Institucional para el Cuidado y Uso de Animales de Laboratorio
CIFRA	Centro de Investigación y Formación de la República Argentina
CITEDEF	Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas para la Defensa
CITEFA	Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas de las Fuerzas Armadas
CNEA	Comisión Nacional de Energía Atómica
CONABIA	Comisión Nacional Asesora de Biotecnología Agropecuaria

CONAE	Comisión Nacional de Actividades Espaciales
CONEAU	Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria
CONICET	Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas
CONINAGRO	Confederación Intercooperativa Agropecuaria
CONITYC	Consejo Nacional de Investigaciones Técnicas y Científicas
CRA	Confederaciones Rurales Argentinas
CREG	Centro Regional de Estudios Genómicos
CRISPR	Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats (Repeticiones Palindrómicas Cortas Agrupadas y Regularmente Interespaciadas)
CSO	Chief Scientific Officer (Director Científico)
CTS	Ciencia, Tecnología y Sociedad
CyT	Ciencia y Tecnología
DNMA	Dirección Nacional de Mercados Agroindustriales
EEUU	Estados Unidos
EMPRETECNO	Empresas de Base Tecnológica
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
FDA	Food and Drug Administration (Administración de Alimentos y Medicamentos de Estados Unidos)
FFA	Federación Agraria Argentina
FITS	Fondos de Innovación Tecnológica Sectorial
FLENI	Fundación para la Lucha contra Enfermedades Neurológicas en la Infancia
FMI	Fondo Monetario Internacional
FONARSEC	Fondo Argentino Sectorial
FONCYT	Fondo para la Investigación Científica y Tecnológica
FONDCE	Fondo Fiduciario para el Desarrollo de Capital Emprendedor
FONREBIO	Fondo de Regulación de Productos Biotecnológicos
FONSOFT	Fondo Fiduciario de Promoción de la Industria del Software
FONTAR	Fondo Tecnológico Argentino
FTO	Freedom To Operate (libertad para operar)

FTS	Fondos Tecnológicos Sectoriales
GMP	Good Manufacturing Practices (Buenas Prácticas de Manufactura)
GTec	Programa de Formación de Gerentes y Vinculadores Tecnológicos
HCNA	Honorable Congreso de la Nación Argentina
I+D	Investigación y desarrollo
IAL	Instituto de Agrobiotecnología del Litoral
IBBEA	Instituto de Biodiversidad y Biología Experimental y Aplicada
IBYME	Instituto de Biología y Medicina Experimental
ICBME	Instituto de Ciencias Básicas y Medicina Experimental
IFIBYNE	Instituto de Fisiología, Biología Molecular y Neurociencias
IIB	Instituto de Investigaciones Biotecnológicas
INASE	Instituto Nacional de Semillas
INBIRS	Instituto de Investigaciones Biomédicas en Retrovirus y SIDA
INCUCAI	Instituto Nacional Central Único Coordinador de Ablación e Implante
INDEAR	Instituto Nacional de Agrobiotecnología de Rosario
INDEC	Instituto Nacional de Estadística y Censos
INGEBI	Instituto de Investigaciones en Ingeniería Genética y Biología Molecular “Dr. Héctor N. Torres”
ININFA	Instituto de Investigaciones Farmacológicas
INPA	Instituto de Investigaciones en Producción Animal
INPI	Instituto Nacional de la Propiedad Industrial
INTA	Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria
INTECH	Instituto Tecnológico de Chascomús
INTI	Instituto Nacional de Tecnología Industrial
IPC	Índice de Precios al Consumidor
IQUIBICEN	Instituto de Química Biológica de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
MAGyP	Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca
Mincyt	Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación
MIT	Massachusetts Institute of Technology (Instituto Tecnológico de Massachusetts)

NHEJ	Non-homologous DNA end joining (unión de extremos no homólogos)
NIH	National Institutes of Health (Instituto Nacional de Salud)
OCTS-OEI	Observatorio Iberoamericano de la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad
OGM (u OMG)	Organismo Genéticamente Modificado
OMC	Organización Mundial del Comercio
OMS	Organización Mundial de la Salud
ONG	Organización No Gubernamental
PBI	Producto Bruto Interno
PCR	Polymerase Chain Reaction (reacción en cadena de la polimerasa)
PCT	Tratado de Cooperación en materia de Patentes
PGH	Programa Genoma Humano
PICT	Proyectos de Investigación Científica y Tecnológica
PLACTS	Pensamiento Latinoamericano en Ciencia, Tecnología y Sociedad
PRIETEC	Proyecto de Infraestructura y Equipamiento Tecnológico
PROINCE	Programa de Incentivos a Docentes-Investigadores
PyMES	Pequeñas y Medianas Empresas
SAGyP	Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca
SAGPyA	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos
SAS	Sociedades por Acciones Simplificadas
SENASA	Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria
Soja RR	Soja Roundup Ready
SRA	Sociedad Rural Argentina
TALEN	Transcription Activator-Like Effector Nuclease (Nucleasas Tipo Activador de Transcripción)
TICs	Tecnologías de la información y la comunicación
TJUE	Tribunal de Justicia de la Unión Europea
TPG	Tecnologías de Propósito General
UBA	Universidad Nacional de Buenos Aires
UDES	Universidad de San Andrés
UE	Unión Europea

UMAI	Universidad Maimónides
UNESCO	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura
UNLP	Universidad Nacional de La Plata
UNNOBA	Universidad Nacional Noroeste de Buenos Aires
UNQ	Universidad Nacional de Quilmes
UNSAM	Universidad Nacional de San Martín
USDA	United States Department of Agriculture (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos)
UUNN	Universidades Nacionales
UVT	Unidades de Vinculación Tecnológica
ZFN	Zinc-Finger Nucleases (nucleasas de dedos de zinc)

AGRADECIMIENTOS

Sin dudas el mayor agradecimiento es hacia mi directora, Mariana Heredia. No solo fue una guía inigualable para la realización de esta tesis, sino también un espacio de dialogo, intercambio, acompañamiento y contención, caracterizado por una enorme paciencia, cariño y respeto por los tiempos de mi proceso de aprendizaje. Es un honor y un placer trabajar con ella y participar de los distintos espacios que supo generar, especialmente, el grupo Gajes del Oficio. Allí, colegas de distintas disciplinas hicieron aportes inconmensurables a este trabajo, a partir de la lectura de mis avances, con gran profesionalismo y capacidad crítica, pero también con mucha delicadeza, afecto y disposición a aprender mutuamente. Agradezco especialmente a Luisina Perelmiter, Mariana Gené, Elsa Pereyra, Vilma Paura, Fernán Gaillardou, Agustín Salerno, Pedro Blois, Santiago Gerchunoff, Alejandro Dulitzky, Soledad García Sosa y Yamila Sahakian.

Todas las instancias estipuladas por la Escuela IDAES durante el doctorado fueron muy enriquecedoras y cruciales para llegar a esta versión del trabajo. Gracias a todos los que acompañaron tantos años de escritura en oficinas compartidas, cada diálogo hizo una diferencia, y son muchos estos héroes anónimos del trabajo colectivo. Agradezco en particular a los evaluadores de mi plan de tesis Pablo Lavarello y Lucía Romero; a mis profesores de los talleres de tesis Gabriel Noel y Sebastián Pereyra; y a los compañeros con quienes intercambiamos lecturas y contención, especialmente a Melina Fischer, Pablo Salas Tonello, Natalia Fernández, Magdalena Felice, Omar Abdala, Tomás Nougués y Juan Arrarás. También a los participantes de los Círculos de Estudios sobre Ciencia y Tecnología/Periferia, especialmente a María Soledad Córdoba, por mantener viva la llama durante tantos años. Ese espacio es un estímulo y un refugio inigualable para los interrogantes que se plantea esta tesis, y sobre los que venimos reflexionamos juntos.

Un agradecimiento muy especial es para mis colegas y amigos de SEPTeSA (IDAES-UNSAM), mi primer gran espacio de formación, del que siempre sigo aprendiendo, incluso estando lejos. Gracias Eduardo Rojas por haberme recibido y formado como socióloga, y sentar las bases de una forma única de ver y comprender lo social. A mis “ex” compañeras y amigas Anaïs Roig, Julieta del Campo

Castellano, Lucia Glimberg y Micaela Cuesta, por el saber colectivo y por convertir en risas tanta crisis existencial. Lo que la TAC juntó, nada lo podrá separar.

Agradezco enormemente a las instituciones que hicieron posible este trabajo, proveyendo espacios, recursos y materiales: el CONICET, cuya financiación me permitió dedicarme de manera exclusiva a esta investigación; al IDAES-UNSAM, que fue sede de esta beca y trabajo y un ámbito de permanente inspiración; y a la UNLAM, que me brinda día a día la posibilidad de crecer como docente-investigadora. Agradecimiento aparte es para Aníbal Corrado, siempre a disposición para resolver inquietudes y acompañar en todas las instancias formativas: gracias por más de 15 años de impulsarme a seguir creciendo en esta hermosa profesión. Lo mismo vale para mis compañeros de cátedra Mario Greco, Leandro Coppolecchio, Gustavo López y Noelia Serra, siempre dispuestos a ayudarme a terminar esta tesis. También fue importante el apoyo de mis becarios y amigos Jorge Buzzalino, Nicolás Ayala Torales y Natalia Carpenzano, por contagiarme sus ganas de seguir aprendiendo y empujarme a encarar nuevos desafíos.

Gracias a mi mamá y a mi abuela por acompañarme siempre, en esta aventura y en todas las demás, por la paciencia con mis frustraciones, por aguantar mis ausencias, por tener siempre una palabra o un gesto lleno de amor para resolver todos mis problemas, incluso sin entenderlos. Las amo, y siempre serán las dos personas más importantes de mi vida. También gracias a los que ya no están, pero acompañaron con mucho cariño cada pasito que fui dando. Sé que estarán orgullosos.

Muchísimas gracias a todos mis amigos, que por suerte son muchos, y llevan años dándome fuerza, preocupándose, animándome día a día. Son incontables las veces que preguntaron por esta tesis y me hicieron saber que mis logros son los suyos, aunque no los comprendieran, pero sin dejar de intentarlo. Son ellos quienes me aguantaron gritar y llorar cuando el trabajo, el cansancio y el estrés me sobrepasaron, y me ayudaron a despejarme cuando mis ideas y yo necesitábamos aire. Gracias por hacer de nosotros una enorme y maravillosa familia. Sin ella no estaría donde estoy.

Finalmente, a Harrison, mi más leal compañero de escritura.

INTRODUCCIÓN

Con el descubrimiento del ADN recombinante en los 70's comenzó la fase "moderna" de la biotecnología, centrada en la ingeniería genética, cuyos hallazgos no cesan de sorprender. Estos son cada vez más frecuentes y se popularizan rápido. Técnicas como la clonación de mamíferos desde células adultas –que desde el nacimiento de la oveja Dolly en 1996 suscitó la creación de decenas de empresas dedicadas a clonar desde equinos para deportes ecuestres hasta mascotas–, o la transgénesis –que transformó radicalmente los procedimientos de mejora genética de la agricultura y la ganadería–, volvieron a esta disciplina objeto de fascinación, interés, crítica y temor. En coincidencia con su vertiginoso despliegue, también el capitalismo atravesó desde entonces un proceso de transformación, donde el conocimiento y el cambio tecnológico desplazaron a la producción industrial del centro de los procesos de valorización del capital (Vercellone, 2011). En ese contexto, la innovación biotecnológica apareció para inversores, empresarios, científicos y gobernantes, como una herramienta y aliada clave para el crecimiento económico.

Así, la biotecnología engendró promesas imponentes: curar o erradicar enfermedades, incrementar la calidad nutricional de los alimentos, optimizar las herramientas de diagnóstico y prevención, salvar vidas, aumentar el bienestar de las mayorías, agregar valor a las cadenas productivas, crear negocios millonarios. Pero, en tanto ciencia posnormal, esto es, aquella que no genera ni dispone de suficiente información para poder estimar el riesgo de su desarrollo en base a decisiones científicas fundadas (Funtowicz y Ravetz, 1993), también despertó temores, asociados a la intervención humana y dirigida de la genética de la especie. Entre estos miedos se inscriben desde rebotes eugenésicos y el ascenso de una posible discriminación genética, que reactivó interrogantes por la libertad y la igualdad en el uso y acceso de estas nuevas herramientas, hasta la posibilidad de crear ejércitos de clones (Bilański, 2018b). La confianza en estos augurios perdió fuerza luego de décadas sin cumplirse, pero los avances técnicos del nuevo milenio podrían dejar ese descrédito atrás.

No obstante, el descubrimiento del potencial de CRISPR para realizar ediciones en el genoma,¹ en 2013, devolvió centralidad al tema y marcó un nuevo parteaguas en la historia de la biotecnología moderna. Esta nueva técnica de edición genética permite obtener resultados precisos y eficientes de manera mucho más económica y fácil de utilizar que las previas.² Al hacerlo, elimina algunas de las barreras de entrada a la edición genómica y democratiza su acceso (Polcz y Lewis, 2016: 415). Desde entonces, cualquiera puede adquirir por internet un kit para editar genes por menos de 170 dólares, por lo que la utilización de la técnica se expandió alrededor del mundo, planteando nuevos desafíos para comprender y controlar las prácticas.

Su simpleza e inusitada difusión desafiara las fronteras políticas y la sitúa en el centro de las suspicacias y esperanzas de diversos grupos sociales, por la seducción que ejerce sobre científicos, médicos, empresarios y funcionarios del Estado, y por sus posibles consecuencias sanitarias, éticas, políticas, económicas. Siendo un país con abundantes recursos naturales y tierras fértiles, líder en la producción y exportación de productos agrícolas y ganaderos,³ la posibilidad de aprovechar las

¹ Los CRISPR (Repeticiones Palindrómicas Cortas Agrupadas y Regularmente Interespaciadas) son secuencias de ADN de bacterias que, asociadas con proteínas (Cas), constituyen un sistema inmune adaptativo que permite a los microorganismos defenderse del ataque de los virus. Dependiendo de la proteína Cas con que se asocie CRISPR, variará su función y su potencial uso. Al utilizar moléculas cortas de ARN como molde, la proteína Cas realiza cortes altamente específicos en las secuencias de moléculas de ADN, que pueden explotarse para insertar genes o modificar con precisión la secuencia de nucleótidos en el sitio de corte (Caplan, et al., 2015: 1421).

² Edición genética agrupa al conjunto de técnicas (TALEN, ZFN y CRISPR) que se utilizan para modificar el ADN de una especie induciendo o anulando la expresión de un gen. También se las denomina edición génica o NBTs, por las siglas en inglés de *New Breeding Techniques* (nuevas técnicas de reproducción), para diferenciarlas de la modificación genética (OGM) o transgénesis (Whelan y Lema, 2015: 253-254), donde la modificación del ADN es causada por la introducción de un gen proveniente de *otra* especie

³ Con un Producto Bruto Interno (PBI) de US\$450 mil millones aproximadamente, Argentina es una de las economías más grandes de América Latina (Banco Mundial, 2021). Cuenta con abundantes recursos naturales en energía y agricultura, como tierras fértiles, reservas de gas y litio, y potencial en energías renovables, en su territorio de 2,8 millones de km² de extensión (ídem). Los sectores productivos más importantes de su economía son la industria manufacturera, el comercio y las actividades inmobiliarias; seguido por transporte y comunicaciones y el rubro agricultura, ganadería, caza y silvicultura (Ottaviano, et al., 2021: 4). Las manufacturas de origen agropecuario representan el 40% las exportaciones de bienes del 2020 (CEPXXI, 2021: 15). Junto con los rubros productos primarios (30%) y combustibles y energía (7%) constituyen más de tres cuartos de las exportaciones de bienes (ídem). Hoy por hoy, “Argentina es líder mundial en oleaginosas, cría de ganado, producciones hortícolas y maquinaria agrícola” (Ottaviano, et al., 2021: 7), y su agricultura representa dos tercios de la producción agropecuaria, mientras que el tercio restante corresponde a la ganadería de carne y leche (ídem). Entre los complejos exportadores de bienes, el sojero es el que mayor participación tuvo en el valor exportado acumulado entre 2002 y 2020, alcanzando el 23,03% (CEPXXI, 2021: 23). El segundo lugar lo tiene el complejo automotriz con solo un 10,97% (ídem).

ventajas de CRISPR aplicándola al sector agroganadero, se volvió el centro de ciertas promesas de desarrollo, basadas en la explotación de los recursos primarios. De este modo, para los promotores de ese modelo, CRISPR representa una ventana de oportunidad para mejorar la participación argentina en el intercambio global de productos biotecnológicos, y también para ampliar la cantidad de actores que participan del proceso dentro de sus fronteras.

Así, CRISPR se ubica en el cruce de una nueva forma de concebir el desarrollo –como ideal que orienta las políticas de Estado– y la ciencia –su utilidad–, de tal forma que permite iluminar las transformaciones en ambos campos. Por eso, este trabajo cualitativo busca profundizar en la relación entre el trabajo solitario de un investigador en su laboratorio con las promesas de desarrollo nacional que adjudican a las nuevas tecnologías sus promotores políticos y empresarios. Para ello, proponemos cruzar una mirada “desde abajo”, de las prácticas de los actores y sus relatos sobre las mismas, con una perspectiva “desde arriba”, del rol que se prescribe y se espera de ellos, en tanto la edición genética encarna una promesa de valor científico-tecnológico, económico-productivo y, en consecuencia, político.

Así, este trabajo se sitúa en un nivel intermedio *para comprender* cuáles son los límites y posibilidades de una apuesta por el desarrollo basado en la innovación biotecnológica en Argentina –un país semi-periférico cuya economía necesita de las divisas generadas por la exportación de commodities–, *observamos* cómo se investiga, desarrolla y aplica una técnica novedosa, controversial y potencialmente revolucionaria como CRISPR en Argentina; y qué incertidumbres, esperanzas y amenazas genera y para quiénes. Para ello, debimos (1) interpretar los aspectos técnicos que permiten dimensionar el potencial de CRISPR en clave sociológica; (2) reconstruir las investigaciones y aplicaciones que se están realizando con la técnica en Argentina – quiénes están trabajando, dónde y con qué propósitos–; (3) identificar los desafíos de hacer I+D en Argentina en general, y con biotecnologías de vanguardia en particular, y las estrategias que despliegan los científicos para afrontarlos; (4) comprender el entramado de relaciones formales e informales entre diversos actores del sector público y el privado en sus motivaciones, causas y

Para comprender las dimensiones de las exportaciones de bienes sobre el total de la canasta argentina, cabe señalar que servicios constituye un 17% del total en el promedio de 2006-2020 (ibíd.: 4).

efectos; y (5) reflexionar sobre las ventajas y dificultades para hacer innovación de vanguardia –o ciencia posnormal–, en un país como Argentina.

De este modo, observar un fenómeno social disruptivo como CRISPR desde la cotidianidad de las prácticas de quienes trabajan con ella permite enlazar discusiones muy polares sobre qué significa la biotecnología para cada uno de los actores, pero también para cierta forma de orientar el futuro de la humanidad. Así, arroja matices a los trabajos sobre innovación y desarrollo, preocupados por la urgencia económica de las periferias –incluso en detrimento de otras cuestiones no menos apremiantes–; como a los estudios sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) que buscan abordar los procesos de I+D con técnicas recientes y potencialmente revolucionarias como CRISPR, inscribiendo la actuación de los científicos en un complejo entramado relacional social, político y económico.

a. Ciencia, tecnología e innovación: su importancia política

Los primeros estudios sobre innovación sostenían que este proceso ocurría de modo lineal (Bush, 1945), mediante la aplicación tecnológica del conocimiento generado por la investigación científica básica. El papel central de la ciencia, volvió importante su promoción para los actores políticos y económicos. Ahora bien, el ámbito de la ciencia y el de la producción o mercantil se mantenían separados, vinculados por la innovación, entendida como un proceso de transferencia unidireccional del conocimiento científico convertido en tecnología. Esta visión lineal sobredimensionaba la investigación científica como base de la innovación y menospreciaba otros factores intervinientes en el proceso, como el rol de los actores no científicos. Con el tiempo, comenzaron a considerarse algunas etapas intermedias, como el desarrollo experimental, la producción y difusión (Godin, 2006), sin cuestionar aún la linealidad del proceso.

En Argentina, la confianza en la ciencia como un elemento central de la planificación económica nacional se popularizó durante los años 40 y 50's (Hurtado, 2010: 73), cuando emergieron las principales instituciones estratégicas para el sector (Hurtado y Busala, 2006). En la década de 1950 también se registran los primeros estudios sociales de la ciencia en América Latina, campo que se consolidó en las décadas siguientes. Love, por ejemplo, asevera que mientras la historia de las ideas

se limitó a realizar adaptaciones regionales de las ideas europeas, las contribuciones al campo de las ideas económicas en ese período fueron notablemente autóctonas y latinoamericanas (1996: 393). Aludía a la corriente de pensamiento que emergió en sintonía con los lineamientos de la Comisión Económica para América Latina (CEPAL), a fines de los años 40 y principios de los 50's. En ese marco se desarrolló lo que sería posteriormente conocido como el Pensamiento Latinoamericano en Ciencia, Tecnología y Sociedad (PLACTS). Esto sería, para Arellano y Kreimer (2011), una primera etapa del área de estudios que actualmente denominamos Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) y que se extendió hasta principios de los 80's. Dicha corriente estuvo marcada por

La teoría del desarrollo, que sostenía la noción de que la ciencia y las universidades jugarían un papel importante en el desarrollo socioeconómico de la región, y la teoría de la dependencia, que reflexionó sobre el carácter periférico y dependiente, en términos económicos, de los países latinoamericanos, [que] constituyeron un telón de fondo sobre el cual comenzó a reflexionarse sobre la ciencia (Matharan, 2016: 36).

Partiendo de la premisa de que existen países centrales, desarrollados e industrializados, y periferias proveedoras de materias primas y productos agropecuarios (como América Latina), los trabajos del PLACTS compartían la preocupación por la subutilización del potencial tecnocientífico de la región para su desarrollo socio-económico (Dagnino y de Freitas Castro Fonseca, 2018: 405). En respuesta, se esforzaron por proponer estrategias y políticas científicas para que la región agregara valor a su producción, y rompiera con su condición periférica de dependencia (Sabato y Botana, 2011). Como sostienen Kreimer y Thomas, “los objetivos centrales de sus reflexiones giraban en torno de la búsqueda de un modo de movilizar a la ciencia y la tecnología como palancas del desarrollo económico y social” (2004: 27). De acuerdo con Matharan “el interés por capturar el modo en que la ciencia se localizó en la región fue acompañado de un interés político tanto por posicionar a América Latina en el concierto mundial de la ciencia como por gobernar su destino” (2016: 36).

De este modo, en América Latina, la ciencia estuvo desde entonces intrínsecamente relacionada con la política, el Estado y las promesas de desarrollo. Pero no toda ciencia sino aquella plausible de ser aplicada, la que puede volverse

tecnología y producir innovación. Esta distinción cobró mayor relevancia desde los 80's cuando algunas investigaciones pusieron en cuestión la visión lineal del proceso innovador. Así, dejaron de considerar a las actividades de I+D como el principal punto de partida para la innovación y reconocieron “la importancia de otras actividades (diseño, producción, marketing, etc.) como fuente de conocimiento para el desarrollo de nuevos productos y procesos” (Fernández de Lucio, Vega Jurado y Gutiérrez Gracia, 2011: 1084). En sintonía, Verre, Milesi y Petelski sostienen que “en los últimos treinta años los enfoques evolucionista y neo-schumpeteriano han contribuido a enriquecer la visión del proceso de innovación, proponiendo una concepción más interactiva del mismo” (2020: 14), entendiendo que no es un proceso que se da adentro de la empresa sino que tiene una naturaleza sistémica (ídem).

Aceptar la idea de que son diversos y complejos los factores que intervienen para que un producto, proceso u organización pueda ser innovador, llevó a problematizar el rol del conocimiento científico. Se volvía evidente que la investigación científica básica por sí sola no alcanzaba para generar innovación, y comenzaron a cobrar creciente importancia factores como la inversión financiera, la gestión y los mercados en la innovación (Castaño, 2019: 34). La innovación “pasa a ser considerada un proceso colectivo y dinámico, que lo lleva a cabo la empresa a través de una relación activa con otros agentes e instituciones (científicas, industriales o gubernamentales), configurando lo que se ha denominado sistema de innovación” (Fernández de Lucio, Vega Jurado y Gutiérrez Gracia, 2011: 1084). Bajo el influjo de esta nueva perspectiva se abrió paso a que actores no científicos, particularmente legos y empresarios, tuvieran un rol en torno a la innovación, que se consolidaba como foco del interés estatal y objeto de las políticas en ciencia y tecnología.

Así, durante los 90's proliferaron estudios sobre los sistemas regionales y nacionales de innovación (en adelante SNI) que se concentraron en formular dispositivos institucionales que permitieran acercar el ámbito científico y el empresarial, bajo el objetivo común de la innovación. La perspectiva de los SNI concibió a las innovaciones “como un proceso social e interactivo en un entorno social específico y sistémico” (Johnson y Lundvall, 1994: 695), y contribuyó con el desplazamiento de la concepción schumpetereana de la “subjetividad inherente a la

función empresarial [...] a una trama de relaciones que opera por fuera de la empresa, pero que al mismo tiempo la atraviesa” (Sztulwark y Girard, 2020: 16).⁴

En Argentina, el auge de este modo de concebir la innovación coincidió con la llegada de Carlos Menem al ejecutivo nacional, quien inició una profunda reestructuración del Estado. La redistribución de funciones y dependencias alcanzó a todas las instituciones de CyT y transformó la configuración institucional del sector hasta la actualidad (Aristimuño y Aguiar, 2015: 53). Con ello, las políticas referidas a la ciencia y la tecnología modificaron su rol: pasaron de uno vinculado al desarrollo industrial a otro centrado en el mercado para finalmente adoptar un enfoque de carácter sistémico (Crespi y Dutrénit, 2013). El foco pasó a estar puesto en “el proceso de innovación, entendido como la efectiva incorporación del conocimiento científico y tecnológico a las actividades de las empresas, con el consiguiente éxito económico” (Albornoz, 2007: 61).

A diferencia de países como Alemania, Estados Unidos o Japón, donde alrededor de tres cuartos de la inversión en I+D es realizada por el sector empresario (Britto y Lugones, 2020: 17), en Argentina esa es la proporción que se financia con fondos públicos (Dirección Nacional de Información Científica, s/f: 16; UNESCO, 2016: 187). Por ese motivo, el auge de la perspectiva de los SNI reorientó muchas de las prácticas de investigación universitaria hacia la producción de conocimientos para el mercado, que aceptó la colaboración, el patrocinio o la asociación con empresas, e incluso generó las propias y estimuló a sus integrantes a que lo hicieran, “facilitando a través de incubadoras de negocios, campus tecnológicos o estímulos económicos la vinculación entre sus laboratorios y las empresas de producción” (Vaccarezza y Zabala, 2002: 15).

Así, para comienzos del siglo XXI, la relación entre investigación académica y producción adquiría algunas características novedosas: se convirtió en un objetivo genuino y original de la actividad académica (Vaccarezza y Zabala, 2002: 17) y en un componente clave de la globalización y la supervivencia de intereses económicos específicos en el escenario mundial (ibíd.: 16). También los científicos adoptaron un carácter mixto y comenzaron a conformar “un vínculo estrecho entre las instituciones

⁴ Para más sobre Sistemas Nacionales de Innovación se recomienda consultar Edquist (2005); Lundvall (2007; 2009) y Nelson (1993).

estatales, los actores científicos y las propias empresas bajo el norte de los sistemas de innovación” (Pallitto y Folguera, 2020: 27).

Esta tendencia abrió un fructífero campo de estudios sobre las formas de vinculación entre sector público y privado. Si en países como Estados Unidos la inversión pública en I+D se reveló como un factor clave para la posterior innovación privada (Mazzucato, 2019), observar esta relación en Argentina, donde la mayor parte de la financiación proviene del Estado, resulta particularmente relevante. Los pioneros abordaron un fenómeno característico de los 90's como fueron las incubadoras de empresas en las universidades, fenómeno activamente estimulado de manera exógena, porque generaría ventajas competitivas para todos los actores involucrados, ganancias económicas para la universidad e incrementaría su interdisciplinaria (Bolton, et al., 1996: 4). Sin embargo, análisis de caso como el de Versino (2000) mostraron que este tipo de interacción entre actores (universidad, gobierno e industria) no siempre resultaba en procesos innovadores y en una apropiación productiva del conocimiento científico, especialmente si no fomentaba una dinámica proactiva, distribuyendo recursos y responsabilidades de una manera efectiva.

Los estudios más recientes (Britto y Lugones, 2020; Verre, Milesi, y Petelski, 2020) identificaron una gran variedad de formas que puede adquirir la colaboración entre sector público y privado, y cuestionaron su concepción tradicional, por la que la parte pública era una activa generadora de conocimiento mientras que la privada lo adoptaba pasivamente, la primera obtenía rédito económico y la segunda ventajas competitivas. En cambio, estudiando el sector biofarmacéutico argentino, Verre encontró que “la bidireccionalidad del conocimiento se confirma como el elemento central del valor de la asociación” (2018: 144), esto es, que la parte pública puede aprender directamente de las empresas al cooperar con la industria, de donde “recibe flujos de conocimiento y obtiene diversos beneficios de índole intelectual que pueden ser reconducidos a aprendizajes y nuevas (o mejores) capacidades de I+D” (ibíd.: 144-145).

Esta nueva concepción sobre los beneficios y aprendizajes mutuos y diversos en la relación entre sector público y privado (Arza, 2010; Britto y Lugones, 2020; Verre, Milesi y Petelski, 2020) se inscribe en un nuevo escenario de transformación global del capitalismo, iniciado en los 90's. Rápidamente, este pasó de industrial a

financiero (Serfati, 2003) o cognitivo (Vercellone 2003; 2011), esto es, de producir dinero por medio de mercancías a hacerlo por medio de conocimiento (Fumagalli, 2010: 88), o su propia mercantilización. Como afirman Boltanski y Chiapello (2010), estos cambios fueron de la mano de un “nuevo espíritu del capitalismo”, promotor de organizaciones emprendedoras, flexibles, creativas, arriesgadas, innovadoras, por proyectos, y altamente competentes. En el marco de esta novedosa forma de generación de riqueza, proliferaron investigaciones sobre el nuevo rol de la ciencia y el conocimiento (Hernández, 2005; Sztulwark y Míguez, 2012). Es que, como señala Dosi, una de las características de la innovación contemporánea es justamente la creciente dependencia de las nuevas oportunidades tecnológicas respecto del conocimiento (1988: 222), en tanto principal fuente de creación de valor.

b. Innovación biotecnológica y capitalismo cognitivo: una nueva afinidad en la apuesta por el desarrollo

Como sostienen Pallitto y Folguera, “la promesa por generar innovaciones es en la actualidad uno de los motores más claros de inversión en la actividad tecnocientífica, sustentada por la idea de la ganancia económica y el patentamiento” (2020: 26). La posibilidad de generar conocimiento rápidamente aplicable, junto con una serie de arreglos institucionales y financieros, hicieron de la biotecnología un negocio enormemente redituable, al menos en Estados Unidos donde se permitió patentarlo y cotizarlo en bolsa (Drahos y Braithwaite, 2002; Lavarello, 2018). Con ello, la protección del conocimiento se volvió una herramienta clave (Chesnais, 2014; Orsi y Coriat, 2018) para la generación de valor a través de la innovación biotecnológica.

En otras palabras, existe una afinidad evidente entre la innovación biotecnológica y la valorización financiera, que abrió la puerta de la primera a agentes típicos de la segunda: capital emprendedor, capitales de riesgo, fondos de inversión. La traducción o actualización de lo que anteriormente eran los SNI, ahora son los “ecosistemas emprendedores”, que traen una serie de actores nuevos, como las company buildings o las aceleradoras de startups, que ya crecen en Argentina y se expanden en algunos ámbitos prometedores, como la biotecnología. Esto implica que

las formas clásicas de vinculación entre sector público y privado se complejizan y diversifican, y que el rol que se asignaba al Estado se transforma. Sostendremos que se produce un “espacio intermedio” al ámbito científico y al empresario, que no es reductible ni a uno ni a otro (Eyal, 2012).

Así, la I+D biotecnológica se convirtió en una clara promesa de valorización que despertó el interés de científicos, empresarios, inversores y gobernantes, volviéndose el corazón de una nueva configuración institucional. En la práctica, gracias a la adopción de los paquetes tecnológicos,⁵ vinculados a las semillas transgénicas,⁶ y a un modelo organizativo basado en subcontratos y una demanda externa expansiva” (Ottaviano et al., 2021: 7), la producción agropecuaria argentina experimentó un salto cualitativo y cuantitativo, “pasando de producir un promedio de 40 millones de toneladas de grados durante el primer quinquenio de los años 90, a unas 100 millones en las ultimas cosecha” (ídem).

De este modo, la combinación entre esta novedad biotecnológica y los procesos de financierización, el neoliberalismo y el emprendedorismo convergieron para modificar la estructura productiva hasta la actualidad, donde la exportación de commodities representa el 76,5% de las exportaciones (constituido por los complejos sojero, maicero, petrolero, triguero, automotriz, pesquero, de carne y cuero bovino, oro y plata, maní y cebada) (ibíd.: 5). Con ello, las promesas de desarrollo también se transformaron, y aparecieron por primera vez como resultado deseable de la explotación de los recursos primarios y naturales. Esto es, dejaron de estar centradas en un proceso de industrialización para centrarse en el sector agropecuario, mediado ahora por la creación y agregación de valor científico-tecnológico.

En paralelo a esta transformación, el campo de los estudios CTS logró consolidarse en América Latina,⁷ pero también especializarse, llevando a que las

⁵ La expresión *paquete tecnológico* designa a un conjunto de procesos y productos (insumos) que usa cada empresa para generar su bien final. Normalmente impone la necesidad de tener que adquirir el conjunto de los componentes, porque se relacionan entre sí. El paquete tecnológico de la soja combina el sistema de siembra directa, la nutrición vegetal (química y biológica), el control químico de malezas y enfermedades y el uso de la semilla transgénica (Rocha y Villalobos, 2012).

⁶ Para más sobre el proceso por el cual las semillas se convirtieron en mercancía (usable y manipulable) se recomienda ver Puglia (2021). Ella señala que los saberes de la biología molecular, la biotecnología y la ingeniería genética permitieron que las semillas fueran valoradas como un “recurso”, cuyo valor como “insumo” radica en su capacidad de portar “información” pasible de ser modificada mediante la manipulación genética (ibíd.: 213).

⁷ En relación a los estudios CTS, el “giro constructivista” de los 70’s, que enfatizó el carácter socialmente construido de todo conocimiento científico (Bloor, 2003), cambió “radicalmente el

investigaciones sobre la ciencia y la tecnología desplazaran la mirada al interior de sus procesos e instituciones, con el propósito de observar sus modos de funcionamiento y financiación; y los circuitos de evaluación, reconocimiento y legitimación del conocimiento (Beigel, 2013; 2017; 2019; 2021: Beigel, Gallardo y Bekerman, 2018; Beigel y Sabea, 2014; Kreimer, 2006; 2010b). A diferencia de los pioneros estudios de los PLACTS, realizados por físicos, matemáticos y economistas preocupados por la utilidad de la ciencia para el desarrollo, los nuevos estudios se concentraron en estudiar la ciencia en sí misma, y desplazaron la preocupación hacia el lugar periférico de América Latina en el mundo. Estudiaron, entre otras cuestiones relevantes, las redes de intercambio, colaboración y movilidad internacional de los científicos (Kleiche-Dray y Villavicencio, 2014), problematizando cómo se modelan las formas de producir conocimientos (Córdoba y Hernández, 2013; Spivak L'Hoste y Hubert, 2012), actitudes e intereses (Kreimer y Feld, 2019) y, en consecuencia, se establecen las agendas de investigación locales.

Así, la pregunta pasó de la estructura productiva al impacto en la propia ciencia, entendida como ciencia periférica o ciencia en la periferia. Por ejemplo, Kreimer (2010a) observó la conformación del campo de la biología molecular en Argentina enfatizando su “contexto periférico” y su cultura local, esto es, observando las limitaciones que encuentra la acción y decisión de los actores por formar parte de una dinámica que los excede, pero sin que esto implique una recepción pasiva. De este modo, buena parte de los estudios sociales de la ciencia reflexionan sobre las particularidades de la misma en las periferias y los modos de vinculación con los centros, permitiendo complejizar la noción de dependencia, que se manifiesta, por

enfoque analítico existente hasta aquellos momentos, al considerar al conocimiento como creencia aceptada o socialmente institucionalizada y no como creencia correcta (esto es, verdadera)” (Blanco Merlo, 1994: II). Esto estimuló la emergencia de distintas perspectivas como el Programa Fuerte en Sociología de la Ciencia de la Escuela de Edimburgo con David Bloor como referente, la teoría del Actor-Red de Bruno Latour y Michel Callon (que se diferenció de aquella), el Programa Empírico del Relativismo, asociado a la Escuela de Bath y a Henry Collins, o el constructivismo social de la tecnología de Pinch y Bijker. La revitalización de los estudios sociales sobre la ciencia y los cambios que se produjeron en el patrón de crecimiento de la economía mundial durante los 80's y 90's movieron el foco de interés analítico, diversificando los enfoques CTS y favoreciendo su institucionalización en la región (Dagnino, Thomas y Davyt, 1996: 31). A esto siguió una fase de consolidación desde fines de la década, con grupos activos y de trayectoria, realización de congresos periódicos y creciente participación de investigadores, oferta de posgrados, entre otros (Arellano y Kreimer, 2011: 9-10).

ejemplo, en la adopción de las agendas de los países centrales, que habilitan la participación de los espacios académicos de legitimidad y reconocimiento.

Como contrapartida, la preocupación por el desarrollo quedó entonces abandonada a los economistas. Durante los 90's y con la aprobación de la soja transgénica, la revolución verde ancló tardíamente en Argentina, iniciando una etapa de gran crecimiento e innovación productiva en el sector agropecuario, que a la vez incrementó la dependencia respecto de los insumos importados. Con ello, la biotecnología moderna adquirió enorme relevancia –como promesa de innovación, de creación de valor, de ventaja comparativa– y la volvió un objeto privilegiado de los estudios sobre innovación y desarrollo económico. En líneas generales, este campo de estudios reflexiona sobre las oportunidades que algunas aplicaciones de la biotecnología moderna abren a la economía nacional, en un mundo crecientemente global e interconectado (Bisang, Campi y Cesa, 2009). Estos trabajos heredan de los PLACTS cierta preocupación por el desarrollo nacional como meta de la I+D científico-tecnológica y la innovación empresarial, y comparte con los estudios CTS de la región la observación de un lugar periférico en la división del trabajo internacional, refiriendo a Argentina como un país semidesarrollado o semiindustrializado.

A tal punto sus preocupaciones están en sintonía con los intereses que convocaban al PLACTS, que los informes y estudios pioneros se realizaron en el marco de la CEPAL, como el de Bercovich y Katz (1990), el de Bisang, Campi y Cesa (2009) y el de Anlló, Bisang y Stubrin (2011) sobre las empresas de biotecnología en Argentina. Más recientes, algunos trabajos indagaron en las oportunidades y desafíos para la industria biofarmacéutica (Gutman y Lavarello, 2014a), otros en las dinámicas de investigación y desarrollo en el Mercosur en torno a la clonación animal (Thomas, Fressoli y Gianella, 2011); y en las potencialidades para las industrias de ingredientes alimentarios (Gutman, Lavarello y Cajal Grossi, 2006). Algunos se abocaron a estudiar aspectos organizativos al interior de estas empresas conocimiento-intensivas, como su trayectoria (Thomas, Santos y Fressoli, 2013), sus estrategias (Lavarello, Gutman y Sztulwark, 2018; Gutman y Lavarello, 2014b) o los estilos socio-técnicos que aplican a la producción (Aguar, Fressoli y Thomas, 2008). Otros a pensar el impacto de la transferencia tecnológica en la conformación de clusters científico-tecnológicos (Lavarello, Minervini y Robert,

2017) o el desarrollo local (Bortz, Becerra y Thomas, 2018). Pese a sus diferencias, todos coinciden en que para Argentina hay aplicaciones biotecnológicas potencialmente redituables si se consideran algunos factores que permitan aprovechar la “ventana de oportunidad”, por ejemplo, para sustituir algunos insumos biofarmacéuticos importados (Lavarello, Goldstein y Pita, 2017; Lavarello, 2018) o para producir innovaciones complementarias, en tanto país adoptante de innovaciones fundamentales (Sztulwark y Girard, 2020).

El problema o el punto ciego de muchos de estos trabajos es que conservan una definición economicista de lo que el desarrollo es y/o debe ser, al punto que por momentos este parece intercambiable por la noción de crecimiento económico. En este aspecto, son los estudios CTS quienes vienen a evidenciar que el crecimiento económico, especialmente el centrado en la aplicación de las biotecnologías, no está exento de problemas, efectos secundarios y controversias. Más aun, revelan que el crecimiento no necesariamente es beneficioso para las mayorías, ni un camino tan claro para el desarrollo, como los números de la macroeconomía quieren mostrar.

Son muchas las investigaciones que identificaron controversias socio-técnicas generadas por la agrobiotecnología, específicamente por los transgénicos (Craviotti, 2017; Pellegrini, 2014) y los efectos de su utilización masiva, como la que generaron las fumigaciones con glifosato sobre la soja transgénica, analizada por Skill y Grinberg (2013). Arancibia (2012) formuló incluso una propuesta teórico-metodológica para abordar las controversias científico-políticas en torno a la soja, observando los procesos de lucha que involucran a expertos y no expertos. En sintonía, Tubio concluyó que quienes denuncian la toxicidad del glifosato afrontan arbitrariedades por parte de “organismos políticos o jurídicos que utilizan los preceptos internacionalmente reconocidos de clasificación de toxicidad como regla” (Tubio, 2019: 144), de modo que no logran presentar las pruebas que les solicitan, demostrar que las reglas están siendo incumplidas, ni reclamar que se contemplen otras variables (ibíd.: 144-145). Lapegna (2019) analizó el proceso de conformación y posterior desmovilización de un movimiento social en torno a los cultivos transgénicos, mientras que Córdoba indagó en los modos en que las grandes transnacionales globales lograron legitimar el modelo de “agronegocios” en los territorios locales (2019: 23).

Así, preocupados por los efectos sociales y ambientales de las nuevas biotecnologías, estos trabajos apuntan a revalorizar las variables ecologistas y los saberes locales en las discusiones sobre el modelo de desarrollo, en las que prima una “mirada productivista y eficientista” (Svampa, 2013: 34). Dan cuenta de una sucesión de efectos perjudiciales y dañinos sobre los pueblos, los recursos naturales y las economías regionales donde los paquetes tecnológicos son llevados a campo. Estos problemas, movilizadas en la agenda de ONG, organizaciones locales y ambientalistas, preocupados por la falta de atención y respuesta gubernamental, son ignorados cuando no despreciados por algunos economistas y “defensores” del desarrollo que los acusan de prohibicionistas (Möhle y Scheingart, 2021a: 56). Amparados en la carencia y urgencia económica de nuestro país, los promotores del desarrollo vía explotación de los recursos naturales y derivados –como la agroindustria, la minería y los hidrocarburos–, propugnan el despliegue de actividades económicas que pueden implicar alto riesgo e impacto ambiental (ídem).

Como señala Gabriela Merlinsky, en la convergencia del antropocentrismo y la “visión evolucionista de la bondad intrínseca del desarrollo de las fuerzas productivas se produce un punto ciego que impide ver el debate sobre el papel de la ciencia y la tecnología” (2021: 14). Añade que los procesos biotecnológicos “son presentados como opciones neutras, disociadas de formas de poder y, lo que es aún más problemático, como un camino inexorable que nos conduciría a un mayor bienestar humano” (ibíd.: 14-15). En línea con esta preocupación, y en el marco de complejos desacuerdos y tensiones entre “ambientalistas” y “desarrollistas” –donde los términos del debate ya definen una concepción de lo que el desarrollo es y debe ser–, analizaremos las transformaciones que CRISPR puede introducir en las actividades económicas, quiénes lo promueven y que alternativas existen.

c. CRISPR: Incertidumbre, riesgo y regulación

CRISPR nos sitúa frente a un claro escenario de información incompleta sobre las consecuencias de situaciones que, de pronto, se hicieron técnicamente posibles. En calidad de ciencia posnormal, esta es una ciencia en la incertidumbre, entendiendo por situación de *incertidumbre* a aquellas en que no existe certeza sobre el resultado de una decisión, porque desconocemos el resultado final pero tampoco

podemos predecirlo en términos de probabilidades objetivas (Knight en Aguiar, 2004: 143), esto es, no somos capaces de delimitar siquiera ciertas categorías o posibilidades de respuesta.⁸

De este modo, la edición génica encarna de manera extrema lo que algunos autores llaman *sociedades de riesgo*, que implica la producción de riquezas mediante procesos potencialmente riesgosos para la vida, y donde usualmente el reparto de los riesgos y las riquezas es globalmente desigual (Beck, 1998). Como afirmó Beck, de especial pertinencia para los países del “tercer mundo”, “la evidencia de la miseria impide la percepción de los riesgos; pero sólo su percepción, no su realidad ni su efecto: los riesgos negados crecen especialmente bien y rápido” (1998: 51). Exagerado o no, ciertamente la celeridad irreflexiva por adoptar prácticas o actividades que prometen ventajas económicas es característica de países como el nuestro, que quieren tomar el desarrollo por asalto, y los vuelve más receptivos a las innovaciones.

Argentina tiene antecedentes en la adopción de modelos de producción ambientalmente perjudiciales como la minería a cielo abierto (Svampa y Sola Álvarez, 2010; Wagner, 2016; Weinstock, 2006) o las fumigaciones con glifosato (Federovisky, 2014). Esto vuelve relevante indagar en los potenciales riesgos de los nuevos procesos socio-técnicos y en los dispositivos desplegados para su evaluación y gestión, en un país donde el ex Secretario de Agroindustria sostenía que “queremos la tecnología, estamos abiertos a cualquier cosa que pueda suceder, en la base de una manera segura y bien chequeada, pero queremos que suceda acá, no queremos enterarnos por los diarios que lo descubrieron en otro país” (Etchevehere, 2018). Así, la persecución del desarrollo hace que en países “del tercer mundo” la consideración

⁸ Knight distinguió riesgo e incertidumbre definiendo riesgo como aquella situación en la que no existe certeza sobre el resultado de la decisión, aunque se conoce al menos la probabilidad de los distintos resultados alternativos. Este sería el caso, por ejemplo, de la elección entre cara o cruz de una moneda: desconocemos de antemano el resultado pero conocemos la probabilidad objetiva de las dos alternativas (en Aguiar, 2004: 143). Vaccarezza precisa aún más la distinción entre riesgo e incertidumbre, considerando a esta última como una dimensión subjetiva, esto es, referida a la percepción individual de incertidumbre del sujeto (2015: 18). Allí incertidumbre referirá “al quantum de certificación, legitimidad y certeza sobre lo conocido que atribuye el sujeto” (ídem). Percepción del riesgo, en cambio, es entendida como una posición del sujeto frente a la posibilidad de acontecimientos inciertos. No refiere al conocimiento sino a las expectativas, emocionalmente construidas, de acontecimientos no deseados para sí mismo, otros o la sociedad (ibíd.: 19). Así, la incertidumbre es un problema de insuficiencia en el conocimiento, mientras que la percepción del riesgo se funda sobre las expectativas generadas y enfatiza en los aspectos emocionales de la falta de certeza (ibíd.: 38).

de los riesgos que es deseable aceptar sea menor que en los países centrales, con sus necesidades básicas cubiertas e instituciones de control más robustas.

Con mayor o menor rigurosidad, la reacción inmediata que adoptan los Estados frente a las nuevas prácticas que aparecen como una amenaza o un riesgo, es legislar en pos de su control o prohibición. Esto aconteció con las biotecnologías revolucionarias previas: ARN recombinante, transgénesis, clonación. En todos los casos, luego de extensos periodos de investigación y análisis, que redujeron la incertidumbre y el temor, se avanzó en distinciones complejas para lograr un control más preciso de las prácticas sin frenar el desarrollo científico-tecnológico. Por ejemplo, se diferenció entre clonación terapéutica y reproductiva, ediciones germinales o embrionarias, intervenciones terapéuticas o de mejora, entre otras.

CRISPR no fue la excepción. De inmediato los Estados comenzaron a revisar su legislación para asegurarse que esta nueva técnica estuviera alcanzada. Pero en un mundo globalizado, donde no hay un poder centralizado capaz de legislar de manera vinculante para todos los países, la posibilidad de controlar las prácticas se complejiza. Más con una técnica “de garage” como CRISPR, que no demanda grandes recursos materiales, y es factible de ser utilizada en secreto por cualquiera con el conocimiento necesario. La paradoja es que esta dificultad para controlar las prácticas incrementó la urgencia por hacerlo, que adoptó la forma de diversos intentos internacionales de armonización de los criterios para controlar las prácticas de I+D en edición genética.

Los escasos consensos alcanzados descansan en la buena voluntad de los Estados para acatarlos y hacerlos cumplir. Por ello, la legislación es solo una entre otras variables que condicionan las prácticas de los actores, esto es, que habilitan o restringen determinadas formas de actuar. En este sentido, resulta más pertinente reflexionar sobre los diversos incentivos, estímulos y sanciones que moldean las prácticas de los actores, y que llamaremos regulación. Este concepto refiere a las lógicas implícitas que ordenan las acciones y decisiones de los diversos actores sociales. En el caso de científicos y tecnólogos, sus prácticas se desarrollan en ámbitos donde muchas veces las normativas juegan muy poco y, en cambio, importan más otro tipo de factores y condicionantes, como la existencia de restricciones presupuestarias, la aceptación o el rechazo público de sus propuestas, o la disponibilidad de equipamientos e insumos.

Así, la noción de regulación es plural y rebalsa la de legislación. En esta tesis será entendida de un modo amplio, esto es, contemplando no solo la regulación explícita y “desde arriba”, elaborada por el Estado central, sino también otras formas de regulación. De acuerdo con Van Zwanenberg, et al., estas pueden ser mecanismos informales, civiles, o híbridos estatales-civiles de control de la tecnología, plausibles de ser introducidos por actores locales (incluidos los propios usuarios), empresas que operan en diversas jurisdicciones, o por redes internacionales de actores públicos y privados (2011: 168). Estos mecanismos de regulación de las prácticas no necesariamente tienen el mismo objetivo que las normas formales (ídem). Observar la regulación de la edición genética en un sentido amplio nos permitirá ir más allá de lo que está prohibido o no, lo que se realiza legal o ilegalmente, para avanzar en una comprensión más amplia de cuáles son efectivamente los diversos actores y factores que condicionan aquello que se puede o no hacer y en qué sentidos.

d. Estrategia metodológica y fuentes

Con el propósito de comprender las promesas y amenazas que suscita la investigación, desarrollo y aplicación de la edición genética en Argentina, utilizaremos herramientas de metodología cualitativa. Indagaremos en las prácticas y estrategias desplegadas por los actores, pero también en la significación y el propósito que otorgan a estas, que no creemos posible alcanzar por medio de la cuantificación (Strauss y Corbin, 2002: 11-12). Observaremos “las incertidumbres, vacilaciones, dislocaciones y estados de perplejidad” (Latour, 2008: 75) de los actores, que “se dedican a proveer explicaciones polémicas de sus acciones así como de las de los demás” (ídem.).

Para identificar a los actores y reconstruir qué, quiénes, cómo, dónde y para qué están trabajando con nuevas técnicas de edición genética, recurrimos a diversas fuentes y materiales documentales. En ausencia de información centralizada y actualizada, dado lo reciente de la técnica al inicio de esta investigación, la búsqueda fue manual y, de cierta manera, artesanal. Para obtener datos respecto de los proyectos de I+D, las trayectorias de quienes los realizan y sus instituciones de pertenencia, revisamos las *publicaciones, comunicaciones y páginas web* de universidades, laboratorios, empresas, centros de investigación, y organismos que

financian, evalúan y albergan proyectos CyT, como la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica y el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICET). Nos servimos de la *base de datos de investigadores y becarios* de estos organismos, en la que buscamos quiénes trabajan con CRISPR, para luego indagar en sus *currículos personales*, la información disponible en diversas páginas y *redes sociales* (Linkedin, Twitter, Instagram, Facebook), y también en los *artículos* publicados en revistas académicas y de divulgación científica. En ellos observamos las referencias y menciones a colegas, hasta que logramos reconstruir una red de relaciones saturada entre quienes trabajaban con CRISPR en Argentina.

En muchos casos, notas y entrevistas brindadas a los *medios de comunicación* resultaron útiles para identificar actores relevantes, y para complementar, constatar y actualizar los datos disponibles. Por ello, examinamos las publicaciones etiquetadas como “CRISPR” o “edición genética” en los *diarios digitales* más leídos del país.⁹ También fueron una fuente central a la hora de recuperar los discursos que circulan sobre la edición génica y los ejes temáticos en que se ordenan. Entendiéndolos como un canal de la divulgación científica (Blanco López, 2004), identificamos los hechos científicos que repercutieron en los medios de comunicación y cómo lo hicieron, fue una forma de registrar cuáles eran concebidos como socialmente relevantes y por qué motivos.

Para entender el marco formal en que se desenvuelve la edición genética en Argentina y el rol de las distintas agencias del Estado en su regulación, estudiamos la *legislación* (Leyes, Resoluciones, Decretos, Reglamentaciones, Convenios y Tratados internacionales) con competencia en la cuestión. Esto nos permitió jerarquizar quiénes son los decisores y responsables en la materia y qué criterios orientan su acción. La *bibliografía jurídica sobre edición genética* nos permitió recomponer los debates y ejes controversiales en torno a las normativas, y los cambios que experimentó durante el transcurso de nuestro trabajo de campo. También fue una fuente útil para tipificar los modelos predominantes de legislación de las biotecnologías vigentes en otros países y regiones del mundo, en tanto la formulación de estos marcos legales responde a una lógica de relaciones e

⁹ Clarín, Infobae, La Nación y TN, aunque de modo no exclusivo. Por ejemplo, se consideró también Página12 para minimizar los sesgos ideológicos entre detractores y defensores del gobierno.

intercambios que es global. Dicho de otro modo, la decisión de cada Estado sobre cómo regular la edición genética y otras biotecnologías previas como los transgénicos, impacta en las agendas de investigación y la estructura productiva de países y regiones más allá de sus propias fronteras: condiciona las relaciones de intercambio global y, con ellos, la balanza comercial de muchas economías que, como Argentina, tienen sus exportaciones concentradas en pocos productos y destinos. Esto nos permite reflexionar sobre las particularidades de hacer innovaciones desde la periferia, y cómo estas relaciones de interdependencia condicionan la I+D científico-tecnológica y las discusiones sobre qué desarrollo nacional es posible y deseable.

También realizamos *entrevistas*, que nos permitieron comprender las opiniones, valores y motivaciones de los actores, y asomarnos a sus prácticas de un modo que evidencia que son mucho más híbridas de lo que están dispuestos a reconocer. Gracias a estos testimonios pudimos reconocer los aspectos más desafiantes y problemáticos de su trabajo, y aquello que, dicen, los limita, preocupa o entusiasma. En este sentido, constituyen el sustrato que conecta y organiza la información proveniente de otras fuentes. Las entrevistas fueron *semi-estructuradas*, siguiendo la guía disponible en el Apéndice A, para estandarizar las preguntas y garantizar cierta simetría entre los temas abordados con cada entrevistado, pero facilitando el acceso a información sobre la que a priori no teníamos conocimiento y echar luz sobre las cuestiones que más interesan y preocupan a ellos.

El criterio para la construcción de la muestra buscó representar de manera equilibrada a las instituciones de pertenencia (del sector público y el privado, con y sin fines de lucro) y las personas en diversos cargos, como también incluir a los distintos grupos etarios alcanzados y cierta paridad de género. Se realizaron diecinueve entrevistas a científicos que hacen I+D con CRISPR y a quienes se encargan de la vinculación científico-tecnológica en cada institución de este tipo relevada (universidades, incubadoras de empresas y *company builders*). A lo largo del trabajo referiremos a las mismas apelando al cargo, función, rol o disciplina del entrevistado que justifica la relevancia de sus afirmaciones, utilizando como referencia común la fecha de realización de la entrevista. Las mismas tuvieron lugar entre marzo y noviembre de 2019, y el detalle de las fechas se encuentra en el Apéndice B, junto a los principales datos curriculares de los entrevistados, todos en

género masculino, para minimizar la posibilidad de que sean identificados y proteger así su anonimato.

Si bien la muestra puede parecer pequeña, contempla a más de la mitad de los científicos y vinculadores que pudimos relevar antes de comenzar las entrevistas, por lo que resulta suficientemente representativa del universo de quienes trabajaban con CRISPR en Argentina al momento de iniciar esta investigación. Por razones de acceso y presupuesto, limitamos la muestra a la zona del AMBA (Área Metropolitana de Buenos Aires), que incluye a la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y la zona urbana de la Provincia de Buenos Aires, concentrando el núcleo más dinámico del país. A 2013, el 37% de los grupos de investigación en biotecnología se desempeñaba en la Provincia de Buenos Aires y el 26% en la Ciudad Autónoma, concentrando más de la mitad de la actividad (MINCYT, 2014: 11).

El diseño original de esta tesis preveía entrevistar a funcionarios estatales a cargo del diseño de las normativas sobre edición génica y del control y la evaluación de la investigación, producción y comercialización de productos y servicios biotecnológicos, pero solo tuvimos acceso a los del Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA). No pudimos entrevistar a funcionarios de la Dirección de Biotecnología, principal organismo regulador de estas prácticas, pese a que quienes desempeñaban funciones en él realizaron gran cantidad de intervenciones públicas y entrevistas a la prensa durante el período de nuestro trabajo de campo. Aunque sostuvimos intercambios telefónicos y por correo electrónico con algunos, incluso con el propio Director de Biotecnología, estos evadieron o rechazaron la instancia de entrevista. Nos brindaron, en cambio, acceso a las publicaciones científicas que realizaron sobre los aspectos regulatorios de la edición genética. Por esta razón, reconstruimos la postura adoptada por el organismo a través de diversos documentos redactados por ellos, como a partir de entrevistas que concedieron a medios de comunicación, conferencias y otras fuentes análogas. Cuando fue necesario reconstruir el posicionamiento de las agencias del Estado en perspectiva histórica, nos servimos de documentación pública en materia de política científico-tecnológica, como los *Planes estratégicos y programáticos* de las oficinas dedicadas a su fomento y organización.

También recuperamos información y testimonios de las *observaciones* que realizamos en eventos sobre edición génica abiertos al público, algunos con

propósitos de divulgación, otros para expertos o públicos especializados, y otras para fomentar la vinculación entre sector público y privado. Participamos de cuatro durante 2018 y 2019, en los que observamos quiénes participaron y asistieron a cada uno de estos espacios, quiénes eran identificados como expertos y en qué materia, qué cuestiones subrayaron como relevantes y cuáles minimizaron. Registramos otros cinco eventos durante 2020 y 2021, en formato virtual, que nos permitieron actualizar la información obtenida durante el período de entrevistas y relevamiento concentrado en 2019. El detalle de cada uno de ellos se encuentra en el Apéndice C.

Finalmente, tomamos como *testimonio* el relato de científicos e investigadores que fueron invitados a dialogar sobre sus proyectos en el marco de los espacios de formación y discusión de los que participo en calidad de becaria y estudiante del IDAES-UNSAM. Entre ellos destacan los encuentros realizados en el marco del *Círculo de Estudios sobre Ciencia y Tecnología* entre 2016 y 2017 en el campus de la Universidad Nacional de San Martín (UNSAM), y del *Círculo de Estudios sobre Ciencia y Periferia*, que se sostuvo de manera remota entre 2020 y 2021. Los encuentros e invitados se detallan en el Apéndice D, y serán citados aludiendo a la fecha de su realización, al igual que las entrevistas.

En suma, esta tesis se funda en una diversidad de materiales que constituyen distintas mirillas para observar un conjunto de prácticas y dinámicas que conforman la I+D con CRISPR en Argentina. De este modo, diversificamos las vías de acceso tanto a las prácticas de científicos, tecnólogos, vinculadores, empresarios y funcionarios de gobierno como a los relatos que propios y ajenos construyen de las mismas, para tratar de situarnos en un punto intermedio entre los quehaceres diarios y las metas de innovación y desarrollo que se formulan respecto de las biotecnologías. Este trabajo busca plasmar la complejidad de este objeto de estudio poniendo en diálogo materiales documentales, bibliográficos, de ficción y hasta normativos, sobre los que trabajamos desde 2014 para nuestra tesis de maestría (Bilański, 2018b), con entrevistas, observaciones y otros intercambios con los protagonistas.

e. Estructura de la tesis

Esta tesis está estructurada en tres partes. La *primera* repone las promesas y temores asociados a la biotecnología moderna en general y a las nuevas técnicas de edición génica en particular. El primer capítulo reconstruye la historia de la biotecnología moderna desde sus inicios en los años 70's hasta el descubrimiento de CRISPR y su potencial uso en edición genética. Se concentra en los ejes de debate en torno a los hitos más significativos, como la clonación de mamíferos a partir de células adultas, observando los discursos a favor y en contra y las evidencias, justificaciones o antecedentes en que se sustentan. Veremos así que las nuevas técnicas de edición genética se enmarcan en las interpretaciones que las preceden. Describiremos en qué consisten cada una de ellas, para comprender en dónde radica su carácter disruptivo.

Las expectativas y amenazas suscitadas específicamente por CRISPR alrededor del mundo, serán desarrolladas en los restantes capítulos. El segundo analiza aquellos que despertó esta novedosa técnica en el campo de la medicina y la salud, esto es, enfocando en su potencial aplicación en seres humanos, e identifica los esfuerzos globales por intentar regular estas prácticas. El tercero hace lo mismo respecto de las aplicaciones agroganaderas, destinadas al comercio, predominantes en nuestro país. Dadas las diferencias en la estructura productiva de cada región, las reacciones dejan de ser universales, aunque no pierden la perspectiva ni el potencial impacto global, dada la interdependencia comercial. Por ello, profundizaremos en las promesas de la biotecnología moderna en Argentina y la historia en que arraiga, esto es, describiendo sus inicios en el país y la trayectoria de sus principales aplicaciones, para entender qué lugar ocupan las nuevas técnicas de edición genética. Para comprenderlo de modo cabal, consideramos la trama de relaciones y regulaciones global que constriñe y ordena el intercambio.

La *segunda parte*, también se divide en tres capítulos, que indagan en las prácticas de los investigadores, el día a día del trabajo científico en Argentina. El capítulo cuatro busca recomponer el funcionamiento del sistema científico argentino, esto es, cómo se organiza y financia la producción y aplicación del conocimiento científico en el país, qué instituciones participan y con qué fin. Para comprender el rol que se asigna a este, observaremos en perspectiva histórica cómo los procesos

económicos, políticos y sociales que atravesaba Argentina fueron condicionando los modos de hacer y concebir la investigación, el desarrollo y la innovación, y su particular configuración institucional. Concluye esbozando algunas dificultades para hacer investigación en el país, que son comunes a todas las ciencias, y otras específicas de la innovación tecnológica.

El capítulo cinco reconstruye qué se está investigando con CRISPR en Argentina y con qué objetivos. Para presentar el campo de la edición génica, se sugieren algunas variables que permiten vislumbrar el modo en que la procedencia disciplinar, pertenencia institucional y el momento de la carrera profesional puede incidir en la orientación y las decisiones que adoptan algunos científicos-investigadores. Planteados los obstáculos económicos e institucionales para avanzar con sus proyectos, este capítulo analiza las estrategias de los científicos para continuar con sus trabajos. De este se desprende la hipótesis de que algunas de las características más “virtuosas” de la I+D resultan más consecuencia de las acciones individuales para afrontar los obstáculos, que efecto de las políticas CyT o de cierta orientación institucional. De este modo, se revelan dinámicas informales de vinculación entre instituciones, usualmente del sector público y el privado, que pueden conllevar un beneficio mutuo.

El sexto capítulo repone algunas transformaciones del capitalismo que convergen en el “ecosistema startup”, una forma de vinculación entre ciencia y empresa que crece globalmente, sobre todo en el ámbito de la biotecnología, y que en Argentina adquiere características específicas, dado el rol del sector público en la investigación científica. Luego de mostrar cómo este modelo comienza a anclar en el país y presentar a sus principales actores, veremos cómo se conforman las redes de cooperación y los vínculos formales y novedosos entre sector público y privado, que resultan de las estrategias y relaciones informales a que apelan para afrontar la necesidad, y que acaban volviéndose virtuosas. Se detallan aquí los proyectos empresariales que, con esta dinámica, se están desarrollando en Argentina utilizando CRISPR, como base para reflexionar en torno a una nueva dinámica de innovación biotecnológica, sus límites y potencialidades.

Dicho de otro modo, a la luz de las promesas y el análisis de las prácticas de las investigaciones con edición genética en el país, la *tercera parte* reflexiona sobre la apuesta por cierto desarrollo nacional mediante la innovación biotecnológica.

El capítulo siete se pregunta por los márgenes para innovar en un país semi-periférico como Argentina. Analizando el potencial innovador de la articulación estratégica entre sector público y privado (cuyas capacidades se evidenciaron con mayor claridad frente a la pandemia de coronavirus), y observando dos aplicaciones biotecnológicas que suscitaron polémica, reflexiona sobre la ambigüedad en la capacidad innovadora y decisora de Argentina, y la complejidad de su relación con los “centros”. De este modo, identificamos cuánto del lugar semi-periférico de Argentina constriñe la innovación biotecnológica, pero también qué ventajas puede ofrecer o permite explotar.

El capítulo ocho reconstruye históricamente el rol que la tecnología representó para ciertos imaginarios de país, observando especialmente las transformaciones globales y nacionales que reactivan la discusión por el modelo de desarrollo posible y deseable. Ahondaremos en el modo en que se significaron las promesas asociadas a la edición genética, para aprender de sus logros y límites. Allí, sostendremos que existen ciertas incongruencias entre las promesas que movilizan los promotores de cada aplicación de las biotecnologías (sea la agricultura de exportación, sea la industria conocimiento-intensiva) y las posibilidades (los problemas y las ganancias) de CRISPR, observando la orientación que adquiere su incipiente I+D. Para concluir, busca sentar puntos de diálogo para discutir el modelo de desarrollo para nuestras sociedades, desmenuzando las evidencias y las objeciones que plantean los defensores y los críticos de la estrategia actual: basarlo en la explotación de los recursos naturales de exportación. Así, reflexiona sobre cuánto es posible orientar el desarrollo, e innovar en un contexto geopolítico asimétrico, sin llegar a la ruptura o la confrontación con los centros.

Finalmente, en las conclusiones, abordamos los principales hallazgos de este trabajo en relación a las variables endógenas y exógenas que condicionan las posibilidades de aprovechar las ventajas comparativas de CRISPR, y estimulan o no a la realización de I+D de vanguardia en Argentina. Recuperamos también algunas enseñanzas que emergen de observar la complejidad de los vínculos entre ciencia, empresa y Estado, tanto para su análisis como para su fomento. Concluimos señalando líneas de trabajo sobre las que valdría la pena profundizar en el futuro y también algunos sesgos de nuestra propia investigación.

***PARTE I. PROMESAS Y CONTROVERSIAS DE LA
BIOTECNOLOGÍA MODERNA***

1. LA ERA DE LA INGENIERÍA GENÉTICA: NOVEDAD, ESPERANZA Y RIESGO

Ejércitos de clones, órganos de repuesto, bebés de diseño, son algunas de las fantasías que rondan los desarrollos biotecnológicos desde hace décadas. Para comprender cuándo y por qué surgen estos imaginarios, este capítulo reconstruye la historia de la biotecnología moderna, etapa de la disciplina que inicia en los años 70's. Así, llegaremos al más reciente gran hito de este recorrido: las nuevas técnicas de edición génica. Además de explicar qué son y en qué consisten, indagaremos en dónde reside su novedad frente a otros grandes acontecimientos en la historia de las biotecnologías; y las promesas y temores que suscitaron. CRISPR, la última y más revolucionaria de estas técnicas, reavivó en todo el mundo dos debates, uno referido a los aspectos éticos, y otro a la cuestión legal de su aplicación en humanos. En este primer capítulo nos ocuparemos de las cuestiones éticas, enfatizando en sus antecedentes, esto es, en los argumentos y ejes de debate con biotecnologías previas que sirvieron de marco para la comprensión pública de la edición genética. Nos apoyamos en las entrevistas realizadas pero principalmente en el material bibliográfico y documental disponible. Se observan los argumentos brindados por los actores sociales en fuentes diversas que abarcan desde documentos institucionales, páginas web, informes y comunicados, hasta obras de ficción y medios de comunicación.

1.1. Los inicios de la biotecnología moderna

Originalmente biotecnología designaba cualquier aplicación técnica sobre seres vivos, o el uso de estos para producir un bien o servicio para el hombre. La domesticación del ganado y la mejora de los cultivos mediante la polinización cruzada artificial son los ejemplos más antiguos (Bhatia, 2018: 1).¹⁰ La utilización de fermentos para elaborar alimentos (queso, vino, cerveza, yogur) es otro proceso

¹⁰ Por polinización cruzada se entiende el proceso por el que los granos de polen son transferidos desde la flor de una planta hacia la de otra. Es artificial cuando el humano reemplaza a los agentes naturales responsables de la polinización (insectos, aves, viento, agua, entre otros) durante el proceso.

biotecnológico, previo incluso a que el hombre comprendiera su funcionamiento, o supiera –como descubrió Louis Pasteur en 1857– que en la fermentación intervenían organismos vivos. Lo que entendemos actualmente por biotecnología es la etapa que la historia de la disciplina identifica como biotecnología moderna, que comienza aproximadamente en la década de 1970 con la ingeniería genética, y consiste en intervenir sobre los genes de los seres vivos.

Teniendo como antecedente el descubrimiento de la doble estructura axial del ácido desoxirribonucleico (ADN) en 1953,¹¹ los primeros experimentos de ingeniería genética comenzaron a realizarse solo veinte años después. Cohen, Berg y Boyer lograron diseñar colonias de bacterias *escherichia coli* capaces que expresar un gen extraño a su organismo, que les permitió resistir un antibiótico. Para ello, los investigadores recurrieron a un proceso llamado recombinación: para cortar el ADN bacteriano usaron proteínas, que dejaron cortes desiguales en los extremos de la molécula, donde se podía insertar ADN de otro ser. Así, la bacteria podía comenzar a expresar el nuevo ADN como si fuera propio (González, 2011). Una biotecnóloga simplificaba el proceso explicando que la tecnología recombinante consiste en “meter a un organismo un gen de otro para que genere algo” (08/03/2019).¹² Esto marcó el inicio de la biotecnología moderna, y abrió la puerta a nuevos desarrollos basados en la secuenciación del ADN y las técnicas de clonación (Bhatia, 2018: 14).

Gutman y Lavarello (2014a) identifican la etapa inicial de la biotecnología moderna entre 1976 y 1985. La misma se centró en las plataformas de proteínas recombinantes y anticuerpos monoclonales, nuevas tecnologías sobre las que se asentaron las primeras empresas especializadas en biotecnología “como Genentech (1976), Biogen (1978) y Amgen (1980), utilizando una organización modelo basada en la integración de todas las fases de la cadena de innovación, incluida la etapa de producción y la comercialización de sus propios productos” (ibíd.: 162).¹³ La primera de ellas, por ejemplo, fue creada por el empresario norteamericano Robert Swanson, quien vislumbró las aplicaciones potenciales de esta nueva tecnología y convenció al

¹¹ Aunque se identifique a Watson y Crick (1953) como los descubridores del ADN, posteriormente se visibilizó la importancia de Rosalind Franklin en el proceso (Klug, 1968).

¹² Como se indicó en la introducción, en este trabajo las entrevistas realizadas por nosotros serán identificadas aludiendo a la fecha de su realización y el cargo, posición o función del entrevistado. Más información sobre estos pueden encontrarse en el Apéndice B, mientras que la guía de entrevista está disponible para consulta en el Apéndice A.

¹³ La traducción de la bibliografía en idioma extranjero citada en las referencias, es nuestra.

propio Boyer de llevar al mercado productos elaborados con la tecnología del ADN recombinante. Juntos fundaron Genentech, que dos años después produjo la insulina humana recombinante a partir de bacterias genéticamente modificadas.¹⁴

Así se produjo por primera vez una proteína humana en bacterias, técnica que será utilizada especialmente en la producción de fármacos. La Universidad de Stanford obtuvo la patente por el ADN recombinante en 1980. Se estima que la misma, que venció en 1997, generó ingresos de 250 millones de dólares durante esos años de explotación de la patente (Pellegrini, 2014: 72). Y es que si bien los primeros experimentos fueron en bacterias, el mercado potencial de aplicar estas técnicas en la producción de fármacos, pero también en la mejora de vegetales, era evidente. Como señala Lavarello (2018), la posibilidad de elaborar biofármacos a partir de biotecnologías, en lugar de por procesos extractivos tradicionales como hasta entonces, reducía los costos y alteraba el paradigma tecnológico dominante en la industria farmacéutica, abriendo además oportunidades para la productividad de su I+D.¹⁵ En 1982 la nueva insulina recombinante ya estaba aprobada por la *Food & Drug Administration* (FDA) y a la venta (González, 2011).¹⁶

De este modo, el interés comercial por los desarrollos biotecnológicos creció exponencialmente entre fines de los 70's y principios de los 80's. En Estados Unidos, el sector privado reclutó a los primeros expertos en ingeniería genética y fundó numerosas empresas en esos años. Solo entre 1980 y 1984, 72 compañías solicitaron la licencia para utilizar la tecnología del ADN recombinante (Pellegrini, 2014: 71-72). Y es que estos procesos estuvieron acompañados por un conjunto de cambios no deliberados ni simultáneos (Lavarello, 2018: 68), en los derechos de propiedad intelectual y las instituciones financieras (Gutman y Lavarello, 2014a: 162).

Entre las modificaciones en los derechos de propiedad intelectual destacan tres. Primero, la decisión de la Corte Suprema –en el caso *Diamond vs. Chakrabarty* de 1980– de que las formas de vida modificadas genéticamente eran patentables

¹⁴ Por genéticamente modificado se entiende a cualquier organismo cuyo ADN ha sido cambiado de modo artificial y deliberado por el ser humano. Si la modificación incluye algún componente genético de otra especie, el organismo será considerado transgénico (OGM).

¹⁵ Según Lavarello, la productividad de la I+D en Estados Unidos es estimada a partir de la relación entre el gasto en I+D y el indicador de drogas aprobadas (2018: 65).

¹⁶ Es la agencia del gobierno de los Estados Unidos responsable de la regulación de alimentos, aparatos médicos y medicamentos (para humanos y animales), cosméticos, productos biológicos y derivados sanguíneos. En Argentina, el organismo análogo es la Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica (ANMAT).

(Chesnais, 2014: 117), esto es, que no solo las invenciones sino también los descubrimientos –como genes o secuencias de genes de organismos vivos– se volvían patentables (Orsi y Coriat, 2018).¹⁷ Segundo, la Ley Bayh-Dole, que habilitó a las universidades y pequeñas empresas a poseer patentes de inventos desarrollados con fondos federales (Drahos y Braithwaite, 2002: 163). Antes de la Ley, las patentes de esas invenciones terminaban en la agencia de financiación federal correspondiente o pasaban directamente al dominio público mediante su publicación (ídem). Finalmente, los cambios regulatorios en el mercado financiero que permitieron cotizar en bolsa a empresas sin ingresos, al admitir la valorización de los derechos de propiedad en sus balances (Lavarello, 2018: 69).

Entre los cambios institucionales destacan la expansión de las *startups* –empresas especializadas en I+D y dedicadas a comercializar la ciencia– gracias a su estrecha relación con los capitales de riesgo (*venture capital*), esto es, a excedentes financieros que se invierten en estas empresas mientras las orientan a cotizar en bolsa.¹⁸ Para Orsi y Coriat (2018), la transformación del conocimiento en una mercancía –en forma de derechos de propiedad intelectual comercializables– favoreció la entrada del capital financiero en la producción de conocimiento, constituyendo así las bases del modelo de promoción de empresas innovadoras que Estados Unidos sostiene desde los 90’s.

Todo esto confluye en la emergencia de un mercado de intercambio de un “capital ficticio basado en la ciencia” (Lavarello, 2018: 67), es decir, de promesas científicas, que hacen a la “bioeconomía”: concepto en que convergen la expansión de los activos financieros y de la biotecnología. Así, esta última se fue posicionando como un área clave para el desarrollo económico, fomentando que los distintos gobiernos consideren al sector como estratégico y, en consecuencia, dirigieran esfuerzos en términos de financiamiento, formación de recursos humanos, infraestructura, regulación jurídica, entre otros (Córdoba y Hernández, 2013: 78). En el Mercosur y con la misma lógica, las biotecnologías fueron, desde los años ochenta, objeto de políticas públicas de los respectivos gobiernos (ídem).

¹⁷ Más información sobre este antecedente puede encontrarse en Pellegrini (2014: 173-177).

¹⁸ Lavarello señala que este es un punto crítico en la valorización de los activos financieros, porque es cuando los capitales de riesgo y los inversores originales de las empresas biotecnológicas pueden vender las acciones que tienen en estas y obtener ganancias extraordinarias (2018: 69).

Las grandes empresas transnacionales que invirtieron dinero en los laboratorios de ingeniería genética de las universidades norteamericanas y las nuevas firmas biotecnológicas emergentes durante principios de los 80's, dejaron de transferir esos recursos cuando consiguieron incorporar el conocimiento en ADN recombinante (Pellegrini, 2014: 73). Así surgieron muchas de las grandes empresas obtentoras de semillas transgénicas que rigen ese mercado,¹⁹ como Monsanto y DuPont entre otras, provenientes de la industria química, petrolera y farmacéutica.²⁰ De la mano de esas empresas semilleras, se expandió rápidamente durante los 90's la biotecnología vegetal, especialmente con el auge de las técnicas de clonación y transgénesis, las más prometedoras desde el descubrimiento del ADN recombinante.

Lejos de este apogeo de la biotecnología vegetal se encontraban, por esos años, las aplicaciones en animales. A principios de la década la clonación de mamíferos solo podía realizarse desde células embrionarias, que no tuvo resultados comerciales positivos. Esto porque la tecnología de transferencia nuclear que se utilizaba era poco eficiente –menos del 30% de los embriones transferidos terminaba en animales nacidos– y altamente costosa, al menos en relación al valor estimado de los embriones clonados (Thomas, Fressoli y Gianella, 2011: 123). En consecuencia, muchas empresas cerraron sus laboratorios de investigación en clonación y dejaron de invertir en la técnica. Por ello, fueron mayormente universidades y laboratorios públicos quienes continuaron trabajando en esa área.

Esto cambió en 1996, cuando el *Roslin Institute* anunció que había logrado aquello que hasta entonces se creía imposible: clonar exitosamente un mamífero a partir de células adultas. Había nacido viva y saludable la oveja Dolly.²¹ Si bien la clonación también resultó altamente compleja y costosa además de escasamente eficaz, abrió las puertas a la utilización de técnicas de transgénesis en animales (Thomas, Fressoli y Gianella, 2011: 126) y a un nuevo –aunque reducido– mercado de servicios de clonación –normalmente de toros y vacas campeones, años después también de caballos y algunas mascotas–. Es así que desde mediados de los 90's

¹⁹ Se denomina obtentoras a aquellas que producen la semilla y poseen la licencia del transgénico.

²⁰ Lavarello identifica una “segunda oleada” de biotecnologías entre 1986 y 1992, enfocada en la investigación de los mecanismos básicos de las enfermedades y la identificación de moléculas (2018: 64).

²¹ Para más sobre la técnica que hizo posible a Dolly ver: Wilmut, et al. (1997); sobre las condiciones que llevaron a este desarrollo y su anuncio, ver Bilański (2018b).

hasta la primera década de los 2000, tuvo lugar una tercera ola de “oportunidades” asociadas a la biología molecular, basada en los avances de la genómica e impulsada por el Programa Genoma Humano (PGH) (Lavarello, 2018: 64). El PGH fue un proyecto de investigación científica internacional que se propuso secuenciar y cartografiar todos los genes del genoma humano. Constituyó un esfuerzo sin precedentes, que costó alrededor de 3000 millones de dólares y duró más de una década. Con inicio formal en 1990, el 14 de abril de 2003 culminó la secuencia completa de los tres mil millones de pares de bases en el genoma humano, dos años antes de lo previsto, aunque no se logró conocer la función de todos.²²

El entusiasmo por las posibilidades que esa información permitía imaginar, especialmente para el campo de la medicina, no se hicieron esperar, y alentaron la apertura de nuevos proyectos de investigación en el campo de la salud y la genética. El director del PGH Francis Collins sostuvo al momento del anuncio que “la terminación del Proyecto Genoma Humano no debe ser visto como un fin en sí mismo. Más bien, marca el comienzo de una nueva y excitante era - la era del genoma en la medicina y la salud”.²³ Este clima de cambio de época coincide no solo con el nuevo milenio, sino también con un momento álgido en los debates éticos, sociales y políticos que los desarrollos científico-tecnológicos suscitaban al menos en los países centrales, especialmente Estados Unidos y Europa Occidental.

1.2. Temores y promesas en torno a la I+D biotecnológica

En 1976, el *National Institutes of Health* (NIH) de Estados Unidos publicó normas de investigación para la obtención de moléculas de ADN recombinante.²⁴ El propósito era “deslindar los experimentos seguros, exentos de peligro, de los más

²² Sus orígenes se remontan a Estados Unidos en los 80's, con su financiación millonaria al Instituto Nacional de Salud (NIH) y el Departamento de Energía (DOE) para estudiar el genoma. Estos hicieron las primeras planificaciones y avances, especialmente técnicos y metodológicos. Entre 1988 y 1990 el proyecto se internacionalizó, y contó inicialmente con la colaboración de Japón, Gran Bretaña y Francia, especialmente con financiación y desarrollo tecnológico. Luego se formó la Human Genome Organization, para coordinar todos los esfuerzos a escala internacional, incluyendo a la Comunidad Europea (Moreno Muñoz, 1996: 129-130). Para un análisis exhaustivo de los inicios e implicancias del PGH se recomienda ver Moreno Muñoz (1996).

²³ “Consortio Internacional Completa el Proyecto Genoma Humano”, en *NHGRI*, 14 de abril de 2003. Consultado el 04/06/2021 en: <https://bit.ly/3z565QV>

²⁴ El NIH es la agencia de investigación médica de Estados Unidos. Se compone de 27 Centros e Institutos, y depende del *Department of Health and Human Services* (Departamento de Salud y Servicios Humanos). Fuente: www.nih.gov Consultada el 31/03/2021.

arriesgados” (Grobstein, 1977: 10), como respuesta a un aplazamiento temporal y parcial solicitado por los propios investigadores. En una serie de encuentros y debates que tuvieron lugar dos años antes, estos concluyeron que se necesitaba tiempo para responder tanto a las preguntas científicas como a aquellas por los efectos sociales derivados de la nueva técnica. Se observaba que “los esquemas optimistas y los pesimistas se mueven en el terreno de la alta especulación: la distancia que los separa representa el elevado grado de incertidumbre que rodea a este gran salto adelante en la genética molecular” (Grobstein, 1977: 6). Esa incertidumbre sugiere catalogar a la ingeniería genética como “ciencia posnormal”, esto es, una ciencia que no dispone de suficiente información como para tomar decisiones fundadas en sólida evidencia (Funtowicz y Ravetz, 1993). Por esa razón, los desafíos que plantea no pueden ser resueltos entre los propios científicos sino que requieren de la incorporación de otros conocimientos y consideraciones éticas a la discusión y, por tanto, de otros actores (ídem).

Lejos de saldarse, la brecha entre optimistas y pesimistas persiste, y las controversias reaparecen con cada nuevo salto tecnológico, reavivando las promesas y temores asociados a ellas. Con el nacimiento de la oveja Dolly en 1996, se hizo técnicamente posible la clonación de mamíferos adultos, humanos incluidos, al menos en la teoría. La noticia sacudió al mundo, aunque buena parte del mismo no tuviera idea de lo que Dolly era e implicaba, en los hechos ni en sus potenciales efectos. Alrededor del globo, los programas de noticias captaban el clima del momento: una mezcla de asombro, expectativa, incertidumbre y temor. Rápidamente el foco de atención se fijó en la posibilidad de clonar humanos, que generó un debate considerable y tuvo la atención internacional durante 1997 (Marks, et al., 2007: 196). Se consolidó como un acontecimiento histórico sobre el que los actores sociales debían pronunciarse y tomar posición (Bilański, 2018b).

En todo el mundo, los políticos comenzaron a reaccionar de inmediato, de modo preventivo pero categórico. Los entonces primer ministro británico Tony Blair, y el presidente de los Estados Unidos, Bill Clinton, censuraron cualquier intento de clonar seres humanos (The President’s Council on Bioethics, 2002: 28), mientras este último encomendaba a la Comisión Nacional Asesora de Bioética un informe sobre las cuestiones legales y éticas relacionadas con la técnica de clonación (Bonnicksen, 1997: 304; Wright, 1997: 299) y un plan de acción para “prevenir su abuso”

(Clinton, 1997a). El presidente de Estados Unidos también prohibió destinar presupuesto público a la clonación de seres humanos (Clinton 1997b; 1997c).²⁵ Así, los países comenzaron a movilizarse para aplacar posibles efectos adversos o no deseados de estas nuevas aplicaciones, intentando alcanzar algún tipo de acuerdo.

Sin embargo, se trataba menos de detener la investigación en humanos que de ponerle límites. Así se aprobó la *Declaración Universal sobre el Genoma Humano y los Derechos Humanos* de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) en noviembre de 1997,²⁶ que estableció que las investigaciones sobre el genoma humano y sus aplicaciones debían respetar la dignidad, la libertad y los derechos de la persona. Se pedía a los Estados que tomaran “las medidas apropiadas para favorecer las condiciones intelectuales y materiales propicias para el libre ejercicio de las actividades de investigación sobre el genoma humano y para tener en cuenta las consecuencias éticas, legales, sociales y económicas de dicha investigación” (UNESCO, 1997). Enfatizó también la importancia de contar con el consentimiento de la persona y la necesidad de evitar la discriminación basada en características genéticas. De este modo, se prohibía la clonación humana con fines reproductivos, pero dejando la puerta abierta a otro tipo de investigaciones. Esta distinción constituirá un punto clave en todos los debates sobre técnicas que permiten reproducir y modificar el genoma.

Con el paso del tiempo, los protocolos internacionales dejaron de orientarse a la clonación, al menos exclusivamente, para enfocarse en legislar sobre los organismos genéticamente modificados (en adelante OGM) en general. En paralelo, las motivaciones dejaron de ser fundamentalmente éticas y comenzaron a centrarse en cuestiones económicas, como se puede observar en torno al *Protocolo de Cartagena sobre seguridad de la biotecnología del Convenio sobre la diversidad biológica*, que marcó un parteaguas internacional. Argentina lo firmó, pero el Congreso nunca ratificó el documento, alineándose así con países como Estados Unidos, Canadá, Australia, Chile y Uruguay en lo que se llamó “Grupo Miami”, que congrega a los países que rechazan la propuesta de identificar mediante un etiquetado

²⁵ Mediante lo que se conoce como la Enmienda Dickey-Wicker (1996) que originalmente prohibía financiar cualquier trabajo que involucre la creación o destrucción de embriones humanos (Zhai, Ng y Lie, 2016: 117), lo que fue modificado en 2009 por Obama.

²⁶ La UNESCO fue fundada en 1945 y actualmente cuenta con 195 Estados Miembros y 10 Miembros. Argentina es socia desde 1948. Fuente: <https://es.unesco.org/>

a los productos OGM o sus derivados.²⁷ Aducen que constituye una medida paraarancelaria que establece barreras encubiertas al comercio, bajo la fachada del respeto por la bioseguridad del ambiente (Dellacha, et al., 2003: 25).²⁸ De acuerdo con Poth, el “Grupo Miami” intentaba

Hacer prevalecer consideraciones comerciales frente a las ambientales y sociales, promoviendo la exclusión de las normativas del protocolo sobre las commodities y los productos derivados de OGM, fomentando el no etiquetado, la restricción de la implementación del documento con estados no partes y la prevalencia de acuerdos internacionales previos (especialmente tratados comerciales) (Poth, 2013: 306).

1.2.1. Ejes y argumentos de debate: el caso de la clonación de mamíferos

El debate que suscitó Dolly en torno a la clonación, con reflexiones sobre diferentes aspectos y posibles efectos de la técnica, incluyó diversidad de actores y ámbitos de discusión. Eso lo convierte en un buen caso para observar los ejes que ordenan esta clase de controversias socio-técnicas.²⁹ En Bilański (2018b) delimitamos una serie de arenas públicas –artística, científica, religiosa y ambiental– que agrupan actores funcionalmente diferentes,³⁰ y reconstruimos los argumentos que circulan públicamente sobre la cuestión. Allí se evidenciaron preocupaciones globales, que debaten cuestiones difícilmente reductibles a fronteras territoriales y producen contenido en un formato que trasciende el tiempo y espacio (como publicaciones en revistas, comunicados, libros, películas), y otras locales y más efímeras, principalmente en los medios masivos de comunicación.³¹ En este sentido,

²⁷ La noción de etiquetado refiere a la colocación de etiquetas, principalmente en los alimentos, que detallan la composición de un producto. Esto permitiría distinguir aquel que es o contiene organismos clonados, genéticamente modificados y/o derivados de los que no, dificultando la exportación de la producción local a países que prohíben este tipo de productos, como la Unión Europea.

²⁸ Para más sobre los conflictos internacionales en torno al Protocolo de Cartagena puede consultarse Bilański (2018b: 137-139), Grau López (2014) y Poth (2013).

²⁹ La noción de controversia socio-técnica refiere a estas “situaciones en las que aparece algún motivo de discordia o disenso entre actores ligados a la tecnociencia y actores sociales, o bien entre los distintos actores promotores de un cambio técnico –es decir, discrepancias entre expertos–” (López Cerezo y Luján, 1997: 207 en Merlinsky, 2013b: 67). Como sostiene Merlinsky, estos conflictos “implican disputas por el control de bienes y recursos, pero también respecto al poder de generar e imponer ciertas definiciones de la realidad” (2013b: 67).

³⁰ En deuda con Daniel Cefai (2002) que vio en el concepto de arena la doble connotación de un lugar de combates y de una escena de realizaciones ante un público, las concebimos como plataformas de opinión y/o escenarios de debate públicos, en tanto son visibles para la ciudadanía, y cuyos actores no están claramente delimitados a priori.

³¹ Para el análisis de la arena artística estudiamos diferentes obras de ficción (libros, series, películas e intervenciones). Para la científica, nos limitamos a los debates producidos en las ciencias sociales y

como encuentran Marks, et al. (2007), las noticias se enmarcan localmente.³² De acuerdo con Alcívar, a través de estos encuadres, enfatizan o minimizan ciertos aspectos de un evento, para facilitar su interpretación y contextualización a la audiencia (2013: 123)

A continuación recompondremos los principales ejes temáticos en los que se mantuvo la discusión respecto de la clonación que, como veremos, se reavivan con cada nuevo desarrollo biotecnológico. Los argumentos a favor y en contra que se pronuncian en torno a cada uno de estos ejes perduran como repertorios socialmente disponibles para las controversias futuras. A la vez, permiten sistematizar una serie de promesas y temores asociados a los avances tecnológicos.

La clonación reavivó una gran discusión política, científica y social por *los límites de la ciencia*, que motivó réplicas principalmente morales. Quien presentaron reparos ante el avance de la ciencia y la tecnología aludieron a la imagen de científicos ambiciosos que no ponían freno a su curiosidad e ignoraban la ley para avanzar en sus investigaciones. La idea de que estos pueden hacer lo que quieren subyace, por ejemplo, a muchas de las obras de ciencia ficción, desde clásicos como *Frankenstein* hasta más contemporáneas como la película *Splice* (Natali, 2009).³³ Quienes eran más optimistas sobre el avance de las biotecnologías sostenían que el hombre debía aprovechar los progresos tecnológicos y aplicarlos al mejoramiento del mundo y de sí mismo. Este argumento asocia a los avances técnicos supuestas mejoras en la *calidad de vida*, al punto de anteponerlos al cuidado del medioambiente y el bienestar animal, es decir, de justificar un uso instrumental de estos para el beneficio humano (Bilański, 2018a: 112-113).

humanas, ya que las controversias en otras arenas disciplinas refirieron a aspectos técnicos que abordaremos en otro capítulo. Mediante documentos institucionales y pronunciaciones públicas reconstruimos la opinión de las principales organizaciones de protección medioambiental y animal (Greenpeace, PETA, entre otras) y también de las instituciones religiosas que, aunque dieron respuestas diferentes, se interesaron por los mismos temas. El detalle y análisis completo en Bilański (2018b).

³² En este sentido, Marks, et al. comparan el abordaje mediático de Dolly en la prensa norteamericana y la británica y concluyen que “el enfoque local y el uso selectivo de la misma información por parte de los periodistas proporciona la evidencia más sólida hasta ahora de que los medios de comunicación pueden enmarcar y podrían haber enmarcado activamente la biotecnología agrícola y médica y el debate público a través de su cobertura” (2007: 196), que en principio habría sido favorable a la médica y mucho más crítica de la agrícola.

³³ La película trata de dos científicos ambiciosos que no pueden resistirse a la posibilidad técnica y, transgrediendo normas legales y morales, utilizan genética humana dando nacimiento a una especie híbrida humanoide que se sale de control (Natali, 2009).

Sin embargo, cuando se discute su aplicación en humanos, las biotecnologías pierden defensores y las críticas morales se incrementan. Estas apuntan principalmente la falta de *potestad del hombre sobre la naturaleza*, esto es, que las nuevas técnicas se contraponen a la voluntad de Dios, la dignidad humana y las formas moralmente aceptables de reproducción de la especie. La genética humana es concebida por quienes sostienen este argumento como un aspecto más divino que natural, sobre el que los hombres no tienen autoridad. No solo las religiones, sino también la bibliografía sobre bioética recurrieron a esta idea. Gran parte de las producciones artísticas también coinciden, con el bioarte como principal excepción. Sosteniendo una postura generalmente favorable al desarrollo de las biotecnologías, el bioarte las utiliza como herramienta para la innovación artística, o aplicadas al auto-mejoramiento de la especie, tal como analizan Medina (2007), Massara (2013) y Costa (2016), por mencionar algunas. Sus críticas o cuestionamientos no apuntan la biotecnología en sí, sino a los seres humanos, al modo en que estos se relacionan (o no) con aquel y con la naturaleza.

Otro eje ordenador de las discusiones fue la *manipulación de la naturaleza*. Asumiendo que los límites entre la naturaleza y la cultura son cada vez más borrosos, o que el avance de las biotecnologías “desvanece la frontera entre la naturaleza que «somos» y la dotación orgánica que nos «damos»” (Habermas, 2002: 24), se produjeron interesantes discusiones sobre lo que esta frontera dicotómica natural-artificial es e implica (Descola, 2011; Jait y Díaz, 2013; Sibilia, 2013). La ciencia ficción ha sido históricamente la principal encargada de insinuar cómo las biotecnologías podrían modificar drásticamente las sociedades y su modo de organización, provocando nuevas desigualdades socio-económicas respecto del acceso y la manipulación de estas técnicas y novedosas configuraciones del ejercicio de poder. En este sentido, la pregunta por quién produce los clones y para qué – obtener más dinero, salud, poder político, entre otras respuestas posibles– adquirió un lugar preponderante. Como señaló Schmucler, estas tecnologías destinadas a “mejorar” organismos vivos, al menos implícitamente contienen siempre una idea de perfección, y pueden derivar en novedosas e insospechadas formas de discriminación moderna basadas en la genética (2001: 3).

Así, respecto de los cambios en la configuración de lo social, se temieron *rebrotos eugenésicos* y se imaginaron escenarios alternativos donde la clonación y la

manipulación genética darían lugar a *nuevas formas de jerarquización social y/o racial*. La película *Gattaca* (Niccol, 1997) es un ejemplo inmejorable, porque plantea un mundo que discrimina positivamente a quienes fueron modificados genéticamente de quienes no, cuya configuración genética seguía librada al azar de la biología. La presunción de que estos últimos tendrán problemas de salud considerados evitables, que reducen su expectativa y calidad de vida, justifica relegarlos a los trabajos menos calificados, que no requieren extensa capacitación. Como contrapartida, ilustra además la presión psicológica que supone para quienes fueron modificados afrontar un “fracaso” cuando se está genéticamente “condenado” al éxito. Por otra parte, *La Isla* (Bay, 2005) imagina un mundo donde los adinerados podrían contar con sus propios clones a los que tendrían como “reserva” en caso de necesitar material biológico compatible.

Mientras hay quienes consideran positivo utilizar el desarrollo tecnológico para el *autoperfeccionamiento* de la especie humana, como los posthumanistas y transhumanistas,³⁴ otros evidenciaron reparos. La pregunta disparadora era quién decide qué es perfecto y qué formas se impondrían a nuestros cuerpos y estilos de vida. Esto, además, traduciría las desigualdades económicas en otras estéticas, sociales y culturales cada vez más agudas, vinculadas a los altos costos de los procedimientos biotecnológicos capaces de “mejorar” la especie, justamente como imaginaron las películas *Gattaca* (Niccol, 1997) y *La Isla* (Bay, 2005). Las ideas de *libertad e igualdad* como derechos propios de los seres humanos recobraron centralidad. En este sentido, los más cautos afirmaban que el hecho de que una persona pueda decidir sobre los genes de otra (clonarla o modificarla), generaría una asimetría de roles y derechos que otorga a uno autoridad sobre el otro (Habermas, 2001). Es que descubierta la forma de clonar un mamífero a partir de células adultas, muchos teóricos se mostraron preocupados por la posibilidad de la clonación reproductiva de humanos (Arango Restrepo, 1999; Benavides de Castañeda, 2008; Habermas, 2001; 2002).

Académicos e intelectuales problematizaron también los efectos *políticos y económicos* que pueden tener las biotecnologías. En su mayoría estos análisis fueron localizados, al menos de modo regional, abordando ejes como desarrollo-

³⁴ Para más sobre transhumanismo se recomienda ver Diéguez (2017) y sobre posthumanismo Chavarría Alfaro (2015).

subdesarrollo, norte-sur o industrializado-agroexportador, y orientados a pensar cómo obtener beneficios comerciales a partir de estas aplicaciones biotecnológicas. Estos trabajos no dialogaron con los filosóficos o bioéticos.

Otro eje de debate fue el *sufrimiento animal*. Retomado especialmente por Organizaciones No Gubernamentales (ONG) ecologistas o de defensa de los animales, únicas que no pusieron en el centro de sus agendas sobre clonación la aplicación en humanos, esgrimieron argumentos en torno a los padecimientos que experimentaban todos los animales involucrados en el proceso de clonación (el que aporta la genética, las receptoras que engendran, los clones). Un informe de la *Compassion in World Farming* consideró éticamente injustificable someter a los animales a los riesgos que supone la clonación,³⁵ entre los que señaló que solían nacer con el doble de peso normal –lo que implicaba también riesgos para la madre “adoptiva”–, que las posibilidades de aborto eran altas y al menos el 10% nacía con deformaciones (D’Silva y Stevenson, 1995: 15-16). Efectivamente la técnica de clonación, al menos en sus orígenes, tenía una elevada tasa de error. El nacimiento de Dolly requirió 277 fusiones celulares, de las que surgieron 29 embriones que se implantaron en 13 ovejas, lo que culminó en un único nacimiento (Wilmut, et. al, 1997: 811). Además, murió joven, en un manto de especulaciones sobre artritis prematura y si esto tenía vinculación o no con la técnica. El debate sobre este punto continúa.³⁶

La idea de que la realidad superaba la ficción empapaba el debate y estuvo muy presente en la cobertura mediática de algunos países. Por ejemplo, en Reino Unido el abordaje de la clonación de Dolly se concentró en la posibilidad de aplicar la misma técnica en seres humanos, explicando la insistencia en los potenciales riesgos éticos (Bilański, 2018b). La portada de la Revista Time preguntaba si ¿alguna vez habrá otro tú? (ver imagen n° 1), y pudo leerse, por ejemplo, que “es la perspectiva de clonar personas, creando ejércitos de dictadores, la que atraerá la mayor atención”,³⁷ que “esto abre la posibilidad de un mundo bizarro donde las

³⁵ *Compassion in World Farming* es una organización británica, fundada en 1967, que realiza campañas pacíficas contra la agricultura industrial intensiva moderna, a la que considera cruel con los animales.

³⁶ Puede consultarse Corr, et al. (2017).

³⁷ “Scientists clone adult sheep”, en *The Guardian*, 23 de febrero de 1997. Consultado el 21/05/2020. en <https://bit.ly/3zuvFOW>

personas pueden ser copiadas”,³⁸ o que “una vez que la clonación humana sea posible, alguien, en algún lugar, va a hacerla [...] Esto significa una gran dislocación de nuestro universo moral”.³⁹

Imagen n° 1. Tapa de la Revista Time, 10 de marzo de 1997.



Fuente: Figura 4 en Alcívar (2013: 119).

Con esos temores presentes, la prensa británica recurrió sistemáticamente a la comparación con la ciencia ficción, y las obras que problematizaban la clonación humana se volvieron parte integral del debate público. Según Jensen, esto es porque “proporcionaron paquetes de significado prefabricados, evitando la necesidad del periodista de esbozar los contornos completos de una distopía potencial” (2014: 75). En el mismo sentido, Huxford concluyó que los marcos de ciencia ficción adoptados por los periodistas enfatizaron los temas anti-ciencia intrínsecos a la misma, mientras

³⁸ “First cloned lamb paves way for life by production line”, en *The Independent*, 24 de febrero de 1997. Consultado el 21/05/2020 en <https://bit.ly/3y2RsfW>

³⁹ “Leading article: Cloning presents an opportunity, not a threat”, en *The Independent*, 28 de febrero de 1997. Consultado el 21/05/2020 en <https://bit.ly/3szIQMt>

establecían una serie de oposiciones narrativas con las que podía moldearse la cobertura: ciencia vs. religión, alta cultura vs. baja cultura, el sentido romántico del individuo vs. la sociedad de masas (2000: 187). Alcívar coincide en señalar que “este enfoque de ciencia ficción evocó inquietantes escenarios futuros y contribuyó de manera decisiva a enmarcar el discurso sobre la clonación más como un problema ético con urgente necesidad de regulación legal que como una cuestión tecnocientífica” (2013: 123).

1.2.2. Repertorios disponibles y encuadre de la interpretación

De este modo, las afirmaciones respecto de la clonación se consolidaron como repertorios disponibles ante los avances en I+D biotecnológica, de modo análogo a los “paquetes de reclamos” identificados por Best (2008). Estos son construcciones que quedan disponibles para facilitar el entendimiento de un problema social de formas específicas (Best, 2008: 154-155) y que, puestos como foco de la atención pública por los medios, pueden estructurar y enmarcar el debate (Hilgartner y Bosk, 1988). Así, los imaginarios sobre la clonación fueron moldeados por diversos intermediarios culturales, y especialmente por los medios de comunicación masivos que, según Holliman, son el lugar donde la mayoría de las personas escuchan primero los avances en ciencia (2004: 108).

La capacidad de estas interpretaciones para volverse verosímiles ancla en la experiencia social reciente de las intervenciones científicas y técnicas que enmarcan la clonación. En América Latina, los conflictos socio-técnicos estuvieron vinculados principalmente al uso de los recursos naturales, a la discusión en torno al control de su explotación y los problemas ambientales que acarrea (Reboratti, 2012: 5). Europa vivió varios hechos “traumáticos” vinculados a las tecnologías, que parecen haberlos vuelto más cautelosos (Bilañski, 2018b).⁴⁰ Jiang y Stevens (2015) señalan que en Estados Unidos la genética humana se asocia directamente con la eugenesia al menos desde la segunda guerra mundial, mientras que China, en cambio, ve al desarrollo biomédico como una gran promesa para mejorar la vida humana, y el Estado

⁴⁰ Por ejemplo, la enfermedad de “la vaca loca” o el caso de la “sangre contaminada” en el Reino Unido, que implicó la pérdida de más de dos mil vidas entre los años 70’s y 80’s.

mantiene un entusiasmo longevo sobre la intervención biológica en cultivos, ganado y personas.

La práctica acabó por desacreditar o quitar centralidad a muchos de estos imaginarios, porque si bien la clonación desde células adultas funciona, es una técnica compleja, ineficiente y muy costosa. Eso llevó a que su aplicación no fuera demasiado atractiva, y a que muchas empresas y laboratorios perdieran interés. Las investigaciones que continuaron esta línea lo hicieron mayormente en áreas que permitían a los científicos aspirar a buenas publicaciones y cierto prestigio profesional –como clonar alguna especie de animal por primera vez– y desde el sector público –que no tiene fines de lucro–, a excepción de algunos reducidos nichos donde los especímenes clonados tienen un valor de mercado tan alto como para cubrir los costos del procedimiento y suelen ser por demanda. Así surgieron empresas dedicadas a la clonación de caballos de polo –donde la genética del equino es clave en el desempeño que tendrá el animal– o de mascotas, para adinerados dueños de perros y gatos, pero siempre a pedido de un comprador. Rememorando algunos de las realizaciones de los bioartistas, Charo y Greely advierten que no debería sorprendernos que los artistas se inclinen a utilizar CRISPR, ya que algunos “están felices de alcanzar la fama, algunas veces a través de transgresiones impactantes” (2015: 13).

Más allá de los casos particulares, la realidad es que la clonación de mamíferos no despertó mayor interés una vez que se aquietaron las controversias generadas por el nacimiento de Dolly y la técnica empezó a confirmar sus limitaciones. Como concluyó muchos años después el entonces Ministro de Ciencia y Tecnología de nuestro país, y miembro del equipo de investigación que clonó al primer mamífero en Argentina, “en el año 96 apareció Dolly y todo el mundo pensó que iba a haber ejércitos de clones humanos... lo que ocurrió, en la práctica, es que se hizo más plata con libros y películas sobre clonación que clonando animales”.⁴¹ Y es que

Hasta mediados de la década de 2010 la posibilidad real de realizar modificaciones genéticas de forma sencilla, eficaz y sin grandes efectos secundarios que invalidasen

⁴¹ Barañaño entrevistado en Bichos De Campo (05 de diciembre de 2018). *Lino Barañaño - Secretario de Ciencia y Tecnología de la Nación* [Video]. Youtube. Consultado el 01/04/2021 en <https://bit.ly/3Et7e86>

su utilización si no era en investigación básica y circunscrita a animales parecía más una quimera que una realidad tangible a la cual prestar atención. Sin embargo, a partir de 2010 la diseminación de la técnica de edición genómica basada en la utilización de endonucleasas de origen microbiano (CRISPR/Cas9) ha redefinido radicalmente el panorama (Santaló Pedro, 2017: 160).

Las nuevas técnicas de edición genética reanimaron muchas de las expectativas (y temores) en torno a las posibilidades de intervención sobre la vida, y con ellos también los repertorios “disponibles” para comprender la cuestión. Veamos qué son y en qué consisten estas nuevas técnicas, y particularmente por qué la herramienta CRISPR-Cas9 suscitó tanto revuelo.

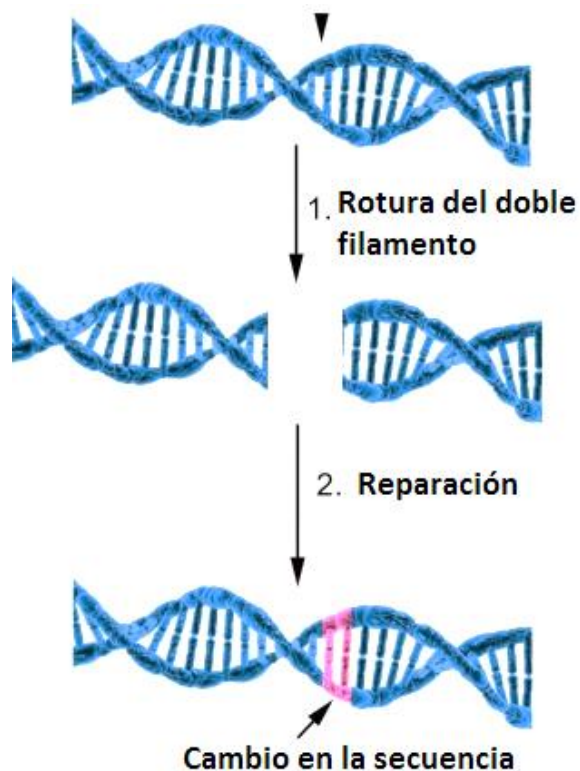
1.3. Las nuevas técnicas de edición genética

Las nuevas técnicas de edición genética (en adelante EG) se inspiraron en procesos que ocurrían naturalmente (sin intervención humana), de su observación y los sucesivos intentos de imitarlos. Los científicos empezaron cortando el ADN y viendo cómo las células buscan formas de repararlo: lo hacen mediante lo que se llama unión de extremos no homólogos (NHEJ), reparando el ADN con inserciones o deleciones, esto es, agregando o quitando algo a ese ADN, pero en un proceso que deja “marcas” o cicatrices. Descubrieron así que si se agrega un “molde de reparación”, la célula va a recurrir a la recombinación homóloga, logrando reparar el ADN sin dejar esos errores ni marcas. Si lo que se quiere es modificar ese ADN (buscando resultados concretos y preestablecidos, no aleatorios), se debe colocar un “molde” diferente al original, obteniendo como consecuencia un ADN modificado con inserciones. Así, pueden inducirse en el genoma cambios más específicos y no azarosos.

Si bien todas las técnicas de EG que describiremos tienen como objetivo modificar el ADN, se las denomina “edición” y no “modificación” porque inducen cambios en el genoma del organismo –como activar o desactivar genes existentes en el propio ADN– en lugar de introducir secuencias externas. Así, suele hablarse de modificación genética (OGM) para referir a transgénicos y de edición genética para hablar de organismos cuyo ADN ha sido modificado mediante las técnicas de ingeniería ZFN, TALEN o CRISPR-cas9, de modo específico y sin introducir ADN

de otra especie.⁴² Esta diferenciación es estratégica, tiene como propósito distinguir las intervenciones con nuevas técnicas de los organismos transgénicos, que despiertan un fuerte rechazo público. Esto los hizo objeto de numerosas normativas, evaluaciones, y controles, encareciendo los productos finales e implicando lidiar con ciertas restricciones en el intercambio comercial, como profundizaremos en los próximos capítulos. Veamos en qué consiste cada una de las técnicas de EG.

Imagen n° 2. Ilustración simplificada de la edición del genoma



Fuente: Peña Ramírez (2014: 10), traducción propia.

1.3.1. Las nucleasas con dedos de zinc (ZFN)

La más antigua consiste en la utilización de las *Nucleasas Zinc-Finger* (en adelante referida por su popularizado acrónimo ZFN), de las que obtuvo su nombre. Los dedos de zinc son pequeños “motivos estructurales de proteínas” que tienen un rol estructural y normalmente funcionan como módulos de interacción que unen

⁴² Entrevista realizada al entonces Director de Biotecnología: “Argentina es el primer país del mundo que tiene regulación para la Edición Génica” Martín Lema”, en *Horizonte A*, 19 de diciembre de 2018. Consultado el 5/01/2020 en <https://bit.ly/3D1oY9Y>

ADN, ARN, proteínas y moléculas pequeñas.⁴³ Estos pueden ser modificados para reconocer secuencias de ADN específicas que permitan a las nucleasas con dedos de zinc procesar secuencias únicas en un genoma completo.⁴⁴ Independientemente de los detalles sobre su funcionamiento, las ZFN constituyen una técnica eficaz para reparar una secuencia de ADN sin “agregar” ninguna otra secuencia al genoma, pero es también muy costosa y compleja de utilizar. Se necesita personal altamente calificado y mucho presupuesto, demasiado para los científicos argentinos. Un investigador principal de CONICET nos explicaba por qué no pudieron utilizar esta técnica: “Zinc Finger Protein es una proteína, que son preparadas para reconocer secuencias y que cortan... salían 20 mil o 30 mil dólares cada una de esas para encargar... y no podíamos” (12/04/2019). Un investigador clínico de la misma institución nos explicó el proceso de este modo:

La zinc finger era un armado, era una patente, vos tenías que ir armando proteínas que reconocían trinucleótidos ¿sí? entonces tenías que ir armando una secuencia de 20, 30 proteínas que vayan y que reconozcan la serie, la secuencia de 20 bases y a eso en el medio le ponías una nucleasa que corte donde vos quieras. Como vos tenías como un centenar de zinc finger, de trinucleótidos, generar eso era carísimo, una patente, pero carísimo, de entrada por ahí te salía... armar algo estábamos hablando de decenas de miles de dólares, delirios así. Entonces eso no se popularizó, no lo hacía nadie (10/06/2019).

1.3.2. Las “TALEN”

Las TALEN (acrónimo de *Transcription Activator-Like Effector Nucleases*) o nucleasas efectoras de tipo activador de transcripción, son enzimas que pueden diseñarse para buscar y unirse a prácticamente cualquier secuencia de ADN deseada. Por ello, cuando se la combina con una nucleasa, puede cortar el ADN en ubicaciones específicas del genoma de un organismo. La actividad de cada Efecto TAL (o TALE) está restringida solo a un nucleótido y no afecta la especificidad de unión de los TALE vecinos, por lo que esta técnica es más fácil de utilizar que los ZFN, aunque aún demasiado compleja y costosa. En Argentina fueron muy pocas las

⁴³ Se denomina motivo estructural a una combinación particular de dos o más estructuras secundarias que forman una estructura tridimensional distinta, cuando este aparece en múltiples proteínas. No siempre, pero habitualmente un motivo estructural se asocia con una función específica (Lodish, et. al., 2016: 75).

⁴⁴ Una nucleasa es una enzima capaz de escindir los enlaces fosfodiéster entre nucleótidos de ácidos nucleicos.

investigaciones que pudieron trabajar con TALEN. Entre ellas, hubo una en la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires (UBA), para intentar eliminar el gen de la susceptibilidad a la encefalopatía espongiforme bovina (conocida coloquialmente como la “enfermedad de la vaca loca”). Un investigador adjunto CONICET sostenía sobre las TALEN que “es muy difícil armarlas, entonces eso te desalentaba, capaz que ni iniciabas el trabajo porque decías ¡es tanto el tiempo muerto hasta llegar a tener resultados! que no valía la pena” (10/05/2019).

1.3.3. CRISPR

Poco tiempo después de que comenzaran a utilizarse las TALEN se descubrió el potencial de CRISPR como herramienta de edición génica. Este es un sistema realizado por bacterias, que se investigaba desde hacía tiempo, pero sin sospechar las aplicaciones que tendrían en el futuro. En 1987, el investigador japonés Yoshizumi Ishino mencionó por primera vez en un artículo científico la existencia de secuencias repetidas palindrómicas en el ADN de las bacterias, sobre las que se basa la tecnología CRISPR (Ishino, et al., 1987; Ishino, Krupovic y Forterre, 2018: 1). En el 2000, el español Francisco Mojica y sus colaboradores de la Universidad de Alicante detectaron un gran número de secuencias repetidas en bacterias, arqueas y mitocondrias y propusieron un nombre, que luego cambiaría a *Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats* (CRISPR) (ibíd.: 2), como se denomina hoy.⁴⁵

Hacia el 2005, al menos tres equipos ya estaban investigando esto. En paralelo, Mojica en España y Christine Pourcel en Francia afirmaron que las secuencias CRISPR funcionan dentro de un sistema de defensa biológica que protege a las células de la entrada de elementos genéticos móviles extraños (Ishino, Krupovic y Forterre, 2018: 5).⁴⁶ De acuerdo con Bellver Capella, fue Mojica quien descubrió que las bacterias tenían un sistema inmunológico que les permitía vacunarse frente a los virus, cortando segmentos de ADN de los virus invasores e incorporándolos a su

⁴⁵ Repeticiones Palindrómicas Cortas Agrupadas y Regularmente Interespaciadas es su traducción.

⁴⁶ En términos técnicos, notaron que las regiones espaciadoras entre las secuencias repetidas son homólogas a las secuencias de bacteriófagos, profágicos y plásmidos, y señalaron que los fagos y los plásmidos no infectan las cepas del huésped que albergan las secuencias espaciadoras homólogas en el CRISPR (Ishino, Krupovic y Forterre, 2018: 5).

propia secuencia de ADN, descubrimiento que posibilitó luego la aplicación de CRISPR a la edición de cualquier genoma (2016: 224). Los dos grupos sugirieron que de alguna manera los CRISPR pueden activar la captura de fragmentos de ADN invasor extraño para constituir un recuerdo de agresiones genéticas pasadas (ídem). El mismo año, Bolotin y su equipo confirmaron esas observaciones (Ishino, Krupovic y Forterre, 2018: 6).

Pasó poco tiempo entre el descubrimiento de aquellas secuencias repetidas y su asociación con el gen Cas9, que convirtió a CRISPR en una técnica de edición genética. Fueron una serie de investigaciones diversas que se sucedían alrededor del mundo las que permitieron armar el “rompecabezas de CRISPR”.⁴⁷ Estas iniciaron con el trabajo del equipo de investigación de Rodolphe Barrangou en una empresa danesa de ingredientes alimentarios, en relación a una variedad de bacteria que era constantemente afectada por un virus que cambiaba el sabor del yogurt (Barrangou y Horvath, 2017). El perfeccionamiento de la técnica requería que se pudiera trabajar sobre esa secuencia específica.

En 2012, Jennifer Doudna de la Universidad de California en Berkeley y Emmanuelle Charpentier de la Universidad de Umea (Suecia), detectaron que una enzima específica de las células, una proteína llamada Cas9, tenía la propiedad de actuar como una especie de "tijera molecular". De esta forma, sería posible programar el sistema para que se dirija a una posición específica de un ADN cualquiera y cortarlo. Así, demostraron cómo utilizar CRISPR como herramienta de edición programable para cortar cualquier cadena de ADN *in vitro*. Se conformaba de este modo el exitoso conjunto: el CRISPR permitía detectar la secuencia deseada en el mapa genético y la Cas9 podía editar la zona en cuestión. Este es el hallazgo que marca el nacimiento de CRISPR-cas9 como técnica de edición genética.

Al año siguiente, el investigador Feng Zhang del Instituto Broad del *Massachusetts Institute of Technology* (MIT)⁴⁸ y Harvard, adaptó el sistema CRISPR-Cas9 para la edición del genoma en células eucariotas. Ese mismo 2013 comenzaron las primeras solicitudes de patentes sobre la tecnología CRISPR-Cas9. La Universidad de California reclamó la invención, mientras que el MIT señalaba a

⁴⁷ Para más sobre estas investigaciones y su explicación técnica se recomienda ver Barrangou y Horvath (2017) e Ishino, Krupovic y Forterre (2018).

⁴⁸ Instituto Tecnológico de Massachusetts.

Zhang como inventor del método. Aunque la solicitud de patente realizada por Zhang es posterior a la de Doudna y Charpentier, la Oficina de Patentes y Marcas de Estados Unidos concedió la misma a Zhang, desatando un conflicto entre ambas partes por la titularidad sobre la tecnología CRISPR-Cas9 (Juez Pérez, 2016: 30). En 2020, Doudna y Charpentier fueron distinguidas con el Premio Nobel de Química “por el desarrollo de un método de edición del genoma”,⁴⁹ mientras que las acciones legales entre ambos equipos continúan y dan pocas garantías a aquellos que quieren adquirirlas, generando incertidumbre sobre sus costos y plazos.

Los CRISPR son entonces secuencias de ADN de bacterias que, asociadas con proteínas (Cas), constituyen un sistema inmune adaptativo que permite a los microorganismos defenderse del ataque de los virus. Al utilizar moléculas cortas de ARN como molde (ARN guía), la proteína Cas realiza cortes altamente específicos en las secuencias de moléculas de ADN, que pueden usarse para insertar genes o modificar con precisión la secuencia de nucleótidos en el sitio de corte (Caplan, et al. 2015: 1421). Dependiendo de la proteína Cas con que se asocie CRISPR, variará su función y su potencial uso.

A diferencia de otras técnicas previas que permitían editar ADN (como TALEN o ZFN), CRISPR-Cas9 “es más precisa, más barata, más segura y más accesible técnicamente” (Polcz y Lewis, 2016: 415). Proporciona un mecanismo molecular más exacto y simple para editar células, tejidos y organismos completos, con usos generalizados en sistemas experimentales y aplicados, y para desarrollar herramientas para la manipulación del genoma en animales, plantas y microorganismos (Barrangou y Doudna, 2016: 933). De esta forma, como sostiene una de sus descubridoras, “cualquier científico con habilidades en biología molecular y conocimiento de cómo trabajar con [embriones] podrá hacerlo” (Jennifer Doudna en Polcz y Lewis, 2016: 415).

Santaló Pedro (2017: 159) identificó cuatro características para esta tecnología que explican por qué marcó un cambio de paradigma en la historia de las intervenciones genéticas:

- I. *Accesibilidad*: Es simple de aplicar –si se dispone de un mínimo de conocimientos sobre técnicas de manipulación genética– y no requiere

⁴⁹ “Press release: The Nobel Prize in Chemistry 2020”, *The Nobel Prize*, 7 de octubre de 2020. Consultado el 12/01/2021 en <https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/2020/press-release/>

inversiones importantes en infraestructura. Además, las herramientas moleculares requeridas tienen un precio modesto;

- II. *Eficiencia*: Produce un elevado porcentaje final de secuencias modificadas genéticamente en un lugar concreto;
- III. *Especificidad*: CRISPR-Cas9 tiene la capacidad de inducir modificaciones con gran precisión en puntos concretos del genoma, elegidos previamente, lo que le confiere una muy baja incidencia de efectos secundarios indeseados, o lo que se conoce como off-target;⁵⁰
- IV. *Versatilidad*: El conocimiento de las bases moleculares de esta tecnología hizo que muy rápidamente salgan variantes para ejercer un mayor control de la técnica y adaptarla a los requerimientos de cada investigador.

Veamos qué significaron estas características para la biotecnología.

1.4. La rápida expansión de CRISPR: ¿hacia una democratización de las intervenciones genéticas?

Lejos de los debates que las noticias sobre los hallazgos y posibilidades de la biología molecular despertaba entre el público lego, los científicos no parecían interpelados por la preocupación sobre ejércitos de clones o nuevas discriminaciones genéticas. Probablemente porque no creían que las posibilidades técnicas tuvieran realmente ese potencial de efectividad ni semejante capacidad de difusión. Ya en los propios anuncios de Dolly podían leerse comentarios como “científicos dijeron que intentar clonar humanos sería improbable e inútil tanto como ilegal”.⁵¹

Es que la clonación desde células adultas, la transgénesis, e incluso muchas de las técnicas nuevas de edición génica como TALEN y ZFN involucran procesos complejos, costosos y con altas tasas de fracaso. Por lo tanto, su aplicación quedó reservada para algunos usos específicos e instituciones con suficiente financiación

⁵⁰ Los off-target son lugares del genoma que pueden ser editados por error. El ARN-guía actúa como una especie de GPS que señala en qué lugar del genoma tiene que ir la Cas9 a “cortar”, pero si hay una secuencia parecida en otro lugar del genoma, puede ser que la Cas9 se “pegue” y “corte” allí por error. Esto se realiza con programas de computadora, que advierten sobre los lugares en que ese error puede llegar a producirse.

⁵¹ “Scientists scorn sci-fi fears over sheep clone”, en *The Guardian*, 24 de febrero de 1997. Consultado el 22/05/2020 en <https://bit.ly/3j1KnYH>

como para poder sostener esas líneas de investigación, pero su uso no se popularizó tanto como los discursos sobre ellas. En otras palabras, si bien existían técnicas destinadas a editar genomas, ofrecían resultados aleatorios e inespecíficos que hacían impensable su aplicación en humanos o animales.⁵² Por ello, como señalaban oportunamente Thomas, Fressoli y Gianella, “luego de más de 25 años de trayectoria de I+D de las empresas biotecnológicas y laboratorios públicos, las aguas se han quietado y algunos investigadores han empezado a cuestionar el carácter ‘revolucionario’ de estas tecnologías” (2011: 117). En Argentina, los resultados eran escasos y puntuales, limitados a algunas experiencias de acumulación de capacidades biotecnológicas.⁵³

En ese momento de creciente desencanto se descubrió CRISPR-Cas9, que reavivó las expectativas de las técnicas previas al demostrar de inmediato sus virtudes: accesibilidad, eficiencia, especificidad y versatilidad. En palabras de un investigador adjunto CONICET, “nosotros sabíamos que la clonación no iba a ser lo que decía; ahora, esto, no sé, yo creo que puede ser lo que dice” (27/11/2019). Las herramientas necesarias para editar un genoma con CRISPR pueden ser adquiridas por cualquier persona en *Amazon*, donde un kit para hacer edición génica cuesta 170 dólares (imagen n° 3). Autores como Polcz y Lewis vislumbran una democratización de la edición genómica, mediante la eliminación de varias barreras de acceso (2016: 415), no solo técnicas sino también económicas. Un biotecnólogo que trabaja con CRISPR en una universidad pública enfatiza este punto: “las TALENs son mucho más costosas y era mucho más difícil hacerlas... con los presupuestos argentinos se pueden hacer CRISPRs” (investigador adjunto CONICET, 25/04/2019).

⁵² Por ejemplo, las realizadas mediante radiación, que consisten en irradiar un organismo para inducir, externamente, modificaciones en su genoma. Se ha utilizado normalmente para generar variantes en especies de frutas y vegetales. El principal defecto es que es imposible determinar qué mutación se producirá, dónde y si no habrá otras mutaciones no deseadas en otra parte del genoma. El resultado es completamente aleatorio. Esto, que puede hacerse en plantas, es éticamente inadmisibile en animales complejos como los mamíferos o los humanos.

⁵³ Entre ellas, los desarrollos de la empresa BioSidus que produjo seis proteínas recombinantes, además de avanzar en clonación y transgénesis de bovinos e iniciar el desarrollo (en conjunto con la Fundación Favaloro) de terapias génicas (Thomas, Fressoli y Gianella, 2011: 117).

Imagen n° 3. Publicación del CRISPR Kit de The Odin en venta.



by The ODIN
DIY Bacterial Genome Engineering CRISPR Kit
★★★★★ 3 customer reviews

Available from these sellers.

New (1) from \$169.99 + \$6.49 shipping

Specifications for this item

Part Number	CRISPR1
Number of Items	10
Brand Name	The ODIN
EAN	0636391770750
UPC	636391770750

Fuente: Amazon.com Consultada en línea el 10/06/2020

De ese modo, “la irrupción del CRISPR-Cas9 en 2012 ha supuesto un salto cualitativo con respecto a las posibilidades que se abren de intervenir con efectividad en todas las formas de vida” (Bellver Capella, 2016: 224). Otro entrevistado enfatizó la idea de CRISPR como una herramienta revolucionaria, en tanto habilitó técnicamente la realización de aquello que hasta entonces solo podía ser imaginado:

yo siempre discutía en mi doctorado que lindo sería poder cortar en donde uno quiere y meter... o sea cortar el ADN en donde uno quisiera y poner o sacar lo que uno quiera, que era lo que no existía hasta el momento del descubrimiento de CRISPR (investigador asistente CONICET, 19/03/2019).

Otro investigador, de mayor trayectoria, reforzó la idea:

las CRISPR son como una herramienta soñada, o sea, si a mí alguien me hubiera dicho ponete a imaginar una tecnología que te permita hacer las cosas que se te ocurren hacer, no hubiera diseñado algo muy diferente a lo que son las CRISPR, o sea, son ideales (investigador adjunto CONICET, 25/04/2019).

La simplicidad del sistema CRISPR-Cas9 permitió muchos experimentos que antes eran difíciles cuando no imposibles de realizar (Doudna, 2015), desencadenando un torrente de investigaciones con la nueva técnica. Su creciente popularidad se retroalimentaba: todos querían probarla. Alrededor del mundo, miles de científicos comenzaron a experimentar con esta nueva técnica, algunos buscando nuevas proteínas Cas con que asociar CRISPR, otros utilizando la combinación con

Cas9 para hacer edición génica por primera vez, y otros para reemplazar las viejas TALEN o ZFN.

Solo durante el 2017, el buscador de Revistas Científicas PubMed registraba más de 3000 artículos sobre CRISPR o Cas9,⁵⁴ número que crecía exponencialmente año tras año según Adli (2018), que proyectaba más de 5000 artículos para el 2018 (gráfico n° 1). Finalmente la tendencia de crecimiento se mantuvo pero leve, siendo de 5266 y 5747 los papers en 2019 y 2020 respectivamente.⁵⁵ Utilizando el mismo criterio de búsqueda para la Revista *Nature* encontramos también una rápida tendencia al alza que luego se volvió más estable, a partir de 2018 (gráfico n° 2). Al menos 48 ensayos clínicos basados en CRISPR terminados o en curso se habían realizado en el mundo para agosto de 2021, según el registro de que lleva el gobierno de EEUU.⁵⁶

Este creciente interés también se vislumbró entre los científicos argentinos:

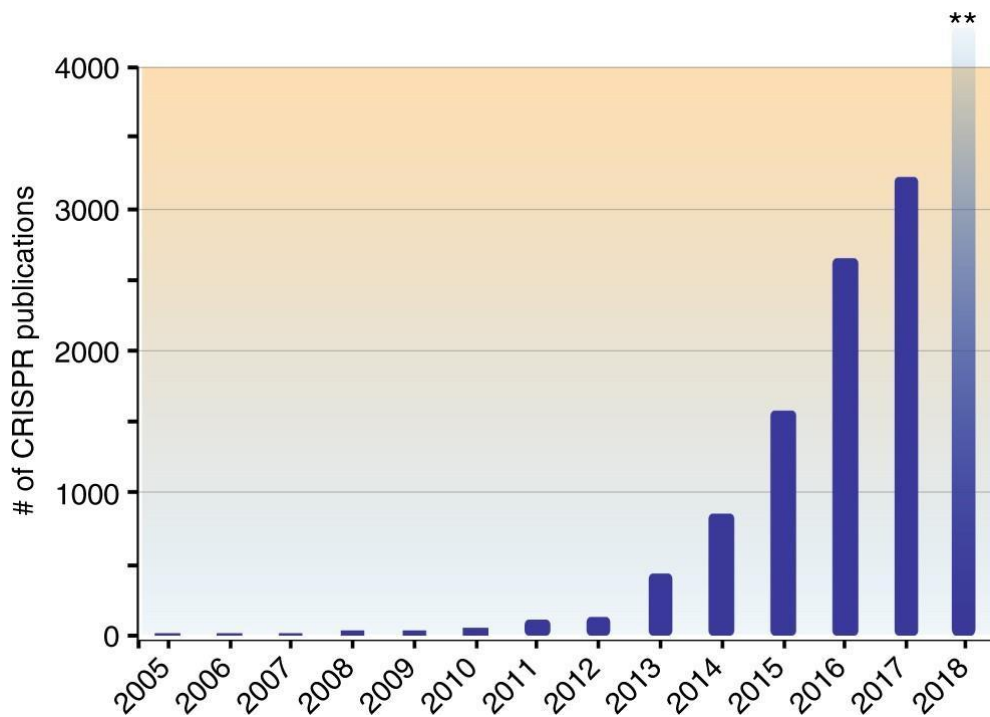
en 2015 organizamos las primeras jornadas CRISPR del país y había... creo que éramos 12 personas, la mayoría de este grupo y del grupo de Federico y pocas personas de fuera, y dos años después realizamos la segunda y había más de 120 inscriptos, o sea, sí hubo un crecimiento exponencial (investigador adjunto CONICET, 25/04/2019).

⁵⁴ PubMed comprende más de 30 millones de citas de literatura biomédica de MEDLINE (la principal base de datos de bibliografía médica), revistas de ciencias de la vida y libros en línea.

⁵⁵ Consultado el 10/12/2020 en <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/?term=crispr>

⁵⁶ ClinicalTrials.gov es una base de datos sobre ensayos clínicos, de financiación tanto pública como privada, llevados a cabo en todo el mundo, aunque solo es obligatoria para los ensayos clínicos en EEUU y la información puede ser suministrada hasta un año después de finalizado el estudio, por lo que el número de investigaciones en curso probablemente sea mayor. Consultado el 23/08/2021 en <https://clinicaltrials.gov/ct2/results?cond=&term=CRISPR&cntry=&state=&city=&dist>

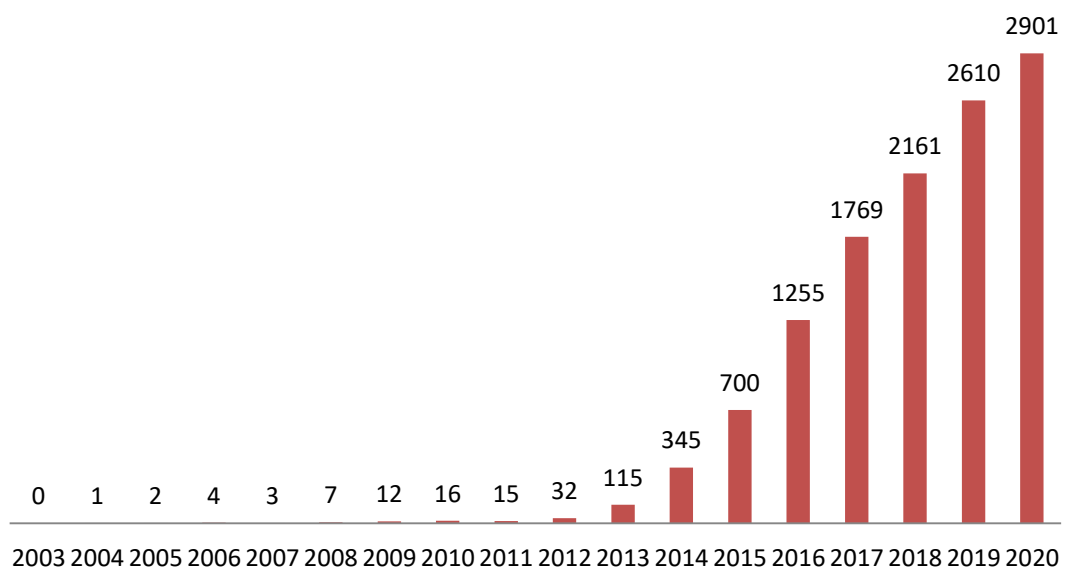
Gráfico n° 1. Número de publicaciones en PubMed que tenían la palabra "CRISPR" o "Cas9" en el resumen o título (entre 2005 y 2018).



** Se proyecta que el número de publicaciones en 2018 sea mayor a 5000

Fuente: Adli (2018)

Gráfico n° 2. Número de publicaciones en la Revista *Nature* que incluyen "CRISPR" en su resumen o título (entre 2003 y 2020).



Fuente: Elaboración propia en base a los datos de <https://www.nature.com/>

En suma, CRISPR abrió el campo de la edición genética en dos sentidos: por un lado, permitió el ingreso de nuevos actores con menores recursos económicos o no tan especializados; por otro, la reducción de los riesgos de off-target habilitó nuevos usos y áreas de aplicación. Así, esta nueva técnica fue adoptada rápida y masivamente por científicos de todo el mundo, incrementando también la I+D con edición génica. Este vertiginoso crecimiento volvió difícil de responder a preguntas como qué se investiga en edición génica, dónde, cómo y con qué objetivos. En sintonía, modificó el escenario en que históricamente se desarrollaban las innovaciones biotecnológicas y alteró las posibilidades de intervenir o controlar su uso, que ahora puede trasvasar fronteras territoriales (y legales) con facilidad.

Lo mismo sucede en el ámbito de la propiedad intelectual entorno a esta tecnología. Sherkow sostiene que aunque el patrimonio de las patentes de CRISPR tiene un pasado conflictivo, su presente es de cooperación generalizada, porque tanto la Universidad de California como el Broad Institute concedieron licencias para desarrolladores académicos y también industriales (2018: 2). Más aún, acordaron con más de 700 instituciones que las construcciones CRISPR que realicen, y la propiedad intelectual de las mismas, estén disponibles en AddGene, un repositorio sin fines de lucro, acelerando la investigación con la técnica (ídem). Por tanto, Sherkow afirma que el panorama de las patentes CRISPR tiene un futuro incierto, en particular porque el poder de la tecnología plantea cuestiones legales difíciles de resolver. Todas las patentes deben constituir una invención significativa, “no obvia”, y ahora que se ha dilucidado su poder para editar el genoma con una expectativa razonable de éxito, sus aplicaciones se están volviendo más predecibles y “en consecuencia, las futuras solicitudes de patentes que cubran CRISPR deberían ser más difíciles de obtener” (Sherkow, 2018: 3-4). Por ello, concluye, el panorama a futuro tanto de CRISPR como de sus patentes depende del modo en que los investigadores y sus instituciones las administren (ibíd.: 4).

2. INTERVENCIONES EN HUMANOS: TÉCNICAS NUEVAS, DEBATES VIEJOS

Con frecuencia las innovaciones científico-tecnológicas suscitan controversias, y las biotecnologías no son la excepción. ADN recombinante, clonación, transgénicos, entre otros, estuvieron en el centro de encendidos intercambios en las más diversas arenas de debate, y la edición génica parece tener algo que aportar en todas ellas. Habiendo analizado los ejes y argumentos que marcaron los debates con técnicas previas, aquí indagamos en los que motivó específicamente CRISPR alrededor del mundo. Así, en este capítulo analizaremos aquellos que despertó en el campo de la medicina y la salud, esto es, enfocando en su potencial aplicación en seres humanos, pero también en las iniciativas y conflictos en torno a los modos de legislar estas prácticas. Como señala una de las descubridoras de CRISPR, “mientras las aplicaciones en la flora y fauna planetaria son emocionantes, es el impacto de la edición genérica en nuestra propia especie la que ofrece tanto la mayor promesa como, posiblemente, el mayor riesgo para el futuro de la humanidad” (Doudna y Sternberg, 2017: XIV). Para abordar estos debates, nos serviremos del material bibliográfico y documental disponible –documentos institucionales, páginas web, informes y comunicados–, como también en nuestras entrevistas.

2.1. Las investigaciones chinas: primeras alarmas e intentos de consensuar límites a la práctica

En 2015, el investigador chino Puping Liang y sus colaboradores hicieron un primer ensayo de edición genética en embriones humanos no viables –es decir, que no continuarían su desarrollo–, usando CRISPR-Cas9 (Liang, et al., 2015). Para ilustrar la velocidad con que se expandió la técnica alcanza recordar que fue en 2012 que Doudna y Charpentier descubrieron que la proteína Cas9 podía actuar como una especie de "tijera molecular", y en 2013 que Zhang adaptó el sistema CRISPR-Cas9 para la edición del genoma en células eucariotas, y llegaron las primeras solicitudes de patente sobre la tecnología CRISPR-Cas9. En ese contexto, la investigación de

Liang generó preocupación en la comunidad científica, en torno a la posibilidad de introducir cambios en la línea germinal humana (Rodríguez, 2016).

Esto refiere a una distinción que cobra centralidad para las intervenciones en humanos, probablemente deudora de aquella entre clonación reproductiva y terapéutica que ordenó los debates sobre esa técnica hacia fines de los 90's. Las modificaciones genéticas pueden dividirse de acuerdo a si se realizan en células somáticas o en la línea germinal.⁵⁷ Las intervenciones germinales se realizan sobre los óvulos o espermatozoides y generan transformaciones en el genoma que serán transmitidas a la descendencia (Rodríguez, 2016: 3), conformando ediciones con el potencial de afectar el ADN de la especie. En cambio, células somáticas son casi todas las restantes del organismo y su modificación no afecta el ADN de la descendencia, sino que la misma se extinguirá con el organismo modificado. Polcz y Lewis subrayan que “como estas terapias involucran un paciente que consintió, y porque los cambios solo van a afectar a un único individuo, son vistas como considerablemente más aceptables que las modificaciones de línea germinal” (2016: 5). En este caso, el equilibrio entre riesgos y beneficios es más estimable, algo imposible en la intervención germinal, ya que podrían producirse mutaciones y efectos secundarios que deriven en cambios impredecibles, que se transmitirían a las generaciones futuras (ibíd.: 4).

Aplicada en humanos, la edición génica de línea germinal supone nuevas dificultades que exceden los aspectos técnicos, por ejemplo, en relación al consentimiento informado: ¿cómo implementarlo cuando existen riesgos y efectos que podrían transmitirse a varias generaciones? (Rodríguez, 2016: 3) ¿Quiénes tienen que consentir y qué consentirían exactamente? Así, el trabajo de Liang encendió alarmas sobre la posibilidad de alterar el genoma de la especie y con una técnica que había sido descubierta hacía menos de tres años, por lo que aún no se sabía (ni se sabe) exactamente si conlleva mayores y desconocidos riesgos.

Las principales revistas científicas como *Nature* y *Science* decidieron no publicar los resultados de las investigaciones dirigidas por Liang, que finalmente salieron en *Protein Cell*, por “preocupaciones éticas” (Zhai, Ng y Lie, 2016: 116). Más aún, dieron espacio para el intercambio de opiniones sobre aspectos éticos y

⁵⁷ Tanto un embrión como un mamífero adulto pueden ser objeto de una intervención somática o germinal, esto es, el tipo de intervención es independiente de la instancia en que se realice.

técnicos que debían considerarse para utilizar la tecnología de CRISPR-Cas9 en humanos (Lamprea Bermúdez y Lizarazo Cortés, 2016). La investigación fue inmediatamente “condenada por muchos científicos y grupos de vigilancia, que sostenían que la investigación era insegura, prematura y plantea problemas éticos inquietantes” (Zhai, Ng y Lie, 2016: 116-117). Paradójicamente, la propia investigación realizada en china coincidía en que “la eficiencia relativamente baja de la edición exitosa del genoma y los altos incidentes de reemplazo off-target son un obstáculo para el uso de esta técnica en embriones humanos viables” (Zhai, Ng y Lie, 2016: 117). En sus conclusiones subraya:

“Es extremadamente necesario ampliar la investigación de los mecanismos moleculares de la edición de genes mediada por CRISPR/Cas9 en modelo humano. En particular, el efecto off-target de CRISPR/Cas9 *debe investigarse a fondo antes de cualquier aplicación clínica*” (Liang, et al., 2015: 368).⁵⁸

Pese a estas consideraciones, durante 2015 se realizaron varias reuniones internacionales entre científicos y expertos para discutir sobre la tecnología, como el “encuentro del Valle de Napa” en enero y el *International Summit on Human Gene Editing* de diciembre, ambos en Estados Unidos (ídem). De acuerdo con Lamprea Bermúdez y Lizarazo Cortés, este último reunió a las academias de ciencias, ingeniería y medicina de Estados Unidos, Reino Unido y China, entre otros países (2016: 84). En el encuentro transmitido en vivo, investigadores, bioeticistas, abogados y otros especialistas expusieron sus puntos de vista sobre las precauciones a adoptar para el uso de CRISPR en humanos (ídem).⁵⁹

El consenso al que llegaron los científicos en estos encuentros fue que, en ausencia de reglamentaciones o normativas vinculantes, y a la espera de estas, *era necesario establecer una moratoria* para la aplicación de técnicas de edición génica de línea germinal en humanos, que a la vez garantizara la continuidad de la investigación básica y en terapia somática (Baltimore, et al., 2015: 37-38). Así, se esperaba demorar los plazos para avanzar con las intervenciones germinales humanas. En el comunicado publicado en *Science*, diversos científicos enfatizaban que “se necesita con urgencia un marco para tener una discusión abierta sobre el uso de la tecnología CRISPR-Cas9 para manipular el genoma humano” (Baltimore, et al.,

⁵⁸ La cursiva es nuestra.

⁵⁹ Más información sobre este encuentro en <https://bit.ly/3kpb4ao> Consultado el 20/09/2021.

2015). Zhai, Ng y Lie señalan que entre los autores de esta publicación colectiva no solo había genuinos deseos de promover una investigación responsable, sino también preocupación porque los avances realizados en China llevaran a una prohibición total de la edición génica, que retrasaría enormemente la investigación en Estados Unidos, del mismo modo en que lo hizo la prohibición de financiar con dinero público los estudios con células madre embrionarias en los 90's (2016: 120). Este llamado a la "autorregulación" de los científicos es una estrategia similar a la utilizada en los 70's respecto del ADN recombinante (ídem).

Deliberado o no, lo cierto es que el consenso generalizado que se pretende mostrar en las sucesivas reuniones y publicaciones del momento acusa a otros países (como China, pero sin mencionarlos) de tener normativas laxas o no supervisar las investigaciones que se realizan en su territorio. Estos prejuicios profundizaron una "una brecha científica y ética entre China y Occidente", como tituló *The New York Times*,⁶⁰ cuyos reduccionismos reflejan la existencia de dos cosmovisiones diferentes sobre la ciencia y la naturaleza.⁶¹ Es que la concepción del riesgo y los criterios éticos no son universales, sino que están cultural y políticamente localizados. Esto se traduce aquí en dos enmarques distintos, como observan Jiang y Stevens, quienes encuentran que la opinión sobre el trabajo de Liang fue muy diferente en China (2015: 486).

Jiang y Stevens subrayaron que la cobertura científica y mediática estadounidense retrató (y condenó) al equipo de investigación chino como si fueran "unos renegados que ignoraron las normas éticas internacionales establecidas" (2015: 483). En este sentido, "la reacción general parecía reflejar la opinión de los biólogos occidentales de que China es una especie de frontera sin ley de la investigación biomédica en la que todo es posible" (ibíd.: 483-484). De este modo, los debates y recurrentes llamados a establecer moratorias a la investigación génica en línea germinal humana tendieron a globalizar una postura ética que sería fundamentalmente occidental.

⁶⁰ "A Scientific Ethical Divide Between China and West", en *The New York Times*, 29 de junio de 2015. Consultado el 08/06/2021 en <https://nyti.ms/2WdTJHD>

⁶¹ Como afirma Edward Said en su clásico libro sobre este tema, "en la misma medida en que lo es el propio Occidente, Oriente es una idea que tiene una historia, una tradición de pensamiento, unas imágenes y un vocabulario que le han dado una realidad y una presencia en y para Occidente. Las dos entidades geográficas, pues, se apoyan, y hasta cierto punto se reflejan la una en la otra" (2004: 23).

En cualquier caso, se consideró que una prohibición total podría ser contraproducente e impracticable. Por un lado, impediría el desarrollo de investigaciones terapéuticas potencialmente valiosas; por otro, sería difícilmente aplicable, dado lo accesible y fácil de CRISPR (Doudna, 2015: S6). Por ello, se adujeron argumentos técnicos tendientes a desalentar la edición de la línea germinal humana “en parte debido a las consecuencias sociales desconocidas, también porque la tecnología y nuestro conocimiento del genoma humano simplemente no están listos para hacerlo de manera segura” (ídem). Se trató entonces de una serie de intentos encabezados por la comunidad científica para autorregularse. Y es que si bien muchos países comenzaron a legislar la I+D con edición génica (y/o las intervenciones en la genética humana), no existe normativa o instancia análoga con poder vinculante a escala global, ni grandes consensos sobre el tema.⁶²

Más allá de las intenciones, ni la controversia ni la moratoria desalentaron la intervención germinal humana. Mientras CRISPR ya se utilizaba para editar embriones humanos en investigaciones básicas en varios países como Reino Unido y Estados Unidos, confirmando que la investigación de Liang estaba dentro de los límites éticamente aceptables (Zhang y Lie, 2018), el mundo fue conmovido por una nueva noticia. En 2018, un equipo de la Universidad de Ciencia y Tecnología del Sur en Shenzhen, en China, liderado por He Jiankui, afirmó haber creado los primeros *bebés editados genéticamente*.⁶³ Esto es, haber implantado y dado nacimiento a los embriones editados con CRISPR. Lo que hasta entonces eran solo temores –y acusaciones infundadas sobre el incumplimiento normas éticas básicas de la investigación científica en China– se volvía realidad.

El equipo de He Jiankui editó el ADN durante la fase embrionaria para despojarlos del gen CCR5, que supuestamente genera resistencia al VIH, la viruela y el cólera, en un embarazo que fue llevado a término y del que *nacieron gemelas*. Si bien se anunció que ambas bebas eran sanas, se desconoce qué clase de efecto puede producir en el largo plazo.⁶⁴ Un estudio sugirió que el intento de eliminar el gen CCR5 puede haber alterado involuntariamente los cerebros de las niñas afectando a

⁶² Veremos más sobre la cuestión regulatoria a nivel global y en Argentina en el capítulo 3.

⁶³ The He Lab (s/f). *About Lulu and Nana: Twin Girls Born Healthy After Gene Surgery As Single-Cell Embryos* [Video]. Youtube. Consultado el 25/05/2020 en <https://bit.ly/3ks9hRK>

⁶⁴ “Las gemelas chinas modificadas genéticamente podrían sufrir mutaciones”, en *El Confidencial*, 04 de diciembre de 2019. Consultado el 25/05/2020 en <https://bit.ly/3z9nsjU>

su cognición y su memoria.⁶⁵ Un equipo de Estados Unidos e Israel dice tener pruebas de que el gen CCR5 suprime los recuerdos y las conexiones sinápticas, mientras que un trabajo publicado en la revista *Cell* encontró que quienes carecen naturalmente del gen se recuperan más rápido de derrames cerebrales y tendrían mejor rendimiento académico.⁶⁶ Incluso posteriores revisiones sostienen que He ni siquiera tuvo éxito en introducir las ediciones que se proponía (Charo, 2019).

Independientemente del resultado, el nacimiento de las gemelas editadas reavivó las polémicas en torno a la edición genética, al punto de que el investigador a cargo fue condenado a 3 años de prisión. Es que “aunque los nacimientos se lograron en el contexto de un ensayo clínico, parece que no siguieron los procedimientos éticos estándar, resultando en posibles violaciones tanto de las regulaciones chinas como de los estándares de investigación y bioética aceptados internacionalmente” (Kleiderman y Ogbogu, 2019: 257). El gobierno chino y la Universidad del Sur de Ciencia y Tecnología de Shenzhen afirmaron no tener conocimiento sobre la investigación que se estaba realizando lo que, como afirman Pallitto y Folguera, apuntaló una explicación desde la responsabilidad individual (2020: 19). Esto es, en la lectura que algunos expertos hicieron del hecho –como Charo (2019), entre otros– se sostenía la imagen de un científico desobediente, temerario e irresponsable (ídem). Por el contrario, Pallitto y Folguera sugieren que la investigación de He “es parte de una matriz tecnocientífica de alcance global cuyas finalidades, valores y prácticas promueven antes que desalientan acontecimientos similares” (2020: 20). Entre las condiciones de posibilidad para estos proyectos, identifican una lógica de investigación donde lo tecnológico se vuelve la finalidad misma de la actividad científica, su creciente orientación hacia la innovación, y el estar atravesada por la publicidad de sus promesas y el escamoteo de la discusión sobre sus riesgos.

La discusión respecto de si realmente la desconocían está abierta, pero lo mismo aplica para muchos de los científicos “occidentales” que se mostraron públicamente escandalizados ante los anuncio de He Jiankui. Colaboradores de este investigador publicaron un descargo donde enfatizaron este aspecto:

⁶⁵ “Cronología: todo lo que ha pasado con las bebés CRISPR de China”, en *MIT Technology Review*, 26 de febrero de 2019. Consultado el 25/05/2020 en <https://bit.ly/3y89Kw6>

⁶⁶ “La edición genética de las gemelas CRISPR podría hacerlas más inteligentes”, en *MIT Technology Review*, 25 de febrero de 2019. Consultado el 20/06/2020 en <https://bit.ly/3zjrpm>

El Dr. He estudió y trabajó en universidades de élite en los Estados Unidos. Varios científicos y académicos estadounidenses conocían su plan de crear bebés con edición genética, incluido un premio Nobel, que se opuso al experimento pero siguió siendo asesor de una de las empresas de biotecnología del Dr. He. También deberíamos tener en cuenta que el supervisor del Dr. He, biofísico de *Rice University*, parece haber estado involucrado en el trabajo, ya que figura como coautor del artículo sobre el nacimiento de gemelos genéticamente modificados.⁶⁷

Un entrevistado nos relató que en el *12th Global Summit of National Ethics / Bioethics Committees* que se realizó en marzo de 2018 en Senegal, una becaria del propio He, probablemente Xiaomei Zhai:

Mostró decenas de mails. No decenas. Media docena de mails, cadenas de mails con profesionales de Stanford, del MIT, que intercambiaban con ‘el loquito He’, con el chino, que decía ‘bueno, ya los embriones dieron bien, los implantamos’, ‘Uh, bueno, y manteneme al tanto’ decían los tipos en Estados Unidos. ‘Los embarazos están avanzando’, ‘Uh, son fantásticas estas noticias. Bueno, esperamos más novedades’. O sea, lo sabían muchísimos (investigador adjunto CONICET, 27/11/2019).

Más allá de estas acusaciones particulares, podemos confirmar dos sospechas. En primer lugar, que lo más novedoso de CRISPR es también lo que conlleva nuevos y enormes riesgos, esto es, que la accesibilidad de la técnica permite a la I+D avanzar a un ritmo desconocido para la historia de la biotecnología. Más rápido incluso que el conocimiento científico sobre sus efectos de largo plazo en los organismos editados, y los que pueden derivarse de las miles de aplicaciones que se están sucediendo en este mismo momento alrededor del mundo. Pareciera que los temores suscitados por técnicas anteriores como la clonación y la transgénesis ahora sí tienen un correlato real con las posibilidades tecnológicas disponibles, porque CRISPR está demostrando ser una herramienta verdaderamente eficaz y “parece funcionar en casi todas las criaturas y tipos de células en las que se ha probado” (Montenegro, 2016). Pero por eso mismo CRISPR se mueve en un mundo diferente al de las anteriores biotecnologías: uno donde el acceso a la técnica y su uso se ha democratizado, está ampliamente difundido, y del que participan nuevos actores.

Así, en segundo lugar, se evidencia que las condiciones y posibilidades de establecer algún tipo de regulación son distintas y más complejas. No existen

⁶⁷ “Chinese Bioethicists Respond to the Case of He Jiankui”, *The Hastings Center*, 7 de febrero de 2019. Consultado el 11/06/2021 en <https://bit.ly/3kaLoNm>

organismos globales con competencia en la cuestión, mucho menos de carácter vinculante sobre la legislación de los Estados. A la vez, es difícil imaginar que estos puedan ponerse de acuerdo, especialmente porque la I+D con edición génica se utiliza en cada vez más países y, de ser necesario, podría trasladarse con facilidad. Lo mismo ocurre con los potenciales usuarios, cuyo desplazamiento puede llevar al surgimiento de “mercados negros” o prácticas de “turismo biotecnológico” difíciles de controlar (De Miguel Beriain y Armaza Armaza, 2018: 180-183).⁶⁸ Además, por factores que van desde cuestiones endógenas al propio desarrollo de las disciplinas hasta las oportunidades de cooperación y formación en educación superior entre distintos países, la internacionalización de los procesos de producción de conocimiento y de los recursos humanos dedicados a ello se intensificó (López, 2016: 66). Pallitto y Folguera concluyen que “la alarma que resonó mundialmente con tanta vehemencia en noviembre del 2018, lejos de ser excepcional, exhibe fuertes influencias de las condiciones de posibilidad globales que se han montado en torno a la ciencia y la tecnología” (2020: 20).

2.2. Hacia una regulación de la edición humana

Araki e Ishii señalaban que, pese a la urgencia del escenario, en 2014 todavía ningún país había adoptado regulación específica sobre CRISPR, “y no hay ni dos naciones que parecieran poder acordar qué está bien, mal, es posible, o absolutamente tabú en el nuevo mundo feliz de la biología” (2014: 7). Respecto de la biotecnología roja –que refiere a las aplicaciones en medicina y salud–,⁶⁹ el consenso a nivel global pareciera ser el que reclamaban los científicos: permitir la investigación básica y la modificación somática, pero no la germinal (Polcz y Lewis, 2016: 2). Que el gobierno chino condenara a prisión al científico que dio nacimiento a humanos editados refuerza esa idea. Si bien hay al menos 60 declaraciones que

⁶⁸ Charo (2016) sostiene que el turismo médico no es necesariamente algo malo, puede ser la búsqueda de una terapia estándar a menor costo, o con un período de espera más corto, o uno que está bien regulado en otro lugar pero aún no en el propio. Sin embargo, también puede significar la búsqueda de intervenciones no aprobadas disponibles en países con regulación débil o inexistente, o estar impulsado únicamente por la esperanza y la desesperación, como las drogas en investigación para enfermos terminales.

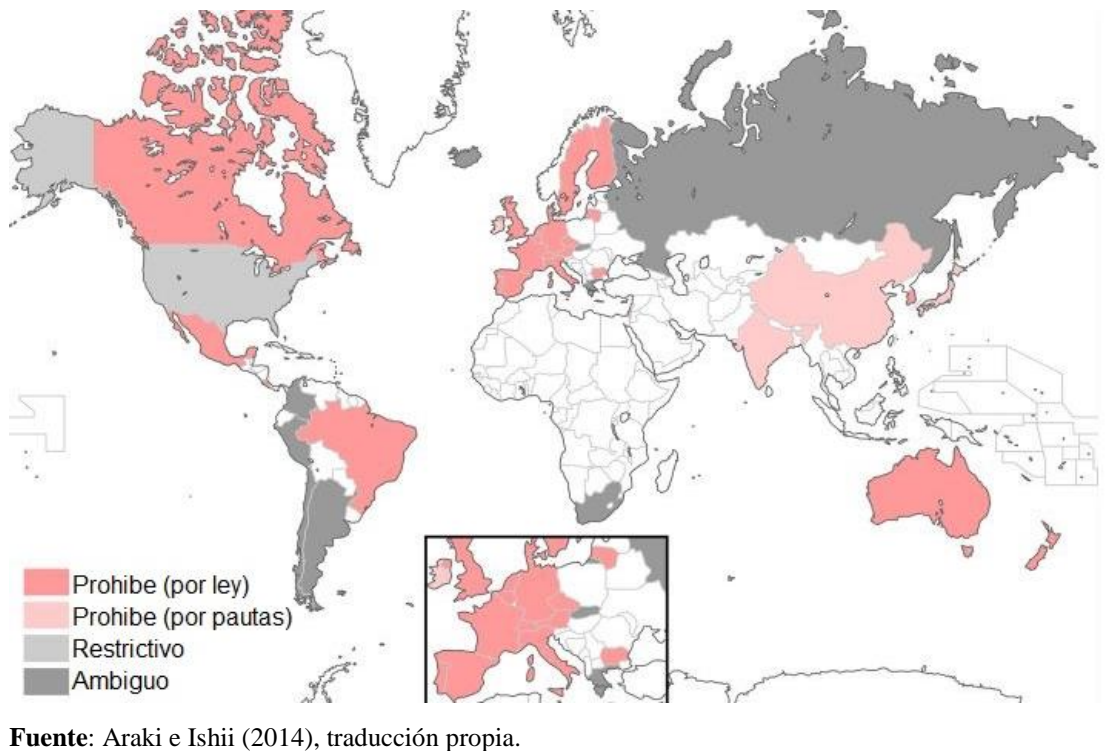
⁶⁹ La biotecnología puede dividirse por colores de acuerdo a su aplicación: roja para las médicas, verde para las agrícolas, azul para las acuáticas y marinas y blanca a la de aplicación industrial (Bhatia, 2018: 5).

rechazan la edición génica germinal en humanos, que involucran a 50 países (Arzuaga, 2018), ninguna es de carácter vinculante. Esto llevó a los países a sancionar sus propias normativas al respecto.

Así, cada Estado o bloque regional planteó disyuntivas y líneas de acción diferentes. Araki e Ishii (2014) clasificaron los formatos que adquiere la prohibición de las intervenciones germinales en los distintos Estados (imagen n° 4). Por un lado, los países que *prohíben explícitamente por ley* como Canadá, México, Brasil, España, Portugal, Francia, Australia, Nueva Zelanda, Italia, Austria, Alemania, Bélgica, Suecia, Finlandia, Corea del Sur, entre otros. La Unión Europea (UE) cuenta con Resoluciones y convenios que, en conjunto, acaban prohibiendo las intervenciones germinales y permitiendo las de terapia somática. Se destaca el Convenio del Consejo de Europa para la protección de los derechos humanos y la dignidad del ser humano respecto de las aplicaciones de la biología y la medicina, conocido como Convenio sobre Derechos Humanos y Biomedicina o "Convenio de Oviedo" y sus protocolos adicionales. En su artículo 13, este sostiene que “únicamente podrá efectuarse una intervención que tenga por objeto modificar el genoma humano por razones preventivas, diagnósticas o terapéuticas y sólo cuando no tenga por finalidad la introducción de una modificación en el genoma de la descendencia”.⁷⁰ Países como España incorporaron esta prohibición a su Código Penal.

⁷⁰ Consultado el 10/06/2020 en <https://bit.ly/3z55Dm1>

Imagen n° 4. Clasificación global de los países según su posición sobre la edición genética de línea germinal, elaborada por Araki e Ishii (2014)



Por otro, aquellos que *prohíben mediante recomendaciones* o pautas (*guidelines*), delegando la potestad de decidir en otras instituciones. Aquí se ubica China por ejemplo, donde el uso clínico está prohibido por pautas de Ministerio de Salud pero sin estatus de ley (Vogel, 2015: 1301), y se confiere a los comités de ética de las instituciones donde se realizan las investigaciones la responsabilidad de aprobarlas o no. En la práctica, como vimos, los mecanismos institucionales en China no impidieron la realización de intervenciones germinales, como sí lo hizo en países como Estados Unidos. Allí tampoco está prohibida por ley, pero el NIH, organismo responsable de autorizar los proyectos, aseguró públicamente que no autorizará propuestas encaminadas a la alteración de la línea germinal humana (Torres Martínez y Navarro Martínez, 2016: 189). Por esta razón, Araki e Ishii (2014) ubicaban a EEUU en una tercera categoría a la que llamaron *restrictiva*, donde no ubican ningún otro caso. También señalan una cuarta categoría que denominan *ambigua* e incluye a Colombia, Perú, Islandia, Rusia y Argentina.

Creemos que la categoría “ambigüedad” resulta residual y nada explicativa, y además ya se encuentra desactualizada, en tanto países como el nuestro ya tomaron

decisiones explícitas respecto de la edición germinal humana. El Código Civil y Comercial de la Nación que entró en vigencia en 2016 prohíbe explícitamente la edición humana de embriones en línea germinal, es decir, aquella transmisible a la descendencia (art. 57) y habilita las ediciones terapéuticas en adultos, siempre que cumpla una serie de requisitos en tanto práctica de “investigación médica en seres humanos [...] cuya eficacia o seguridad no están comprobadas científicamente” (art. 58). Entre ellos, destaca la necesidad de contar con la aprobación previa de un comité de evaluación de ética en la investigación, la autorización previa del organismo público correspondiente y el consentimiento previo, libre, escrito, informado y específico de la persona que participa en la investigación, basado en información clara y precisa y con posibilidad de ser revocado, entre otras cuestiones.⁷¹ El panorama que presentan Araki e Ishii es un primer acercamiento útil a pesar de estas limitaciones, aunque nos parecería más pertinente adaptarlo con una doble distinción entre quienes prohíben por ley y quienes no, y entre quienes ya han tomado decisiones explícitas (en alguno de esos dos sentidos) y quiénes no.

Por otra parte, creemos que Araki e Ishii agrupan países superponiendo criterios de distinción diferentes, por ejemplo, al separar Estados Unidos y China de acuerdo con su funcionamiento en la práctica y no solo por sus características normativas, que es la variable con la que se consideró a los países restantes. Por ella razón, sugerimos mantener simplemente una distinción entre países que prohíben y los que no, y de ser necesario, entre quienes lo establecen expresamente en su legislación y quiénes no. Esto arrojaría una imagen radicalmente diferente, donde China y Estados Unidos tendrían más similitudes que diferencias, y países como Argentina prohíben la práctica de un modo mucho más estable y explícito que aquellos dos.

Pero más allá de lo que pasa al interior de cada Estado, lo cierto es que la genética humana trasciende cualquier frontera territorial, y un no hay nada que

⁷¹ Las decisiones referidas a tratamientos con “terapias avanzadas” se encuentra a cargo del Instituto Nacional Central Único Coordinador de Ablación e Implante (INCUCAI) y la ANMAT, a veces de manera conjunta. El INCUCAI es el organismo competente en lo relacionado a las etapas de donación, obtención y control del material de partida, cuando la producción de un medicamento para terapias de avanzada requiera la obtención de células y tejidos provenientes de seres humanos. Cuando un producto no conlleva manipulación sustancial, queda exclusivamente bajo la competencia de INCUCAI. Cuando un medicamento para terapia avanzada no implique la donación, obtención o control de células o tejidos de origen humano, quedará exclusivamente bajo la competencia de ANMAT. Fuente: <http://www.celulasmadre.mincyt.gob.ar/marcolegal.php> Consultada el 20/06/2020.

unifique los criterios entre estos. Observando los antecedentes en acuerdos internacionales, varios trabajos concluyen que la mejor opción posible para avanzar a una armonización de la legislación entre países, es la regulación. Evitt, Mascharak y Altman identifican cuatro enfoques posibles para la supervisión de las terapias de edición de línea germinal de CRISPR: “la prohibición internacional, la moratoria temporal, la regulación y el *laissez-faire*” (2015: 26). Como vimos, la primera opción implica obstáculos difíciles de saldar, dadas las diferentes posturas e intereses de los Estados y la ausencia de organismos con poder de policía. La moratoria, a juzgar por el caso chino, no está siendo respetada. Ante la imposibilidad de unificar los criterios de legislación, son pocos los países que establecieron alguna, en tanto ninguno quiere quedar retrasado en los avances sobre la técnica, nadie quiere abandonar la competencia. De un modo que recuerda a la carrera armamentista, formar parte del juego probablemente resulte una condición para participar de las decisiones en la materia. De este modo, la edición genética en humanos se sitúa entre el *laissez-faire* y algunos intentos de regulación.

En sintonía, Marchant y Allenby (2017) identifican dos formatos para los intentos de armonización de una postura global: uno es la sanción de tratados internacionales, que también consideran muy difíciles de lograr, aplicar y controlar; otro es lo que llaman “leyes blandas” (*soft laws*), que no tienen poder vinculante. Estas últimas son análogas a la regulación que señalaban Evitt, Mascharak y Altman (2015). Marchant y Allenby (2017) indican que todos los países tienen interés en y realizan esfuerzos por armonizar la regulación de la edición genética, como un modo de minimizar el riesgo de las nuevas tecnologías, pero sin dejar de explotar sus potenciales beneficios. Para apuntalar esta afirmación, esto es, la existencia de estímulos para que los Estados alcancen verdaderos consensos sobre la cuestión, identifican diez razones para querer armonizar, que varían de acuerdo al tipo de aplicación de la técnica.⁷² Señalan cuatro aplicaciones principales de CRISPR con importancia regulatoria: agricultura, militar y de seguridad, medioambiente y salud humana (tabla n° 1).

⁷² Las 10 razones para armonizar son: la seguridad mutua; compartir la carga que requiere alcanzar determinada meta; las acciones de un Estado tienen impacto global; minimizar las disputas de intercambio internacional; garantizar la seguridad en los intercambios; garantizar iguales derechos y protección ciudadana; evitar el turismo médico; protegerse de los impactos transfronterizos y para promover la eficiencia (Marchant y Allenby, 2017).

Tabla n° 1. Razones y mecanismo recomendado por Marchant y Allenby (2017) para armonizar la normativa internacional sobre edición génica por tipo de aplicación

Tipo de aplicación	Razón para armonizar	Mejor mecanismo posible de armonización
<i>Salud humana</i>	Evitar el turismo médico	Pautas científicas adoptadas por sociedades profesionales
<i>Militar</i>	No es posible afirmar que estas aplicaciones existen o están siendo evaluadas, pero sugieren estar alertas	Discusiones entre ejércitos pueden ayudar a gestionar las tecnologías emergentes, aunque el secreto dentro y entre los Estados puede ser una barrera formidable
<i>Ambiental</i>	Evitar impactos transfronterizos	Dialogo informal entre los agentes reguladores de países vecinos
<i>Agrícola</i>	Minimizar las disputas en el comercio internacional	La evaluación de riesgos armonizada y los principios de gestión de riesgos establecidos por una organización internacional como el Codex

Fuente: Elaboración propia en base a Marchant y Allenby (2017)

A la hora de pensar recomendaciones legales y/o jurídicas en lo referente a CRISPR y biotecnología roja, como vemos, los expertos se hacen eco de los reparos y miedos que circulan socialmente. Recuperando la recomendación de los científicos, tienden a proteger la investigación básica y la terapia somática mientras que reclaman prohibir o regular la intervención germinal. Evitt, Mascharak y Altman, concluyen además que, para estos casos, la regulación es la mejor opción posible:

Una prohibición completa o moratoria temporal será casi imposible de hacer cumplir debido al bajo costo de CRISPR y la heterogeneidad de los códigos éticos regionales. Por otro lado, un enfoque de laissez-faire crea el riesgo de que la investigación se lleve a cabo antes de la debida diligencia ética. Por lo tanto, la regulación parece ser la política más factible (2015: 26).

Si bien las razones apuntadas por los autores como potenciales catalizadores para que los Estados busquen armonizar sus normativas, al menos para las biotecnologías rojas no pareciera haberse avanzado significativamente. Pese a ello, los estímulos

positivos para la terapia somática (financiación, marco legal) y negativos para la investigación de línea germinal (desde la prohibición hasta la condena penal), parecen estar manteniendo a esta última bajo control.

2.3. Reactivación de promesas viejas y miedos conocidos

Pallitto y Folguera (2020) afirmaron que todos los proyectos tecnocientíficos de las últimas décadas estuvieron atravesados por un lenguaje y una práctica publicitaria que multiplica sus promesas mientras omite sus potenciales riesgos, y a la vez se convierte en una condición para su posibilidad. Esto es que “en efecto, las promesas asociadas a la resolución de problemas sociales y naturales han sido un sostén fundamental para que el imperativo tecnológico pueda regir” (ibíd.: 25). Así, habiendo mostrado que las condiciones en que intenta regularse el uso de la edición génica son diferentes a las de hitos biotecnológicos precedentes, cabe preguntarse qué pasó con la controversia que suscitó, esto es, cuáles fueron los ejes en torno a los que se articuló el debate y qué argumentos se movilizaron en él. A continuación indagaremos en este punto, para luego identificar cambios y continuidades en los discursos que enmarcan esta nueva técnica.

2.3.1. Dimensiones y variables del debate ético en torno a CRISPR

El debate en torno a las nuevas técnicas de edición génica tendió a distinguir con bastante claridad su aplicación en plantas y animales de aquella en seres humanos y, como ocurrió con la clonación, esta última constituyó el centro de la controversia ética. Mucha menos atención recibieron aquí “los efectos sobre el medio ambiente, el incremento de las desigualdades sociales, el cambio de percepción del ser humano sobre sí mismo o sobre la naturaleza, o la fusión de material genético humano y animal” (Bellver Capella, 2016: 227). Respecto de la aplicación en plantas y animales, las controversias continúan con las polémicas centradas en los OGM o transgénicos (Santaló Pedro, 2017: 160), profundizando principalmente en si los editados deberían distinguirse de aquellos o no.

El verdadero debate “ético” aconteció en torno a la aplicación de la edición génica en humanos y consideró dos ejes que despiertan diferentes grados de

preocupación. De un lado está la distinción en torno al tipo de edición (o de célula a editar), esto es, si se trata de intervenciones somáticas o de línea germinal (Baumann, 2016: 140). Por otro, se intenta distinguir entre las intervenciones terapéuticas o negativas, de las positivas o de mejoramiento (*enhancement*). Las primeras son aquellas que tienen como objetivo curar una enfermedad o discapacidad existente para intentar “restaurar” al organismo a un estado “normal” físico y de salud, mientras que las segundas buscan alterar el funcionamiento "normal" para aumentar o mejorar sus capacidades y desempeños.

La distinción entre somática y germinal se ha convertido en uno de los pilares para tomar posición a favor o en contra de la utilización de CRISPR-Cas9.⁷³ Las primeras tienen mayor aceptación porque intervienen sobre un paciente capaz de brindar su consentimiento informado (Singh, Braddick y Dhar, 2017: 31), que modificará su ADN sin ocasionar efectos secundarios sobre terceras personas, por lo que no encontramos oposición a este tipo de aplicaciones. Aquí la única preocupación consiste en garantizar un procedimiento seguro (*ídem*).

Las ediciones de línea germinal humana son las que motivaron más controversia pública (Bellver Capella, 2016: 226), que resurgió con el anuncio de la edición de las bebas humanas realizado por el investigador chino en 2015 (*ídem*). Muchos de los argumentos en contra de la aplicación de esta técnica refieren a la *persistencia de limitaciones y riesgos técnicos*. Señalando que si bien conocemos casi por completo la conformación del genoma y la función de los genes, gracias al PGH, aún sabemos poco respecto sobre cómo se relacionan e interactúan entre sí. Más aún, recientemente se ha demostrado la existencia de marcas epigenéticas que

⁷³ Algunos autores introducen una tercera distinción además de las intervenciones somáticas y germinales, constituido por la instancia de investigación básica y pre-clínica con CRISPR-Cas9 en células humanas (Singh, Braddick y Dhar, 2017: 31). Sin embargo, la mayoría engloba esta instancia dentro del tipo de intervención somática (en tanto no generará nacimientos que impliquen discutir aspectos éticos a futuro) o directamente da por supuesto que esta instancia no genera controversia. Y es que salvo quienes están en contra de cualquier experimentación con embriones por motivos morales o religiosos, el hecho de usar CRISPR no supone novedades para los procedimientos de investigación, siempre que no generen nacimientos. Así, parece haber acuerdo en que la investigación básica y pre-clínica es necesaria y debe continuar, siempre observando las reglas éticas y legales (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2015). Se considera que “fomentar y apoyar una investigación transparente para evaluar la eficacia y la especificidad de la tecnología de ingeniería del genoma CRISPR-Cas9 en sistemas modelo humanos y no humanos relevantes para sus aplicaciones potenciales para la terapia génica de la línea germinal [...] es esencial para informar las deliberaciones sobre qué aplicaciones clínicas, en su caso, podrían considerarse admisibles en el futuro (Baltimore, et al., 2015: 37-38).

cambian la forma en que se expresan los genes.⁷⁴ Esto es, que el ambiente (la dieta, los rayos UV, el estrés, los fármacos, las drogas, el alcohol y el tabaco, el cuidado materno, las relaciones interpersonales, la actitud frente a la vida) puede producir cambios hereditarios en la función de los genes, sin alterar la secuencia de ADN: si “el genoma sería la instalación eléctrica, siempre llevando la misma información, las marcas epigenéticas serían los interruptores”.⁷⁵ Por todo esto, es imposible conocer con certeza los efectos colaterales que puede producir una edición incluso en principio considerada exitosa. La técnica todavía tiene márgenes de on-target con efectos inesperados, de off-target e incluso de error, que la hacen insegura (Baltimore, et al., 2015: 37).

No sorprende que las explicaciones brindadas por los científicos y expertos en genética, donde es común la experimentación con embriones, sean de índole técnica. Por eso en los llamados a la autorregulación afirman que las ediciones de línea germinal no son éticas dado el conocimiento actual de la técnica CRISPR-Cas9, pero no cierran la posibilidad de revisar estas consideraciones en el futuro. Así, algunos analistas sostienen que los argumentos “son de carácter puramente prudencial, y [...] no valoran especialmente la vida del embrión humano” (Bellver Capella, 2016: 228). Del mismo modo, Lander señala la necesidad de que socialmente decidamos “lo que está bien y lo que está mal, y cómo debemos vivir como sociedad” (2015: 7).

A diferencia de la intervención somática, la germinal involucra la cuestión de *quién tiene derecho a decidir*. Si bien algunos argumentan que los padres deben poder decidir sobre sus hijos, su autonomía debe sopesarse con los intereses de las generaciones futuras que no pueden consentir las modificaciones genéticas que heredarán (Lander, 2015: 7). Esto es un problema ético pero también político y jurídico, particularmente pertinente si se considera que “una vez introducidas en la población humana, las alteraciones genéticas serían difíciles de eliminar y no permanecerían dentro de una sola comunidad o país” (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2015). Además hay que considerar “la

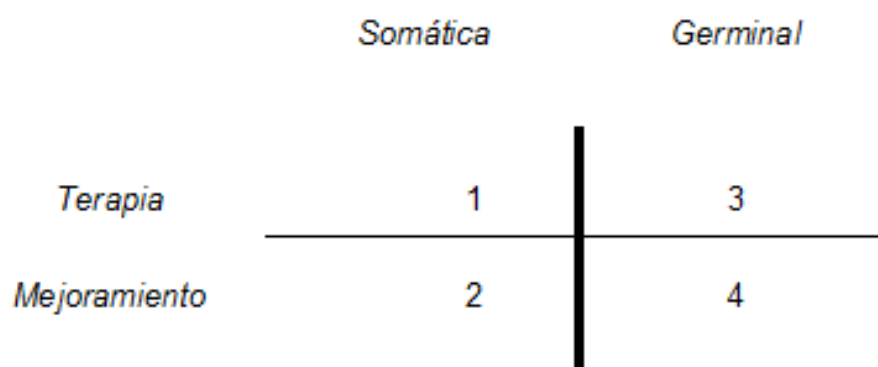
⁷⁴ La epigenética estudia los cambios heredables en la expresión de los genes, que no implica cambios en la secuencia del ADN, es decir, los mecanismos que permiten que determinados genes “se activen” o interpreten, o se “inactiven”.

⁷⁵ “Epigenética: el mecanismo por el cual el medio ambiente influye sobre los genes”, en *CONICET*, 16 de enero de 2015. Consultado el 09/06/en <https://bit.ly/3mjWGS1>

posibilidad de que las ‘mejoras’ genéticas permanentes en subconjuntos de la población puedan exacerbar las desigualdades sociales o ser utilizadas de manera coercitiva” (ídem). Así, quienes están a favor de las ediciones germinales, apuntando a la posibilidad de erradicar definitivamente ciertas enfermedades genéticas, son condicionales al momento en que la técnica haya sido perfeccionada.

El problema es, en ese caso, cómo se decide qué constituye una enfermedad, lo que nos lleva a la segunda dimensión problemática: la distinción entre intervenciones terapéuticas (negativa) o de mejoramiento (positiva). En abstracto, la aceptación de la primera es evidente, ¿quién se atrevería a sugerir a un enfermo que no debería tratar de revertir su enfermedad si así lo desea? Sin embargo, este consenso se resquebraja cuando la intervención amenaza con propagarse a la descendencia y volverse parte del acervo genético de la humanidad. Las intervenciones destinadas al mejoramiento suelen ser criticadas por sus implicancias sociales, ligadas a la discusión sobre lo que constituye una “mejora” (asociada a la discriminación y la eugenesia) como también al modo en que se accede a estas (y una desigual distribución de las posibilidades). La dificultad es que la línea entre lo que constituye una mejora y lo que es una cura o un restablecimiento a un estado “normal” es una discusión delicada y cambiante, nada sencilla de delimitar en la práctica. Además involucra polémicas definiciones sobre lo que constituye la normalidad, y los modos de afrontar socialmente las diferencias. La distinción entre terapéutica y de mejora, al igual que el foco de las controversias, cobra mayor claridad y poder explicativo cuando se cruza con la distinción entre somática y germinal (gráfico n° 3).

Gráfico n° 3. Tipos de intervenciones de la edición génica



Fuente: Fong y Gordon (23 de mayo de 2018).

En términos ideales y de acuerdo con lo que venimos desarrollando, es claro que la intervención terapéutica de células somáticas (cuadrante 1) es la más aceptada. Los riesgos que conlleva son exclusivamente técnicos y se circunscriben al caso en particular, por lo que es posible evaluar individualmente si compensan o no los potenciales beneficios. Las intervenciones del cuadrante 2, en tanto no se han planteado, aún están fuera de agenda, pero en principio se las considera análogas a una cirugía estética. Habrá que analizar, llegado el caso, los efectos sociales de esta aplicación y los modos (probablemente desiguales) de acceso y uso.

Los cuadrantes 3 y 4 concentran el foco de las controversias. El 3 especialmente por las dificultades de definir qué es una enfermedad, y los serios problemas de discriminación a los que puede dar lugar. El documental *En Pocas Palabras* profundiza en este punto con dos casos específicos: el Síndrome de Down y el enanismo. Se abre el cuestionamiento sobre si estas dos condiciones constituyen una enfermedad, esto es, si es un problema que debe revertirse o el problema es una sociedad incapaz de tolerar la diferencia. El inconveniente es nuevamente que la línea entre intervenciones positivas y negativas es, al igual que en el gráfico n° 3, difusa. Como señala Juez Pérez, “muchos piensan que consentirían la selección frente a enfermedades o discapacidades, pero no para mejorar lo que es normal. No obstante, no hay una línea clara entre la selección ante las discapacidades y la selección de características positiva” (2016: 26).

Y es que el principal temor es a un rebrote eugenésico, dada la posibilidad de introducir mejoras genéticas a la especie (*cuadrante 4*), aspecto que concentra la

mayoría de los reparos y críticas. Bastida es tajante al afirmar que “la apertura a la modificación de la línea germinal es, simplemente, una apertura sin retorno a la eugenesia” (2016: 27). Juez Pérez nos sumerge en ese eterno dilema que demarca nuestros cuadrantes 3 y 4:

Cuando pensamos en eugenesia, pensamos en la limpieza racial y las matanzas del Holocausto Nazi. Pero si la edición genética de los embriones humanos está ayudando a personas a evitar el riesgo de transmisión de genes perjudiciales a su descendencia, ¿entonces es eugenesia? (2016: 28).

La autora parece concluir afirmativamente a esta pregunta identificando una eugenesia negativa, tendente a “eliminar o suprimir aquellas características genéticas no deseables para evitar la descendencia ‘defectuosa’” (ídem) y una positiva, que busca “potenciar cualidades genéticas, físicas e intelectuales que son deseables socialmente” (ídem). Bastida coincide:

En cualquier caso, eugenesia racional seguirá siendo eugenesia, y nada podría eliminar el dolor de aquellos que nazcan en el mundo de la modificación de la línea germinal si nadie invirtió demasiado en sus gametos. A estas personas les tocará vivir con la complejidad de un genoma diferente de lo que esta tecnología será capaz de definir como “normal” (2016: 27).

De un modo que recuerda al futuro que conjetura la película *Gattaca* (Niccol, 1997), Juez Pérez afirma que “los padres que tengan acceso a las técnicas de selección y edición genética tendrán hijos cuyas capacidades probablemente sean superiores a aquellos que resultarían de la ‘lotería natural’” (2016: 26). Y es que asociada a la cuestión de la eugenesia viene la discriminación con fundamento en la genética, especialmente en sociedades económicamente desiguales. Baumann señalaba esta cuestión:

Si CRISPR/Cas9 se pudiera aplicar de manera segura en el futuro, podrían surgir problemas de injusticia y accesibilidad debido al alto precio probable de la terapia de línea germinal, lo que aumenta la relevancia de las objeciones éticas generales sobre la mejora y el miedo a la eugenesia (2016: 140).

En Argentina, el entonces Ministro de Ciencia y Tecnología recordando también el escenario que planteó *Gattaca* (Niccol, 1997), afirmó que

A futuro probablemente lleguemos a una situación donde la edición génica sea tan segura que no haya un argumento en contra de “corregir” [...] [pero] esto no va a

estar determinado por condiciones éticas, van a ser condiciones comerciales, o de acceso al mercado de trabajo. Y eso hay que tenerlo en cuenta porque por más que a nivel internacional se condena cualquier tipo de discriminación basada en la información genética, en la práctica va a ser muy difícil controlar o establecer reglas que impidan que esto ocurra (Barañaño, 2018).

Pese a este señalamiento, el experto no considera que a la discriminación por cuestiones genéticas pueda asociarse un rebrote eugenésico, justamente porque aquella descansa en las desigualdades de acceso a las intervenciones genéticas. Dicho de otro modo, Barañaño considera que es tan reducida la cantidad de personas que podría acceder a ediciones genéticas de mejoramiento, que su impacto no tiene posibilidades cuantitativas reales de modificar el acervo genético de la población (ídem).

En este sentido, Florencia Luna (2019) sugiere pensar el impacto de la edición génica en términos de responsabilidad, no solo individual, como en las decisiones respecto de la descendencia, sino también colectiva. Esto implica considerar cómo estas tecnologías puedan afectar el sistema público de acceso al cuidado de la salud, si determinados grupos de pacientes corren el riesgo de ser postergados, y cuál pueda ser el impacto en las futuras generaciones, porque “es posible que estas tecnologías sean accesibles sólo a algunas minorías. Aquellas que puedan tener las capacidades económicas (sobre todo al inicio cuando estas tecnologías resulten muy costosas) pero que también tengan los medios socio-culturales adecuados” (Luna, 2019: 50).

2.3.2. Continuidad y cambio en los debates sobre las biotecnologías

Décadas después es evidente que los argumentos esgrimidos a favor y en contra de técnicas entonces novedosas, como el ADN recombinante y la clonación desde células adultas, resultaron exagerados, pero también es cierto que no perdieron relevancia. Que no se cumplieran las distopías asociadas a aquellas innovaciones no alcanzó para erradicar sus fantasmas. Como analizamos, el debate en torno a CRISPR-Cas9 se concentró en aspectos muy similares a los de controversias previas, especialmente la preocupación ética por las intervenciones en humanos y sus potenciales efectos socio-económicos en términos de eugenesia y discriminación. Del mismo modo en que CRISPR renovó las esperanzas depositadas en la

biotecnología moderna, también reanimó los temores asociados ella. Dicho de otro modo, hay argumentos en contra y a favor de las biotecnologías que no son nuevos sino que parecen estar “a disponibilidad” ante cada nuevo desarrollo: persisten en el tiempo como marcos interpretativos que ordenan la discusión sobre nuevas tecnologías e intervenciones en humanos.

Sin embargo, al contrastar los debates previos en relación a otras tecnologías novedosas, puede verse que, aunque los ejes temáticos sean los mismos, hay algunas cuestiones que parecen haber quedado saldadas. Lo principal es que *los argumentos técnicos cobran creciente relevancia* en las discusiones sobre CRISPR-Cas9, de lo que tuvieron en otras oportunidades. Por ejemplo, las moratorias solicitadas en 2015 respecto de CRISPR se basaron en datos específicos –como la investigación de Liang– sobre sus riesgos de off-target y otros efectos secundarios aun no estimables, a diferencia de las reclamadas a fines de los 90’s en torno a la clonación o de los 70’s con las técnicas recombinantes, motivadas por imaginarios más generales. Con la información disponible, solo las intervenciones germinales y de mejoramiento podrían considerarse estrictamente como “ciencia posnormal”, donde los científicos no tienen más conocimiento que otros expertos para decidir al respecto. Con este recorte, en cambio, la mayoría de las aplicaciones tendrían riesgos perceptibles y conmensurables por los propios científicos, en lugar de inciertos.

Así se logró focalizar la incertidumbre en determinadas aplicaciones y usos de la edición génica en general y CRISPR en particular. En sintonía, los focos de las controversias se volvieron mucho más precisos, en tanto las intervenciones terapéuticas quedaron fuera de la agenda de discusión. Esto contrasta, por ejemplo, con las moratorias sobre la clonación, que prohibían cualquiera de sus aplicaciones. En Argentina aún rige el Decreto presidencial de 1997 que prohíbe “los experimentos de clonación relacionados con seres humanos” sin distinción alguna,⁷⁶ incluso cuando el Comité Nacional de Ética en la Ciencia y la Tecnología solicitó “que distinga entre la clonación reproductiva y la clonación con fines terapéuticos y de investigación y prohíba, sobre la base del principio de precaución, las investigaciones y prácticas vinculadas con la clonación con fines reproductivos”

⁷⁶ Artículo 1° del Decreto DNU N° 200/1997.

(CECTE, 2004: 10).⁷⁷ En torno a CRISPR-Cas9, en cambio, la investigación básica, pre-clínica y de terapia somática nunca estuvo realmente puesta en cuestión. Más aún, como sospechan Zhai, Ng y Lie, es probable que los llamados a la autorregulación de las intervenciones en línea germinal por parte de los científicos tuvieran como objetivo justamente proteger la continuidad de estas líneas de investigación, ante los temores generados por el estudio de Liang (2016: 120).

Esto permite sostener que algunos de los viejos debates quedaron saldados, al alcanzar ciertos consensos mínimos, sobre los que se han erigido las nuevas reflexiones vinculadas a la edición génica. Además, los temores más extremos o fatalistas que no se concretaron, refinaron la discusión para enmarcarla de un modo más preciso y ajustado a la realidad técnica y las posibilidades materiales, temporales y presupuestarias de la I+D. Este ajuste es importante porque los cambios que suscita CRISPR demandan consensos y resoluciones más urgentes que las técnicas anteriores. Y es que

Hasta la aparición de las técnicas mencionadas [ZFN, TALEN, CRISPR] se concebía la discusión ética sobre la modificación genética en humanos como un ejercicio académico, no exento de interés, pero cuya factibilidad e irrupción en la realidad había que situarla en un futuro confortablemente lejano. Sin embargo el escenario ha cambiado radicalmente debido a las características de estas tecnologías que ya hemos mencionado: especificidad, eficiencia, accesibilidad y versatilidad; enfrentando de golpe a los científicos y, obviamente, a la sociedad a la necesidad de decidir qué caminos seguir y cuales deben vetarse o posponerse (Santaló Pedro, 2017: 160).

2.4. Menos alertas, mayores amenazas, nuevos desafíos

Con frecuencia, los argumentos sostenidos tenían una abstracción tal que los alejaba de la discusión específica y las posibilidades concretas de realización. Como señala Montenegro (2016), hace treinta años no entendíamos lo que era o podía producir la (por entonces nueva) genética. En línea con lo que Donna Haraway llamó “truco divino” (*god-trick*), pensábamos en la genética como la clave para el dominio

⁷⁷ El principio de precaución o precautorio permite que se lleven adelante medidas políticas de gestión del riesgo cuando la información disponible no ofrece certeza sobre los riesgos de determinada acción o actividad, garantizando la protección del medioambiente y los seres humanos. Dichas medidas deben ser lo menos restrictivas posible para los intercambios comerciales, respetar el principio de proporcionalidad teniendo en cuenta riesgos a corto y a largo plazo, y ser reexaminadas frecuentemente de acuerdo con la evolución de los conocimientos científicos.

científico de la naturaleza, como si no hubiera contexto, imperfección en el conocimiento humano, ni agencia en los objetos. Con el tiempo, estos planteos se percibieron como cada vez más exagerados, hasta pomposos y, por tanto, dejaron de recibir atención. Quizás por eso con CRISPR los científicos se concentraron en los aspectos más técnicos de la discusión. Ahora bien, como señala Luna, “aunque estas tecnologías no generan problemas realmente novedosos, cuestionan el alcance de nuestra noción tradicional de responsabilidad y nos plantean nuevos desafíos respecto de cómo afrontarlas” (2019: 44).

La cuestión es que el escenario que plantea CRISPR es diferente al de tecnologías previas, abre oportunidades nuevas, a la vez que reduce los márgenes reales para limitar las prácticas, porque los esfuerzos por controlarla chocan con su rápida y creciente expansión. Por esto, la precisión del debate no debería expulsar de la escena ciertos aspectos o precauciones éticas. La humanidad corre el riesgo de subestimar algunos potenciales efectos de las biotecnologías, justo cuando estas comienzan a volverse más factibles, y sus consecuencias más verosímiles que nunca. Montenegro (2016) concluía que ahora que podemos apreciar que naturaleza y cultura son inseparables e interactúan en sistemas complejos, CRISPR “invita a actualizar la gobernanza de la biotecnología para incluir la experiencia de un público más amplio y una variedad de ciencias”, que comprenda genetistas, ecologistas, científicos naturales y sociales, agricultores, consumidores, productores de semillas y trabajadores en toda la cadena alimentaria.

Paradójicamente, el revuelo desatado por los anuncios sobre las innovaciones tecnológicas empezó a perder fuerza justo cuando sus amenazas se volvieron tangibles. Por ejemplo, si bien las posibilidades de acceder a intervenciones genéticas aún se encuentran fuera del alcance de las grandes mayorías, como señaló Barañao (2018), también es cierto que los costos de las mismas vienen reduciéndose de modo significativo, y que muchas tecnologías que al momento de su lanzamiento solo eran asequibles para una élite, acabaron popularizándose, como la electrónica. ¿O no era impensable hace algunas décadas que esa computadora que ocupaba una habitación completa acabaría en el bolsillo de la mayor parte de la población?

Otro aspecto relevante que encontramos en torno a las consideraciones bioéticas es que los “repertorios disponibles” para comprender las innovaciones biotecnológicas son fundamentalmente occidentales, con gran influencia europea y

norteamericana, ¿pero estas posturas o cosmovisiones no podrían ser contrarias a nuestros intereses, a nuestro lugar en la estructura geopolítica? Dicho de otro modo, aunque Argentina comparte los criterios éticos de estos centros, también tiene preocupaciones y necesidades típicas de las periferias, que nos acercan más a las ambiciones de otros países emergentes, como China. Por eso es que las tensiones en torno al modo de definir y controlar los OGM se producen fundamentalmente con Europa. Habrá que preguntarse entonces no solo si Argentina está en condiciones de frenar determinados proyectos científico-tecnológicos, sino también si le conviene. Entre el prohibicionismo y el laissez faire de “hacer lo que haya que hacer” para alcanzar el desarrollo, hay márgenes para que nuestro país defina un criterio propio.

3. LAS PROMESAS BIOTECNOLÓGICAS PARA LA ARGENTINA AGROPECUARIA

La centralidad económica, social y política que el sector agropecuario tuvo, históricamente, en la estructura productiva Argentina, es innegable. Su vínculo con las modernas técnicas biotecnológicas se consolidó en el marco de la revolución verde, y resultó beneficioso para el desarrollo de ambas, especialmente en torno a la aplicación de los transgénicos. El protagonismo de los cultivos OGM en la canasta exportadora argentina explica que las promesas de la edición genética para la economía en general, y la agroganadería en particular, solo puedan comprenderse cabalmente en diálogo con las expectativas, controversias y transformaciones suscitadas por los transgénicos. Por ello, este capítulo reconstruye la relación entre el sector agropecuario (y su lugar central en la economía nacional) y las modernas biotecnologías, observando los cambios que fue provocando tanto en la estructura productiva como en el campo de la I+D, sus promesas pendientes y los factores que impidieron que estas se concreten.

Para ello, recurrimos a bibliografía especializada, informes, documentos, notas de prensa, nuestras propias entrevistas y a la legislación, que nos permitió actualizar la información disponible, dada la rapidez con que se modifica el estado de situación de la edición genética a nivel global, especialmente sus aspectos normativos. Así, veremos que los condicionantes para que las transformaciones biotecnológicas en el agro redunden en desarrollo y no solo en crecimiento económico son, en gran medida, geopolíticos. Responden especialmente a la existencia de barreras legales que dificultan a Argentina participar de la innovación fundamental y el agregado de valor sobre los productos de su canasta exportadora, como la propia inserción de las exportaciones. Así, las ventajas técnicas de CRISPR representan una oportunidad para democratizar el acceso a la producción y aplicación del conocimiento, pero esta descansa en una serie de variables que aún se encuentran en proceso de definición, y que conforman la regulación de la edición genética.

3.1. La centralidad del “campo” en la estructura socio-económica

Como señalan Gerchunoff y Llach, luego de décadas de procesos de pacificación interior, recién en 1880 es posible referir a la existencia de un Estado nacional consolidado y con autoridad asentada (2005: 13-16). En ese momento, Argentina comenzó a insertarse en una economía mundial que “tenía como rasgos centrales la creciente integración de mercados y el rápido crecimiento de la producción” (ibíd.: 16). En ella, la posición de Argentina

Puede describirse como la aceptación de un lugar bien definido en el sistema de división internacional del trabajo cuyo centro era Inglaterra: el de productor agropecuario e importador de productos manufacturados (Gerchunoff y Llach, 2005: 18)

Para el período 1925-1929, el 96% de las exportaciones argentinas eran productos agropecuarios (Barsky y Gelman, 2009: 311). Constituían dos tercios del maíz, 80% de las semillas de lino, 61% de las carnes y 20% del trigo del total global de exportaciones (ídem). Su inserción internacional era tal que Argentina competía con la producción y exportación de las principales economías del mundo, aunque “su carácter dominante en varios productos lo hacía especialmente vulnerable a las condiciones de sobreproducción agrícola mundial” (ídem). Si bien las primeras décadas del siglo XX tuvieron varios momentos de crecimiento de la industria, estos se produjeron forzados por las dos guerras mundiales y la Depresión, es decir, por el derrumbe del comercio exterior y la reducción de las importaciones (Gerchunoff y Llach, 2005: 142). Así, “el desarrollo económico (y la propia historia) de la Argentina guarda una estrecha relación con la explotación económica de los recursos naturales en general y, en particular, con las producciones agropecuarias” (Bisang, 2007: 187). Argentina era el “granero del mundo” y “el campo” se organizó en torno a ello.

Como bien señala Hernández, “‘el campo’ constituye una entidad material y simbólica central en la construcción política y económica del país desde sus orígenes (2007: 361). Esa imagen comenzó a construirse a mediados del siglo XIX, cuando la prosperidad del país dependía de la ampliación de la frontera agrícola-ganadera en base a tecnologías importadas que eran adaptadas localmente, sustentando un modelo

que era traccionado por el mercado externo (Bisang, 2007: 188). Así, la base productiva se apoyó en pocos sectores que impulsaban el crecimiento de la economía, modelo que mostró sus límites cuando los términos del intercambio se deterioraron, dejando “al descubierto la fragilidad de una estructura productiva desbalanceada y dual, centrada en unas pocas actividades y orientada a mercados (y por empresas) muy concentrados” (ídem).

El problema es que el sector agroexportador representaba un porcentaje bajo del empleo. Durante el período de sustitución de importaciones, la industria se convirtió en el motor de la economía, y el sector agropecuario se mantuvo ajeno al dinamismo productivo interno (Bisang, 2007: 187-188). El gobierno de Perón que comenzó en 1946, concretó una política de intervención sobre el sector agropecuario –que iniciaba un proceso de recuperación, terminada la segunda guerra mundial– en beneficio del sector estatal, industrial y consumidor (Barsky y Gelman, 2009: 361).⁷⁸ De este modo, unía la suerte del sector agropecuario y el industrial, buscando profundizar el modelo de industrialización y reducir la dependencia respecto del comercio internacional que, dados los previos procesos de apertura y cierre, generaban gran inestabilidad en la economía nacional. Así, diversos factores convergían para que el agro atravesara un período que la literatura coincide en denominar de “estancamiento”, entre los años 1930 y 1960, incluso hasta casi los 70’s (Barsky y Gelman, 2009: 346; Gras y Hernández, 2016),

En ese contexto, la industrialización aparecía como una forma de forjar cierta independencia respecto de los avatares del intercambio internacional, generar empleo y mantener la paz social, y se convertía en un pilar de las propuestas de desarrollo. En líneas generales, se consideró que la superación del subdesarrollo de la región requería pasar de un modelo exportador de productos primarios a un proceso de industrialización por sustitución de importaciones, porque los países de la periferia estaban en desventaja respecto de los países del centro: mientras estos últimos exportaban manufacturas, cuya demanda aumentaba a la par que el ingreso en la periferia; los primeros exportaban productos primarios que crecían lentamente con el

⁷⁸ Por ejemplo, con medidas como la creación del Instituto Argentino para la Promoción del Intercambio (IAPI), que monopolizó la comercialización de cereales y oleaginosas, para mantener el nivel de los precios internos y obtener ganancias que se tradujeron en gasto público (Gerchunoff y Llach, 2005: 189).

ingreso de los centros, produciendo un desequilibrio comercial en la periferia, que importaba más de lo que exportaba (Briceño Ruiz, Quintero Rizzuto y Ruiz de Benítez, 2013: 7-8).

A mediados del siglo XX, era la industria el sector demandante de mano de obra, pero también de divisas, necesarias para adquirir los insumos y bienes de capital (Gerchunoff, 2006: 1). En 1949, con la inflación y una gran caída de las exportaciones, el equilibrio distributivo mostró sus limitaciones (Gerchunoff y Llach, 2005: 204-205). Es que la expansión industrial creaba las condiciones para una futura contracción económica por crisis en la balanza de pagos, que llevaba al ajuste del tipo de cambio real y una consecuente caída del salario real, desatando la resistencia popular, en un contexto de “bajo desempleo, mercado de trabajo homogéneo y sindicatos fuertes” (Gerchunoff, 2006:). De este modo, la escasez de divisas y el conflicto distributivo recortaban el dinamismo económico del país (ibíd.: 5), porque “el campo” no generaba suficientes puestos de trabajo ni permitía importar lo que “la industria” necesitaba para mejorar la distribución de los ingresos. Aunque hacia el final del periodo de sustitución de importaciones las manufacturas llegaron a representar cerca del 50% de las exportaciones totales, la estructura exportadora continuó concentrada en bienes agropecuarios (ibíd.: 55). A mediados de los 50’s comenzó la recuperación productiva del sector agropecuario, luego del estancamiento y una fuerte brecha tecnológica (López, 2002: 54).

Las tres décadas siguientes estuvieron marcadas por la inestabilidad política y la alternancia entre golpes militares, gobiernos radicales (Frondizi, Guido e Illia entre 1958 y 1966) y un breve retorno del peronismo (Cámpora, Lastiri y Perón de 1973 a 1976). La política económica de Frondizi había adherido a las tesis del desarrollismo, y apuntaban a consolidar “el paso de una economía agroexportadora a una economía industrial” (Gerchunoff y Llach, 2005: 249). Sin embargo, la dependencia de insumos extranjeros –especialmente para la industria en crecimiento– y un tímido crecimiento de las exportaciones, desbalanceaban la balanza de pagos y no generaban las divisas necesarias para mantenerla en equilibrio (ibíd.: 272). Así, “el plan del gobierno dependía, en su etapa inicial, de la capacidad del sector agropecuario para aumentar sus exportaciones y generar divisas. Eso daría aire para financiar la expansión de las vitales importaciones del equipamiento industrial” (ibíd.: 275). Se ve como, en algunos momentos históricos, “‘el campo’ asumió un rol

secundario, cuya renta serviría en parte para financiar el desarrollo industrial, prácticamente inexistente hasta los años 40” (Hernández, 2007: 361).

Es evidente que el sector agropecuario es central para la historia social, política y económica de Argentina, en términos tanto materiales como simbólicos (Hora, 2018). Como resume Hernández, “fue, alternativamente, denostado y enaltecido, objeto de políticas públicas benévolas o punitivas, caratulado de representante de la civilización o de la reacción conservadora” (2007: 361). Para algunos, era una actividad atascada y sin dinamismo, “la causa del ‘atraso’ y la falta de modernidad de la economía argentina por haberse basado en un ‘modelo agroexportador’ cuyos productos no tenían ‘valor agregado’” (ídem). Para otros, en cambio, aparecía como la salvación que permitió que Argentina desarrollara sus “potencialidades naturales, culturales y societales” (ídem).

Así, las discusiones sobre el modelo de desarrollo oscilaban entre el fomento de una u otra opción: era “campo o industria”. Pero la estrategia de sustitución de importaciones no solo encontró limitantes internas, como la inestabilidad económica y política, sino que también chocó con cambios que desde los 70’s se dieron a nivel global e iniciaron un “nuevo paradigma tecnoeconómico” (De Angelis, 2015: 67-68).⁷⁹ Asociada a la electrónica y las nuevas tecnologías de la información y la comunicación (TICs), se produjo una revolución científico-tecnológica global que alteró los modos de organización empresarial, y los espacios y pautas de producción y consumo (ídem.), pero también tuvo fuerte impacto en la organización agropecuaria global.

⁷⁹ De acuerdo con Carlota Pérez, esta sería la quinta revolución tecnológica, la “era de la informática y las telecomunicaciones”, iniciada en Estados Unidos con el anuncio del microprocesador Intel en 1971, que rápidamente se difundió hacia Europa y Asia (2010: 190). Vinculada al abaratamiento de la microelectrónica, el desarrollo de las telecomunicaciones, la computación, los instrumentos de control, nuevos materiales y la biotecnología, generó o redefinió las infraestructuras de comunicación mundial, internet, correo y servicios electrónicos, redes eléctricas y el transporte físico (ibíd.: 193). Su sentido común o sus principios de innovación se caracterizan por: el uso intensivo de la información; la integración descentralizada o estructuras en red; el conocimiento como un capital o valor añadido intangible; la segmentación de mercado o proliferación de nichos; la heterogeneidad, diversidad y adaptabilidad; economías de cobertura y especialización combinadas con escala; la globalización o interacción entre lo global y lo local; los clusters o redes de cooperación y el contacto o comunicación global instantánea (Pérez, 2010: 197).

3.1.1. Revolución verde: la unión entre la agricultura y las biotecnologías modernas

En Argentina, los planes de modernización del campo eran llevados adelante principalmente por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), que desde su creación en 1956, tenía como misión tecnificar y mejorar la empresa agraria y la vida rural (Calandra, 2009: 194). Para ello, contaba con investigadores que producían el conocimiento y las tecnologías, y extensionistas que se ocupaban de transferirlos al público objetivo, que era “la familia rural” (ibíd.: 196). Así, sus destinatarios eran ciudadanos con derecho a percibir estos productos y servicios, concebidos en calidad de bienes públicos de alcance universal (ibíd.: 195).

El punto de partida de la reconversión productiva fueron “los esfuerzos públicos y algunas iniciativas privadas para la introducción de nuevos cultivos y tecnologías de proceso” (Bisang, 2007: 191). Entre estas, Bisang destaca la creación y el apoyo a instituciones de generación, adaptación y difusión de tecnologías; los programas públicos de difusión de ciertos cultivos; los cambios favorables de los precios relativos; el dinamismo de los mercados internacionales de ciertos productos; la evolución endógena de los actores privados, y las inversiones extranjeras en nodos claves de determinadas redes de negocios (ídem).

Sin embargo, pronto la lógica fundacional del INTA comenzó a experimentar un proceso de privatización y mercantilización, consecuencia de las nuevas técnicas de identificación y patentamiento de las obtenciones científicas (Calandra, 2009: 199-200). El cambio comenzó durante los 70’s, con la adopción de una serie de nuevas tecnologías agrícolas, que incluyó cereales más resistentes a climas extremos, nuevas formas de cultivo, semillas híbridas, pesticidas, fertilizantes y venenos (Tubio, 2019: 9).⁸⁰ Estas transformaciones provocaron un enorme incremento en la productividad agrícola entre las décadas del 60 y el 80, que le valió el nombre de “revolución verde”. Este se apoyó fundamentalmente en el desarrollo comercial de la

⁸⁰ Estas nuevas tecnologías habrían surgido con epicentro en Estados Unidos, gracias a un programa piloto patrocinado por el Gobierno de México y la Fundación Rockefeller durante las décadas del 40 y 50, para elevar la productividad del campo mexicano (Tubio, 2019: 10). El programa estuvo a cargo del ingeniero agrónomo Norman Borlaug, que realizó los cruces selectivos de variedades de trigo, maíz y arroz hasta obtener las más productivas. Con la ayuda de organizaciones agrícolas internacionales, promovió su adopción en países en vías de desarrollo como una forma de acabar con el hambre, y por ello recibió el Premio Nobel de la Paz en 1970.

soja, que comenzaba a ganar importancia, y la utilización del método de siembra directa (Bisang, 2007: 191-192). A diferencia de la siembra “convencional”, este elimina la roturación de la tierra, minimizando su erosión y manteniendo la materia orgánica y la humedad de los suelos, por lo que necesita de la aplicación de una mezcla de biocidas que protejan al cultivo de agentes patógenos (Hernández, 2007: 333-334).

En Argentina, la adopción plena del modelo de la revolución verde se dio de forma tardía, probablemente porque la actividad agropecuaria era conservadora respecto a la incorporación de tecnologías, dados los bajos niveles de rentabilidad del sector y que la propiedad de la tierra estaba en manos de empresarios de otros sectores, que la utilizaban como refugio ante las inestabilidades macroeconómicas (Bisang, 2007: 191). Sin embargo, las transformaciones tecnológicas junto a las mejoras en los precios internacionales de la soja a fines de los setenta y principios de los ochenta, consolidaron el dinamismo de la actividad (Bisang, 2007: 192) y, con la aplicación de las nuevas tecnologías, el sector agrícola recuperó su lugar central en la canasta exportadora nacional y como generadora de divisas.

Esto revitalizó también la I+D científico-tecnológica, especialmente su aplicación “al campo”, del que ya no solo se esperaba que abasteciera al mercado interno de materias primas y alimentos, sino también que sea una palanca esencial en el proceso de acumulación, proveyendo las divisas que permitieran expandir el desarrollo industrial (Barsky y Gelman, 2009: 347). El INTA también se transformó durante este proceso: reorientó la generación de tecnología al interés por mejorar la productividad, privilegiando la investigación antes que la extensión, y cambiando de público objetivo, que pasó de la familia rural al “productor viable”, definido como aquel con capacidad económica para asimilar los “paquetes tecnológicos” (ibíd.: 200). Así, durante los 80s,

Académicos y policy makers se apresuraron a anunciar la llegada de un nuevo paradigma tecnológico basado en los desarrollos biotecnológicos [...] como una “ventana de oportunidad” para los países en vías de desarrollo con cierta tradición de investigación en ciencias biológicas (Thomas, Fressoli y Gianella, 2011: 116).

La biotecnología se convertía en uno de los focos predilectos de las políticas públicas de fomento, por ejemplo, con el Programa Nacional de Biotecnología de 1982-1991 y el Programa Nacional Prioritario de Biotecnología (1992-1996),

primeros planes de mediano plazo para el sector. Estos proponían coordinar iniciativas científicas, tecnológicas y productivas a escala nacional e internacional y brindar apoyo financiero a grupos científicos y a su formación (Bercovich y Katz, 1990: 29). También se formularon programas de cooperación con otros países (MINCyT, 2010: 3; GACTEC, 1997a: 19) y se consolidaron instituciones públicas y privadas que resultaron promotores clave de estas innovaciones tecnológicas y organizacionales. Entre ellas, la Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa (Aapresid),⁸¹ a quienes Hernández calificó como “protagonistas incontestables de [...] la ‘sojización del campo’” (2007: 332).

3.1.2. La revolución de la revolución: los cultivos transgénicos

A diferencia de la tardanza en la incorporación del modelo de la revolución verde, Argentina fue pionera en adoptar los transgénicos, casi en simultáneo con Estados Unidos, con la soja OGM (Blois, 2017: 39). En 1996, se aprobó en nuestro país la comercialización y producción de semillas de soja transgénica (Resolución N° 167/96) y se comenzó a sembrar la primera variedad de soja genéticamente modificada resistente al glifosato (Rocha y Villalobos, 2012: 9), la *Roundup Ready* (RR) de la empresa Monsanto. Esta modificación permitía utilizar un único pesticida infalible (glifosato) que, ahora, no podría dañar la planta. Como señala Hernández, la adopción del “paquete tecnológico” (esto es, la soja genéticamente modificada junto al herbicida glifosato) se articuló, de hecho, con la técnica de cultivo por siembra directa (2007: 333). Esto modificó de manera significativa la práctica agrícola, reduciendo sustantivamente los tiempos, costos de personal y gastos fijos dedicados a cada campaña (ibíd.: 334). Por ello la práctica de siembra directa creció exponencialmente en el país desde la adopción de los cultivos transgénicos (ídem).

Como sostiene Arancibia, “al reducir los costos del control de malezas y disminuir los ciclos de laboreo (incentivando el doble cultivo sobre la misma tierra

⁸¹ Aunque desde mediados de los 70's existía como espacio de intercambio entre productores, Aapresid se institucionalizó como asociación civil sin fines de lucro en 1989, para impulsar la difusión de la siembra directa. Por razones técnicas y de mercado, unos años después acaban articulándose con la soja transgénica vía siembra directa (Hernández, 2007: 336). Cuenta entre sus asociados a empresas como BASF, Bayer, Biogénesis Bagó, Bunge, Bioceres, Corteva, DonMario, Nidera, Syngenta, entre otras. Fuente: página web de Aapresid, consultada el 27/01/2022.

en una campaña agrícola), se aumentó radicalmente la productividad agraria” (2012: 83). Gerardo Bartolomé, dueño y presidente de DonMario semillas, especifica que “tal vez la productividad por hectárea no aumentó, pero sí aumentó el área porque te fuiste a zonas que antes era más difícil porque había malezas que eran complicadas de controlar” (en Vanoli y Galliano, 2017: 200).

Con la soja transgénica, la biotecnología vegetal evidenció un rápido desarrollo y una progresiva aceptación, porque se constituía en una promesa de crecimiento económico. Así, la RR que para la temporada 96/97 representaba solo el 0,07% del cultivo de soja en el país, alcanzó el 25% para el 97/98 y el 80% en el 98/99, (Vara, 2004: 105). Esto coincidió además con los últimos años del gobierno neoliberal de Menem que culminó en un crisis económica a la que siguieron varios años de inestabilidad política y social, que comenzó a recuperarse recién en 2002, por lo que la exportación de commodities, en calidad de fuente de generación de divisas, se volvió un sostén de la economía nacional.

Comenzó así una estrecha relación entre los transgénicos y el sector agropecuario, cuya intensidad y extensión sólo se explica “por transformaciones de mayor alcance operadas tanto en el paquete agronómico como en la estructura productiva en su conjunto” (Bisang, 2003: 413-414). Ya el Plan Nacional Plurianual de Ciencia y Tecnología 1998-2000 destacaba la importancia estratégica de la biotecnología porque “su desarrollo representa una parte significativa de las posibilidades de crecimiento económico del país” (GACTEC, 1997b: 199). Esto conjugaba el auge de la disciplina biotecnológica y su aplicación, y la conciencia de que había posibilidades reales para desarrollarla en el país. Entre estas, destacaron la existencia de los recursos y la infraestructura necesaria, y de capacidades técnicas similares o cercanas a las de los países avanzados, es decir, “que el *gap* tecnológico, infranqueable en otras oportunidades, aquí no lo es” (ídem).

Con esta idea como guía, desde 2003, cuando asumió la presidencia Néstor Kirchner, se asignaron “crecientes recursos estatales al INTA y a programas de Ciencia y Técnica vinculados con el agro” (ídem) y también se aplicaron impuestos a las exportaciones (ídem). Con ello, la contribución del sector agrario a la recaudación total de impuestos al comercio exterior pasó de un 4% en 2001 al 18% en 2007, y se volvió clave para la recuperación económica de un país en crisis (Córdoba, 2019: 21). Esto se explica además porque la devaluación del peso en 2002 significó una

gran transferencia de recursos a los sectores exportadores, como el agropecuario, que vio licuarse buena parte de las deudas que había contraído. Como señalan Barsky y Gelman, “la recuperación de la crisis económica producida desde mediados de 2002 y la creciente expansión de la demanda del mercado interno, más el recupero de los precios internacionales, fortalecieron la demanda de los productos agropecuarios” (2009: 484) y permitieron que el sector se capitalizara. En consecuencia, la economía argentina mostró “un acelerado crecimiento a una tasa acumulativa anual promedio del 8,2% entre 2002 y 2007” (Anlló, Kosakoff y Ramos, 2007: 8).

En ese crecimiento, la soja transgénica tuvo mucho que ver. De poco consumo interno, representa entre el 20 y el 25% de las exportaciones argentinas (Craviotti, 2017: 111), constituyendo un componente central de su inserción en la división internacional del trabajo. Para 2011, la soja ocupaba el 64% del área sembrada del país y Argentina el tercer lugar en el ranking de productores de soja, detrás de EE.UU. y Brasil (Ministerio de Economía y Finanzas Públicas, 2011: 15). Según datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), en 2007 Argentina era el principal exportador mundial de aceite y residuos (torta) de soja, y el tercero en semillas.⁸² En 2019, las exportaciones del complejo sojero ascendieron a 43,5 millones de toneladas, lo que representó un 24,2% de participación en el total de las exportaciones, por casi 16 mil millones de dólares.⁸³ Juntos, los productos primarios (con el 26,9%) y las manufacturas de origen agropecuario (35,5%) representan casi dos tercios del total de las exportaciones argentinas, a diciembre de 2021 (INDEC, 2022: 4). En la imagen n° 5 se aprecia la distribución geográfica de los importadores de soja y maíz argentino.

⁸² Consultado el 03/08/2020 en <https://bit.ly/3j1EFGg>

⁸³ “4 de cada 10 dólares exportados por Argentina en 2019 fueron generados por maíz, trigo y soja”, en *Agrofy News*, 29 de enero de 2020. Consultado el 03/08/2020 en <https://bit.ly/3j4SAvb>

Imagen 5. Principales destinos de las exportaciones argentinas de maíz y soja



Fuente: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (s/f: 3).

Por supuesto, estas ganancias no beneficiaron solo a los productores. Entre 2007 y 2011 la transferencia desde estos al Estado representó alrededor del 46% del total de las ventas, arrojando un promedio de 4,7 mil millones de dólares al año, gracias a dos políticas: los impuestos a la exportación y las restricciones a la exportación de bienes salarios (Freytes y O’Farrell, 2017: 184). De este modo, el gobierno habría logrado aumentar los ingresos públicos, controlar los precios domésticos y además desconcentrar la participación de empresas internacionales en beneficio de las empresas y cooperativas nacionales.⁸⁴ Según Svampa, durante este período también se consolidó lo que llamó el “consenso de los commodities”, esto es,

el ingreso de América Latina en un nuevo orden económico y político-ideológico, sostenido por el boom de los precios internacionales de las materias primas y los bienes de consumo demandados cada vez más por los países centrales y las potencias emergentes (2013: 30).

⁸⁴ Según Freytes y O’Farrell, las siete empresas que en 2008 tenían un 80% de la exportación de granos, en 2015 representaban solo el 52%, en favor de cooperativas de productores locales (2017: 185).

3.1.3. Legislación sobre biotecnologías verdes y doble dependencia

No todos los países adoptaron tan rápidamente los transgénicos. La velocidad de su incorporación por parte de países productores y exportadores de alimentos como Argentina, y la falta de consenso global respecto de su inocuidad y los mecanismos apropiados para su control, suscitó controversias en regiones como la Unión Europea. Con el argumento de proteger a sus consumidores, en 1997 esta aprobó el Reglamento sobre nuevos alimentos (*novel food*), que regulaba la introducción al mercado de nuevos alimentos para consumo humano, entre los que incluyó a los OGM y derivados (Reglamento CE N° 258/97). Para poder comercializarse, estos no debían suponer riesgos para el consumidor o inducirlo a error, ni implicar desventajas nutricionales respecto de otros alimentos a los que sustituye (*ídem.*).

Con la misma justificación, en 1998 la UE estableció una moratoria, esto es, decidió provisoriamente dejar de aprobar la comercialización de nuevos OGM en todo su territorio (Bilański, 2018b). Los Estados miembros de la UE consideraban que la legislación válida para la biotecnología estaba aún incompleta (Augsten, 2005: 127), así que la suspensión duraría hasta poder determinar la inocuidad de los OGM o desarrollar mecanismos apropiados para su seguimiento. Varios autores sostienen que el objetivo real de la moratoria era “ganar tiempo” para que Europa alcanzara a países como Estados Unidos en la carrera biotecnológica (Tambornini, 2003: 22-38), y mantuviera su competitividad en el mercado internacional, siendo que la UE destina alrededor del 50% de su presupuesto a subvencionar su agricultura (Pellegrini, 2013: 135).

En cualquier caso, quedaba virtualmente prohibida en Europa la comercialización de transgénicos o derivados, a excepción de los que ya habían aprobado previamente (Poth, 2013: 307). Esta situación se prolongó durante seis años y repercutió con fuerza en Argentina, que veía comprometidas sus exportaciones. Como respuesta, nuestro país creó la Dirección Nacional de Mercados Agropecuarios, en el marco de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos (SAGPyA), con la función de evaluar el posible impacto de los productos en los mercados internacionales (Poth, 2013: 307). Con esta incorporación, Argentina consolidó lo que se conoce como “política espejo”, que implica que sólo

serían aprobadas para la comercialización y producción aquellas semillas transgénicas que ya hubieran sido aprobadas por los mercados europeos. Con esa estrategia, Argentina pudo seguir exportando a Europa sin trabas, pese a la moratoria (Vara, Piaz y Arancibia, 2012: 148).

Esto sentó las bases para la conformación de un sistema legal flexible, que permite a la normativa nacional adaptarse rápidamente a los cambios políticos y económicos de otros países (Bilański, 2018b; 2020). Para ello, el marco legislativo vinculado a las aplicaciones biotecnológicas se conformó mayoritariamente por Resoluciones de Secretarías y Ministerios, o Decretos presidenciales, evitando al Poder Legislativo y sus instancias deliberativas (Bilański, 2018b: 192). Para Pellegrini (2014), la adopción de la “política espejo” imprimió al sistema regulatorio argentino un carácter periférico, al asumir una posición dependiente de los países centrales. Sin embargo, en las últimas dos décadas, el crecimiento de la demanda de nuestros productos agropecuarios por parte de potencias emergentes (como China) y grandes mercados del sur (como países de África e incluso de la propia América Latina) hizo estallar la concentración de los centros.⁸⁵

Si hasta principios del siglo XXI lo que constituía un desarrollo científico-tecnológico aceptable –y, en consecuencia, comercializable–, se dirimía entre Estados Unidos y Europa, el desplazamiento de la política económica global hacia Oriente amenaza la capacidad de aquellos para incidir en el destino del intercambio. En este sentido, los importadores de commodities se multiplican y pasan a ser países periféricos y/o en vías de desarrollo, cuyas legislaciones en materia de nuevas biotecnologías son más parecidas a la argentina. Con ello, como veremos en el apartado 3.4, la decisión sobre cómo regular las nuevas técnicas de edición genética contempla más variables y más interlocutores que la de los OGM. Esto se explica especialmente porque la UE está perdiendo capacidad de presión: la decisión sobre los productos que permitirá o no comercializar en su territorio representan cada vez menos impacto en la canasta exportada de sus principales proveedores. Más aún, ni siquiera logra armonizar una postura al interior de su bloque regional respecto del

⁸⁵ Entre los principales países de destino de los distintos componentes del complejo sojero durante el primer semestre de 2021 se encuentran Arabia Saudita, Bangladesh, China, Indonesia, Irán, Malasia, Taiwán, Vietnam, Rusia, España, Irlanda, Países Bajos, Polonia, Reino Unido, Egipto, India, Nueva Zelandia, Chile, Estados Unidos, México, Paraguay, Perú (INDEC: 2021).

impacto que las decisiones sobre la biotecnología pueden tener para la producción y el consumo interno. Con todo esto, la edición genética se inscribe en un escenario incierto, pero que abre nuevas oportunidades para las economías periféricas.

Sin embargo, la estructura productiva argentina no depende solo de sus compradores. La incorporación del “paquete tecnológico”, que permitió su expansión sin precedentes, significó un cambio cualitativo y cuantitativo en el uso de insumos y servicios externos (Perelmuter, 2017: 82), que se volvieron clave para el sustento de la competitividad (Freytes y O’Farrell, 2017: 183). La forma de organización agrícola se modificó sustantivamente con la aparición de nuevos actores: los “fabricantes” de semillas, los proveedores de insumos químicos asociados a estas, y quienes suministran los servicios asociados a los nuevos circuitos productivos, entre otros (Bisang, Campi y Cesa, 2009: 21-22). Esto acentuó “la integración vertical del complejo agroindustrial y la dependencia de los productores rurales respecto a las grandes empresas proveedoras de semillas y paquetes tecnológicos” (Romero, 2014: 61), que se agravó con la creciente concentración de estas empresas proveedoras.

Es que la transgénesis es “un proceso lento, de prueba y error, de miles de injertos que fracasan en la mesa del laboratorio, de millones de dólares gastados para dar con la combinación adecuada luego de décadas” (Vanoli y Galliano, 2017: 199), para recién después ir en busca de su aprobación comercial, que es lo más costoso. Las dudas y los temores en torno a la adopción de los OGM para consumo tuvieron como consecuencia el establecimiento de diversos procedimientos para evaluar su seguridad, que encarecieron enormemente el proceso para su comercialización. Pellegrini lo simplifica a la perfección:

En total, obtener una nueva semilla transgénica implica una inversión de 100 millones de dólares, y un tiempo que varía entre ocho y diez años. Es en realidad la última fase de desarrollo la que demanda el mayor capital, donde se siguen los requisitos que exige el sistema regulatorio (2014: 139).

En la práctica, esto implica “una escala de inversiones solo alcanzable por gigantes cuyas cabezas se yerguen más allá del bien y del mal” (Vanoli y Galliano, 2017: 199). De los 493 “eventos” transgénicos que se aprobaron en el mundo durante

2017,⁸⁶ solo 29 se realizaron en países en desarrollo (Sztulwark y Girard, 2020: 20), mientras el restante 94% provenía de países desarrollados, pertenecientes a aquel oligopolio de empresas transnacionales (ídem). Así, la innovación fundamental de estos paquetes tecnológicos basados en transgénicos se fue concentrando cada vez más, en pocos actores pero con muchos recursos, que pueden hacer estos experimentos a escalas y costos que resultan inalcanzables para la periferia.

En 2005, Monsanto ya había comprado 27 empresas semilleras en el mundo, asegurando la unión entre su semilla y el paquete tecnológico, que ellas mismas venden al mercado.⁸⁷ En 2018, Bayer compró a Monsanto; Dow y Dupont se fusionaron; y Syngenta fue adquirida por Chemchina, al igual que Nidera, una de las principales semilleras argentinas. Con ello, “actualmente sólo tres empresas en el mundo concentran el 60% de las ventas de semillas y el 70% de los agroquímicos”.⁸⁸ Así, la forma en que se organizó el esquema de producción y comercialización de semillas transgénicas a nivel global redundó rápidamente en una “división de tareas” internacional, centrada en pocos actores.

Con sede en los países donde “se dieron las condiciones de estructura para el impulso de la innovación fundamental” (Sztulwark y Girard, 2020: 20), las grandes empresas multinacionales, conocidas como obtentoras (las que tienen la licencia del OGM), se dedicaron a producir “eventos”, mientras las empresas locales, en cambio, no pudieron afrontar los costos de los procedimientos evaluatorios y debieron dedicarse a adaptar aquellos a las condiciones locales (adaptadoras), pagando por la licencia del OGM. De acuerdo con Bisang, Campi y Cesa, los valores absolutos de inversión en I+D que realizan algunas grandes empresas multinacionales, como Monsanto, son similares al gasto total que hace en I+D un país como Argentina (2009: 36). El presidente de DonMario,⁸⁹ una de las semilleras argentinas más importantes, lo ilustra con claridad:

⁸⁶ Un “evento” es una categoría nativa usada especialmente por los entes reguladores para referir a una nueva transformación (genética) realizada sobre un organismo. Estos eventos de transformación pueden ser simples o apilados (acumulación de eventos simples, esto es, de transformaciones).

⁸⁷ “Qué se discute cuando se habla de ley de semillas”, en *Infocampo*, 24 de abril de 2019. Consultada el 19/02/2022 en <https://bit.ly/3GY66t7>

⁸⁸ Idem nota a pie anterior.

⁸⁹ DonMario produce el 20% del germoplasma de soja a nivel mundial (Vanoli y Galliano, 2017: 226), produjo y comercializó 80 mil toneladas de semillas en la campaña 2015/16 (ibíd.: 189), facturaba más de 300 millones dólares anuales al 2017, y tiene presencia en diversos países relevantes en la producción sojera como Brasil, Sudáfrica Ucrania, Uruguay, entre otros (ibíd.: 207).

Desregular un evento transgénico es muy complejo y muy costoso. Tiene un costo que DonMario no puede afrontar. Tenés que hacer aplicaciones burocráticas en todos los países, hacer ensayos para demostrar a los países de que este evento es inocuo para el consumo humano, es inocuo para el medioambiente, es decir que lleva mucha burocracia y tiempo y profesionales (Bartolomé en Vanoli y Galliano, 2017: 201).

Como señala Craviotti, las obtentoras de variedades nacionales también conservan “recursos nada desdeñables, que ponen en juego a la hora de legitimar sus intereses en la arena pública y negociar sus acuerdos con otros actores (2017: 127). Entre ellos, su capital económico, el conocimiento sobre los ambientes y las idiosincrasias locales, los vínculos establecidos en el despliegue de sus actividades, y cierta dosis de capital simbólico por su condición de empresa nacional (ídem). Sin embargo, es innegable que el incremento de la productividad agrícola estuvo acompañado por:

Una pérdida de autonomía de los productores por el traslado de una parte de las decisiones sobre el proceso productivo al proveedor de insumos; un incremento de las rentas de las grandes empresas proveedoras de insumos; y la expansión de relaciones asimétricas y de subordinación de productores hacia proveedores, a causa de la concentración de la oferta en un número acotado de empresas (Freytes y O’Farrell, 2017: 183)

Frente a este escenario de doble dependencia –de la concentración de los proveedores y la aceptación de los importadores–, la flexibilidad del marco legal para las biotecnologías permitió a Argentina adaptarse rápidamente a los avatares de comercio internacional para favorecer la comercialización de sus productos, pero también cierta protección para los productores locales frente a las grandes empresas transnacionales. En este sentido, las normativas privilegian la producción nacional cada vez que pueden. Un ejemplo fue la Resolución N° 71/2006,⁹⁰ que permitió a los productores argentinos aprobar productos sobre los que Monsanto y Syngenta tenían

⁹⁰ La Resolución exceptuaba por 90 días el cumplimiento de las Resoluciones N° 39/2003 y 46/2004 sobre liberación al medio y registro de OGM a quienes produjeran o comercialicen materiales correspondientes a variedades de híbridos que contengan GA21 aprobados por la Resolución N° 640/2005. El GA21 era un maíz transgénico resistente al glifosato que solo Monsanto y Syngenta, tenían aprobado comercializar (Bilański, 2018b). El argumento fue que “la bioseguridad de ese gen ya estaba comprobada y que resultaba importante promover y diversificar el uso de esa tecnología” (Resolución N° 71/2006.). La Asociación de Semilleros Argentinos (ASA) se opuso a esta medida aduciendo defender la calidad del sistema regulatorio argentino, aunque resultaba evidente que estaba protegiendo los intereses de *Monsanto* y *Syngenta*, dos de sus principales socios. Como consecuencia, semilleros locales beneficiados con la medida fundaron la Cámara Argentina de Semilleros Multiplicadores (CASEM), para diferenciarse de la ASA (Pellegrini, 2014: 189).

derechos, pero sin pagarlos, pudiendo comercializándolos a menor precio (Pellegrini, 2014: 189).

Otro es la conservación de la Ley 20.247 de Semillas y Creaciones Fitogenéticas de 1973, pese a la constante presión de las multinacionales semilleras para que sea reformada. Esta norma preserva el derecho de los agricultores a reutilizar semillas sin pagar regalías al proveedor, mejorando la rentabilidad a comparación de sus competidores en Brasil y Estados Unidos (Freytes y O'Farrell, 2017: 186). Se estima que, gracias a esto, el diferencial de rentabilidad por el uso de la tecnología de la semilla de soja RR fue apropiada en un 88% por los productores, 11% por las empresas de semillas y solamente 1% por Monsanto, empresa dueña de la patente (ídem).

Los múltiples intentos por modificar la ley de semillas se recrudecieron en 2012 cuando Monsanto presentó una nueva tecnología en soja, la Intacta RR2, que además de ser resistente al glifosato lo era al ataque de insectos (Perelmuter, 2017: 77). Con la asunción de la alianza Cambiemos en el gobierno nacional, en 2016, se presentaron varios proyectos de modificación de la ley en la Cámara de Diputados, con apoyo del oficialismo, algunos sectores de la oposición, y también de la Asociación de Semilleros Argentinos (ASA) y la Federación Agraria Argentina (FAA) (ídem). La Sociedad Rural Argentina (SRA), Confederaciones Rurales Argentinas (CRA) y la Confederación Intercooperativa Agropecuaria (CONINAGRO) también apoyaban la reforma (ídem). El principal argumento era que el abuso del “uso propio” de las semillas (garantizado por la Ley) ocasionaba la “bolsa blanca”, esto es, la comercialización de semillas por fuera de los círculos considerados legales, porque carecen de rótulos que garantizan su origen, calidad y variedad (Perelmuter, 2017: 100-101). Múltiples manifestaciones de rechazo a la modificación de la ley se desarrollaron durante los años siguientes, encabezados por numerosas organizaciones campesinas, de pueblos originarios, sociales, políticas, socio-ambientales y sindicales.⁹¹

⁹¹ Para un análisis más completo de estos actores y las manifestaciones en rechazo a la modificación de la Ley de Semillas, se recomienda ver Perelmuter (2017) y Puglia (2021).

3.2. La I+D con biotecnología moderna en Argentina

El boom de los transgénicos durante los 90's, cuando lograron instalarse en el mercado de insumos agrícolas (Sztulwark y Girard, 2020: 19), marcó el inicio de una etapa en la que la I+D científico-tecnológica pasó del laboratorio a los campos a una escala nunca antes vista. Pese a la reorientación que experimentaron instituciones clave de la I+D local como el INTA, desde cultivos de mayor interés social al comercial, la tecnología que se diseminó masivamente por los campos argentinos no provenía de los laboratorios del país. Incluso la voluntad de replicar localmente las innovaciones que se importaban, colisionó con trabas que impidieron a los hallazgos de científicos y tecnólogos argentinos “salir” del laboratorio. Entre ellas, destacan los procedimientos evaluatorios impuestos globalmente a los OGM, que no solo impactaron en el intercambio comercial sino también y fundamentalmente en la I+D. Para comprender la profundidad de su impacto y las transformaciones que podría implicar la edición genética en este aspecto, veremos cómo fue el derrotero de la I+D con biotecnología moderna en Argentina.

En su reconstrucción de la historia de la biología molecular en nuestro país, Kreimer (2010a) identifica tres períodos. El hito fundacional de la disciplina fue la creación del primer laboratorio de biología molecular del país, el Instituto Malbrán, en 1957. Solo cinco años después se inició una etapa de “vacío”, signada por la intervención política del Ministerio de Salud Pública, que se extendió hasta comienzos de los 70's, cuando en el seno de la tradición biomédica se conformaron los primeros grupos de biología molecular. En esa década comienza el proceso de institucionalización de la disciplina en nuestro país, justo cuando se empieza a trabajar con modificación de cultivos. Desde allí retomamos brevemente la historia de la biotecnología moderna.

3.2.1. Inicios: la reinención de trayectorias de figuras clave

A diferencia de lo ocurrido en Estados Unidos, donde fueron biólogos moleculares los primeros que se reconvirtieron a la ingeniería genética biotecnológica, en Argentina fueron un biólogo dedicado a la fisiología y un bioquímico que trabajaba en el campo de la neurobiología quienes “reinventaron” sus

trayectorias hacia estos nuevos campos emergentes (Pellegrini, 2014). Se trata de Esteban Hopp y Alejandro Mentaberry. Hopp es Doctor en Ciencias Biológicas (UBA), y en 1977 comenzó a investigar en genética de cultivos en el INTA. En el 81 fue a Copenhague, Dinamarca, a realizar un posdoctorado en caracterización molecular de mutantes de alto contenido de lisina en cebada, en el Laboratorio Carlsberg.⁹² El mismo año, el Doctor en Ciencias Químicas Mentaberry comenzó una estancia de investigación en el Departamento de Biología Celular de la *New York University*. Ambos regresaron de sus formaciones posdoctorales en el extranjero a mediados de los 80's (Pellegrini, 2014: 78). Reinstalados en el país, trabajaron juntos en el INTA y coincidieron en el interés por la biotecnología vegetal que, aunque incipiente, mostraba su potencial, en un país donde la agricultura tenía y tendría cada vez más relevancia socio-económica.

Pero que estos dos investigadores reorientaran sus carreras profesionales y sus líneas de investigación hacia la modificación genética de vegetales no fue casualidad. Según Pellegrini, a este giro subyacía un compromiso ideológico por incidir en el esquema productivo nacional, enmarcado por un fuerte influjo político e institucional (2014: 81). Argentina alternaba períodos democráticos inestables con gobiernos dictatoriales y se encontraba influenciada por el peronismo y su apelación a las clases trabajadoras y la idea de justicia social. En ese contexto, Mentaberry y Hopp se hacían eco de un debate vigente en las décadas del 60 y 70 respecto de la utilidad de la ciencia y consideraban que esta debía abocarse a resolver problemas sociales, esto es, que debían priorizarse las investigaciones con incidencia social y económica (Pellegrini, 2014: 85). En el marco de la “revolución verde”, la biotecnología vegetal aparecía como un área clave para lograr esto.

Decidieron recurrir a la sede Balcarce del INTA para definir cuál sería el mejor tema para abordar, dado que ignoraban las problemáticas agrícolas (Pellegrini, 2014: 90). Allí obtuvieron el asesoramiento de un equipo que conocía y estaba comprometido con los cultivos de interés de la zona, especialmente la papa. Comenzaron a trabajar en el proyecto de un papa transgénica que permitiría a los productores locales independizarse de las empresas que producían tubérculo-semilla

⁹² Fuente: <https://www.fundacionkonex.org/b2551-esteban-hopp> Consultada el 15/06/2021.

libres de patógenos, sin correr el riesgo de perder su cosecha por culpa los patógenos de la papa.⁹³ Con esa idea en mente, obtuvieron una papa transgénica en 1990.

Este desarrollo no era solo el resultado de un exitoso proyecto de investigación, encarnaba además una promesa emancipatoria para los productores locales. De hecho, esta papa no representaba un gran aporte al conocimiento científico sobre transgénesis vegetal,⁹⁴ que internacionalmente avanzaba a buen ritmo, sino fundamentalmente la posibilidad de agregar valor a la agricultura local mediante la ciencia y la tecnología. Pero si esa papa transgénica tenía potencial para ayudar a los productores más pobres, significaba también un problema para actores con mucho más poder de lobby: las empresas locales que fabricaban el tubérculo-semilla, que ahora dejaría de ser imprescindible para el cultivo de la papa. La escala que alcanzó este conflicto llevó a que, llegada la instancia de experimentación en campo, los evaluadores del propio INTA optaron por no perjudicar al sector industrial de la producción y dejaron de financiar experimentaciones con papa transgénica de mayor escala (Pellegrini, 2014: 110-111).

De este modo, la nueva técnica marcaba un cambio de orden en las jerarquías y disciplinas en torno al mejoramiento vegetal: el conocimiento ya no era detentado por los ingenieros agrónomos en el campo, sino por los biólogos moleculares en el laboratorio (ibíd.: 108-109).⁹⁵ También ilustraba la transición que atravesaba el INTA, donde su rol histórico de productor de bienes públicos comunales entraba en tensión con las nuevas tendencias privatizadoras.⁹⁶ Con la consolidación de la ingeniería genética, la expansión de la revolución verde, el patentamiento de las innovaciones biotecnológicas y la centralidad de los “paquetes tecnológicos” en la

⁹³ Para más sobre las particularidades de este mercado de semillas y tubérculo-semillas de papa en el mercado local e internacional y su relación con el proyecto de las papas transgénicas ver Pellegrini (2014: 90-92).

⁹⁴ Según Pellegrini (2014: 101), Mentaberry y Hopp sabían del riesgo que significaba para sus carreras profesionales como investigadores avanzar en un desarrollo sin novedad científica, con el que no podrían siquiera publicar los resultados de su trabajo en una buena revista, pero lo aceptaron igual. Para amortiguar el efecto negativo de enfocarse en un proyecto con efectos socio-económicos antes que estrictamente científicos, apelaron al capital social acumulado con otras estrategias. Fundamentalmente compensaron este tiempo sin realizar publicaciones científicas participando secundariamente en otros proyectos de colegas que los incluían como coautores de sus publicaciones.

⁹⁵ Esto llevó a una serie de tensiones y conflictos que finalmente cesaron luego de una nueva división del trabajo: unos modificando la estructura genética de las plantas, otros seleccionando las mejores para el ensayo a campo (Pellegrini, 2014: 108-109). Para más sobre este caso en particular y los procesos de institucionalización de una nueva disciplina científica ver Pellegrini (2013).

⁹⁶ Para más sobre las tensiones al interior del INTA ver Calandra (2009).

productividad agropecuaria, las semillas pasaron a ser un bien privado, apropiable y comercializable, y la innovación pasó de estar liderada por el INTA y otras instituciones nacionales, a depender cada vez más de las innovaciones de las grandes empresas multinacionales.

Durante los 90's, estos procesos encarnaron en una serie de cambios institucionales que condicionaron la investigación en transgénicos y, con ella, el destino de esta papa fundacional. Mejor suerte corrió la carrera de los investigadores a cargo: tanto Mentaberry como Hopp continuaron desempeñándose en la docencia e investigación, obtuvieron numerosos premios e integraron los principales organismos de evaluación y supervisión de transgénicos que se crearían durante esa década.⁹⁷

3.2.2. Expansión y consolidación de los OGM: el establecimiento de un marco regulatorio

Para los 90's, ya se investigaba con transgénicos en varias instituciones,⁹⁸ pero la creciente vocación por monetizar la innovación, desarrollando productos comercializables, comenzó a evidenciar los obstáculos para que esos resultados “salieran del laboratorio”. Entre ellos, la ausencia de un marco legal. Aparentemente, un hecho que tuvo lugar en 1986 visibilizó los problemas que esto conlleva. De acuerdo con Martínez (2003), se trató de un ensayo a campo realizado en una localidad de Buenos Aires por el Instituto *Wistar* de Estados Unidos, sin autorización ni conocimiento del gobierno argentino. Mediante técnicas de clonado y secuenciación de ADN, se identificaron los genes que codifican las proteínas estructurales del virus que produce la rabia y se insertó el gen que codificaba una glicoproteína viral en el virus vaccinia. El virus modificado podía ser peligroso para las personas y el ecosistema, especialmente considerando que las investigaciones con

⁹⁷ Hopp fue miembro de CONABIA y del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, y obtuvo premios de la Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria, del Instituto Leloir, el premio Konex y la Medalla Internacional FAO-REDBIO. Además de una extensa carrera como docente e investigador, Alejandro Mentaberry fue miembro de diversos comités reguladores y evaluadores (como CONABIA, Programa BioTecSur, el Consejo Asesor Científico del Programa de Biotecnología para América Latina y el Caribe, entre otros) y titular de la Unidad de Coordinación General de la Secretaría de Gobierno de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, del Ministerio Nacional homónimo durante 2018 y 2019.

⁹⁸ Por ejemplo, en la Universidad Nacional de Rosario un equipo a cargo de Raquel Chan caracterizaba genes vinculados a factores de transcripción del girasol (Pellegrini, 2014: 121) en una línea de investigación que continúa hasta hoy y produjo, entre otros desarrollos, el trigo HB4.

agentes recombinantes y transgénicos recién iniciaban (ídem). Uno de los científicos participantes notificó al gobierno argentino, que inició una investigación, y acabó con el experimento. Se comprobó que algunos trabajadores agrícolas se habían infectado, y que se había vendido leche con partículas virales de las vacas inoculadas. Este episodio

Puso en evidencia que la Argentina tenía un vacío legal para el tratamiento de las investigaciones en biotecnología agropecuaria en general, pues no había pautas que establecieran cómo debían conducirse los experimentos, bajo qué condiciones de seguridad y de control ni quién debía ser el organismo gubernamental encargado de su evaluación y supervisión (Pellegrini, 2014: 184).

De acuerdo con Poth (2013: 294-295), fueron las empresas privadas las que empezaron a demandar al Estado la conformación de un marco regulatorio, por los altos riesgos que implicaba emprender un desarrollo sin contar con el visto bueno estatal. Así fue que, durante los 90's, comenzaron a crearse una serie de instituciones gubernamentales que pasaron a estar a cargo de la evaluación, aprobación y control de las investigaciones biotecnológicas como así también la liberación, utilización y/o comercialización de los productos obtenidos por esas técnicas. A pesar de sucesivos cambios de nombre y estatuto, de Ministerio a Secretaría (dependiente de diversos Ministerios) y viceversa, normalmente son la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca (en adelante SAGyP) o el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (MAGyP) quienes elaboran las normas y políticas vinculadas a las biotecnologías.⁹⁹

Bajo el paradigma de una reforma y reorganización completa del Estado, se reestructuró el sistema de ciencia y tecnología (CyT), mediante la creación de diversos organismos e instituciones. Estos esfuerzos coincidieron con la apertura económica y los cambios en las estrategias empresariales y gubernamentales, y también con el auge del fervor por la innovación, que llevó por ejemplo a la sanción de la Ley N° 23.877 de fomento a la innovación tecnológica en 1990 (Dellacha, Carullo, Ary Plonsky y Evaristo de Jesús, 2003: 13; GACTEC, 1997a: 19).

⁹⁹ Durante los 90's, la SAGyP dependió del Ministerio de Economía y Obras y Servicios Públicos, luego renombrado Ministerio de Economía y Producción, período en que se llamó Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos (SAGPyA). En 2009, alcanzó el estatus de Ministerio de Agricultura, Ganadería, Pesca y Agroindustria. A fines de 2015, pasó a denominarse simplemente Ministerio de Agroindustria, y entonces Agricultura, Ganadería y Pesca volvió a ser una Secretaría dependiente de aquel. Esto se mantuvo hasta 2019 cuando recuperó su calidad de Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca.

En 1991, el Instituto Nacional de Semillas (INASE) informó a la SAGyP que estaba recibiendo solicitudes para evaluar semillas transgénicas y que no se sentía apto para la tarea (Pellegrini, 2014: 184). La SAGyP respondió con la creación de la Comisión Nacional Asesora de Biotecnología Agropecuaria (CONABIA), que estaría bajo su órbita y se volvería de inmediato el organismo más importante en materia de biotecnología en Argentina, responsable de elaborar las regulaciones que rigen dichos procedimientos. Entre sus primeras y principales actividades la CONABIA formuló la normativa sobre OGM, que establece las evaluaciones que se solicitarán a los desarrolladores para decidir si permitir o no su comercialización. Estas debe realizarlas el desarrollador y luego presentarlas ante los organismos estatales correspondientes, e incluyen evaluaciones sobre el impacto ambiental de su liberación, su inocuidad (en caso de ser destinado a la alimentación humana o animal) y hasta el impacto de la liberación del producto en las relaciones comerciales de Argentina con otros países, por lo que intervienen varias instituciones.¹⁰⁰

3.2.3. La segunda etapa de la investigación con transgénesis vegetal

La emergencia de estos organismos reguladores estableció criterios y evaluaciones para las investigaciones con transgénicos que quisieran pasar a una instancia de aplicación y desarrollo, esto es, a realizar los ensayos necesarios para eventualmente convertirse en un producto plausible de ser cultivado, comercializado y consumido. Pero si bien estos buscan garantizar la seguridad de los resultados de la I+D, también incrementan significativamente los costos al punto de volverlos inaccesibles para casi todas las instituciones de investigación científica en Argentina.

Consultados sobre los actores que presentaron productos OGM para su evaluación, funcionarios del Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA) nos confirmaron que “hasta ahora el sector público

¹⁰⁰ Para los Organismos Vegetales Genéticamente Modificados (OVGM), la Resolución N° 763/11 estableció que la evaluación de los riesgos para los agroecosistemas, el diseño de las medidas de bioseguridad y del manejo de riesgos está a cargo de la CONABIA; la evaluación de aptitud alimentaria para el consumo humano y/o animal del SENASA; la fiscalización del desarrollo de las actividades la realizan INASE y SENASA; y finalmente el dictamen sobre los impactos productivos y comerciales respecto de la comercialización depende de la Dirección de Mercados Agrícolas del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. Para más detalle sobre las normativas y procesos evaluatorios para los OGM se puede ver Bilański (2018b) y Whelan y Lema (2019: 21-29).

nada, el INTA está trabajando, pero hasta ahora no nos presentó nada, siempre es más difícil para ellos justamente desarrollar estudios y financiarlos porque pueden ser costosos” (Evaluador de Inocuidad de OGM en SENASA, 04/07/2019). Organismos como el INTA pudieron respaldar las investigaciones, pero no afrontar los procesos evaluatorios para su producción masiva, por lo que comenzaron a asociarse con empresas privadas, como una estrategia para poder afrontar los costos de los ensayos (Pellegrini, 2014: 184).

Por ello, la papa transgénica resulta un gran ejemplo del recorrido de muchas de las investigaciones en biotecnología moderna en Argentina. Si bien algunos sostienen que el presupuesto del INTA era demasiado limitado para obtener los genes transgénicos del sector privado, otros hablan de una estrategia deliberada de esta institución para no competir con el sector privado (Craviotti, 2017: 113-114). Sea como fuere, el equipo de Mentaberry debió recurrir al sector privado para intentar conseguir los recursos que le permitieran continuar su trabajo. Así, en 1994, el INTA y el Instituto de Investigaciones en Ingeniería Genética y Biología Molecular “Dr. Héctor N. Torres” (INGEBI), dependiente de CONICET, hicieron un convenio con una empresa productora de papa, que finalmente tampoco se concretó, por problemas económicos. El proyecto se reactivó en 2002 cuando lo solicitó Bioceres, una entonces joven empresa agropecuaria, pero ya no en papa sino en soja. Sin embargo, este cultivo era aún desconocido y surgieron algunos problemas técnicos –resultó tener una menor eficiencia de transformación que la papa–, por lo que nuevamente fue abandonado (Pellegrini, 2014: 111-112).

Esta sucesión de fallidos intentos por llevar al mercado un cultivo transgénico ilumina el viraje de la biotecnología agrícola hacia cultivos de mayor interés mercantil que social, y también las dos etapas de la I+D con biotecnología vegetal en nuestro país (Pellegrini, 2014). La primera era aquella donde los investigadores tenían capacidad de iniciativa sobre qué investigar y con qué objetivos, que en este caso implicó la orientación hacia los problemas socio-económicos de los pequeños productores. Esa relativa libertad se explica en buena medida porque era un campo incipiente, que tenía lugar en centros de investigación públicos y aún no contaba con restricciones legales para experimentar. Además, la valorización económica de estos desarrollos científicos (como la transgénesis) era aún incipiente e incierta.

Una vez que ese potencial se volvió evidente y comenzaron a imponerse restricciones y procesos evaluatorios para producir con la técnica, los institutos públicos perdieron capacidad de acción y las empresas privadas comenzaron a aparecer como actores relevantes. Y si estas empresas iban a pagar las evaluaciones, también iban a seleccionar los proyectos de investigación que les sirvieran, lo que llevó a reorientar los temas de investigación de acuerdo al interés de las empresas (Pellegrini, 2014: 125-127).

Así comenzó la segunda etapa de la investigación con transgénesis vegetal en Argentina. Ahora esta se orienta hacia las empresas o los temas de relevancia académica y es desarrollada por profesionales formados en el campo, donde ya hay competencia por los espacios y los recursos (acabando con la fluidez de disciplinas que le dio origen). A su vez, los centros públicos comenzaron a interactuar con otros actores, fundamentalmente los nuevos organismos de regulación de la actividad y las empresas que comenzaron a interesarse por los desarrollos (Pellegrini, 2014: 125-127). A comienzos de los 2000 ya había en Argentina alrededor de 80 empresas biotecnológicas, la mayoría de capitales nacionales y dedicadas a la actividad de manera exclusiva. Se concentraban en tres áreas: alimenticia, salud humana-medicamentos y agropecuaria, aunque más de la mitad se agrupan en este último sector (Bisang, Campi y Cesa, 2009: 70).

3.2.4. Altibajos en las aplicaciones animales: clonación y transgénesis

A diferencia del espectacular crecimiento de las aplicaciones en vegetales, la clonación y transgénesis en animales se mantuvo de modo marginal en algunos laboratorios públicos de Argentina, ya que los altos costos y la baja eficiencia no generaban atractivo comercial (Thomas, Fressoli y Gianella, 2011: 123). En un escenario donde la diversificación de proyectos y la falta de presupuesto no permitían consolidar un conocimiento sostenido en el tema, solo dos equipos estaban interesados en biotecnología animal y en clonación de mamíferos en la Argentina de principios de los 90's (ibíd.: 137). Un equipo trabajaba en el INTA Balcarce y otro en el Instituto de Biología y Medicina Experimental (IBYME), a cargo de Lino

Barañaio.¹⁰¹ Thomas, Fressoli y Gianella (2011) muestran que estos científicos pudieron formarse en esas técnicas novedosas que aún no resultaban atractivas, recurriendo a financiación externa y proyectos de colaboración internacional, pero especialmente a redes de contactos personales e institucionales.

Ese escenario de austeridad y desinterés cambió en 1996 con la posibilidad técnica de clonar desde células adultas. Ese mismo año, el equipo de Barañaio se contactó con la empresa de biotecnología *BioSidus S.A.*, con el objetivo de obtener proteínas recombinantes a partir de animales transgénicos, para comenzar a producir animales de granja que expresaran proteínas específicas en su leche, utilizables para la industria farmacéutica (Fressoli y Thomas, 2008: 8). De esa vinculación entre una empresa privada y los pocos investigadores que tenían experiencia en la técnica, nacería el primer mamífero clonado en Argentina a partir de células adultas (ibíd.: 9).

El nacimiento de la vaca Pampa en 2002,¹⁰² marcó un parteaguas en la historia de la biotecnología animal nacional: por un lado, reforzó el interés del sector privado por la técnica, recuperado incipientemente con el nacimiento de la oveja Dolly; por otro, llamó la atención de diversos observadores, muchos de ellos estudiantes interesados en aprender estas nuevas tecnologías. Se dio así cierta renovación y continuidad a la I+D biotecnológica con animales en Argentina, que comenzó a cobrar relevancia académica, política y pública. Con ese salto, la ganadería y la industria farmacéutica (capaz de obtener medicamentos a partir de animales) aparecían como un mercado objetivo potencial para la biotecnología moderna y su aplicación en mamíferos.

La capacidad de formar redes de conocimiento y vinculación con centros de I+D extranjeros fue, al menos para la clonación animal en el país, un factor de éxito

¹⁰¹ Lino Barañaio es Doctor en Ciencias Químicas (UBA) e investigador principal CONICET en el IBYME. En 2007 fue designado como Ministro de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la Nación, cargo que ocupó durante las presidencias de Cristina Fernández de Kirchner (2007-2015) y la de Mauricio Macri (2015-2019), aunque este degradó el organismo al estatus de Secretaría en 2018.

¹⁰² Las vacas Pampa formaron parte de un proyecto conocido como “tambo farmacéutico”, que consistía en generar una serie de vacas transgénicas cuya genética estuviera modificada por la introducción de un gen humano que permitía obtener la Hormona de Crecimiento Humano a partir de su leche. Así, se contaría con vacas de cuya leche sería posible sintetizar esta proteína y utilizarla para producir medicamentos (Bilański, 2018b). El proyecto fue exitoso técnicamente, las vacas existieron, se comprobó que su leche contenía la hormona deseada y también nació un toro transgénico para continuar esta línea de ganado por reproducción tradicional. Sin embargo, a casi dos décadas, aún no se comercializan medicamentos como resultado de este desarrollo. Según puede reponerse de la bibliografía disponible y del relato de nuestros entrevistados, esto se debe a “problemas empresariales” vinculados a conflictos entre los socios.

determinante para sobreponerse a las limitaciones presupuestarias (Thomas, Fressoli y Gianella, 2011). Hasta el momento esas redes escaseaban entre las instituciones locales, donde reinaba el recelo y la competencia, pero lentamente comenzaron a generarse nuevos grupos interesados en la clonación y transgénesis tanto vegetal como animal en diversas instituciones públicas y privadas, que se abocaron a modificar la genética de plantas y animales con el objetivo de realizar aportes en el campo de la salud y en el sector agropecuario.

Los transgénicos animales tienen trayectos y procesos aún más extensos y onerosos que los vegetales desde su diseño experimental hasta la obtención del producto y las autorizaciones de comercialización, por lo que aún no hay aplicaciones extendidas y/o comerciales, aunque las líneas de investigación continuaron. Entre ellas se destacó el nacimiento de la vaca “Rosita” ISA, otro de los mamíferos transgénicos desarrollados en el país al que se le introdujeron dos genes humanos (lisozima y lactoferrina) en su ADN. Gracias a ellos, la vaca daría leche “maternizada”, esto es, una leche cuya constitución sería idéntica a la de la leche humana.¹⁰³ Sin embargo, uno de los científicos a cargo, contó que nunca se iniciaron las evaluaciones necesarias para su comercialización. Además de los costos, adujeron cierta “presión social”, traducible como rechazo frente a la posibilidad de consumir o dar a consumir esta leche a un bebé humano.¹⁰⁴ Esto volvía difícil imaginar un mercado real, más allá de los beneficios nutricionales que prometía.

3.3. Los transgénicos en Argentina: problemas y pendientes

Como afirma Lapegna, las semillas transgénicas tuvieron una doble vida: una como mercancía con atributos que simplifican la producción agrícola; y otra que se expresa en la imaginación, los discursos, ideas, políticas y proyectos de una diversidad de actores (2019: 31-32). En esa doble vida, los transgénicos han sido objeto “de cuotas similares de adopción optimista, valoración crítica y firme

¹⁰³ A un año de su nacimiento, investigadores del INTA Balcarce y la Universidad Nacional de San Martín (UNSAM) a cargo del desarrollo anunciaban que la leche tenía las características deseadas y afirmaban que “va a tener que [...] pasar por varios ensayos clínicos para probar su aptitud para el consumo humano. Van a pasar algunos años”. Fuente: “Rosita, la de la leche maternizada”, en *Página/12*, 11 de junio de 2012. Consultado el 14/05/2020 en <https://bit.ly/3hTH0IB>

¹⁰⁴ Testimonio del investigador a cargo del proyecto, en el marco del Círculo de Estudios “La ciencia y la tecnología bajo la lupa” del IDAES-UNSAM, del que participó el 5 de junio de 2017.

rechazo” (ibíd.: 32). Es relevante estudiar estos discursos porque “estos imaginarios de un mundo futuro más justo (sin hambre y sin miseria) [...] han contribuido a la aceptación social de su instalación y a su incorporación en el mundo de la vida como cuestiones no problemáticas” (Córdoba, et al., 2015: 88), y contrastan con “la prioridad de los desarrollos que efectivamente adquieren escala global: la producción de commodities, de animales-fábricas y de animales clonados, para sectores con intensa circulación de capital” (ibíd.: 88-89).

Las promesas de que el conocimiento podía transformarse en un agregado de valor parecían evidenciarse en cada brote de soja, y en ello se depositaron esperanzas de transformaciones socio-económicas positivas. Las que podemos llamar *promesas de crecimiento*, se cumplieron, gracias a la introducción de los paquetes tecnológicos OGM. Entre las más publicitadas por sus promotores en Argentina destacan la expansión de las tierras cultivables, el aumento de la productividad agraria y de la generación de divisas. Con ello, por la vía tributaria, también ingresaron recursos a las arcas del Estado. Todo esto otorgó más poder a los argumentos en defensa de este modelo productivo.

Sin embargo, la aplicación de estas nuevas tecnologías también provocó *nuevos problemas*, que aún esperan solución, o incluso reconocimiento. Entre los suscitados por la aplicación masiva de los paquetes tecnológicos transgénicos se identificaron cambios en la microflora del suelo, pérdida de fertilidad, problemas con la flora y fauna silvestre por el uso descuidado del glifosato, degradación y contaminación de suelos y cursos de agua, pérdida y destrucción de la biodiversidad, y la emergencia de nuevas plagas o malezas más resistentes (Blois, 2016: 75; Vara, 2004: 109). Merlinsky incluso considera “posible establecer vinculaciones entre este fenómeno de expansión de la frontera agropecuaria y la disminución de unas 250 mil has de bosques por año” (2013a: 32).

De los 62 eventos transgénicos aprobados para su comercialización en Argentina a junio de 2021, al menos dos tercios son resistentes al glifosato, y casi todos los restantes al glufosinato de amonio, cuyos efectos están siendo igualmente cuestionados.¹⁰⁵ El 29% (126) de los 433 principios activos permitidos en Argentina son considerados pesticidas altamente peligrosos por la FAO y la Organización

¹⁰⁵ Para más sobre las controversias en torno a la aplicación del glifosato se recomienda ver Skill y Grinberg (2013); Blois (2017) y Tubio (2019).

Mundial de la Salud (OMS), y se encuentran prohibidos en numerosos países (Souza Casadinho, 2019: 19). Además, su aplicación continua lleva a que los organismos a controlar desarrollen resistencia a estos pesticidas, a lo que los productores responden aumentando la cantidad y dosis de aplicación (Souza Casadinho, 2009: 3).

Feingold precisa que cuando “comenzó a utilizarse hace más de dos décadas, se usaban en el país 3 litros de glifosato por hectárea por año y hoy el promedio es de 15 litros de glifosato por hectárea por año”.¹⁰⁶ Esto es posible porque los criterios que utilizan los organismos de control para establecer los rangos de peligrosidad y toxicidad de los agrotóxicos se basan solo en un indicador de toxicidad aguda, sin considerar su toxicidad crónica –que surge de pequeñas exposiciones diarias durante un largo período–, o que las personas no están expuestas a un solo plaguicida (Verzeñassi, 2014: 41).

Las ventajas que la soja RR ofreció a los productores no revirtió las tendencias en cuanto a la concentración de la tierra (Vara, 2004: 106), lo que llevó a algunos autores a afirmar que son pocas las manos que concentran las ganancias provenientes de la exportación de los cultivos OGM (Gras y Hernández, 2009), y que la alta competitividad del campo argentino contemporáneo “no genera equidad sino concentración de la renta y una muy modesta redistribución de las ganancias en los pueblos” (Hernández, Fossa Riglos y Muzi, 2013: 123). Es que, como señala Blois, el avance de la frontera agrícola se produjo “a costa de desmontes y el desplazamiento de poblaciones rurales (2016: 75), por lo que, como contrapartida de este modelo que algunos denominan “neoextractivista”,¹⁰⁷ se

Instala una dinámica vertical que irrumpe en los territorios y a su paso va desestructurando economías regionales, destruyendo biodiversidad y profundizando de modo peligroso el proceso de acaparamiento de tierras, al expulsar o desplazar a comunidades rurales, campesinas o indígenas, y violentando procesos de decisión ciudadana (Svampa, 2013: 34)

¹⁰⁶ “Habla el investigador del INTA que trabaja en un desarrollo para reducir el uso del glifosato: ‘La biotecnología no es socia de los agrotóxicos’”, en *EIDiarioAR*, 30 de marzo de 2021. Consultado el 24/02/2022 en <https://bit.ly/3HWxAkJ>

¹⁰⁷ De acuerdo con Svampa, el estilo de desarrollo neoextractivista “puede ser definido como aquel patrón de acumulación basado en la sobreexplotación de recursos naturales, en gran parte no renovables, así como en la expansión de las fronteras hacia territorios antes considerados como ‘improductivos’” (2013: 34).

El aumento de la productividad agraria vía adopción de los paquetes tecnológicos no solo fue depredador de la naturaleza y de las poblaciones –que se vieron desplazadas a las grandes ciudades, separadas de sus medios de reproducción de vida y dejadas a merced de la ayuda estatal financiada en parte por el modelo que los expulsó en primer lugar–, sin que además llevó al encarecimiento del precio local de los alimentos. La desregulación y apertura de los mercados hacia los 70's implicó una progresiva desindustrialización y reprimarización de las exportaciones en la periferia latinoamericana, que estuvo acompañada por una mayor integración de sus mercados de commodities con los mercados financieros de los países centrales (Allami y Cibils, 2017: 89). Con ello, “los precios de las materias primas se ven cada vez más influidos por factores que no tienen nada que ver con las reservas físicas” (ibíd.: 92), de forma que la mayor especulación financiera en estos mercados impacta a corto plazo en el precio de los alimentos.

Más aún, para países como el nuestro que dependen de la exportación, esto implica una alta exposición a factores externos altamente desestabilizantes, porque la inestabilidad de los precios impacta en la macroeconomía: genera inflación, devaluación, déficit de la balanza de pagos y la disponibilidad de divisas, que a veces empujan al endeudamiento (ibíd.: 93). Así, los costos del modelo no son solo ambientales, sino también económicos, y el granero del mundo encuentra problemas para abastecer el mercado interno de alimentos, que el Estado busca contener imponiendo cuotas a las exportaciones y controlando los precios.

En este sentido, el orden que se estabilizó en torno a los transgénicos, no solo no cumple, sino que incluso atenta contra otras promesas que enunció, y que llamaremos *de desarrollo*. Estas constituían el argumento legitimador del nuevo modelo agrícola. Impulsadas por actores globales, encontraron replicadores locales que le adjudicaron propiedades a las que nadie se querría oponer. Se repetía que los transgénicos permitirían acabar con el hambre en el mundo, produciendo más y mejores alimentos (de mejor calidad nutricional), dando lugar a una economía más justa y a sociedades más desarrolladas. Por ejemplo, la FAO y la OMS sostenían que los transgénicos podrían solucionar el problema de la creciente demanda de alimentos en el mundo, especialmente para poblaciones vulnerables, aumentando la productividad agrícola y extendiendo los cultivos a tierras “marginales” (Arancibia,

2012: 87), mientras la soja RR prometía “aumentar la oferta mundial de alimentos nutritivos a menores costos” (ibíd.: 86).

La financierización de los commodities y la concentración de las semilleras orientaron la innovación y la aplicación comercial en dirección contraria. Para dimensionar este aspecto basta señalar que casi la totalidad de los eventos transgénicos aprobados en Argentina fueron solicitados por grandes multinacionales, principalmente Monsanto, Bayer, Dow Agrosience, Syngenta y BASF.¹⁰⁸ En Argentina, seis solicitudes del consorcio público-privado llamado Instituto Nacional de Agrobiotecnología de Rosario (INDEAR) y dos de TECNOPLANT constituyen los únicos OGM aprobados de producción nacional. Estas últimas dos corresponden a la papa transgénica con que Mentaberry inició la investigación en transgénicos vegetales en Argentina y que parecía destinada al olvido.¹⁰⁹ Finalmente se logró, como resultado de un trabajo conjunto entre TECNOPLANT –la división de biotecnología vegetal de la empresa privada Sidus S.A.– y el INGEBI-CONICET, y salió al mercado en 2015. Así, este evento en el que comenzó a trabajarse hace más de 30 años, obtuvo la aprobación comercial, aunque no logró cumplir los objetivos sociales que se proponía originalmente.¹¹⁰

Lejos de la emancipación tecnológica y cierta justicia social para los productores locales, como fantaseaban Mentaberry y Hopp, la avanzada de los transgénicos acabó por volver a la producción local dependiente de un enorme oligopolio internacional de semillas y todo su paquete tecnológico, que detentan la capacidad de comando de la cadena en su conjunto. En este sentido, lo que distingue a la millonaria soja RR de Monsanto de la papa del INTA es que tenían objetivos distintos e interesaban a actores diferentes. Dicho de otro modo, ¿por qué una empresa multinacional invertiría millonarias sumas de dinero para investigar, desarrollar y producir una variedad de papa que beneficiaría a una pequeña cantidad de productores, de escasos recursos y baja escala de ventas? Para quienes podrían estar interesados, en tanto no tienen como meta final la producción de ganancias

¹⁰⁸ El listado completo se encuentra en <https://bit.ly/3BTIVPH> (Consultado el 13/09/2021).

¹⁰⁹ Fueron aprobadas por la Resolución N° 399/2015 del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca y la Resolución N° 65/2018 del Ministerio de Agroindustria.

¹¹⁰ Esto porque “aunque la papa transgénica es resistente al PVY, no lo es a otros patógenos que afectan a la planta, por los cuales los productores por ahora no van a poder dejar de preocuparse”, como afirmó el investigador a cargo. Fuente: “La papa resistente al PVY lista para salir al mercado”, en *CONICET*, 10 de enero de 2019. Consultado el 13/05/2020 en <https://bit.ly/3nQcWv5>

económicas, como las instituciones de I+D del sector público, los presupuestos apenas alcanzaron para la instancia de investigación. Los costos de comercialización están muy fuera de sus posibilidades.

Allí reside el principal nodo que vuelve incompatibles, al menos con la regulación actual, la producción de transgénicos de mejor calidad nutricional o variedades locales, con el interés comercial. Como señalan sus defensores, los cultivos transgénicos son una herramienta eficiente y poderosa para ayudar a paliar las insuficiencias alimentarias, porque permitirían generar nuevos alimentos mucho más rentables, nutritivos y resistentes que los elaborados a través de las técnicas habituales de selección y cruzamiento genético (Larrión Cartujo, 2013: 3). Sin embargo, aunque técnicamente viable, hay factores regulatorios, económicos y políticos que producen ganadores y perdedores, y el interés social de la transgénesis quedó del lado de estos últimos, para quienes resulta imposible en las condiciones actuales.

Los ganadores, esto es, las grandes multinacionales que dominan el mercado, apuntaron su I+D a la obtención de productos ampliamente comerciales, principalmente los paquetes tecnológicos para productores (Sztulwark y Girard, 2020: 20). Por ello, a pesar de las variadas mejoras o modificaciones que puede introducirse en un OGM –para volverlos, por ejemplo, más nutritivos–, en la práctica estas se concentraron en dos: otorgarles tolerancia a herbicidas y resistencia al ataque de insectos. Casi el 70% de las semillas OGM tiene uno o ambos rasgos (Sztulwark y Girard, 2020: 19).

De este modo, las promesas asociadas a la biotecnología, que legitimaron y permitieron su avance, son cuestionadas por quienes afirman que el problema del hambre y la desnutrición en el mundo no es una cuestión de oferta sino de “la pobreza económica padecida, el precio desorbitado de ciertos bienes esenciales y la desigualdad en los mecanismos de distribución de esos alimentos” (Larrión Cartujo, 2013: 3). En consecuencia, afirmar que la técnica per se podría solucionar problemas de acceso y distribución a los recursos resulta falaz, en tanto constituyen un complejo problema social, político y económico antes que tecnológico (Lapegna, 2019: 33). Si bien al principio los OGM permitieron reducir los costos de algunos productos de consumo masivo, la alta demanda internacional, acabó encareciendo los precios para el mercado interno, cuando no directamente desabasteciéndolo.

Vemos que la expansión de los cultivos de soja RR en Argentina fue de la mano de la construcción de ciertas “verdades” científicas, plasmadas en las políticas agrarias y los marcos regulatorios (Arancibia, 2012: 84). En coincidencia, Córdoba (2019) muestra cómo el agronegocio desplegó dispositivos de intervención territorial y redes de solidaridad local para legitimarse socialmente, constituyendo una “regulación moral” que se sostiene conjuntamente con la económica. De este modo, aunque los transgénicos fueron un éxito que se evidencia en varios aspectos –la efectividad y seguridad de la técnica,¹¹¹ el aumento de la productividad y las ganancias del sector agropecuario, de las exportaciones y los ingresos de divisas, y su altísimo grado de penetración en el modelo productivo–, también desplazó el foco de la discusión y las intervenciones, y generó nuevos problemas que le valieron un creciente rechazo social a nivel global. En el marco de esos apoyos y rechazos, las biotecnologías siguen siendo protagonistas relevantes de la economía nacional.

3.4. Situación y marco legal de la edición genética

Como vimos, los altos costos de los procedimientos evaluatorios sobre los OGM acabaron concentrando la actividad innovadora en pocos pero muy poderosos actores. A mayor legislación y control, menor competencia y mejores negocios para las multinacionales semilleras más fuertes. Este punto es fundamental porque da cuenta de cómo las normas establecidas para garantizar la seguridad de los OGM acaban beneficiando a las mismas compañías a las que socialmente se señala y critica por el uso y la difusión de los transgénicos y los paquetes tecnológicos que requieren. Por ello, la ventana de oportunidad para que Argentina pueda modificar la distribución actual de los actores relevantes en la estructura de la agrobiotecnología global, con las nuevas técnicas de edición génica, depende de que sus productos no sean evaluados por el mismo mecanismo que los OGM. A conciencia de ello, Argentina consolidó un marco legal flexible, fácil de modificar, conformado por

¹¹¹ Los cuestionamientos a los transgénicos y quienes aseveran su seguridad, en realidad no se dirigen a la técnica en sí misma sino al uso que se hizo de ella (fundamentalmente hacer que los cultivos resistan el glifosato) y a los modos de producción que son causa y consecuencia de estas (el uso extensivo e intensivo de las tierras y el abuso de glifosato). Es, a nuestro juicio, un problema político, económico y social, antes que técnico. Sin ánimos de aseverar una neutralidad de la técnica, solo queremos destacar que no necesariamente la transgénesis implica per se la resistencia a pesticidas o plagas, aunque este sea el caso la mayoría de las veces.

normativas específicas que delegan en las instancias directamente competentes (como CONABIA, SENASA o ANMAT) su aplicación y supervisión (Bilański, 2018b; 2020).

En todo el mundo, la principal consideración de cada Estado o región a la hora de revisar su legislación fue si la edición estaba o no alcanzada por la normativa de los OGM, si debía o no estarlo y, en este último caso, cómo deberían legislarse.¹¹² Así, la configuración del marco regulatorio para productos y organismos que resultan de la edición génica se está basando en la decisión de si corresponde o no distinguirlos de los genéticamente modificados. Más allá de las intenciones políticas vinculadas al “marketing” del producto, que busca despegarlo del creciente rechazo social hacia los OGM,¹¹³ la diferenciación se apoya en un aspecto técnico. En la práctica, se tradujo o simplificó en la dicotomía transgénico (incorpora ADN exógeno) o editado (no tiene secuencias de ADN de ningún otro organismo). Se basa, además, en la premisa de que un organismo editado no difiere sustantivamente de uno que pudo obtenerse mediante otras técnicas convencionales de cría o cultivo que no suelen ser consideradas OGM (Duensing, et. al., 2018).

3.4.1. Las reglas del juego: Argentina y la no-regulación

Argentina fue el primer país que plasmó en una normativa su decisión de distinguir los organismos editados de los OGM (Dederer y Hamburger, 2019: 3), mediante la Resolución N° 173 de 2015 de la SAGyP. De carácter procedimental, la misma estableció el proceso necesario para definir si un producto se encontraba

¹¹² Cabe aclarar que la edición génica también está sujeta a las normativas que regular la investigación científica y la producción de conocimiento, o la experimentación y aplicación en animales, cuando es necesario. También subrayar que algunas aplicaciones específicas de las técnicas de edición génica están empezando a despertar controversias, por lo que no se descarta que en algún momento haya regulaciones específicas para las mismas. Una es el gene driving, que implica una modificación en el genoma de un organismo que se convierte en “dominante” y se autopropaga a toda la especie mediante la reproducción natural (Santaló Pedro, 2017: 160), logrando que un carácter sea transmitido a la descendencia con un 100% de seguridad (alterando la genética mendeliana). Aún no hay acuerdo respecto de los efectos medioambientales que puede provocar una edición a semejante escala en organismos liberados, como la que propone utilizar gene driving para fomentar la extinción de ciertas variedades de mosquito transmisoras de enfermedades, porque al burlar a la selección natural, los insectos modificados se propagan y transmiten sus rasgos “defectuosos” indefinidamente, minuciosidad que hace a esta técnica tan poderosa y alarmante (Doudna y Sternberg, 2017: 150-151).

¹¹³ Kuzma (2018) sostiene que los consumidores estadounidenses están dispuestos a pagar un 20% extra para evitar los productos que contienen OGM.

alcanzado por la Resolución N° 763/2011 del MAGyP, que era la normativa vigente para los OGM. Así, fijó que CONABIA, organismo a cargo del análisis, es quien debe decidir, caso por caso, si las características del producto presentado a evaluación (esté finalizado o en instancia de diseño) requieren que este sea considerado como un OGM o no.¹¹⁴ El procedimiento establecido no distingue entonces según la técnica utilizada, por ejemplo, si se usó o no CRISPR, sino que observa el tipo de transformación realizada en el organismo.

Esto permitió no modificar la normativa vigente sobre OGM y contemplar las nuevas técnicas de EG evaluando si estarán o no alcanzadas por aquella. Gracias a la Instancia de Consulta Previa (ICP), la evaluación puede realizarse mucho antes de que el producto esté finalizado. La misma, que comienza cuando el desarrollador presenta la consulta ante la CONABIA, brinda la oportunidad de recibir en una etapa temprana una clasificación reglamentaria de los productos de sus esfuerzos de I+D. Si los estudios de biología molecular que presenta sobre el producto final coinciden con los presentados en la ICP, esta mantendrá su validez, acelerando los procesos de evaluación (Dederer y Hamburger, 2019: 4). Entonces, si la ICP concluye que el producto desarrollado o en desarrollo no es un OGM, este será tratado como cualquier otra “nueva variedad convencional”. Al no estar alcanzados por la normativa que regula a los OGM, se sostiene que los organismos editados están “no regulados”.¹¹⁵ Esto no quita que CONABIA pueda solicitar un seguimiento si detecta alguna hipótesis de riesgo o alguna característica específica que brinde razones científicas o técnicas que lo justifiquen (Whelan y Lema, 2019: 27), pero sí que los productos que entren en esta categoría no deberán atravesar las costosas y extensas evaluaciones a las que se someten los OGM.

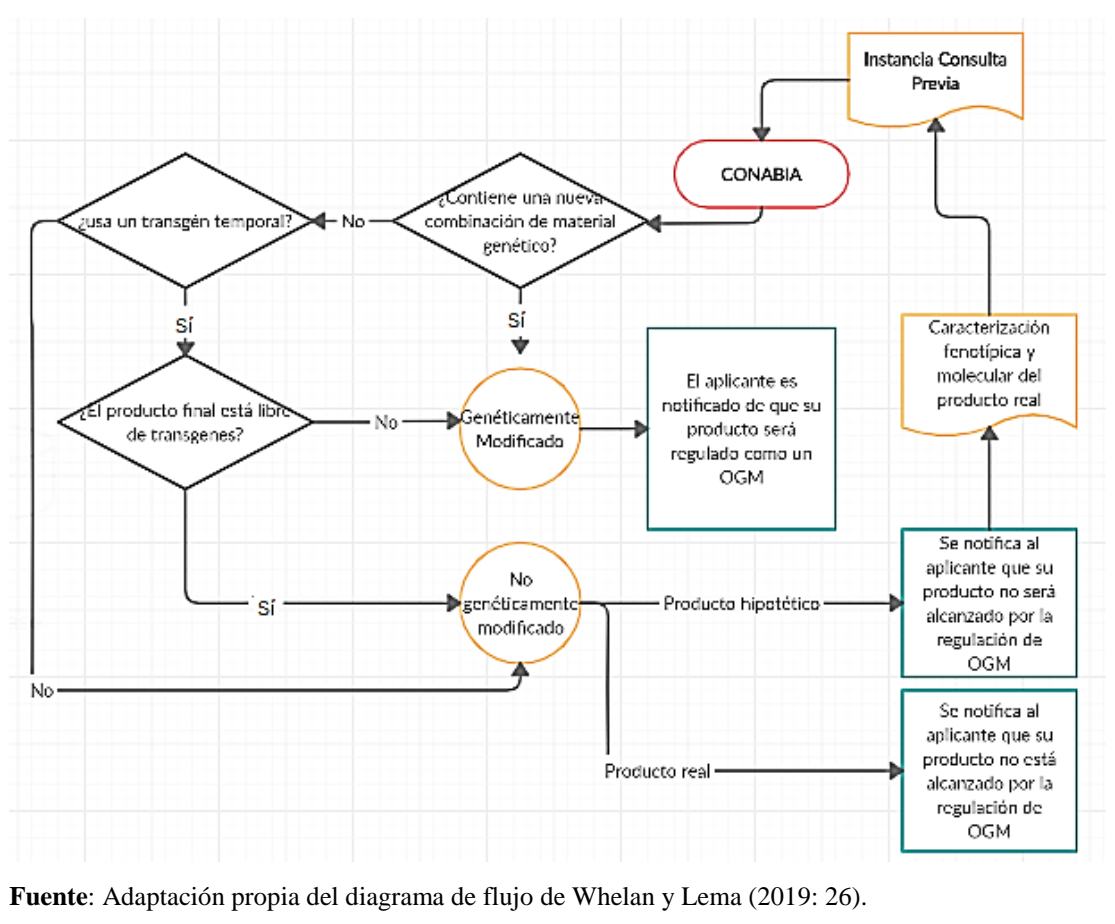
El procedimiento puede resumirse del siguiente modo: la ICP ingresa a CONABIA, quien evalúa si el organismo tiene una combinación genética novedosa o no. Si el producto final no tiene ningún gen distinto al que tendría ese organismo en su versión “convencional”, el organismo no será considerado un OGM (ver gráfico

¹¹⁴ En la práctica, caso por caso significa “evento de transformación por evento de transformación” (Whelan y Lema, 2019: 25).

¹¹⁵ En este sentido, cabe aclarar que la noción de regulación que tienen los organismos evaluatorios diverge de la que adoptamos en este trabajo, que refiere a reglas que coordinan y orientan prácticamente las conductas de los actores. Con ello, que un organismo esté legalmente desregulado, no quita que su destino esté sujeto a otros factores regulatorios, distintos de las normas explícitas.

n° 4). Este proceso, originalmente desarrollado para plantas y cultivos, pronto se actualizó para aplicar el mismo criterio a animales y microorganismos (Lema, 2019: 149).

Gráfico n° 4. Diagrama sobre el procedimiento establecido en la Resolución N° 173/2015 para decidir si un producto estaba alcanzado por la normativa sobre OGM



En el marco de una “reingeniería organizacional en las estructuras administrativas del Estado Nacional” (Decreto N° 174/2018), que en 2018 impulsó la simplificación de los trámites y procesos administrativos, también se actualizaron las normativas. Sin embargo, su espíritu se mantuvo: busca evitar que los desarrollos y productos derivados de la aplicación de las nuevas técnicas de edición génica deban atravesar todas las instancias evaluatorias establecidas para los OGM. Así, la Resolución N° 173/2015 fue derogada junto a otras que tradicionalmente regulaban

la actividad con OGM, mediante la Resolución N° 36/2019 que la reemplaza.¹¹⁶ La misma aprueba como Anexo 1 el “Reglamento para establecer el alcance del marco regulatorio y para realizar el análisis de riesgo de Organismos Genéticamente Modificados vegetales”,¹¹⁷ que unifica el procedimiento por el que se determina si un desarrollo será o no considerado un OGM, y parte de los análisis correspondientes en caso de que se resuelva afirmativamente. Ahora, cuando el interesado realice la ICP,¹¹⁸ también

Solicitará que la CONABIA se expida sobre si el resultado del proceso de mejoramiento se encuentra alcanzado por la definición de OGM vegetal, y en consiguiente, por el marco regulatorio aplicable. Para que un cambio genético sea considerado una nueva combinación de material genético, se analizará si se ha producido una inserción en el genoma de una construcción genética definida (Anexo 1 de la Resolución N° 36/2019).

3.4.2. Jugadores y alineamientos: La regulación en el mundo

En nuestro país, las autoridades con competencia en la materia fueron muy activas en los aspectos regulatorios. No solo tomaron la iniciativa de explicitar un marco legal para los editados, sino que también se ocuparon de divulgarlo, conscientes de la importancia de que los demás países adopten una política similar, que facilite el intercambio comercial de nuestros productos. Por ello, participaron de diversos encuentros internacionales, publicaron artículos sobre el tema en revistas científicas y concedieron declaraciones a la prensa. Además ofrecieron capacitaciones sobre la normativa para funcionarios de otros países, ya que la CONABIA actúa como Centro de Referencia en bioseguridad de OGM para la FAO,

¹¹⁶ Además de la Resolución N° 173/2015, derogó la N° 60/2007, la N° 318/2013 y la N° 701/2011. También se sancionó la Resolución N° 44/2019 que, con el mismo espíritu “simplificador” derogó las Resoluciones N° 226/1997, 241/2012, 17/2013 y 3/2014, y las reemplazó por los reglamentos que la aprobó como anexos: “Reglamento para la evaluación y autorización de actividades contenidas o confinadas con OGM vegetales regulados” (Anexo I), “Formulario para la evaluación de actividades con OGM vegetales regulados contenidas en invernáculos de bioseguridad” (Anexo II) y “Formulario para la evaluación de actividades confinadas con OGM vegetales regulados e informes complementarios” (Anexo III).

¹¹⁷ Consultado el 18/06/2021 en <https://bit.ly/3j4T6cB>

¹¹⁸ En la misma debe suministrar información sobre la metodología de mejoramiento utilizada para la obtención y selección del cultivo, sobre el nuevo rasgo o característica introducida, y evidencia de los cambios genéticos presentes en el producto final.

que gestiona misiones de "creación de capacidades" en Asia,¹¹⁹ como también estadías e intercambios de capacitación para técnicos de África.¹²⁰

A partir de la normativa establecida en 2015 por Argentina, varios países comenzaron a adoptar criterios similares, entre ellos Chile, Brasil, Colombia (Eriksson, et al., 2019: 1673) e Israel. Con trámites más o menos simplificados, de múltiple o simple entrada regulatoria, son varios los que comienzan a inclinarse por distinguir editados de transgénicos, principalmente en sus aplicaciones vegetales, que normalmente son las primeras en realizarse y comercializarse.

Estados Unidos, que concentra el 40% de la superficie global sembrada con transgénicos (Sztulwark y Girard, 2020: 20), siguió la misma dirección para sus cultivos, aunque sus procedimientos resultan confusos para usuarios y desarrolladores. Esto porque, a diferencia del modelo argentino donde hay un solo punto de entrada a la regulación (la CONABIA), en Estados Unidos son múltiples – al igual que en Australia y Canadá– (Hamburger, 2019: 338) y la supervisión recae en tres agencias diferentes: El Departamento de Agricultura (USDA), la FDA y la EPA (Agencia de Protección Ambiental). Cada una considera aspectos diferentes de los desarrollos y productos, por lo que no lograron articular un enfoque común en su política sobre nuevas técnicas de edición génica (Whelan y Lema, 2017: 255).

Sirve de ejemplo que el Servicio de Inspección Sanitaria de Animales y Plantas (APHIS) del USDA ofreció un proceso de consulta llamado “¿estoy regulado?” (*am I regulated?*), similar a nuestro ICP, pero no vinculante, que ilustra esta complejidad.¹²¹ Consistía en que los desarrolladores enviaban una carta describiendo las técnicas y características de su organismo obtenido mediante ingeniería genética, y recibían una respuesta detallando si sería considerado un producto regulado o no y por qué.¹²² En relación a una variedad de hongo editado, la

¹¹⁹ “Misión de capacitación en biotecnología y bioseguridad al Reino de Bután”, en *Argentina.gob.ar*, 25 de octubre de 2018. Consultado el 11/08/2020 en <https://bit.ly/3gmY8iP>

¹²⁰ Consultado el 19/06/2021 en <https://bit.ly/3ghoXVO>

¹²¹ El proceso de consulta “¿estoy regulado?” se interrumpió el 17/06/2020 para ser reemplazado por el proceso de confirmación de la regla SECURE, a partir del 17/08 de ese año. Este, cuyas siglas significan Sostenible, Ecológico, Consistente, Uniforme, Responsable y Eficiente, consiste en la primera revisión integral de las regulaciones de biotecnología del APHIS desde que se establecieron en 1987 y permite regular organismos desarrollados usando ingeniería genética que supongan riesgo de plagas de plantas con mayor precisión y reducir la carga regulatoria para aquellos que no planteen riesgos. En otras palabras, no realizó modificaciones sustantivas en los criterios establecidos por la regulación. Fuente: “About the SECURE RULE”. Consultado el 10/08/2020 en <https://bit.ly/3mIzfg>

¹²² Pueden verse las consultas y sus respuestas en <https://bit.ly/3jagmGI> Consultado el 10/08/2020.

APHIS concluyó que el mismo no está alcanzado por la regulación de la USDA: en tanto no contenía ningún material genético introducido, no había razón para creer que podría ser o aumentar las plagas de las plantas y no figuraba en la lista de hierbas nocivas. Pese a ello, concluyó diciendo: “por favor, tenga en cuenta que la variedad de hongo botón blanco descrita en su carta aún puede estar sujeta a otras autoridades reguladoras como la FDA o la EPA”.¹²³

Para sortear la incertidumbre que producen esos desacuerdos, el USDA explicitó en marzo de 2018 que no regula ni considera regular plantas *que podrían haber sido obtenidas por técnicas de mejoramiento convencional*, esto es, cuya genética no incluye combinaciones nuevas, desregulando así las aplicaciones vegetales de las nuevas técnicas de edición (Eriksson, et. al., 2019: 1678; Rosso Grossman, 2019: 263). Interrogado por los motivos de esta decisión, el Secretario del USDA afirmó que:

Con esta ciencia, los agricultores pueden seguir cumpliendo las expectativas de los consumidores de alimentos saludables y asequibles producidos de una manera que consuma menos recursos naturales. Esta nueva innovación ayudará a los agricultores a hacer lo que aspiramos a hacer en el USDA: hacer lo correcto y alimentar a todos.¹²⁴

Así, se permitió que varios productos editados se consideraran desregulados y salieran al mercado. De hecho, Hamburger afirma que EEUU ya cultiva y comercializa cultivos genéticamente editados (2019: 326-327). Sin embargo, para quienes están en instancia de investigación o diseño de nuevos organismos y productos, en ausencia de normativas, estas declaraciones no resultan garantía suficiente, mucho menos para quienes analizan aplicaciones en animales o humanos.

Las aplicaciones en animales son evaluados por la FDA, y de momento hay mucha incertidumbre en torno a su regulación. Algunos autores señalan que esto, sumado a las dificultades técnicas, desincentivan la inversión destinada a productos biotecnológicos animales con fines alimentarios (Petracca, Van Eenennaam y Lema, 2016). Por ejemplo, en 2016, la empresa Recombinetics solicitó a la FDA que

¹²³ Consultado el 10/08/2020 en <https://bit.ly/3gjCNqB>

¹²⁴ “Secretary Perdue Issues USDA Statement on Plant Breeding Innovation”, en *USDA Press*, 28 de marzo de 2018. Consultado el 09/08/2020 en <https://bit.ly/3mq1k1b>

declarara como *Generally recognized as safe* (GRAS),¹²⁵ a su ganado editado genéticamente, para evitar que los animales quedaran regulados. Estos habían sido editados para desactivar un gen, obteniendo un ganado sin cuernos, y si bien la compañía argumentó que ello podía producirse de forma natural, la FDA rechazó la petición. Desde entonces la compañía se está enfocando en otros mercados, como Brasil, Argentina, Australia y Canadá.¹²⁶ En 2017, la FDA emitió unos lineamientos en los que sostuvo que los animales genéticamente editados serían regulados de acuerdo a un proceso similar al de los nuevos fármacos (Maxmen, 2017).

Como señalan Whelan y Lema, las decisiones de Estados Unidos en la materia tienen gran relevancia comercial, dado que el país es un importante exportador de productos agrícolas que, muy probablemente, contendrán editados y derivados en el futuro próximo (2015: 256). En este sentido, su normativa afecta a su producción agropecuaria y, en consecuencia, puede modificar la inserción de nuestros productos en ese mercado. Además, actúa como referente. Cuando se presenta algo novedoso ante nuestros organismos estatales, lo primero que hacen estos es averiguar si algo similar ya fue aprobado en otros países, especialmente en Europa o Estados Unidos. Los entrevistados coinciden en señalar que es muy difícil que organismos como ANMAT aprueben la realización de un tratamiento o la comercialización de alguna nueva medicación, si esta no fue previamente aprobada por la FDA. El problema es que someter un producto a las evaluaciones de la FDA es muy costoso, y atenta contra los desarrollos novedosos locales, que acaban esperando a que otro equipo lo haga y registre antes, ahorrando dinero en los procesos de aprobación pero perdiendo ventajas de mercado, al salir en segundo lugar.

Esto evidencia que el alcance real de las normativas excede su jurisdicción o tienen un efecto arrastre sobre otras, de igual manera en que son muchas las variables que inciden en la regulación de una actividad. Van Zwanenberg, et al. (2011) compararon la normativa sobre el algodón OGM en Argentina y China e identificaron una serie de procesos políticos y económicos que la socavan, como la

¹²⁵ "Generalmente reconocido como seguro" (GRAS) es una designación concedida por la FDA cuando expertos y científicos pueden aseverar la seguridad de una sustancia, aunque siempre se limita a las condiciones de uso previstas. Más información en <https://bit.ly/3yb7zbq> Consultado el 18/06/2021.

¹²⁶ Efectivamente la empresa Argentina Kheiron firmó convenios con la firma Acceligen, de Recombinetics, para realizar desarrollos conjuntos con nacimientos en nuestro país.

estructura del mercado de semillas, el control de la propiedad intelectual y el riesgo de bioseguridad.¹²⁷ Encontraron que, “en la práctica, en ambos entornos han surgido iniciativas reguladoras descentradas, diseñadas principalmente por el sector privado” (ibíd.: 18). Así, confirman que los factores que inciden y ordenan las prácticas de los actores exceden y eluden las legislaciones establecidas, y refieren a ellos con la noción de regulación.

Ya el Plan Bicentenario remarcaba que las regulaciones sobre OGM de “los países más desarrollados” se aplicaban al mercado interno pero afectaban las importaciones desde otros países como Argentina, que se beneficiaban con el intercambio comercial (SECyT, 2006: 31). Por ejemplo, el trigo transgénico HB4 resistente a sequía,¹²⁸ aprobó todas las instancias evaluatorias nacionales, excepto la comercial de la Dirección Nacional de Mercados Agroindustriales (DNMA), que consideró que su liberación podía frenar el comercio internacional, en tanto países como Brasil amenazaron con dejar de comprar trigo nacional si se aprobaba el HB4.¹²⁹ Finalmente, la comercialización del trigo acabó aceptándose en octubre de 2020 (Resolución N° 41/2020), a condición de que el “evento” sea aprobado por Brasil, reforzando el argumento de que el rechazo al trigo es estrictamente comercial y no técnico.¹³⁰ Federico Trucco,¹³¹ titular de la empresa a cargo del desarrollo dijo a la prensa que

Cada vez que alguien plantea algo que sale de los usos y costumbres aparece un acto reflejo inicial a no cambiar las cosas. Tendemos a pensar que lo haga primero un americano, un europeo, un asiático y cuando sea normal lo hacemos nosotros. El desafío es quebrar esa lógica y que nos animemos a liderar.¹³²

Por esta razón Marchant y Allenby (2017) identifican el minimizar las disputas en el comercio internacional como principal estímulo para coordinar las

¹²⁷ Profundizaremos en la cuestión de la propiedad intelectual y su legislación marco en el apartado 7.3.2.

¹²⁸ Proyecto a cargo de Raquel Chan, desarrollado por Bioceres y el Instituto de Agrobiotecnología del Litoral (IAL).

¹²⁹ “Habla la científica que desarrolló el ‘polémico’ trigo anti-sequía”, en *Perfil*, 01 de marzo de 2019. Consultado el 03/09/2020 en <https://bit.ly/3k9UxpA>

¹³⁰ “El MINCYT, el CONICET y la Universidad Nacional del Litoral anunciaron la aprobación del trigo HB4® en Argentina”, en *CONICET*, 08 de octubre de 2020. Consultado el 09/10/2020 en <https://bit.ly/3AZKIBq>

¹³¹ Desde diciembre de 2019 también se desempeña como presidente de la CAB.

¹³² “Argentina evalúa ser el primer país del mundo con trigo transgénico”, en *El País*, 10 de febrero de 2019. Consultado el 31/08/2020 en <https://bit.ly/3zaF8eQ>

normativas agrícolas. Para ello, recomiendan armonizar la evaluación de riesgos y los principios de gestión de riesgos mediante códigos establecidos por una organización internacional, ¿pero quién tiene el poder para tomar esta decisión que, lejos de ser neutral (o de afectar solo aspectos presumiblemente globales como la salud y el medioambiente), tiene el potencial de barajar y dar de nuevo las cartas ganadoras y perdedoras del agronegocio global?

Van Zwanenberg, et al. señalan que los desajustes entre las formas en que las normas internacionales contemplan el uso “adecuado” de las tecnologías del algodón OGM y las realidades entre los usuarios en el terreno, son atribuidas a las demoras y una insuficiente capacidad de implementación por parte de los gobiernos nacionales (2011: 18). Este es el diagnóstico de lo que llaman la perspectiva de “la regulación centrada en el Estado”, cuya receta para mejorar la regulación internacional es presionar a los gobiernos para que ajusten la capacidad de sus entes reguladores. Los autores sostienen que este tipo de normas tendrán un impacto limitado justamente porque los marcos regulatorios son ciegos a algunos procesos críticos en el terreno, por lo que proponen avanzar a una “visión descentrada de la regulación”, por la que las respuestas de armonización tendrán que ser diferentes en cada país (ídem). En consecuencia, recomiendan una “combinación adaptativa de medidas que aborden mejor las realidades sobre el terreno, atendiendo a todos los implicados en las intervenciones” (ibíd.: 18).

Por supuesto que aún se está lejos de semejante consenso, considerando que muchos países ni siquiera lograron establecer criterios al interior de sus fronteras. Hasta el momento, esto no conlleva disparidades significativas para las instancias de investigación y desarrollo con edición genética, probablemente porque aún no hay muchos productos en condiciones de ser comercializados. Esto se evidencia, por ejemplo, en la similitud del estado de situación de los cultivos editados en la UE y Argentina, pese a que tienen modelos regulatorios casi antagónicos. La tabla n° 2 resume la situación de los cultivos editados en algunos de los países y regiones más representativos de cada criterio regulatorio.¹³³

¹³³ Puede consultarse información específica sobre la regulación de Canadá, Australia, Japón, Estados Unidos en Dederer y Hamburger (2019).

Tabla n° 2. Status quo de plantas genéticamente editadas y sus productos derivados

Aplicación \ País	Argentina	Australia	Canadá	Unión Europea	Japón	Estados Unidos
<i>Uso contenido</i>	✓	✗	✓	✓	✓	✓
<i>Ensayo a campo</i>	✓	✗	✓	✓	✓	✓
<i>Cultivo</i>	✗	✗	✓	✗	✗	✓
<i>Comercialización como comida o alimento para ganado</i>	✗	✗	✗	✗	✗	✓

Fuente: Hamburger (2019: 327), traducción propia.

La Unión Europea representa un modelo extremo. Hacia el 2018, algunos autores sostenían que allí todavía no estaba claro si los organismos editados estarían sujetos a la Ley de Ingeniería Genética (Duensing, et. al., 2018), esto es, si serían considerados OGM o no. Según Hamburger, parece haber un consenso predominante sobre las deficiencias y la inadecuación del enfoque regulatorio vigente pero, al mismo tiempo, una falta de voluntad política para cambiar el status quo (2019: 358). Algunos hablan directamente de una “desviación” de la UE respecto de los demás países que han decidido al respecto (Eriksson, et. al., 2019: 1673). Entre otras diferencias, la UE no aplica el enfoque caso por caso, y los fallos recientes de su Tribunal adhieren a un enfoque basado en procesos, mientras que la mayoría de los países se inclinan por la regulación del producto resultante (Eriksson, et. al., 2019: 1673), que analiza la constitución del organismo y no los procedimientos o técnicas con que se producen. Así, en Europa, siempre que se utilicen métodos de ingeniería genética en algún punto del proceso de producción, se aplicaría la etiqueta de OGM (Montenegro, 2016).

Diversos actores se mostraban preocupados por la falta de determinación europea, que impregnaba de incertidumbre cualquier intento de investigación y desarrollo, especialmente aquellos con miras comerciales. Se señaló que

Muchos investigadores públicos están seriamente preocupados por la situación en la UE con respecto a la legislación actual para la liberación en el campo y el cultivo de plantas modificadas genéticamente (Directiva 2001/CE/18; Directiva 2015/412) y la falta de certeza sobre las nuevas técnicas de ingeniería genética en relación con Directivas existentes. Para dar solo algunos ejemplos; investigadores públicos de Suecia y los Países Bajos expresaron recientemente sus dudas sobre el uso de

técnicas de GE [gene editing] valiosas y versátiles en su investigación fundamental y aplicada de clase mundial, sin saber si se les permitiría o no realizar pruebas de campo con las plantas resultantes. Quizás peor aún es la situación en la que las solicitudes de financiación de la investigación se rechazan únicamente por esta razón de la incertidumbre de GE [...], o cuando las empresas deciden trasladar las inversiones en I+D fuera de la UE por una razón similar (Sprink, et. al., 2016: 1500).

Un caso notorio tuvo lugar cuando la empresa CIBUS pidió autorización a seis países europeos para liberar una variedad de canola obtenida mediante mutagénesis. Las autoridades competentes de Finlandia solicitaron asesoramiento regulatorio a la Comisión Europea,¹³⁴ mientras los organismos a cargo de países como Alemania, Reino Unido y Suecia resolvían que la técnica utilizada no debería considerarse un OGM. Esto desató una serie de objeciones (especialmente por parte de ONG), rechazos a esas objeciones por parte de las autoridades correspondientes, y una serie de notas de la Comisión Europea, que finalmente no resolvían la cuestión (Sprink et. al, 2016).¹³⁵

La falta de acuerdo sobre este cultivo ilumina no solo sobre la ausencia de un criterio uniforme entre las instituciones competentes de cada Estado y a nivel regional, sino también la cantidad de actores interesados en inclinar la balanza hacia un lado o el otro de esta distinción entre editado y OGM. A falta de normativas y resoluciones políticas homogéneas y definitivas, la presión fue continuamente en aumento y originó conflictos, muchas veces judicializados, en aras de obtener acuerdos entre los diversos organismos regulatorios y Estados miembros de la UE.

Reconstruyendo el debate sobre esta cuestión en Alemania, un editorial de la Revista *Nature* afirmó que el problema ha dividido al gobierno y dejado a los científicos de toda Europa en el limbo legal (Nature, 2017). No solo por la incertidumbre sobre cómo serían considerados los productos, sino también porque, ante la falta de acuerdo, algunos desarrollos se encontraban desregulados en la práctica, ampliando la urgencia por tomar una decisión (Santaló Pedro, 2017: 160).

Con esa consideración, otro caso trascendente fue el procedimiento iniciado ante el Tribunal de Justicia de la Unión Europea (TJUE) por el *Confédération paysanne* (un sindicato agrícola francés que defiende los intereses de los pequeños agricultores) junto con otras ocho asociaciones, ante el Consejo de Estado francés. El

¹³⁴ Consultada el 10/08/2020 en <https://bit.ly/3z6A6A4>

¹³⁵ Los detalles de este conflicto que duró años pueden consultarse en Sprink et. al (2016).

motivo fue una normativa francesa que eximía de las obligaciones impuestas por la Directiva sobre OMG a los organismos obtenidos mediante mutagénesis, que por sus características podría ser considerado un editado, en tanto no hay genes de otras especies.¹³⁶ El TJUE resolvió a favor de la *Confédération paysanne* sosteniendo que la Directiva sobre OMG debería aplicar a los organismos obtenidos mediante técnicas de mutagénesis aparecidas después de su adopción.¹³⁷ Este fallo acabó sentando las bases de la jurisprudencia europea en la materia.

Los periódicos de la fecha afirmaron que “el Tribunal Europeo de Justicia ha decidido hoy que los organismos modificados con nuevas técnicas de edición genética como el CRISPR deben ser considerados transgénicos y, por tanto, están sujetos a las normativas que limitan su cultivo”.¹³⁸ Esto, sin embargo, no puso fin a la controversia. Así como el fallo fue celebrado por algunos actores, especialmente las ONG ecologistas como Greenpeace, otros aún demandan distinguir editados de OGM. Entre estos últimos, destacan los reclamos de la comunidad científica europea.

En julio de 2019, científicos de 120 instituciones de investigación de 25 países de la UE firmaron una declaración abierta dirigida al Parlamento, la Comisión y el Consejo Europeo pidiendo que reviertan su posición y permitan a científicos y criadores europeos “aplicar la edición génica para producir una agricultura y alimentos sustentables, [...] fundamental para el bienestar y la seguridad alimentaria de los ciudadanos europeos”.¹³⁹ Reclaman que se armonice la legislación europea con la de los demás países del mundo, aduciendo que “la diferencia en el enfoque regulatorio probablemente conducirá a interrupciones del comercio internacional y tendrá consecuencias para la seguridad alimentaria en Europa” (ídem), siendo casi imposible en la práctica distinguir un producto editado. Se acusó a la “desviación” europea de dar lugar “a un riesgo de aprobaciones asincrónicas e interrupciones en el comercio internacional” (Eriksson et al, 2019: 1673).

Recientemente Callon y Lascoumes (2020) llamaron la atención sobre una tensión existente en Europa entre el principio precautorio y la innovación. Según los

¹³⁶ “Comunicado de prensa N° 111/18”, *Tribunal de Justicia de la Unión Europea*, 25 de julio de 2018. Consultado el 10/08/2020 en <https://bit.ly/3mjr1Ah>

¹³⁷ El fallo completo fue consultado el 10/08/2020 en <https://bit.ly/3gflzld>

¹³⁸ “La justicia europea pone trabas a la edición genética en plantas”, en *El País*, 25 de julio de 2018. Consultado el 10/08/2020 en https://elpais.com/elpais/2018/07/25/ciencia/1532534799_094982.html

¹³⁹ Consultada el 10/08/2020 en <https://bit.ly/2Wg27H3>

autores, el gobierno francés actuó demasiado tarde frente a la pandemia de COVID-19, por atender a una corriente de pensamiento que entiende que observar el principio precautorio detiene el desarrollo científico-tecnológico. Lo mismo subyace al reclamo de los científicos y pequeños productores europeos respecto de la edición génica y la regulación que los considera OGM y, en consecuencia, les impone evaluaciones adicionales. Es imposible saber si los riesgos están siendo o no subvalorados, o si desconocerlos puede tener los efectos perniciosos que señalan los autores.

Suele decirse que para los países semiperiféricos como Argentina, cuya economía se basa en la explotación de los recursos naturales, la protección frente al riesgo o impacto ambiental entra en contradicción con el modelo de desarrollo económico y el consecuente “beneficio de las mayorías” (Möhle y Schteingart, 2021a). La paradoja es que, en simultáneo, en los países centrales (como los de la UE) también comienza a consolidarse la idea de que atender fielmente a la presunción de riesgos puede llevar al abandono de algunas líneas de I+D, a que estas se trasladen a otros países y comiencen a aumentar los costos de ciertos productos, implicando desventajas para los científicos, productores y consumidores de la región, que tendrán productos más costosos sin garantías reales de no estar consumiendo editados (importados de otros países que no los prohíben ni etiquetan, como el nuestro).

Así, al menos dos ejes subyacen a las posiciones enfrentadas en torno al modo de legislar la innovación biotecnológica: por un lado, la efectividad de las evaluaciones para garantizar la seguridad o inocuidad de los productos y organismos derivados de las biotecnologías; por otro, la distribución de costos y, en consecuencia, de ganadores y perdedores que conlleva la decisión sobre las evaluaciones. No solo fronteras adentro, sino igual o en mayor medida, hacia afuera. Para países como Argentina, reducir los costos evaluatorios permite abrir el negocio a nuevos actores, en mercados hasta ahora monopolizados por las grandes multinacionales. Pero para ello, requiere que sus compradores acepten lo que Argentina tiene para exportar. Para la UE, mantener a los editados bajo la normativa de OGM implica frenar el ingreso de productos importados, aunque también obstaculiza las iniciativas propias de I+D. Los opositores argumentan que la dependencia de los productos agroganaderos de Estados Unidos y Latinoamérica

terminará llevando a consumir productos editados más tarde o más temprano. Se añade, además, la emergencia de nuevos mercados alternativos, principalmente de Asia y África, que se consolidan como importadores de commodities de los países del sur. Así, para todos los actores involucrados, la armonización de la normativa sobre edición genética es necesaria, pero la forma que adquiera está en disputa y, en consecuencia, cuáles serán las partes que resultaran beneficiadas. Mientras tanto, cada una de ellas moviliza los mecanismos de presión que puede para intentar inclinar las decisiones en su favor.

Anteriormente señalamos que los funcionarios de la SAGyP y la Dirección de Biotecnología tenían un rol activo a nivel global, especialmente en países de Asia y África. El propósito de estas acciones es consolidar un bloque de presión, que promueva la adopción de regulaciones similares a la argentina, “mitigando así los obstáculos innecesarios para la adopción de nuevos productos agrícolas”.¹⁴⁰ Esta política obtuvo el apoyo de trece países y bloques regionales del continente americano, asiático y africano, incluyendo a Estados Unidos, para presentar ante la Organización Mundial del Comercio (OMC) la Declaración internacional sobre aplicaciones agrícolas de la biotecnología de precisión (2018), en la que insta a los demás países a adoptar “los lineamientos necesarios para evitar asincronías regulatorias y las potenciales interrupciones comerciales resultantes”. Como afirmaba el ex Director de Biotecnología de nuestro país, si bien las decisiones regulatorias tomadas por Argentina

Parecen compatibles con los criterios emergentes de otros países, aún queda mucho por hacer para alcanzar un panorama armonizado internacionalmente, necesario para evitar obstáculos comerciales. Este objetivo requerirá la buena voluntad de la comunidad internacional, el compromiso de adoptar criterios reglamentarios estrictamente basados en la ciencia y el respeto de los acuerdos internacionales existentes relacionados con el comercio y la bioseguridad (Lema, 2019: 150).

Como afirma Pellegrini en relación a la transgénesis vegetal, la división internacional del trabajo científico no sigue

Un simple patrón Norte-Sur, sino que depende de un conjunto de factores –entre los que se deben incluir la acumulación previa de conocimientos y de capital, el tipo de

¹⁴⁰ “Argentina presentó ante la Organización Mundial del Comercio una Declaración sobre Biotecnologías de Precisión aplicadas al sector”, 02 de noviembre de 2018. Consultado el 19/06/2021 en https://magyp.gob.ar/sitio/areas/prensa/?accion=noticia&id_info=181102094553

sistema regulatorio, el vínculo con centros de I+D y la opinión pública– que crean las condiciones más o menos favorables para que el capital vinculado a la biotecnología vegetal se desarrolle (2014: 165).

3.5. Una pesada herencia para la edición genética

Las nuevas técnicas de edición genética agregan una nueva variable a los avatares de un intercambio comercial cambiante (agravado ahora por la pandemia de coronavirus) y la incertidumbre de un modelo tecnológico que resulta imprescindible para la generación de divisas, pero a la vez profundiza las consecuencias de una inserción global dependiente y despierta creciente rechazo por parte de actores diversos. CRISPR se inserta sobre ese entramado de expectativas, posturas enfrentadas y promesas de desarrollo pendientes, a las que también da nuevo impulso, las resignifica y redirige. Dicho de otro modo, la edición genética y sus productos se definen, critican y defienden por comparación con los OGM y sus efectos. Más aún, aparecen en la escena redoblando la apuesta de estos: prometen incrementar los beneficios económicos generados por los cultivos transgénicos y resolver varios de sus problemas.

Principalmente, CRISPR reavivó para Argentina la expectativa por lograr cierta autonomía técnica. Sztulwark y Girard consideran que estas nuevas técnicas no modificarían para Argentina su rol de adoptante de la innovación fundamental pero, al diferenciar la creación de técnicas de la función de uso, abre una ventana de oportunidad para nuestro país (2020: 35). Esto hizo resurgir las esperanzas de una mayor distribución de la investigación, desarrollo y producción biotecnológica en el país, porque permitiría finalmente facilitar los procedimientos y abaratar los costos.

Así, desde la Dirección de Biotecnología se sostenía que la edición genética dará lugar a un “proceso de democratización”, que permitirá que diversos y variados actores participen de la elaboración de productos destinados al sector agroindustrial, a diferencia de la concentración en pocas multinacionales que mantienen los transgénicos.¹⁴¹ Como sostiene Feingold, coordinador del Programa Nacional De Biotecnología del INTA, “la edición genética es una herramienta que no podemos

¹⁴¹ Whelan entrevistada en Bichos De Campo (05 de diciembre de 2018). *Agustina Whelan - Lic. en Biotecnología de la Secretaría de Agroindustria* [Video]. Youtube. Consultado el 05/01/2020 en <https://bit.ly/2UzjXEa>

dejar pasar por ciertas particularidades que tiene, sobre todo porque es una tecnología en la que podemos jugar todos. Con la biotecnología basada en transgénicos había ciertas limitaciones para jugar”.¹⁴² En síntesis, al menos para los funcionarios del MAGyP, CRISPR reactiva los imaginarios de un futuro con desarrollos locales capaces de revertir el actual escenario general de concentración y privatización del conocimiento semillero a nivel mundial (Craviotti, 2017: 113), permitiendo a los pequeños agricultores independizarse de las grandes empresas (Pellegrini, 2014: 114), diversificando los actores y los organismos editados.

Como señalaban entonces funcionarios de la Dirección de Biotecnología del MAGyP, aún está en discusión si los editados “representan o no una promesa para el desarrollo de la biotecnología agrícola en países donde hoy en día la puerta está cerrada al desarrollo y/o cultivo de cultivos transgénicos” (Whelan y Lema, 2017: 79). Pero esta ventana de oportunidad está condicionada por varios factores, como las restricciones que impongan los “inventores” para acceder a las técnicas, la existencia de un sistema científico-tecnológico medianamente desarrollado y con dominio de la genómica, y el aprovechamiento de la reducción de tiempos y mínimos de inversión que se derivan de estas nuevas técnicas (Sztulwark y Girard, 2020: 36). Esto último depende, principalmente, del modo en que se regulen los productos editados, esto es, será posible siempre y cuando vaya de la mano con un marco legal simplificado y menores instancias evaluatorias.

Así, para pasar de promesa a realidad, las innovaciones tecnológicas dependen de una serie de factores, pero también de decisiones políticas, en tanto la regulación aparece como una gran herramienta para trastocar las relaciones de poder e intercambio vigentes, ¿cuáles son las condiciones de posibilidad para que la innovación biotecnológica se produzca? ¿Qué, cómo y dónde se investiga, desarrolla y produce con edición génica y en qué condiciones? Para responder estas preguntas indagaremos en las prácticas de los actores en la segunda parte de este trabajo.

¹⁴² “Sergio Feingold, del INTA: ‘La edición génica no es como hacer cerveza artesanal’”, en *Bichos de Campo*, 18 de diciembre de 2018. Consultado el 20/09/2021 en <https://bit.ly/3szR7Qu>

***PARTE II. INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN
ARGENTINA: PRÁCTICAS CIENTÍFICAS Y TÉCNICAS
INNOVADORAS***

4. LAS PERIPECIAS DEL SISTEMA NACIONAL DE INVESTIGACIÓN: HISTORIA E INSTITUCIONES

Animales que mueren de hambre en la Aduana y reactivos escondidos en bolsillos y valijas pueden ser imágenes extrañas para el lector, pero muy comunes para cualquier biólogo, biotecnólogo o médico que haga investigación científico-tecnológica en Argentina. El quehacer cotidiano de nuestros científicos dista mucho de las escenas de ciencia ficción y los laboratorios amplios e impecables que solemos imaginar. Los variados discursos sobre la edición génica que identificamos tienen asidero en sus prácticas, a la que a su vez reflejan de un modo parcial, a veces exagerado, otras maquillado, muchas menospreciado. Para poder comprender cabalmente las acciones de los científicos y el abanico real de opciones disponibles que acaban conformando el campo de la investigación en edición genética en nuestro país, primero hay que entender cómo se investiga en Argentina.

Asumiendo que la impronta de nuestra ciencia resulta de la conjunción de una particular historia económica, política y social, y las tendencias académicas, culturales e ideológicas sobre la misma, muchas veces importadas y reapropiadas al calor de los hechos locales, este capítulo reconstruye cómo se organiza y financia la investigación científico-tecnológica en Argentina, indagando en el rol de sus principales instituciones en perspectiva histórica. Nos basamos en presupuestos, informes y datos estadísticos para comprender el rol, las capacidades y funciones de las instituciones clave para la política científica nacional, como el CONICET, las Universidades Nacionales y la Agencia, entre otras. Las entrevistas y observaciones permitieron completar las fuentes secundarias y la bibliografía especializada disponible para identificar algunos desafíos y problemas de investigar en la Argentina contemporánea en general, y en las biotecnologías en particular.

4.1. Breve historia de la ciencia y su compleja relación con el Estado

A lo largo de la historia, la forma de pensar y comprender a la ciencia y la tecnología fue cambiando. Algunas veces fueron consideradas dos caras de un

mismo proceso, otras estuvieron distanciadas, por lo que las políticas científicas, tecnológicas y educativas también tuvieron momentos de acercamiento, de separación y hasta superposición, de acuerdo con las necesidades e intereses del Estado. Así, las características de la investigación científico-tecnológica y sus instituciones se comprenden mejor a la luz de los acontecimientos políticos, sociales y económicos que le confieren lógica. Por ello, repondremos brevemente la historia del lugar que ha ocupado la ciencia en la Argentina reciente y su compleja y cambiante relación con el Estado.

Aunque el modo en que el Estado definió el rol de la ciencia permite dividir esta reconstrucción histórica en cuatro grandes períodos, esas concepciones no desaparecen con el pasaje de uno a otro, sino que se acumulan o persisten. Dicho de otra forma, la idea de que la ciencia es una herramienta, desarrollada por profesionales, para fomentar la innovación, permanece hasta la actualidad, aunque con matices. Lo que sí se ha modificado es la política científico-tecnológica que la enmarca y produce esas nuevas interpretaciones sobre su objeto.

4.1.1. La ciencia como herramienta: foco del interés del Estado

Durante el siglo XX, la ciencia comenzó a ser vista como una herramienta, un instrumento necesario para resolver los más diversos problemas de la humanidad: luchar contra enfermedades, garantizar la seguridad nacional, generar empleo, impulsar la industria y obtener cierto bienestar general (Bush, 1945). Su aporte era concebido de modo lineal: permitiría desarrollar tecnología e innovación, haciendo crecer la economía y mejorando la sociedad. Se trataba de una postura claramente cientificista, que atribuía al conocimiento científico “la satisfacción de las condiciones necesarias para la modernización de las sociedades” (Zabala, 2004: 154). Así entendida, la ciencia empezó a ser considerada un asunto de Estado y a conquistar creciente interés del sistema político y económico. Si bien los análisis fueron complejizándose, durante las décadas del 40 y el 50 primó el modelo lineal centrado en la oferta, donde la investigación básica y el conocimiento científico aparecían como la clave para alcanzar el desarrollo (Castaño, 2019: 41).

Aunque en Argentina las universidades nacionales y los centros de investigación se desarrollaron tempranamente, fue también hacia los años 40 y 50's

que la ciencia se volvió depositaria de sendas esperanzas. Durante los primeros años de la presidencia de Juan Domingo Perón (1946-1955), esto se materializó en el Primer Plan Quinquenal. Con una duración prevista de cinco años, esta fue la primera planificación, racional y centralizada, para el desarrollo social y económico del país, y se proponía transformar su estructura. En línea con este proyecto, comenzaron a crearse instituciones estratégicas en las áreas de ciencia y técnica ligadas a las prioridades militares y el desarrollo económico (Hurtado y Busala, 2006). Se evidenció así cierta coherencia programática y la ciencia y la tecnología – en adelante CyT– fueron consideradas un componente clave de la planificación económica (Hurtado, 2010: 73). Como señalan Hurtado y Feld,

De esta forma, enmarcada en las ideologías desarrollistas dominantes en los países no industrializados desde el final de la Segunda Guerra Mundial, la representación oficial de la ciencia y de la técnica acompañó la aspiración del gobierno de reorganizar el estado sobre bases “científicas” y de profundizar el incipiente proceso de industrialización desde una orientación centralizadora y planificadora de la economía (2010: 203).

Con el derrocamiento del peronismo, lejos de detenerse, el sistema científico se expandió y modernizó en varios países de América Latina (Bekerman, 2016: 6). Si bien ya existían organizaciones científicas en el país, estas eran gestionadas por los propios científicos, y las actividades de ciencia e investigación estaban en manos de diversos institutos y universidades, sin coordinación entre sí.¹⁴³ Con la idea de ordenar los recursos y organizar la actividad, se crearon organismos como la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA),¹⁴⁴ la Dirección Nacional de Investigaciones Técnicas,¹⁴⁵ el Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas de las Fuerzas Armadas (CITEFA) –actualmente Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas para la Defensa (CITEDEF)– y el Consejo Nacional de Investigaciones Técnicas y Científicas (CONITYC).

Este último se estableció para coordinar los esfuerzos que realizaban en el país numerosos organismos del Estado, Ministerios y universidades en materia de investigación CyT. Así, se esperaba cooperar en tareas de orientación y fomento de

¹⁴³ Entre ellas podemos destacar a la Sociedad Científica Argentina (SCA) creada en 1872, o a la Asociación Argentina para el Progreso de las Ciencias (AAPC) fundada en 1933 por Bernardo Houssay, quien posteriormente ganaría el Premio Nobel de Medicina.

¹⁴⁴ Mediante el Decreto N° 10.936 de 1950.

¹⁴⁵ Según Iriarte y Scalise (2008) mediante Decreto N° 13.443 de 1950 y Decreto N° 9.695 de 1951.

las investigaciones científico-técnicas, proteger a los investigadores; auspiciar congresos; fomentar las publicaciones, el intercambio y la cooperación internacional, la creación de centros bibliográficos y racionalizar los elementos y personal disponibles (Iriarte y Scalise, 2008). Si bien el CONITYC no llegó a concretarse, dada la interrupción antidemocrática que derrocó a Perón en 1955, fue el principal antecedente del CONICET, fundado en 1958 (Decreto/Ley N° 1.291). Este será el primer organismo dedicado exclusivamente a la investigación, con presupuesto propio (Bekerman, 2018b: 21).

En Argentina, si bien el peronismo logró consolidar las primeras instituciones y políticas de ciencia y tecnología, en paralelo desató grandes confrontaciones ideológicas con buena parte de la comunidad científica, que veía en la centralización estatal un ataque a la libertad de investigación (Hurtado y Feld, 2010). Los estudiosos de la ciencia argentina refieren al período 1955-1966 como “los años dorados”. Este inicia con el derrocamiento de Perón por un Golpe de Estado que restituyó la autonomía a las universidades, lo que generó un clima refundacional frente al período peronista (Feld, 2015: 114). Ese optimismo se apoyó, por un lado, en la creación de nuevas carreras, la renovación de los cuadros docentes, la creación de institutos de investigación y el aumento de cargos de tiempo completo (Feld, 2019: 66). Por otro, en que el proceso coincidió con la proliferación de la asistencia extranjera a los centros de investigación latinoamericanos, encabeza por organismos públicos y fundaciones principalmente estadounidenses como la Ford y la Rockefeller, impulsada desde agencias internacionales como la UNESCO (ídem).

Como sostiene Feld, “no se trata de una mera coincidencia, pues el financiamiento y la asistencia extranjera contribuyeron tanto a la modernización y profesionalización de la investigación como a la construcción del imaginario sobre este período” (2019: 66). Especialmente desde los 60’s, se dio un proceso de profesionalización e institucionalización de la investigación científica (Vessuri, 1996: 66), que dejaba de ser solo una vocación para volverse un medio de vida. En sintonía, Glick encuentra que entre finales de los años cincuenta y de los setenta se establecieron consejos de investigación científica en prácticamente todos los países de América Latina (1996: 348).

Lejos de considerar estos años como dorados se encontraban algunas perspectivas críticas del proceso de internacionalización (Feld, 2019: 67), entre las

que destacan los aportes de lo que retrospectivamente se llamó Pensamiento Latinoamericano en Ciencia, Tecnología y Sociedad (PLACTS). Uno de sus exponentes principales, Varsavsky, advertía que estábamos transfiriendo criterios de financiamiento y agendas de investigación inadecuadas para las necesidades de los países periféricos, como resultado del “colonialismo cultural” de los países desarrollados y el “cientificismo” de las élites académicas latinoamericanas (Feld, 2019: 67).

En cualquier caso, lo cierto es que con un influjo desarrollista, impulsado por el interés de los actores estatales en favorecer la vinculación de las actividades de I+D con las necesidades del desarrollo productivo nacional (Pereyra, 2018), fue entre los 50's y 60's que se crearon las principales instituciones públicas y dispositivos de intervención CyT que se consolidarían después, como el CONICET (Decreto Ley N° 1291/58), el INTA, el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), entre otras. En un mundo que alternaba entre períodos de guerra y recuperación, la economía argentina primero se cerró forzosamente y luego se reorientó hacia la sustitución de importaciones y la industrialización.

4.1.2. La ciencia como profesión: marchas y contramarchas del sistema nacional de investigación

En términos generales, entre 1930 y 1976, Argentina experimentó ciclos de auge y recesión económica junto a la alternancia entre gobiernos democráticos y golpes de Estado, exhibiendo una marcada inestabilidad macroeconómica, política e institucional (López, 2002: 56). Hasta el momento, las Universidades Nacionales (UUNN) aún eran el espacio central de la producción de conocimiento científico. Con el golpe de Estado de 1976, “se produjo un reordenamiento de los recursos destinados a la investigación, basado en una transferencia presupuestaria desde las universidades nacionales hacia el Conicet, ocurrida en la Finalidad Ciencia y Técnica del Presupuesto Nacional” (Bekerman, 2018b: 22).

Estos años de dictadura se caracterizaron por el disciplinamiento y control ideológico, además de la expulsión de docentes e investigadores por motivos políticos (ídem), su persecución y hasta represión. Sin embargo, afectó de modo desigual a las instituciones. Mientras que para las UUNN implicó una “disminución

presupuestaria, la desarticulación de grupos enteros de investigación, la imposición del examen de ingreso, del sistema de cupos por carrera y por universidad y el arancelamiento de los servicios educativos” (ídem), para CONICET significó una “expansión presupuestaria, institucional y de recursos humanos” (ídem). Particularmente, se crearon cientos de institutos en todo el país, que estarían bajo su órbita (sin relación con las UUNN), además de concentrar el financiamiento, las becas y los ingresos a la investigación. Como sostiene Bekerman,

Este período dictatorial se convirtió, entonces, en un punto de inflexión, una etapa crucial en la cual se profundizó la brecha entre el Conicet y las universidades nacionales, provocando un marcado divorcio entre investigación y docencia (2018b: 22)

Con la recuperación democrática en 1983, la política CyT buscó normalizar los espacios de producción de conocimiento, derogando las medidas de control ideológico, restituyendo cargos y reabriendo el ingreso al sistema educativo. Se priorizaron tres líneas: recuperar y democratizar el ordenamiento institucional; restablecer la relación entre el CONICET y las UUNN; y fomentar el acercamiento con el sector productivo mediante la vinculación tecnológica (Bekerman, 2018b: 22-23). Esto último revela que los estudios económicos e industriales ya comenzaban a distinguir ciencia y tecnología, esto es, a diferenciar dos espacios con culturas y actores diferentes: el ámbito académico y la empresa (Albornoz, 2007: 60).

También comenzó a escindirse de la política científica una política tecnológica, interesada por el fomento de la innovación, la competitividad, el desarrollo y la transferencia de tecnologías desde la investigación hacia su aplicación, más que en apoyar a la investigación como tal (ibíd. 60-61). Con ello se consolidaba tardíamente en América Latina un modelo lineal ahora enfocado en la demanda (Castaño, 2019: 33), esto es, en estimular a las empresas para que orienten la ciencia hacia la producción de los conocimientos y tecnologías que necesitaban.

Se dio entonces un proceso de estabilización e institucionalización de la ciencia que desentonó con la fragilidad e inestabilidad política y económica del país, a la vez que intentaba controlarla. En el contexto de la crisis de las políticas keynesianas y “la creciente difusión y aceptación del monetarismo en círculos académicos y de política económica” (Cibils y Allami, 2010: 108), el gobierno de facto llevó adelante una reforma financiera que modificaría profundamente la

estructura productiva argentina.¹⁴⁶ El saldo fue un modelo económico centrado en la valorización financiera (ibíd.: 107), la apertura económica y la reprimarización de las exportaciones; marcado por la fuga de capitales, el crecimiento del endeudamiento externo, la caída de la inversión productiva, y una involución industrial (Santarcángelo, 2017). Como resume Rapoport,

Al retirarse del poder, el gobierno militar dejaba una herencia económica poco menos que catastrófica: el país se hallaba en plena recesión, con una desocupación creciente, una inflación de más del 400%, una deuda externa de casi 45.000 millones de dólares (casi el 70% del PBI) y sin reservas internacionales (2003: 905).

Así, el entusiasmo democrático del gobierno de Alfonsín (1983-1989) colisionó con una serie de intentos trancos por controlar la inflación –que derivó en hiperinflación en 1989– y que llevó a su salida anticipada del ejecutivo. La presidencia de Menem (1989-1999), bajo el influjo del Consenso de Washington, adoptó una serie de reformas neoliberales mediante la liberación comercial y financiera, la privatización y la desregulación de muchas intervenciones políticas (Crespi y Dutrénit, 2013: 9). El diagnóstico era que los problemas estaban relacionados con una excesiva intervención del gobierno que debería mantenerse en su mínima expresión para que se liberaran las fuerzas productivas del sector empresarial (ídem).

Así se produjo un deliberado repliegue estatal en ciertas áreas y/o actividades socio-económicas (Oszlak, 2000: 13) para confiarlas a “los mecanismos del mercado” (Rapoport, 2003: 969). Como concluyó Oszlak (2000), el “achicamiento” del Estado consistió más bien en una reducción del empleo directo en sus instituciones y el abandono o traspaso de gran cantidad de sus funciones a empresas privadas, gobiernos subnacionales y organizaciones de la sociedad civil, reduciendo así el número de organismos bajo su dependencia, algo que no necesariamente redujo el empleo ni el gasto público en términos agregados. Si bien la inestabilidad política de los años 70’s y económica de los 80’s no volvió a repetirse, tanto el entramado institucional como material del ejercicio académico siguió adoleciendo de gran imprevisibilidad en los años siguientes.

¹⁴⁶ Para más sobre la reforma financiera iniciada en 1977 se puede consultar Cibils y Allami (2010), Santarcángelo (2017).

4.1.3. La ciencia como innovación, y la estabilización de un sistema

La política de reestructuración del Estado, redistribución de sus funciones y dependencias que caracterizó a la década del 90, alcanzó a todas las instituciones de CyT, transformando hasta la actualidad la configuración institucional del sector (Aristimuño y Aguiar, 2015: 53). El foco de las políticas referidas a la ciencia y la tecnología estaba puesto “sobre el proceso de innovación, entendido como la efectiva incorporación del conocimiento científico y tecnológico a las actividades de las empresas, con el consiguiente éxito económico” (Albornoz, 2007: 61). Pero a mediados de los 90’s, ya eran numerosas las críticas a las políticas neoliberales justamente porque no habían logrado remover los obstáculos para la innovación de las empresas. En consecuencia, los nuevos postulados económicos se apoyaban en la noción de “fallas del mercado” para señalar la necesidad de recuperar cierta acción estatal (Castaño, 2019: 34).

Esto impulsó la proliferación de oficinas de financiamiento estatal para el apoyo a las empresas, como la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCyT), creada en 1996 (Decreto n° 1660/96). Comúnmente denominada “Agencia”, es un organismo nacional descentralizado, con autarquía administrativa y funcional, cuyo objetivo es “promover la investigación científica, la generación de conocimiento y la innovación productiva de la Argentina, para mejorar su perfil productivo y la calidad de vida de la población”.¹⁴⁷ En este sentido, la Agencia financia la investigación científica realizada no solo por investigadores, sino también por empresas, buscando promover

En forma simultánea y complementaria la investigación científica y la innovación empresarial, dos fenómenos complejos y con distintas lógicas de funcionamiento, que hasta ese momento no habían sido abordados desde la política pública por una única institución (Angelelli, 2011: 69).

Hasta hoy, Agencia es uno de los principales organismos de financiación CyT, a través de una serie de instrumentos creados en el mismo período. Destaca también la consolidación de la práctica de elaborar planes nacionales de mediano plazo y de una “relación fuerte con el Banco Interamericano de Desarrollo (BID)

¹⁴⁷ Fuente: <https://www.argentina.gob.ar/ciencia/agencia/la-agencia> Consultada el 20/08/2020.

como organismo financiador y principal interlocutor internacional en la agenda de las políticas e instrumentos de promoción de la cyt en la Argentina” (Aristimuño y Aguiar, 2015: 53). Es que, como afirma Castaño,

El modelo lineal enfocado en la demanda puso en cuestión el rol de la investigación básica como factor suficiente para lograr el desarrollo económico y social. Así, se puso en relieve la importancia de otros factores, como la inversión financiera, la gestión y los mercados, también esenciales para la innovación (2019: 34)

De este modo, las políticas modificaron su rol: pasaron de uno vinculado al desarrollo industrial a otro centrado en el mercado para finalmente adoptar un enfoque de carácter sistémico (Crespi y Dutrénit, 2013). Así, comenzó a adquirir centralidad la innovación pero también la idea de que esta resultaría de algún tipo de sistema (nacional o local), “que expresa la trama de relaciones sociales que dan por fruto los procesos innovadores” (Albornoz, 2007: 61). En Argentina, el enfoque de los Sistemas Nacionales de Innovación (SNI) implicó la búsqueda de dispositivos institucionales que permitieran acercar esas dos “culturas”, la científica y la empresarial, bajo un objetivo común. Así, fomentar la innovación se volvió un imperativo, aunque nunca se haya precisado una definición ni metas claras hacia las que deberían confluir los esfuerzos. Versino y Roca (2009) sostienen que el concepto fue tomado de los postulados teóricos de la economía de la innovación, adoptados por los países centrales a partir de los 80’s para orientar sus políticas de ciencia y tecnología.

Así, el matiz distintivo de la investigación científica en Argentina lo confieren dos singularidades de su historia contemporánea. Primero, la coexistencia de una persistente inestabilidad económica con una relativa estabilidad estructural. Las crisis y continuos cambios de direccionamiento en materia económica y financiera afectan los márgenes de acción de los científicos e investigadores que, pese a ello, gozan de cierta estabilidad y previsibilidad en su carrera profesional (pueden predecir qué se espera de ellos y qué pautas, normas y códigos seguir para progresar en su trabajo), dada la institucionalización del sistema del CONICET y las UUNN desde la recuperación democrática. Segundo, la centralidad que tiene la contribución al desarrollo entre los objetivos de la política CyT. En ese escenario, las biotecnologías se afianzan como un componente clave y estratégico para el país.

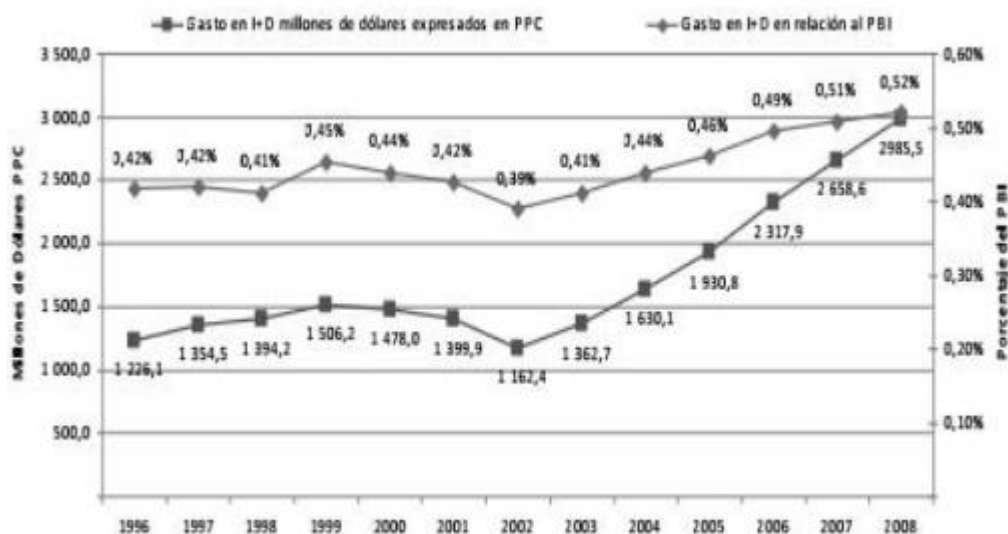
4.1.4. La ciencia como bandera y foco de disputa: la historia reciente

Al gobierno neoliberal de Carlos Menem siguieron dos años de Fernando de la Rúa en el ejecutivo, quien no pudo controlar la crisis económica imperante, y acabó renunciando anticipadamente luego del estallido social de diciembre de 2001.¹⁴⁸ Esto desencadenó una crisis política en la que se sucedieron varios presidentes interinos y en los que el Estado se concentró exclusivamente en intentar controlar el desorden social estabilizando la economía. Para ello, fue derogada la Ley de Convertibilidad que rigió entre 1992 y 2002 y mantenía el tipo de cambio fijo. Esto propició el retorno de la inflación desde 2002, variable que introdujo cambios en el valor de los salarios y precios relativos que condicionan las prácticas de investigación.

Con la asunción de Néstor Kirchner en 2003 comenzó un lento proceso de crecimiento y estabilización de la economía, como de recuperación de la confianza y legitimidad en la política, que permitió normalizar las actividades en todos los sectores. Almansi muestra que la inversión en I+D comenzó en 2002 un paulatino proceso de recuperación (gráfico n° 5), que en 2008 llegó a un 34% de aumento (medido como porcentaje del PBI) en relación a 2002 (2016: 136). Sin embargo, esto parecía responder más a un período de expansión económica que a la asignación de mayor prioridad a la ciencia y la tecnología por parte de los agentes públicos y privados, y no se alcanzó el objetivo de asignar más de 1% del PBI al rubro “ciencia y tecnología” en el presupuesto anual (2016: 136-137).

¹⁴⁸ El detonante fue la medida denominada “corralito”, que impedía disponer libremente del dinero en el sistema bancario, para evitar que una retirada masiva de efectivo colapsara al mismo. Esto desencadenó una masiva movilización social que duró varios días y fue escalando en violencia. El saldo fue de “27 civiles muertos, gran cantidad de heridos y daños materiales considerables” (Zeballos, 2003: 4).

Gráfico n° 5. Inversión en I+D entre 1996 y 2008 en Argentina, medida en millones de dólares expresados según paridad de poder de compra (PPC) y en relación al PBI



Fuente: Ricyt (2010) en Almansi (2016: 137).

También los proyectos aprobados por Agencia se incrementaron entre 2003 y 2008, casi duplicando su cantidad, mientras que los montos aprobados aumentaron más de un 450%, rondando el 42% anual (ibíd.: 138). Además, con la meta de lograr que el 3% de la población económicamente activa fueran investigadores y tecnólogos, se ampliaron las becas otorgadas por el CONICET, que pasó de tener 2351 becarios en 2003 a 4994 en 2007 (Bekerman, 2018b: 25). Con el mismo objetivo, se reabrió el ingreso a la carrera de investigador científico (CIC), que estaba congelada desde mediados de los 90's, pasando de 3579 investigadores en 2003 a 5057 en 2007 (ídem). Se pasó de 1,76 investigadores por cada 1000 habitantes económicamente activos en 2002, a 2,57 en 2008 (Almansi, 2006: 138).

La recuperación de la economía y un clima de optimismo acompañaron un período donde el fomento de la ciencia y la educación formaron parte central de los discursos de gobierno. Si bien este continuó durante los gobiernos de Cristina Fernández de Kirchner (2007-2015), las fluctuaciones económicas dificultaron las inversiones y opacaron algunas de las medidas adoptadas en CyT. Como veremos en el apartado 4.3, la inestabilidad económica continúa siendo uno de los mayores problemas para hacer investigación en Argentina, especialmente por la depreciación

de la moneda, los cambios en la política cambiaria y los procesos inflacionarios, que afectan significativamente el acceso a los recursos necesarios y la previsibilidad.

Al igual que en todo el período postdictadura, esta inestabilidad económica estuvo compensada por cierta estabilidad estructural que, durante el kirchnerismo, consolidó un clima de aliento y reconocimiento a la labor científica. Esto porque se adoptaron una serie de medidas de política educativa y científica de fuerte poder simbólico, como la repatriación de científicos que habían abandonado el país luego de la crisis,¹⁴⁹ o el otorgamiento de becas para estimular el estudio de carreras consideradas estratégicas.¹⁵⁰ También se retomó la elaboración de los Planes Plurianuales de Ciencia y Tecnología,¹⁵¹ se incrementó el cupo de becarios e investigadores y se elevó la Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (SECyT) al rango de Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología.

La perspectiva de focalizar en la innovación también continuó. El Plan Bicentenario 2006-201 mantuvo el enfoque del Plan Nacional Plurianual de Ciencia y Tecnología 2000-2002, que había incorporado la idea del SIN, y le otorgó centralidad. Así, propuso como política a mediano y largo plazo:

La conformación de un Sistema Nacional de Innovación caracterizado por la articulación de las instituciones científicas y tecnológicas entre sí y, a su vez, por su mayor vinculación con los sectores productivos y los programas de desarrollo social, educativo y cultural (SECyT, 2006: 5).

En cuanto a la biotecnología específicamente, esta se mantuvo como área temática prioritaria. Si bien el Plan Nacional Plurianual de Ciencia y Tecnología 1998-2000 sostenía que “las capacidades científicas disponibles, la existencia de un grupo de empresas nacionales exitosas y de problemas específicos que sólo podrán

¹⁴⁹ Referimos al Programa Raíces (Red de Argentinos Investigadores y Científicos en el Exterior) destinado a la repatriación de científicos argentinos radicados en el extranjero, que desde 2008 se consolidó como política de Estado mediante la Ley N° 26.421. A la fecha, alrededor de 800 investigadores regresaron al país con esta modalidad.

¹⁵⁰ El Programa Nacional Becas Bicentenario se creó en 2009 para otorgar becas a estudiantes que ingresen o estén cursando una carrera vinculada a las ingenierías, ciencias aplicadas, naturales, exactas y básicas, entre otras (Becas Bicentenario, s/f). El objetivo era “incrementar el ingreso de estudiantes a carreras consideradas estratégicas para el desarrollo económico, productivo y tecnológico del país” (Resolución N° 855/2009).

¹⁵¹ Las *Bases para un Plan Estratégico de Mediano Plazo en Ciencia, Tecnología e Innovación* (Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva y Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología, 2005) fueron la antesala del *Plan Estratégico Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación “Bicentenario” (2006-2010)* (SECyT, 2006), al que siguió el *ARGENTINA INNOVADORA 2020* (Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, 2020).

ser solucionados con esfuerzos biotecnológicos locales, indican oportunidades que el país está en condiciones de aprovechar” (GACTEC, 1997b: 69-70), el balance realizado en el Plan 2000-2002 (GACTEC, 1999) reconoció que restricciones presupuestarias y de recursos humanos habían frenado su desarrollo y los objetivos propuestos en el “Programa de Biotecnología” (GACTEC, 1997a). Estos consistían en el fomento de la innovación y el desarrollo tecnológico en medicamentos, alimentos y tecnología médica (SECyT, 2006: 72). El *Plan Estratégico 2005-2015 para el Desarrollo de la Biotecnología Agropecuaria*, planteó “no solo fomentar el desarrollo de herramientas tecnológicas, sino también crear un entorno favorable, en términos políticos, legales y de aceptación pública, para el surgimiento y desarrollo de Pymes nacionales de base biotecnológica” (SAGPyA, 2004: 5). En 2007 se promulgó la Ley de Promoción del Desarrollo y Producción de la Biotecnología Moderna (N° 26.270) que anunció beneficios impositivos para proyectos del sector (Córdoba y Hernández, 2013), y creó el Fondo de Estímulo a Nuevos Emprendimientos en Biotecnología Moderna, cuya función era financiar aportes de capital inicial de nuevos pequeños emprendedores.

El gobierno de Mauricio Macri (2015-2019), asumió con un discurso de fomento a la ciencia que, si bien mantuvo, no se condijo con los hechos. De acuerdo con un informe del Centro de Investigación y Formación de la República Argentina (CIFRA), para el periodo de 2015-2019 las partidas destinadas a la función Ciencia y Técnica sufrieron un recorte de entre el 18% y del 38%, que en organismos como la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE) llegó al 70%, mientras que promedió el 36% para la CNEA, el 43% para el INTA y el 46,2% el INTI y el 27,7% para CONICET que, pese a ser el de menor caída relativa, representa cerca de un tercio del presupuesto general, explicando así un 22% del recorte en la Función CyT (Barrera, 2019).

Stefani (2017) también mostró que en 2016 se produjo una abrupta reducción del presupuesto del al Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (en adelante MINCyT), que ese año fue un 18% menor que el anterior. Sin embargo, señala que ya en 2014 se quebró la tendencia al alza sostenida registrada desde 2008, dando lugar a importantes fluctuaciones en la inversión en CyT. También la cantidad de becas brindadas por CONICET y el cupo de ingresos a la CIC se redujeron significativamente durante el período. Pero más allá de los números, y pese al énfasis

en la diferenciación mutua que pusieron integrantes de ambos gobiernos, la realidad es que la política científica desde 2003 a 2019, evidencia más continuidades que rupturas. Que Lino Barañao haya sido el único ministro ratificado en su cargo en el traspaso de ejecutivo es un signo claro. Ocupó el cargo de Ministro de Ciencia, Tecnología e Innovación desde su creación en 2007 hasta 2018, incluso cuando Macri volvió a degradar a este organismo al estatus de Secretaría.

La asunción de Alberto Fernández a fines de 2019, con Cristina Fernández de Kirchner en la vicepresidencia, volvió a embanderarse tras la reivindicación de la importancia de la ciencia para el desarrollo nacional. Lo hizo en lo discursivo, en lo simbólico –por ejemplo, relanzando el Programa RAICES y jerarquizando nuevamente a CyT como Ministerio–, y también mediante la inyección de dinero a la investigación científica –vía nuevos proyectos y el aumento de los montos y cantidades de becas provistas por el CONICET–. Pese a que, igual que en los gobiernos anteriores, no se evidencian grandes cambios estructurales, y la inflación creciente junto a la devaluación del peso afectan seriamente el impacto de la financiación en CyT, la pandemia de COVID-19 dificulta una evaluación seria de este proceso.

4.2. Las instituciones de la investigación científica

Antes de avanzar en el análisis de la investigación e innovación biotecnológica en general, y con edición genética en particular, es preciso reconstruir el modo de funcionamiento y coordinación actual de las instituciones que ordenan y nuclean la investigación científica en Argentina. Dicho de otro modo, observar los mecanismos por los que se constituyen y reconocen quienes producen conocimiento científico y en referencia al cual toman decisiones y organizan sus prácticas. Como afirma Bekerman, los pilares para la investigación y la docencia en nuestro país son el CONICET y las UUNN, y “conforman un espacio que, por un lado, está fuertemente institucionalizado y al mismo tiempo, es estructuralmente heterogéneo debido a la distribución desigual del poder científico entre las instituciones y las disciplinas” (2018b: 20).

4.2.1. CONICET: el sistema de becas y la carrera de investigador

El CONICET es un organismo autárquico y dependiente de la Presidencia de la Nación que, desde su fundación, es el principal organismo dedicado a la promoción de la CyT en la Argentina. Además de centralizar buena parte de la investigación, otorga becas para que los graduados universitarios realicen su formación doctoral o posdoctoral a tiempo completo. Las becas doctorales tienen una duración de cinco años,¹⁵² y consisten en el otorgamiento de un estipendio fijo mensual para que el beneficiario realice su doctorado.

La beca posdoctoral está destinada a perfeccionar la formación académica y el desarrollo de tareas de investigación por parte del candidato, y su requisito esencial es tener título de doctorado. Usualmente opera como una transición desde el doctorado hasta el ingreso a la CIC, ayudando a consolidar los antecedentes y trayectoria del postulante. Solía tener una duración de dos años, aunque en 2022 se extendió a tres. Por ser de dedicación exclusiva, las becas del CONICET solo permiten adicionar cargos en docencia,¹⁵³ siendo incompatibles con cualquier otro tipo de trabajo o ingreso adicional, aspecto que es objeto de crítica, especialmente en épocas donde el estipendio de las becas se desactualiza y pierde poder adquisitivo.

Así, una trayectoria típica para alguien que termina sus estudios universitarios y desea dedicarse a la investigación CyT en Argentina consiste en concursar (y ganar) una beca doctoral, realizar sus estudios de doctorado, concursar (y obtener) una beca posdoctoral y/o muchas veces realizar un posdoctorado o una instancia de investigación en instituciones extranjeras, y luego concursar (y conseguir) el ingreso a CIC.¹⁵⁴ Si bien ninguna de esas instancias es imprescindible —es posible saltarse la

¹⁵² Por línea general, aunque hay excepciones y prórrogas, y también becas de finalización de doctorado que duran solo dos años.

¹⁵³ Si bien no hay un tope máximo de horas que pueden dedicarse a la docencia, sí hay un tope al dinero que puede percibirse por esa tarea, que es el equivalente a una designación docente simple. Si el becario tuviera un salario docente mayor a ese monto, CONICET le descontará el excedente del estipendio, operando como un desestímulo.

¹⁵⁴ Esto no siempre fue así. Kreimer afirma que hasta los 70's, "una porción importante de los investigadores prestigiosos realizaba sus estudios de doctorado en el exterior" (2006: 202), pero desde entonces creció exponencialmente la cantidad de estudiantes que realizan su formación doctoral en su país de origen. Esto permite inferir "un *desplazamiento* de la emigración científica a *partir del postdoctorado*" (ibíd.: 204) que puede explicarse parcialmente "por la plena institucionalización, hacia los años ochenta, de los doctorados locales en la mayor parte de los países de América Latina que aún no los habían desarrollado" (ídem)

estancia posdoctoral, realizar sus estudios sin beca, entre otras opciones– se estima en al menos siete años de dedicación exclusiva a su formación profesional, desde el título de grado hasta los intentos por ingresar a la carrera de investigador CONICET.

Ingresar a la carrera de investigador científico del CONICET es contar con una dedicación exclusiva a las tareas de I+D: producir conocimientos, adquirir nuevos y formar futuros investigadores.¹⁵⁵ En el día a día, implica tener un cargo fijo en relación de dependencia con sede en una institución CyT, esto es, gozar de estabilidad en el puesto y cierta independencia en la elección de los temas a trabajar. Desde ya que esta independencia es relativa y depende de las líneas de investigación preexistentes, los intereses y parámetros de la institución de pertenencia, los recursos disponibles, entre otros factores, pero es el investigador quien confecciona su plan de trabajo, con margen para definir qué va a estudiar y cómo.

Tanto la obtención de las becas como el ingreso a la CIC se establecen por un concurso que se realiza anualmente, y asigna una cantidad preestablecida de cupos y cargos, distribuidos por área disciplinar, zona geográfica, temáticas prioritarias, entre otros parámetros. Los mismos se otorgan de acuerdo a un orden de mérito elaborado por los evaluadores, que son colegas investigadores organizados en Comisiones Asesoras Disciplinarias, y que adjudican un puntaje a los candidatos, basándose en criterios fijos y preestablecidos.

Si bien el principal requisito para participar del concurso CIC es tener título de doctorado (el más alto reconocimiento que asigna una disciplina) o formación equivalente, la evaluación juzga diversos ítems que hacen a la trayectoria de los postulantes, a las que asignan puntuaciones. Así, se evalúa su formación académica, antecedentes en docencia, actividades de divulgación, realización de servicios tecnológicos (si corresponde a la disciplina) y, sobre todo, producción científico-tecnológica, especialmente las publicaciones. Junto a eso se consideran el proyecto de investigación propuesto a futuro, el lugar del trabajo y la trayectoria del director (solo para la categoría de asistente).

Beigel señala que las publicaciones adquirieron centralidad como principal eje de la evaluación institucional e individual, consolidando la idea de una ciencia

¹⁵⁵ Fuente: <https://www.conicet.gov.ar/> Consultada el 18/08/2020.

mainstream (2018: 15).¹⁵⁶ En el CONICET, la publicación en circuitos *mainstream* fue cada vez más recompensada, y se estimuló la movilidad académica en la etapa posdoctoral a través de programas bilaterales y multilaterales (ídem). El campo científico argentino se encuentra históricamente tensionado por fuerzas exógenas –el auge de la indexación y los indicadores bibliométricos– y endógenas –la larga tradición de autonomía universitaria– (Beigel, 2018: 20-21) que conforman un escenario particular donde ambas lógicas se combinan y coexisten.

Algunos de nuestros entrevistados confirman que, en la práctica, los evaluadores otorgan más peso a actividades más tradicionales o típicas de la trayectoria académica, como la publicación de *papers* en revistas científicas prestigiosas,¹⁵⁷ antes que a actividades de transferencia, provisión de servicios tecnológicos, asesoramiento o vinculación con el sector privado. Los entrevistados también reconocen que en los últimos años las comisiones evaluadoras comenzaron a considerar otras actividades, aunque no sean los criterios predominantes.

Esto probablemente tenga que ver con que CONICET ha explicitado el reconocimiento de este tipo de actividades en las evaluaciones. Por ejemplo, en la convocatoria a CIC 2019 se explicitó como antecedentes a considerar, además de las publicaciones (libros, revistas, ponencias), los desarrollos tecnológicos o sociales acreditados o con título de propiedad intelectual, las transferencias de tecnología, patentes licenciadas y consultorías. A esto se agrega además “la realización de servicios que no implican la generación de nuevo conocimiento: i) transferencias de conocimientos (por ejemplo, cursos de capacitación a terceros) y ii) servicios tecnológicos” (CONICET, 2019: 2). Los comités de pares aplican una grilla estandarizada, definida por una comisión nacional en la que los evaluadores no tienen ninguna injerencia. Sin embargo, estudios realizados sobre los concursos de ingreso a la CIC en Argentina muestran que, aunque tienen poca libertad para modificar dimensiones o indicadores, cada comisión disciplinar puede ponderar esos

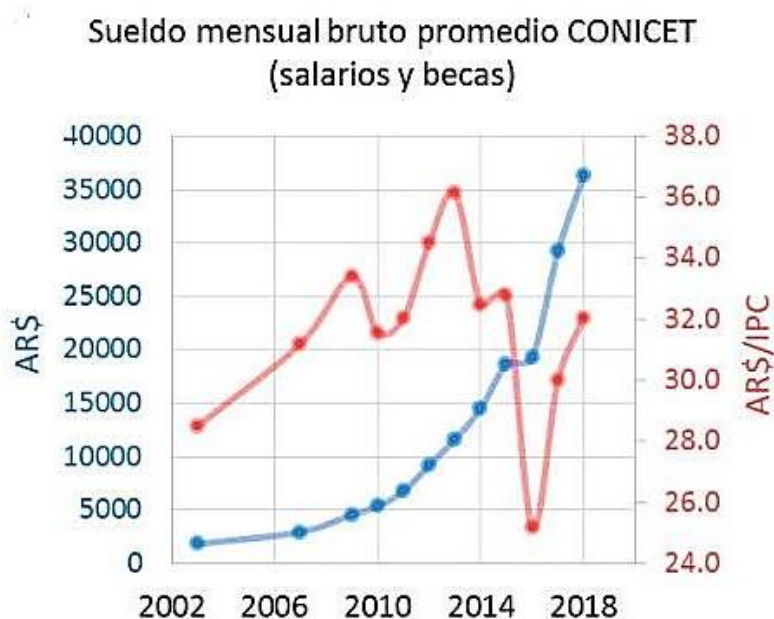
¹⁵⁶ Si bien la traducción literal sería corriente o tendencia mayoritaria, la autora lo utiliza como oposición a ciencia periférica. Refiere a un circuito global de producción académica, publicaciones indexadas y el uso del inglés como lengua franca.

¹⁵⁷ CONICET aprobó (por Resolución 2249/14) una jerarquización de bases bibliográficas y de indexación que permite categorizar a las Revistas Científicas en 3 grupos, donde el grupo uno es el más prestigioso. Así, las revistas indexadas en las bases de datos del Grupo 1 se consideran más valiosas que las del Grupo 2, o 3, y aquellas que no están indexadas.

critérios y establecer ciertos márgenes, para considerar las especificidades del campo disciplinar (FOLEC-CLACSO, 2020: 4).

Actualmente hay cinco categorías en la CIC, que se definen de acuerdo a la trayectoria y experiencia del postulante: asistente, adjunto, independiente, principal y superior (Ley N° 20.464). Los salarios de los investigadores varían de acuerdo a la categoría, aunque el poder adquisitivo real de los mismos fluctuó mucho históricamente, por la inflación de la moneda y la asincronía en los ajustes salariales. Según Stefani, en 2016 el poder adquisitivo del sueldo promedio de CONICET se redujo un 22%, alcanzando un mínimo histórico, y en 2017 se recompuso parcialmente (ver gráfico n° 6), alcanzando un nivel similar al de 2006 (2017: 1).

Gráfico n° 6. Sueldo bruto promedio del CONICET (personal y becarios) en valor absoluto (pesos argentinos) y normalizado por el Índice de Precios al Consumidor (IPC) a diciembre del año anterior. Serie histórica 2009-2016.



Fuente: Stefani (2017: 8)

Los cambios pueden percibirse fácilmente incluso en el corto plazo. A agosto de 2019, el estipendio de una beca doctoral era de \$29.816,02 pesos mensuales –para la zona del AMBA, Córdoba Capital y Rosario (Santa Fe), ya que los montos se incrementan en otras regiones con un costo de vida más elevado, como la provincia de Tierra del Fuego–. Para ilustrar los efectos del tipo de cambio sobre los ingresos,

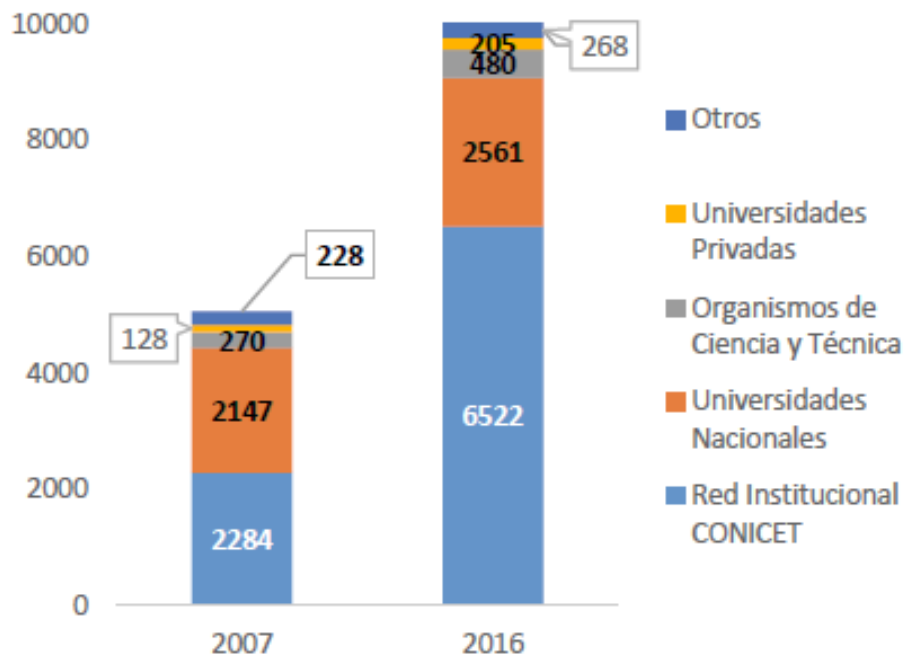
solo durante ese mes, el dólar pasó de 45,4 a 61 pesos, por lo que al primero de agosto ese estipendio equivalía a 657 dólares, pero cayó a 489 al día 30 del mismo. A mayo de 2021 el monto de la misma beca casi se duplicó llegando a \$56,787.24 pesos, pero equivalía a 566 dólares. Lo mismo ocurre con los salarios de investigación. Por ejemplo, a diciembre de 2019 un Investigador Asistente percibía \$59.652 brutos (alrededor de 950 dólares) y un Investigador Superior \$123.828,7 (cerca de 2000 dólares), mientras que a diciembre de 2020 la cifra pasó a \$76595,6 (858 dólares) y \$158044,43 (1770) respectivamente.¹⁵⁸ Se puede apreciar también como se achica la brecha de ingresos entre becarios doctorales e investigadores de la categoría mínima.

Respecto del lugar de trabajo, investigadores y becarios del CONICET desempeñan sus tareas en distintas sedes: Universidades Nacionales o privadas, centros o laboratorios de I+D, empresas privadas,¹⁵⁹ u organismos pertenecientes o vinculados directamente a la red institucional del CONICET. Estas últimas se denominan Unidades Ejecutoras y, bajo la responsabilidad de un director, realizan tareas de investigación científica, tecnológica o de desarrollo, organizadas en varias líneas de trabajo. Muchas veces estas UE se establecen en asociación con otros organismos de ciencia y tecnología, organizaciones de la sociedad civil e incluso otros niveles de gobierno, volviéndose de doble dependencia, esto es, bajo la órbita de ese organismo y del CONICET. Pese a este abanico de posibilidades, la gran mayoría de los investigadores y becarios CONICET, como se observa en los gráficos n° 7 y 8 respectivamente, se distribuyen entre la propia red institucional del organismo y las UUNN.

¹⁵⁸ Fuente: <https://bit.ly/3hQhn1F> Consultada el 19/08/2020 y el 22/06/2021.

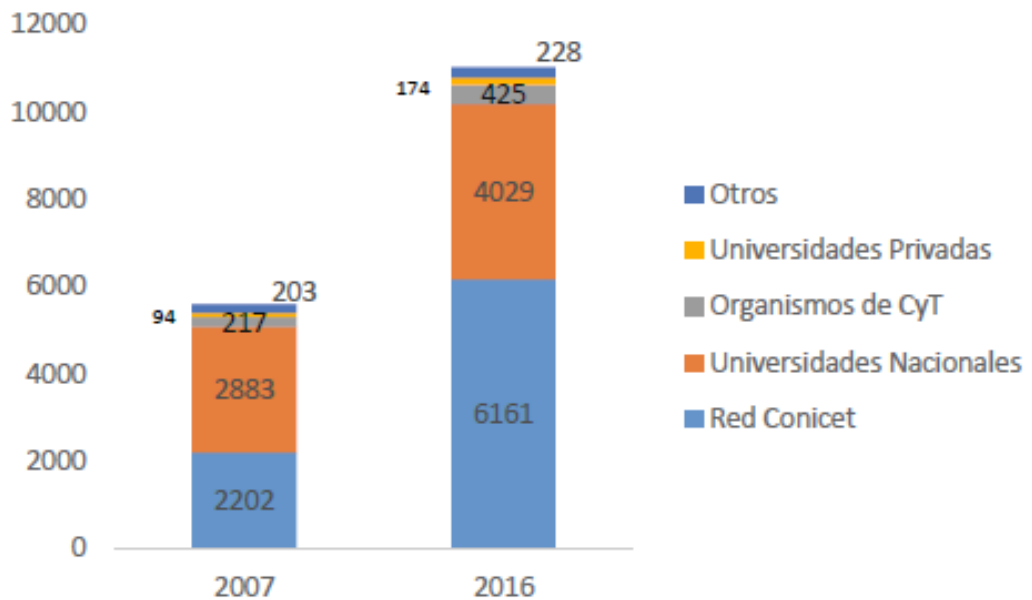
¹⁵⁹ Cabe destacar que éstas también pueden ser empresas privadas, bajo un formato específico llamado “investigador en empresa”. En ese caso, la incorporación se establece mediante un convenio celebrado entre ambas partes donde se plasman las condiciones económicas y laborales, como también las de la propiedad de los resultados obtenidos a partir de las investigaciones. Fuente: <https://vinculacion.conicet.gov.ar/investigadores-en-empresas-5/> Consultada el 18/08/2020

Gráfico n° 7. Cantidad de investigadores por tipo de lugar de trabajo 2007 y 2016



Fuente: Castaño (2019: 93)

Gráfico n° 8. Cantidad de becas doctorales y posdoctorales financiadas por CONICET en 2007 y 2016, por tipo de lugar de trabajo



Fuente: Castaño (2019: 92)

4.2.2. Las universidades nacionales y su articulación con el CONICET

A diciembre de 2020, el 78,52% del personal de CONICET (esto es, 11883 personas) se desempeñaban en institutos del CONICET, exclusivos o con contraparte en universidades u otros organismos CyT,¹⁶⁰ aunque la proporción cambia según el área de investigación. Britto y Lugones señalan que más del 70% de los investigadores argentinos realiza sus tareas de I+D en las UUNN, sea financiados por el CONICET o como docentes-investigadores de la propia universidad (2020: 16).¹⁶¹ Por ello, desde la creación del CONICET, se fueron configurando complejos modos de articulación, financiación y pertenencia con las UUNN, que varían según el momento histórico, de acuerdo con factores que alteran las relaciones y mecanismos de poder de cada una.

Cuando la vinculación de los becarios o investigadores con la universidad se establece mediante CONICET, es este organismo quien paga el estipendio o salario, mientras que quienes no son investigadores o becarios del CONICET, suelen mantener su relación contractual y salarial directamente con la institución en la que trabajan, a veces bajo la forma de dedicaciones exclusivas para la docencia y la investigación.¹⁶² Como podrá verse en el relato de los científicos, esto también genera conflictos, porque organismo que paga los sueldos es distinto del que provee los espacios, recursos y herramientas de trabajo; y en un mismo laboratorio u oficina coexisten investigadores con distintas fuentes de ingreso y pertenencia institucional, entre otras desigualdades. Por otra parte, el presupuesto de las UUNN se destina casi

¹⁶⁰ El restante 21,48% se desempeñaba en universidades y otros organismos de ciencia y técnica: 2415 en universidades de gestión pública, 214 en las de gestión privada, 364 en organismos CyT y 257 en otras instituciones. Los datos incluyen investigadores, personal de apoyo y administrativo. Fuente: Base de datos del CONICET, consultada el 07/01/2022.

¹⁶¹ El sistema educativo argentino se compone de 131 universidades e institutos universitarios, de los cuales 66 son de gestión estatal y 63 privada (más una extranjera y una internacional). Sin embargo, el 78% de los estudiantes de carreras de grado y pregrado se concentran en las instituciones de gestión estatal (algo más de un millón y medio de estudiantes sobre un total de casi dos millones). Desde 1949, las universidades estatales del país son gratuitas, lo que se explicitó en la Ley 14.297 de 1954. Los datos son de la Secretaría de Políticas Universitarias (SPU) de la Nación para 2016. Consultada el 31/08/2020 en <http://estadisticasuniversitarias.me.gov.ar/#/home/1>

¹⁶² Esto no excluye que la proveniencia última del dinero sea el Estado, en el caso de que sea una institución pública (como una universidad nacional), solo que la erogación correspondiente se deduce de la partida presupuestaria que tiene asignada la Universidad.

por completo al pago de salarios, porcentaje que en promedio alcanzó el 90,3% (Doberti, Gabay y Levy, 2020: 39).¹⁶³

Si bien las lógicas de evaluación del CONICET impregnan el quehacer de la investigación científico-académica en nuestro país, cada institución sigue sus propios criterios para contratar investigadores. Incluso las 52 universidades públicas ofrecen una categorización destinada a sus docentes, como estímulo para que realicen tareas de investigación, que consta de cinco posiciones (categorías V a I), asignadas por una evaluación nacional que se realiza cada cinco años (Beigel, 2018: 20), aunque en la práctica ese período no suele cumplirse. Este Programa de Incentivos a Docentes-Investigadores (PROINCE) fue puesto en marcha en 1994, y desde entonces realizó seis convocatorias: 1994, 1998, 2004, 2009, 2011 y 2014 (Bekerman, 2018a: 121). A mediados de 2019 se anunció la creación del Sistema Nacional de Categorización de Docentes Investigadores Universitarios (SiDIUN) que permitiría digitalizar y acelerar el proceso, que desde el momento comenzaría a realizarse cada dos años, e incorporaría a los docentes de universidades privadas.¹⁶⁴

Aunque establece cierto parámetro para equiparar la trayectoria en investigación entre quienes se desempeñan en CONICET y quienes no, hay grandes diferencias entre los dos escalafones. En primer lugar, la clasificación universitaria no confiere puestos de tiempo completo a la investigación, sino que la concibe como un complemento de la actividad docente. Por ello en sus criterios de evaluación la clasificación universitaria confiere mayor importancia a la docencia y la gestión, valorizando la producción destinada a la enseñanza, antes que las publicaciones internacionales indexadas como prioriza el CONICET (Beigel, 2018: 20). Segundo, la categorización no tiene implicaciones relevantes en términos salariales. Si bien permite solicitar un adicional económico a los docentes-investigadores,¹⁶⁵ en sus inicios el monto constituía un plus salarial que promediaba el 40% del sueldo de los docentes-investigadores incentivados, pero en la actualidad es irrelevante

¹⁶³ El presupuesto restante se reparte en un 4,7% para servicios no personales (tarifas de servicios públicos, seguridad, limpieza, contratos por servicios diversos, entre otros), un 2,8% en transferencias y solo un 0,9% en infraestructura y equipamiento (Doberti, Gabay y Levy, 2020: 29). Para más información detallada sobre el presupuesto de las UUNN se recomienda Doberti, Gabay y Levy (2020).

¹⁶⁴ Resolución N° 1216/2019 del Ministerio de Educación, Cultura, Ciencia y Tecnología.

¹⁶⁵ Es requisito para el cobro haber participado de un proyecto de investigación PROINCE durante el año previo y tener dedicación docente exclusiva o semi-exclusiva. También pueden solicitarlo docentes-investigadores con menor dedicación horaria si son becarios del CONICET.

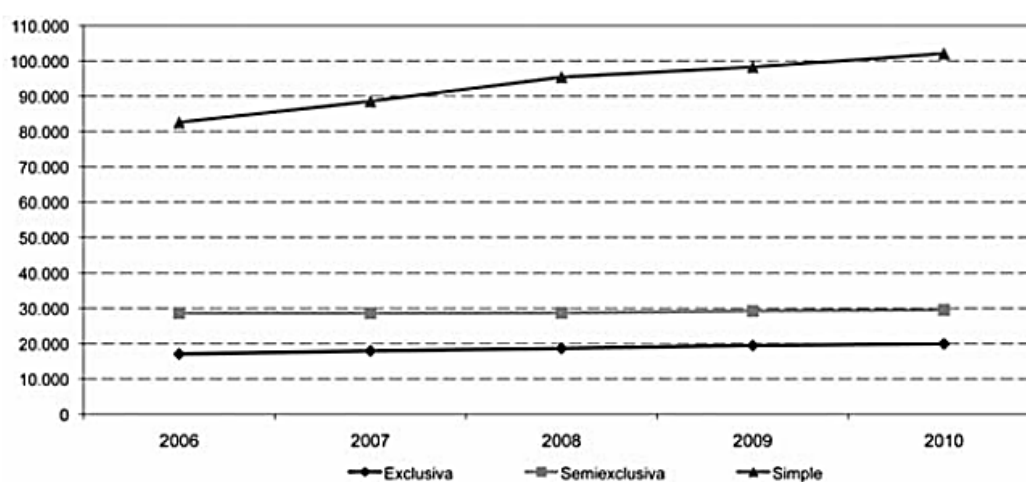
(Bekerman, 2018a: 131). Es, antes bien, una jerarquización de los docentes que realizan tareas de investigación, “que se expresará en credenciales (categoría obtenida en el programa) y capital simbólico (reconocimiento de los pares, puestos de dirección en proyectos, habilitación para evaluar a los pares, etc.)” (Bekerman, 2019: 240), en tanto su mayor injerencia es que determina los roles que se pueden desempeñar en los proyectos de investigación, por ejemplo, qué categoría está habilitada para dirigir nuevos proyectos, tener becarios a cargo, entre otras (Beigel, 2018: 20).

En la práctica, ambos sistemas no se excluyen sino que muchas veces se complementan, ya que el 75% de los investigadores del CONICET tienen un puesto docente en una UUNN (Beigel, Gallardo, Bekerman, 2018: 310). Para investigadores y becarios, esto no solo es un cargo que goza de prestigio, también es una puerta de acceso a futuros becarios, e incluso un complemento salarial. Además, al momento de presentarse a la CIC, los postulantes (muchas veces becarios) rondan los 35 años promedio, están altamente especializados y, con frecuencia, tienen poca o nula experiencia trabajando profesionalmente en el sector privado, porque pasaron sus primeros años formándose en tareas de investigación. Esto se convierte en un problema para aquellos que no logran “acceder al sistema” (ingresar a la CIC) y no tienen la experiencia laboral requerida para ingresar a una empresa, al competir con recursos quizás no tan formados, pero con mayor experiencia. Allí donde el acceso a la CIC se presenta como un escenario complejo, los cargos docentes en las universidades aparecen como un refugio o una salvaguarda, dada la posibilidad de hacer investigación desde allí, con financiación interna de esa institución.

Sin embargo, cabe agregar que la asignación de cargos docentes se concentra cada vez más en las dedicaciones más bajas, especialmente la simple, como se observa en el gráfico n° 9. Al 2010, el 56,7% de los cargos docentes eran de dedicación simple, el 16,4% semiexclusiva y solo el 11,1% exclusiva (SPU, 2010: 61). Otra cuestión a considerar es el modo de obtención de los cargos docentes universitarios. De acuerdo con la Ley de Educación Superior, el procedimiento establecido para acceder y/o ascender en la carrera docente es mediante un concurso público y abierto de antecedentes académicos y oposición. Pero en la práctica, “menos de la mitad de los profesores habían accedido a su puesto a través de este mecanismo en el año 2004. La mayoría detentaba un cargo interino [...] y otro grupo

de docentes tenía contratos a término o por hora” (García de Fanelli y Moguillansky, 2014: 5). El bajo porcentaje de docentes concursados se explica por la restricción de los recursos financieros (que congela los cargos o fomenta mecanismos informales de nombramiento que acaban regularizándose, como los cargos interinos), la complejidad de la sustanciación de los concursos, y también por decisiones políticas que retrasan o adelantan los mismos, porque estos modifican la composición del gobierno de las universidades (Fernández Lamarra y Coppola, 2008: 110).

Gráfico n° 9. Evolución de los cargos docentes en las instituciones universitarias nacional según dedicación, para el período 2006-2010



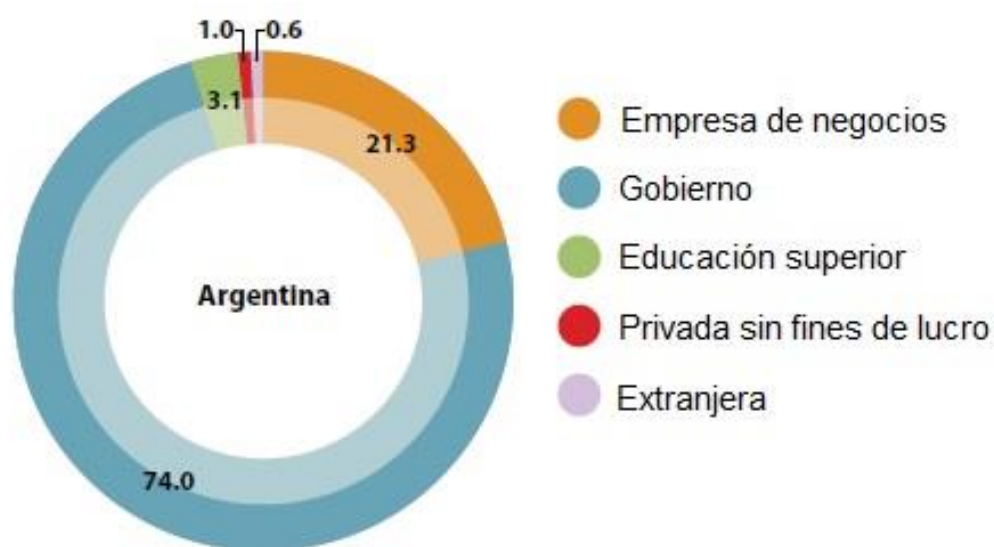
Fuente: SPU (2010: 63).

4.2.3. La importancia del sector público

Captar la complejidad de los vínculos entre el CONICET y las UUNN es clave, dada la importancia del sector público en la investigación CyT, mediante estas instituciones. Aproximadamente tres cuartos de las investigaciones que se realizan en Argentina son financiadas por el Estado (ver gráfico n° 10), a diferencia de lo que pasa en muchos otros países (ver gráfico n° 11). Se estima que la inversión en I+D realizada por el sector privado es de aproximadamente el 20% del total. La Encuesta I+D del sector empresario la ubicó en el 24% para 2013 (Dirección Nacional de Información Científica, s/f: 16), y en el 21% en 2016 (Britto y Lugones, 2020: 17), mismo porcentaje señalado por la UNESCO para el 2012 (UNESCO, 2016: 187). El problema es que más del 90% del presupuesto de CONICET se destina al pago de

salarios y estipendios. Según la base de datos del CONICET, el presupuesto para 2020 se destinaría en un 65,69% a gastos en personal y 26.98% al pago de becas, esto es, casi el 93% se concentra en los recursos humanos.¹⁶⁶ Para ese año, se trataba de 11007 investigadores y 10.843 becarios (ídem). En el gráfico n° 12 se aprecia la evolución histórica del rubro desde 2008 a 2018.

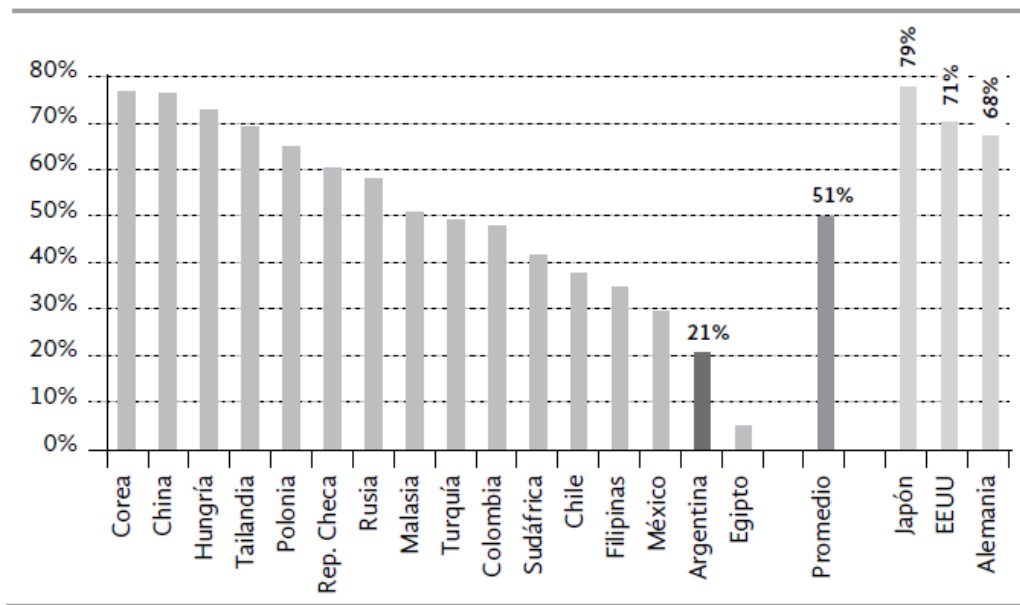
Gráfico n° 10. Porcentaje del gasto bruto en investigación y desarrollo según fuente de los fondos en 2012



Fuente: UNESCO SCIENCE REPORT (UNESCO, 2016: 187), traducción propia.

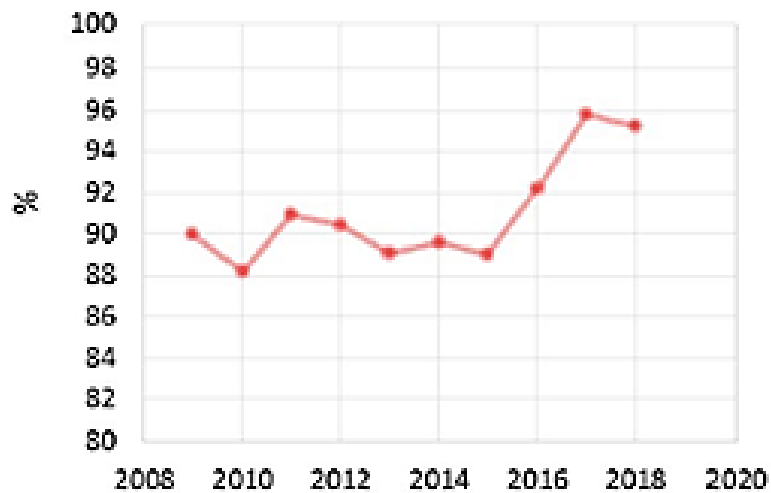
¹⁶⁶ El porcentaje restante se distribuyó un 5,02% en transferencias para gastos corrientes, 1.46% en transferencias para gastos de capital, 0,76% en bienes y servicios y solo el 0,09% en bienes de uso. Fuente: Base de Datos del CONICET, consultada 07/01/2022.

Gráfico n° 11. Proporción del gasto en I+D empresarial de diversos países en 2016



Fuente: Britto y Lugones (2020: 17).

Gráfico n° 12. Evolución del porcentaje del presupuesto de CONICET destinado a Recursos Humanos (pago de sueldos y becas) de 2008 a 2018.



Fuente: Stefani (2017: 8)

Ahora bien, si más del 90% del presupuesto tanto del CONICET como de las UUNN se gasta en estipendios y salarios, ¿cómo se financian las investigaciones? ¿Quién compra los insumos, las maquinarias, paga los gastos fijos y la provisión de servicios?

4.2.4. Instrumentos de financiación a la I+D en CyT

En la mayoría de los casos, la provisión de los espacios y el instrumental básico para investigar lo aporta la institución en que trabajan los científicos, que suele financiarse con partidas extraordinarias destinadas a ese rubro, que se reciben de vez en cuando. Este debe cubrir desde la provisión de mesas, microscopios y escritorios, hasta el pago de los servicios de electricidad y la limpieza de los baños, capacidades estructurales y gastos fijos que los institutos de investigación no siempre tienen proyectados en sus partidas presupuestarias. A pesar de ser ítems imprescindibles, solo alrededor del 5% del presupuesto del CONICET y las UUNN se destina a este rubro, dificultando el mantenimiento de los equipos e inmuebles.

El presupuesto nacional confiere parte de su presupuesto destinado a CyT al CONICET, a la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE) y al MINCyT. A este último pertenece la ANPCyT, que se financia de distintas fuentes, que incluyen fondos del Tesoro Nacional y de convenios de cooperación con organismos nacionales e internacionales, especialmente del BID y del Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento (BIRF) (Angelelli, 2011: 71). La Agencia (ANPCyT) se encarga de establecer vínculos con instituciones de similares características y gestionar la obtención y distribución de los fondos con que se financian buena parte de los proyectos de investigación públicos y privados del país. Así, la actividad de los organismos CyT se complementa: mientras CONICET o las UUNN pagan los salarios de los investigadores, Agencia financia los proyectos (Castaño, 2019: 98).

Para ello, cuenta con cuatro fondos que administran los recursos y financian los proyectos (Castaño, 2019: 96), a través de una serie de instrumentos de promoción, orientados en distintas temáticas, sectores y beneficiarios (ver tabla n° 3). El Fondo para la Investigación Científica y Tecnológica (FONCyT) y el Fondo Tecnológico Argentino (FONTAR), fueron creados junto a ANPCyT en el mismo decreto que le dio origen. En 2004 se incorporó el Fondo Fiduciario de Promoción de la Industria del Software (FONSOFT),¹⁶⁷ y en 2009 el Fondo Argentino Sectorial

¹⁶⁷ El FONSOFT fue creado por la Ley N° 25.922.

(FONARSEC).¹⁶⁸ Cada uno de estos fondos cuenta con una variedad de instrumentos, propósitos y objetivos distintos. Algunos son ocasionales, y otros de convocatoria permanente o periódica,¹⁶⁹ y usualmente consisten en el otorgamiento de dinero (mediante subsidios, créditos, o préstamos) o su reintegro vía eximiciones o devoluciones. Suelen adjudicarse por concurso y mayormente buscan financiar la compra de equipamiento e infraestructura, la modernización tecnológica, la organización o asistencia a reuniones científicas, la movilidad internacional, la realización de cursos de capacitación, la contratación de servicios de terceros, la exportación y la creación de nuevas empresas, entre otras opciones.

Tabla n° 3. Fondos de ANPCyT

Fondo	Objetivo principal
<i>FONCyT</i>	Apoyar proyectos y actividades cuya finalidad sea la generación de nuevos conocimientos científicos, tecnológicos e <u>innovativos</u>
<i>FONTAR</i>	Apoyar proyectos dirigidos al mejoramiento de la productividad del sector privado a través de la innovación tecnológica
<i>FONSOFT</i>	Crear capacidades tecnológicas en el sector de software y servicios informáticos
<i>FONARSEC</i>	Desarrollar capacidades críticas en áreas de alto impacto potencial y transferencia permanente al sector productivo, para mejorar la competitividad y la solución a problemas que se originan en demandas de la sociedad, las empresas y el Estado

Fuente: Elaboración propia en base a la página web de ANPCyT.

La importancia relativa en la ejecución presupuestaria de cada uno de estos fondos fluctúa de año a año (ver gráfico n° 13). Además, la financiación que otorgan a veces demora varios meses y hasta años en llegar a sus beneficiarios. Esto es problemático porque implica que el Estado (vía CONICET y/o UUNN) invierte en científicos que no siempre cuentan con lo básico que necesitan para trabajar. Como

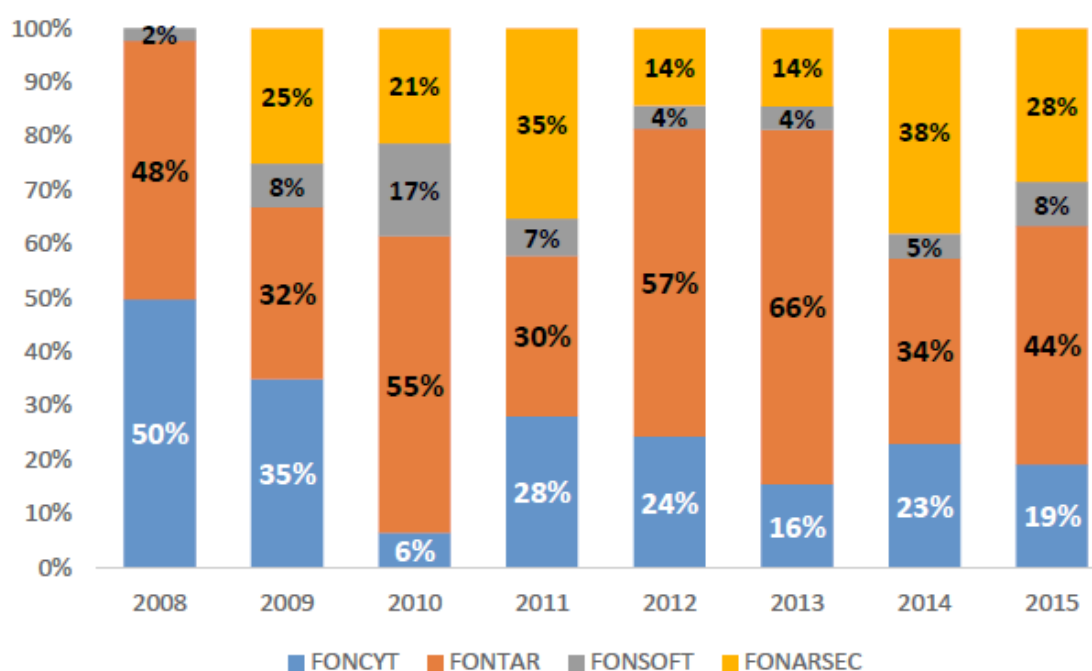
¹⁶⁸ Para más información sobre los principales fondos de Agencia puede consultarse el Apéndice E. Para un análisis sistemático y pormenorizado de los instrumentos implementados por el MINCyT, se recomienda ver Castaño (2019: 95-107).

¹⁶⁹ Pueden consultarse todos los instrumentos vigentes para cada Fondo en la web de Agencia: <https://www.argentina.gob.ar/ciencia/agencia> Consultada el 24/06/2021.

señalaba Vessuri, dada la creciente alienación y el serio deterioro de las condiciones de trabajo en el campo de la investigación, los investigadores carecen de estímulos y a menudo de las condiciones mínimas para hacer su trabajo (2007: 212). Eso repercute en la calidad de su producción:

CONICET[...] te exige publicaciones de primer mundo y te da cosas de tercero, cuarto o quinto. Entonces es como un tema... por ahí muchas veces terminas mandando cualquier cosa corta, que pase sin pena ni gloria pero que te cuente como un paper más. Entonces es como complejo (Becaria posdoctoral, 28/03/2019).

Gráfico n° 13. Participación de los fondos en los montos adjudicados entre 2008 y 2015, en porcentajes.



Fuente: Castaño (2019: 98).

Entre los entrevistados, la escasez de recursos aparece repetidas veces como argumento para defender recortes en los cupos de becas e ingresos a CIC, como una estrategia para que haya mejor financiación para las investigaciones en curso, aunque sean menos. Sin embargo, los datos no muestran cambios significativos en el reparto de los recursos materiales cuando se modifica la cantidad de recursos humanos.

4.2.5. Hacia una cuantificación de los biotecnólogos

Es difícil cuantificar a quienes trabajan en ingeniería genética, porque la biotecnología atraviesa diversas disciplinas y áreas de aplicación. Contabilizar a los recursos humanos por su área de formación, implica incluir a muchos graduados que no trabajan en ella o ni siquiera ejercen la profesión. En cualquier caso, esa información tampoco es fácil de obtener. El último anuario de la Secretaría de Políticas Universitarias (SPU) no desglosó carreras como la licenciatura en biotecnología o en genética en la caracterización disciplinar de los estudiantes y graduados universitarios. Así, podrían estar trabajando en edición genética graduados de “ciencias aplicadas” como “bioquímica y farmacia” o “ciencias agropecuarias”, como los de “ciencias básicas”: química, física o biología (SPU, 2010: 45).

A modo de aproximación, creemos que un indicador posible del crecimiento de la biotecnología aplicada en el país es la incorporación de estas carreras a cada vez más instituciones, porque puede interpretarse como un aumento del interés por la ingeniería genérica o incluso una creciente demanda de científicos para el sector. Cabe aclarar que en Argentina no existe ningún tipo de cuota, cupo o límite para la creación de nuevas carreras de grado y posgrado, ni para la aceptación de estudiantes. Esto es un problema porque las instituciones educativas multiplican programas y graduados sin consideración alguna sobre su posterior inserción profesional, lo que puede generar disonancia entre los recursos humanos disponibles y la demanda existente para estas áreas de expertise, lo cual es válido para cualquier disciplina universitaria en Argentina.

Sin embargo, el Programa de Biotecnología para 1998-2000, advertía que “el contenido de las carreras relacionadas con la biotecnología, no engloban los conocimientos tecnológicos requeridos para un desempeño eficaz de los graduados en el sector productivo” (GACTEC, 1997a: 21) y especificaba que “en materia de conocimientos científico-tecnológicos, el país cuenta con pocos recursos” (GACTEC, 1997a: 21). El Plan para 2000-2002 diagnosticaba a la “biología molecular” como un área de desarrollo intermedio, y a la genética como un área de desarrollo insuficiente (GACTEC, 1999: 233).

Así, si ese es el problema identificado, el incremento de las carreras relacionadas a la ingeniería genética durante las últimas dos décadas, aparece como

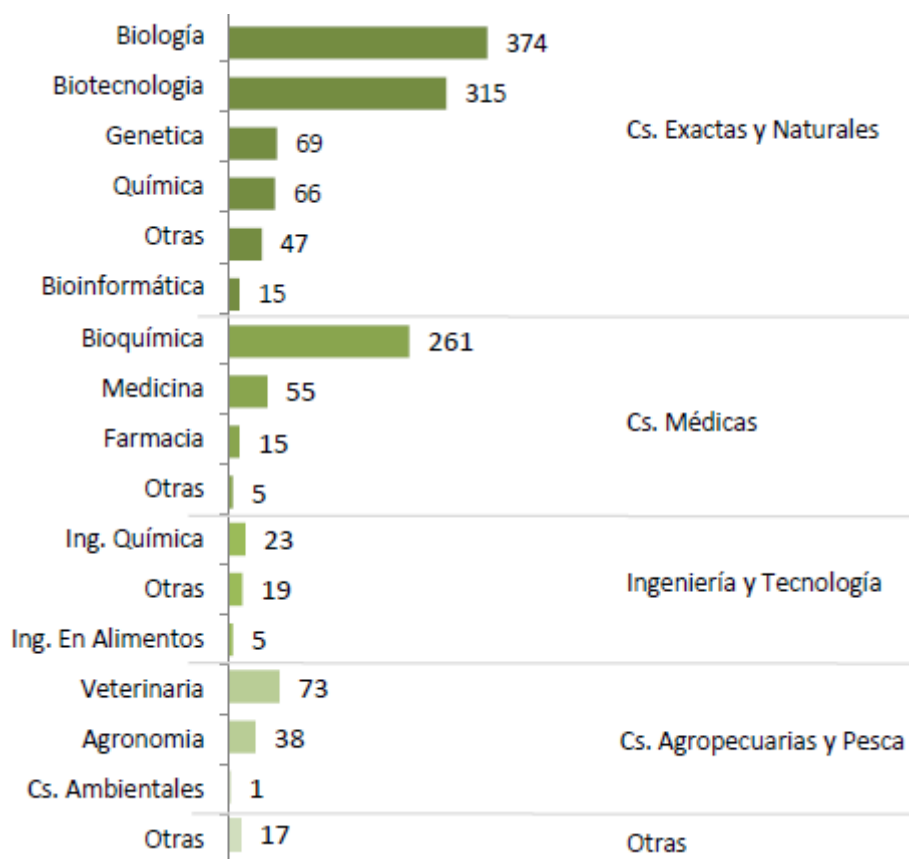
un dato alentador. Encontramos 14 universidades dictando carreras de grado en biotecnología en todo el país, solo 2 de ellas pertenecientes al sector privado (ver Apéndice F para un desglose por carreras e instituciones). También se abrieron 3 carreras de genética, una en Misiones y dos en el oeste del conurbano bonaerense, una de estas últimas es privada. Respecto del nivel de posgrado, también encontramos cada vez mayor oferta. Al 2020, se habían reconocido 5 especializaciones, 12 maestrías y 3 doctorados, distribuidos en 8 universidades nacionales, además del Instituto Universitario CEMIC y la Universidad Favaloro, de carácter privado (CONEAU, 2020).

Para cuantificar a los recursos humanos del más alto nivel educativo, los datos de quienes se desempeñan en el CONICET pueden servir de orientación. De acuerdo con su base de datos, en 2020 había 3225 investigadores para la gran área “ciencias biológicas y de la salud”, que incluye a las ciencias médicas, biología, bioquímica y biología molecular y veterinaria.¹⁷⁰ La encuesta Nacional de Grupos de Investigación en Biotecnología realizada por el MINCYT en 2013 encontró que el 64% de quienes se desempeñaban en I+D biotecnológica pertenecían al área de conocimiento “ciencias exactas y naturales”, seguidos por “ciencias médicas” con un 24% (MINCYT, 2013: 20).¹⁷¹ En el gráfico n° 14 puede verse la distribución de los investigadores y becarios por disciplina, al interior de cada una de estas grandes áreas de conocimiento. Pese al lugar secundario del área de ciencias médicas, “salud humana” destaca como la principal área de aplicación potencial para los resultados generados o esperados de los proyectos de I+D en que trabajan, identificada por el 54% de los grupos de investigación biotecnológica (MINCYT, 2014: 17). Le siguen dos áreas interrelacionadas, biotecnología agropecuaria y salud animal con el 37% y 35% de los grupos. Un 36% se ubica en “aplicaciones no específicas”, que en la mayoría de los casos refiere a la creación de nuevas herramientas y metodologías para desarrollar actividades de investigación y desarrollo (MINCYT, 2014: 17).

¹⁷⁰ En el gran área “ciencias agrarias, de la ingeniería y de materiales” existe una comisión llamada “ingeniería de los alimentos y biotecnología”, pero observando las líneas de investigación que se desarrollan allí, consideramos que la ingeniería genética está mejor representada en el área “ciencias biológicas y de la salud”.

¹⁷¹ El porcentaje restante se distribuye entre agronomía (8%), ingeniería y tecnología (3%) y “otros” 1% (MINCYT, 2013: 20).

Gráfico n° 14. Distribución de integrantes de los equipos de I+D biotecnológica según área de conocimiento y disciplina, en valores absolutos.



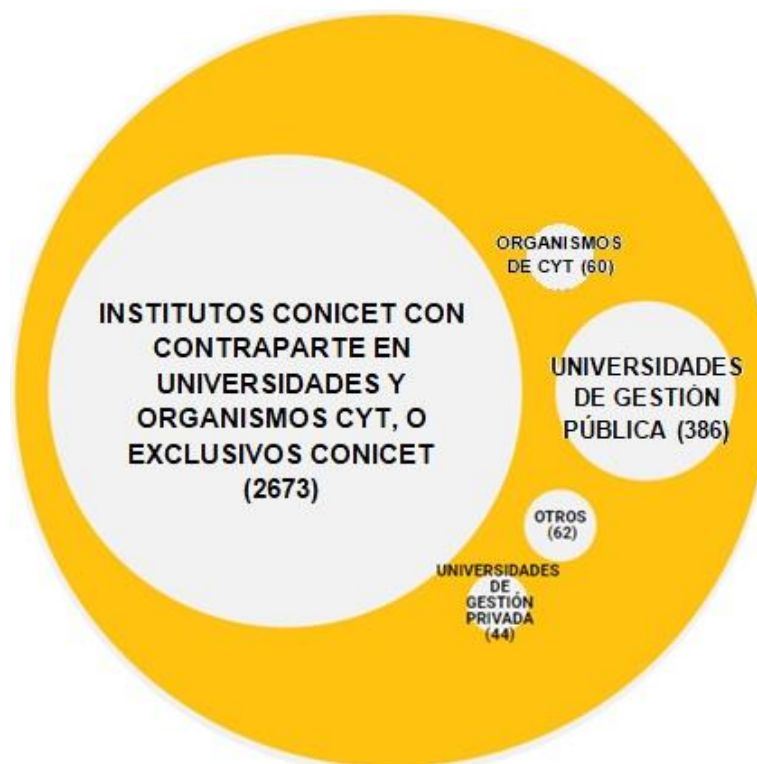
Fuente: Encuesta Nacional de Grupos de Investigación en Biotecnología (MINCYT, 2013: 21)

“Ciencias biológicas y de la salud” es también la gran área de CONICET que cuenta con más investigadores, siendo 29,3% del total; y la gran mayoría se desempeña en institutos pertenecientes a esta institución, como se puede apreciar en el gráfico n° 15. Entre ellos, 1194 son investigadores adjuntos, seguidos por los independientes (810), asistentes (758), principales (366) y finalmente los superiores (97). Si bien esto podría estar indicando una caída en el número de ingresos, el mismo patrón se puede observar en todas las demás áreas.¹⁷² “Ciencias biológicas y de la salud” contaba con 2008 becarios doctorales y 707 posdoctorales en 2020. Finalmente, cabe destacar que esta es también el área con mayor cantidad de Proyectos de Cooperación Internacional (PCI) vigentes a 2020, representando un 34.71% del total. Esto puede reflejar el alto grado de internacionalización del sector,

¹⁷² Solo en “ciencias agrarias, de la ingeniería y de los materiales” se encontró mayor cantidad de investigadores asistentes que independientes, pero la mayoría también se desempeñan como adjuntos.

especialmente por contraste con las ciencias sociales y humanidades que se ubican en el polo opuesto, con solo un 8.26%.

Gráfico n° 15. Investigadores del área de conocimiento “ciencias biológicas y de la salud” del CONICET según tipo de lugar de trabajo a 2020, en números totales



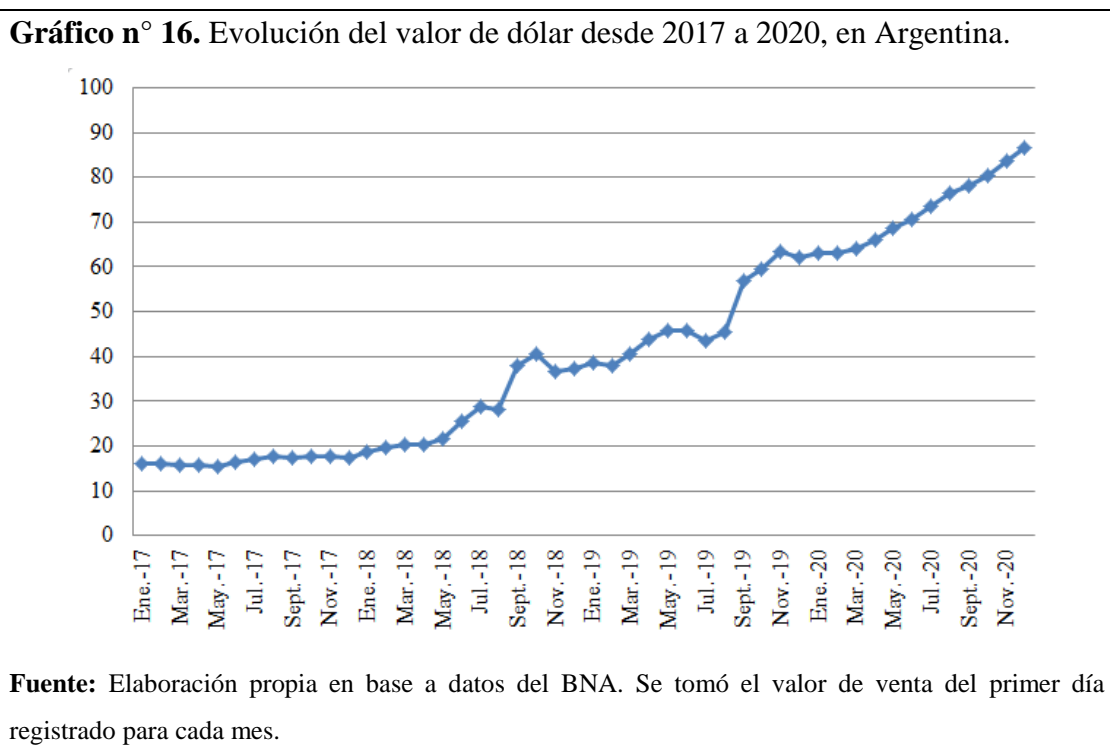
Fuente: Base de Datos del CONICET, consultada el 07/01/2022.

4.3. Dificultades de investigar en Argentina

Existen algunos problemas que casi todos los que hacen investigación en Argentina deben afrontar. Si bien muchos no son exclusivos de nuestro país, en tanto son típicos de Latinoamérica o de regiones periféricas, resultan de su particular historia institucional y económica. Se trata de una serie de factores estructurales que afectan los modos de diseñar y realizar las investigaciones y que, entre los científicos entrevistados, aparecen recurrentemente como motivo de angustia, preocupación e incertidumbre sobre la posibilidad de continuar su trabajo.

El primer factor es el fuerte *incremento en el precio del dólar* que experimentó Argentina en los últimos años (ver gráfico n° 16). Según los datos

históricos del Banco de la Nación,¹⁷³ a comienzos del 2018 cada dólar cotizaba casi \$19 pesos argentinos, valor que ascendió a \$39 en diciembre de ese año, implicando un aumento del 100% en su valor durante 2018. El dólar llegó a \$63 en diciembre de 2019 y cerró el 2020 a \$89. Si bien los precios y salarios fueron alineándose con estos aumentos, no siempre lo hicieron de modo sincrónico.

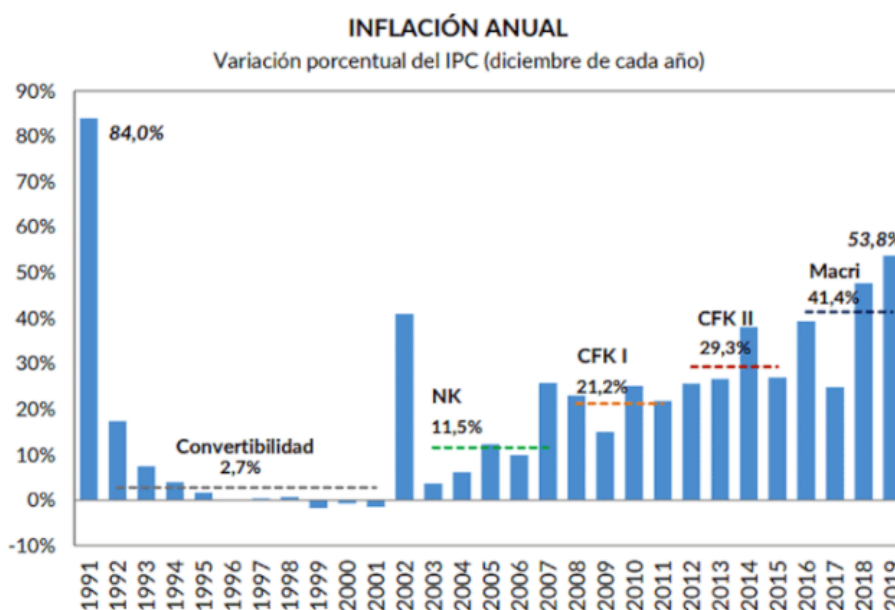


La progresión de los aumentos revela la incertidumbre a la que están sometidos los cálculos monetarios en la Argentina y la dificultad de garantizar recursos suficientes para la adquisición de bienes críticos. Este es un problema grave para las investigaciones en general, pero para las biológicas en especial, porque la mayoría de los equipamientos, reactivos e insumos que requieren para trabajar no se producen en el país y deben ser importados. Así, los costos de la investigación pueden aumentar exponencialmente en un período muy corto de tiempo, obligando a duplicar los presupuestos o impidiendo conseguir la totalidad de lo necesario para concretar los objetivos previstos, que muchas veces quedan inconclusos.

¹⁷³ Siempre que hagamos referencia al tipo de cambio en dólar, utilizaremos el precio de venta fijado por el Banco Nación. Se pueden consultar en <https://www.bna.com.ar/>

Pero no solo el tipo de cambio experimenta altibajos en Argentina. Un segundo problema igualmente complejo refiere al fuerte *período inflacionario* que también atraviesa el país hace varios años. Si bien Argentina altera periodos de inflación y episodios de deflación (Rapoport, 2011) hace al menos un siglo, fue a mediados de los 70's que la inflación se convirtió en el principal termómetro de la crisis y se convirtió en un problema público, al alcanzar los tres dígitos anuales (Heredia, 2015). Con un período de estabilización mediante la Ley de Convertibilidad, la inflación volvió a desatarse con posterioridad a la crisis de 2001 y la derogación de la norma. Aunque con contramarchas y retrocesos, lo cierto es que los precios no han parado de incrementarse progresivamente en las últimas dos décadas (ver gráfico n° 17).

Gráfico n° 17. Inflación anual: Variación del IPC nacional a diciembre de cada año desde 1991 a 2019, en porcentaje.



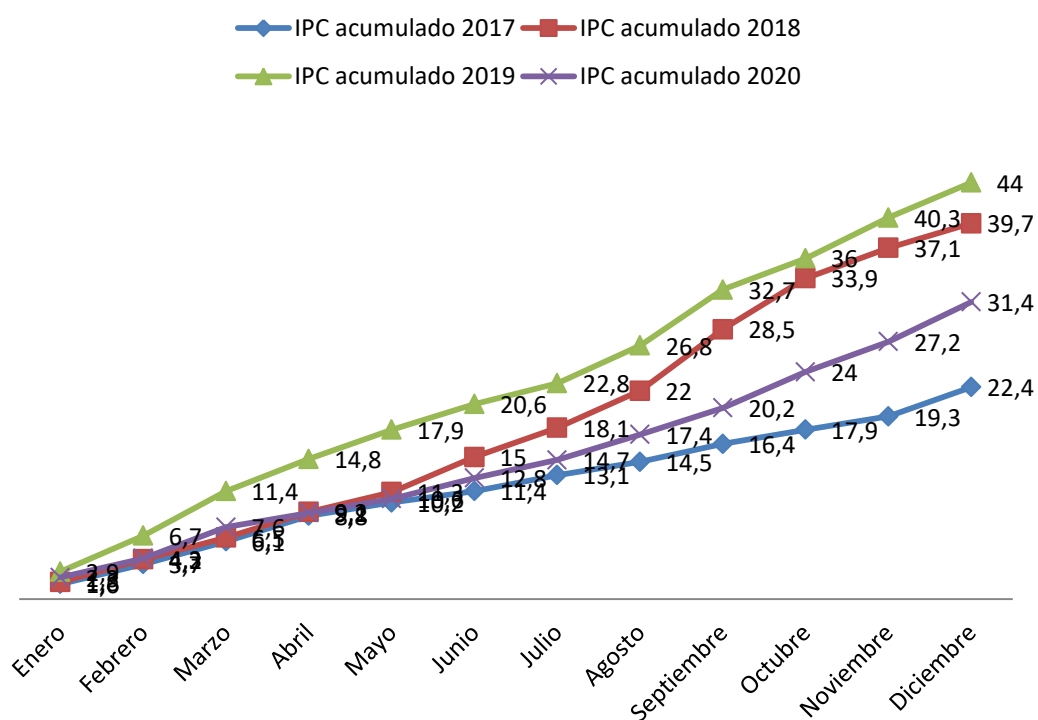
Fuente: GMA Capital en base a datos de INDEC, CABA e IPC Bevacqua, tomado de Infobae.¹⁷⁴

Según el Índice de Precios al Consumidor (IPC) del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC), la inflación anual llegó al 40% para 2016, bajó a 22,4% en 2017, escaló al 39,7% en 2018 y cerró en 44% para 2019 (ver gráfico n°

¹⁷⁴ “La Argentina cumple un año con una inflación por encima del 50% anual”, *Infobae*, 26 de enero de 2020. Consultado el 25/06/2021 en <https://bit.ly/2VYKz2c>

18). 2020 era de 36,1%. Esta fuerte inflación, combinada con el incremento del precio del dólar, depreció fuertemente los presupuestos y acrecentó los costos de las investigaciones. Estos problemas macroeconómicos se agravan por características propias de la dinámica del sistema científico nacional, como son los desfases entre los gastos proyectados y los que finalmente es necesario desembolsar.

Gráfico n° 18. Variación mensual del IPC nacional, acumulado por año desde 2017 a 2020, en porcentajes.



Fuente: Elaboración propia en base a datos de INDEC.

En este sentido, un tercer problema tiene que ver con la *demora en la distribución de los recursos* adjudicados. Como adelantamos, una vez ganadas las convocatorias para un proyecto o línea de financiación, el dinero concursado se obtiene muy posteriormente a la fecha prevista. Según las entrevistas realizadas en 2019, el cobro de los subsidios se estaba demorando entre uno y dos años desde su obtención. Dadas las particularidades de la economía argentina, esto implica que desde el momento en que se elaboró el presupuesto de los gastos necesarios para llevar adelante el proyecto de investigación hasta que se cobra el dinero, el poder adquisitivo del mismo se redujo al menos a la mitad. Aunque este problema no es

nuevo, tomó pública relevancia a mediados de ese año cuando una investigadora de CONICET se presentó a un concurso televisivo de preguntas y respuestas para ganar dinero que le permitiera sostener su investigación. Lo que llamó la atención fue que ella no adujo falta de presupuesto para trabajar, sino justamente su demora:

En 2016 concursé por un subsidio de los que otorga la Agencia de Promoción (Proyecto de Investigación Científica y Tecnológica, PICT) y me lo adjudicaron, pero hasta ahora nos pagaron el monto en pesos de un año (hace un mes y medio depositaron la segunda cuota de los primeros 320.000 pesos). Los reactivos se me van acabando y no puedo reponerlos (Marina Simian, investigadora independiente CONICET).¹⁷⁵

Y es que en el período en que realizamos nuestro trabajo de campo, no solo se vio afectado el poder adquisitivo de los presupuestos, sino que también estos se habían reducido o, lo que es igual, no han aumentado a la par que los índices inflacionarios. Así, un cuarto problema es la *fluctuación de los presupuestos nacionales dedicados a la I+D*. Como afirma Stefani, el sector científico-tecnológico históricamente “ha sido obstaculizado por períodos de fuerte desfinanciamiento en prácticamente todas las instituciones del sistema científico argentino” (2018: 33), que atraviesan cíclicamente períodos de inyección de recursos materiales y humanos, alternados con otros de falta de financiación. Estos dos últimos problemas, reducción o fluctuación presupuestaria y demora en su acreditación, atentan contra la tan anhelada innovación:

Hoy todo lo que es investigación en Argentina están dando vuelta en lo mismo hace 20 años. Porque compraron anticuerpos, porque aprendieron la metodología, porque tienen todo el sistema pero cuesta mucho incorporar cosas nuevas... y si empezás los PICT cada tres, cuatro años, te los pagan dos años después... es muy difícil innovar en las ciencias argentinas si vos no tenés un background de mucha plata (investigador clínico de CONICET, 10/06/2019).

Esto constituye el horizonte de expectativas que condiciona las decisiones de los investigadores, les impone estrategias y modos de acción que permiten comprender el modo en que se produce conocimiento en nuestro país.

¹⁷⁵ “Lo que yo hice no es una solución”, dijo la bióloga del Conicet premiada en TV”, en *La Nación*, 08 de mayo de 2019. Consultado el 14/04/2020 en <https://bit.ly/3hPPzhm>

4.3.1. Problemas de la financiación con fondos públicos

Los factores que identificamos no repercuten del mismo modo en todas las investigaciones, sino que revisten mayor gravedad para aquellas que dependen de los fondos estatales, donde la financiación pesos pasa a ser un verdadero problema, al conjugarse con presupuestos escasos y la demora en la distribución de los recursos. Por ello, por ejemplo, quienes percibían subsidios que incluían adelantos anuales de fondos, optaron por dolarizar los montos recibidos hasta el momento de tener que efectuar y rendir un gasto (Córdoba y Azcurra, 2021: 7), pero son pocos los proyectos que tuvieron esta posibilidad.

Las demoras en la erogación de los fondos públicos se explican por los procedimientos para su asignación y ciertas trabas burocráticas. El dinero “público” se adjudica de un modo más imparcial y objetivo pero también mediado por decenas de trámites y papeles que ralentizan el proceso, porque intervienen un montón de actores que buscan garantizar la transparencia en su obtención y ejecución. Por ello, estos fondos normalmente se concursan y pasan por extensos procesos de revisión, evaluación y aprobación que llevan tiempo. Hay plazos establecidos para presentar los formularios requeridos, evaluar a todos los candidatos, chequear que cumplan los criterios mínimos, entre otros requisitos que establece la institución financiadora. Esto es así porque no hay relación directa entre la fuente de los recursos y quienes lo utilizan: provienen de actores no directamente involucrados, en el sentido de que no dependen del éxito de las investigaciones ni obtienen beneficios directos de sus resultados. De acuerdo con Córdoba y Azcurra (2021), la principal estrategia utilizada por los investigadores de una Universidad Nacional durante el recorte presupuestario de 2015-2019, fue autofinanciar las actividades de investigación desembolsando fondos propios para financiar viáticos, materiales, insumos y la publicación de papers, o aportando equipamiento personal. Algunos recurrieron al endeudamiento (a través de sus propias tarjetas de crédito), costeadando los intereses por los retrasos en los pagos, que en 2018 se atrasaron al menos nueve meses (ídem).

La financiación privada, en cambio, suele conseguirse mucho más rápido, porque no debe atravesar estas instancias burocráticas. La responsabilidad por las erogaciones (cuándo, a quién, en calidad de qué) no requiere justificaciones ante otros actores ajenos a la entidad que financia, pues al ser privada puede hacer un uso

bastante discrecional de su capital. En este sentido, los montos que un empresario obtiene de sus socios o inversores, o un investigador de la Fundación con la que tiene un contrato directo, minimiza las intermediaciones y, con ellas, la distancia entre los gastos proyectados originalmente y los que se pueden realizar dinero en mano. Muchas veces los fondos se consiguen en una simple conversación personal con los socios, inversores o directivos, que usualmente conocen de modo directo el proyecto en el que están implicados. Esta relación directa a veces permite ampliar el dinero proyectado para una investigación, especialmente cuando hay potencial de generar “algo interesante”, en tanto se trata de un vínculo directo entre actores igualmente interesados por el éxito del proyecto, aunque con tareas y conocimientos diferentes. Así, si el científico-investigador logra convencer a quien lo financia que está cerca de un hallazgo novedoso o un producto redituable, las chances de conseguir los insumos necesarios para garantizar el éxito de la investigación son elevadas.

Es por esta vinculación más directa entre proveedor y destinatario que la financiación privada también implica menos rendiciones de cuentas y justificaciones de gastos, y no necesita cumplir estrictamente un presupuesto pre-establecido. Esto habilita mayores márgenes de maniobra en la investigación, porque permite ir adaptándose a las necesidades y demandas de la misma. Este aspecto fue señalado por nuestros entrevistados como un gran punto a favor: “la ventaja es abismal, esto de hacer investigación desde un privado, o sea, viste, puedo comprar cualquier cosa” (científico-empresario, 10/07/2019). Esta libertad atrae hacia el sector privado: “este acuerdo con la empresa ésta de los insectos me ha permitido una cierta autonomía, es casi un PICT pero sin tener que llenar tantos papeles y tanta historia”, nos contaba un investigador adjunto CONICET de una universidad pública (24/04/2019). Interrogada por las razones que la llevaron a abandonar CONICET para dedicarse a dirigir una startup, una científica-empresaria reflexionaba: “un poco creo que fue eso, la libertad que... después te metes, obvio que hay factores, no es que te movés libremente, pero bueno hay más libertad, eso es claro” (15/11/2019).

Es que no se trata solo de un uso más flexible de los recursos o de poder ejecutarlos más rápidamente, sino también del ahorro de tiempo que significa no tener que completar engorrosos formularios de rendición de gastos y asegurarse de tener todos los comprobantes necesarios para poder justificar cada uno de los gastos realizados, como exigen los proyectos financiados por organismos públicos. Incluso

cuando encuentran formas alternativas de financiación, provenientes del sector privado (colaboraciones, provisión de servicios, entre otras), las instituciones públicas tienen una serie de mecanismos para poderlos percibir y distribuir, porque al ser instituciones sin fines de lucro no tienen la potestad de facturar.

Otro aspecto que perjudica especialmente al sector público es que las líneas de financiación disponibles (como los PICT), no contemplan gastos asociados a la infraestructura de los centros de investigación ni de mantenimiento de los equipos, que necesitan limpieza, reparación, ajustes y calibraciones para que los resultados de los trabajos sean confiables. Estos gastos en infraestructura y mantenimiento acaban quedando a cuenta de la institución que alberga los proyectos y grupos de investigación. Así, los laboratorios públicos siguen en desventaja, dados los recortes presupuestarios frecuentes, que se incrementaron al menos durante 2019, cuando realizamos el trabajo de campo. Como señalaba un médico que investiga en una Fundación:

Yo tengo la suerte de estar en un lugar privado que, más allá de que por ahí te ponen plata, no sé si te ponen tanta plata pero yo no tengo que poner plata para pagar la luz, esas cuestiones las puedo dedicar a la ciencia [...] yo no tengo que andar rompiéndome la cabeza contra los ordenanza de la facultad que no te quieren venir a instalar un tomacorriente, son esas... cuestiones burocráticas [...] parece mentira pero lo que es una... que en principio no ser una universidad debería ser un problema, a mí me viene bárbaro en muchos aspectos, no tengo... no tengo trabas digamos que a veces tienen ustedes en las facultades (investigador clínico CONICET, 10/06/2019).

Así, vemos que el impacto desigual que la macroeconomía argentina tiene sobre las investigaciones CyT no implica que el sector privado tenga una magnitud de inversión mayor a la del sector público, sino que tiene otro modo de redistribuir y organizar la dotación de recursos de los que dispone, siendo que el Estado invierte la mayoría de sus recursos en el pago de salarios, pero después no siempre consigue brindar las condiciones básicas para que estos puedan realizar efectivamente las tareas previstas

4.3.2. Problema de las investigaciones biotecnológicas

Hay también otros condicionantes que no afectan de igual manera a todas las investigaciones, o que agravan especialmente algunas de las dificultades que

señalamos. Entre ellas, *trabajar con técnicas novedosas* implica problemas específicos, más aún si intervienen sobre seres vivos. Sabemos que con CRISPR algunas cuestiones técnicas no están resueltas porque aún existe riesgo de off-target. Además se detectaron organismos cuyo sistema inmune reacciona contra CRISPR y elimina la célula modificada, rechazando la edición. Para usos terapéuticos, la dificultad radica en que cada organismo es y reacciona de diferente forma, complicando imaginar un procedimiento genérico que sirva para tratar a varias personas. En otro plano, utilizar herramientas novedosas obliga a aceptar que aún no hay criterios ni consenso para evaluar los proyectos: no se sabe quién evalúa, cómo, con qué criterios. Eso empantana la previsibilidad para quienes buscan hacer carrera en investigación, porque no existen senderos seguros a seguir para ser evaluado positivamente y también a las propias investigaciones, porque no se sabe si serán aceptados, financiados, ni si conseguirán las autorizaciones necesarias para, por ejemplo, experimentar con animales.¹⁷⁶ Al momento de su masificación o salida comercial, se añaden los aspectos regulatorios, donde la novedad y la incertidumbre técnica dificultan las relaciones de intercambio internacional y refuerzan problemas económicos y financieros.

Por otra parte, investigar en Argentina supone un inconveniente extra para algunas disciplinas que son particularmente *dependientes de insumos que no se fabrican en el país*. La encuesta del MINCyT coincide al identificar que “los principales factores limitantes de las actividades de I+D de los grupos corresponden al acceso a los insumos biotecnológicos y al financiamiento de las actividades” (MINCYT, 2014: 32). La necesidad de importar se vuelve un verdadero problema cuando se conjuga con los presupuestos escasos, la inflación y la depreciación de la moneda, pero también porque demoran mucho tiempo en llegar. Esto no se explica por los tiempos usuales de los envíos, sino porque es necesario completar varios formularios y trámites para poder trasladar determinadas sustancias, tejidos y animales de un país a otro. Una entrevistada nos relató su experiencia:

¹⁷⁶ Las instituciones que experimentan con animales tienen un comité de expertos, usualmente llamado Comité Institucional para el Cuidado y Uso de Animales de Laboratorio (CICUAL) o en Experimentación (CICUAE). Este evalúa aspectos éticos y de bienestar animal en instancias de laboratorio y confinamiento, de los procedimientos a realizar, por lo que antes de iniciar un proyecto debe explicarse qué se va a hacer, en qué animal, de qué modo y por qué, para conseguir la autorización de la institución. Actualmente muchos subsidios incluyen la presentación de esta aprobación entre los documentos que solicitan.

Nosotros hemos comprado ratones que se han muerto en la aduana porque la aduana no te los deja sacar fácilmente. Es toda una burocracia [...] eso debería venir por canales separados, porque si a vos ya te dan el ok de comprar un ratón... O sea, ese ratón además viene de Estados Unidos, el 90% de las veces, con 200 millones de certificados sanitarios, de aptos médicos, de lo que se te ocurra [...] A ese ratón lo tuvieron de un viernes a un lunes en Ezeiza, andá a saber dónde. Claro, el lunes estaba requete muerto el ratón (becaria posdoctoral UBA, 28/03/2019).

Así, a la burocracia, los plazos y los costos hay que añadir la posibilidad de que los envíos no lleguen o no lo hagan en condiciones. Para evitar estos problemas, muchas veces se recurre a otras vías informales. Es común escuchar que los científicos traen insumos en sus valijas cuando regresan de otro país: “en general cada vez que alguien viaja a un Congreso o lo que sea en Estados Unidos trata de buscar alguien conocido como para comprar un millón de cosas y traértelas en la valija”, relata la misma becaria (28/03/2019). Otro entrevistado lo confirma:

Todos los de acá que saben que viajo, vos no sabes, me piden toneladas de cosas. Yo los freno, “paren boludos que tengo una valija llena de cosas, me van a meter en cana” [...] hay veces que abro la valija y encuentro el papel de la aduana de la policía de Estados Unidos: “su valija ha sido revisada por la NSA, por la TSA y piripipi...” Y ahí te agarra un pre-infarto (Investigador adjunto CONICET, 22/04/2019).

De este modo, el riesgo tomado para optimizar tiempos y procesos puede llevar a perder todo. Incluso cuando se logra atravesar la aduana con éxito, estas prácticas pueden causar otros problemas en el largo plazo, ya que atentan contra cualquier posible trazabilidad.¹⁷⁷ Lo mismo ocurre con los “préstamos” que muchas veces se realizan entre colegas: no se sabe o no es posible dar garantías respecto de la proveniencia y composición de los insumos utilizados, que podrían afectar los resultados de la pesquisa. Córdoba y Azcurra también señalan que los investigadores recurrieron a sus colegas para “‘hacer trueques’ de insumos, pedir préstamos o utilizar un equipo, instrumental o incluso capacidades cognitivas de otro laboratorio” (2021: 6).

Si bien estos insumos sirven en una primera instancia de investigación, más experimental, los problemas aparecen cuando hay que reiterar el procedimiento para

¹⁷⁷ Por trazabilidad referimos al conjunto de procedimientos preestablecidos y autosuficientes que permiten seguir el proceso de evolución de un producto en sus distintas etapas, desde el proveedor de la materia prima hasta el destinatario final, incluso después de su entrega. Así, se puede conocer la ubicación y trayectoria de un producto a lo largo de la cadena de suministros en un momento dado, su proveniencia y características.

testear los resultados, aspecto clave para determinar una verdad en ciencia (Pellegrini, 2019: 105). Así, muchos experimentos fallan cuando se los repite con una muestra de distinta procedencia: “las cepas son diferentes, una te dio y esa... compraste una y no te anda igual... pasa”, nos explica una bioquímica, directora de una vinculadora CyT (12/05/2019). Esto, que puede echar por tierra los hallazgos de un *paper*, también puede poner fin a un potencial emprendimiento empresario. Y es que si todo el producto se basa en un insumo cuyo origen o proveniencia no puede probarse, volver a conseguirse o a producirse, entonces toda construcción que se realice sobre ella peligrará a futuro. Esto pasó con una startup local:

Después haces con eso un producto, o usas acá para hacer un producto, no sé, alguna cosa de ingeniería genética que te prestó otro, un plásmido, una construcción, y después, si lo querés transferir, le tenés que dar trazabilidad, no lo compraste, ¿entendes? Es algo que no compraste, por ventanilla del otro... porque una cosa es que te lo presten para hacer investigación, y otra es que después hagas un producto... todos van a querer... esos temas también son importantes. Y tenés que empezar de cero porque si el investigador ya llega con todo esto hecho... eso le pasó a Bioyana, usaban una *pichia pastoris*, es una levadura, la *pichia pastoris* era de origen [hace gesto a que no se sabe, origen desconocido], alguien la trajo, alguien se la prestó, no sé qué... entonces no lo podés eso transformar en un producto porque tenés que volver para atrás (directora de vinculadora CyT, 12/05/2019).¹⁷⁸

La fórmula generalizada para evitar estos problemas es cumplir con las Buenas Prácticas de Manufactura, también llamadas normas GMP, por sus siglas en inglés (*Good Manufacturing Practices*). Estas constituyen un sistema capaz de garantizar que los productos se elaboren y controlen de forma coherente, uniforme y cumpliendo *estándares de calidad*. Si bien los requisitos últimos los establece la agencia regulatoria de cada gobierno, lo cierto es que el estándar a considerar suele ser el establecido por la FDA. Estas normas cubren todos los aspectos de la producción, desde la materia prima, las instalaciones y equipos hasta la capacitación e higiene del personal. Estos procedimientos, imprescindibles para la elaboración de productos comerciales, especialmente los destinados al consumo como los farmacéuticos y alimenticios, también elevan los costos, porque requieren de buena mantención de los equipos, de personas que supervisen y controlen los procedimientos, y la elaboración de documentos y certificaciones.

¹⁷⁸ El nombre de la empresa ha sido modificado.

En consecuencia, son escasos los laboratorios que siguen las condiciones GMP, pues no son obligatorios para realizar las investigaciones y normalmente no pueden pagarlas. Esto supone tres problemas. Primero, como dijimos, no es posible garantizar que el resultado de un experimento se repita, porque este pudo verse afectado al cambiar una cepa, insumo o proveniencia del organismo, arruinando la investigación y cualquier otra aplicación que derive de esta. Segundo, imposibilita la trazabilidad y conocer las características exactas del producto, al no poder dar cuenta de la proveniencia real del mismo, minimizando aún más las posibilidades de resultados estables y homogéneos. Tercero, muchas veces los científicos e investigadores desconocen estas buenas prácticas capaces de garantizar estándares de calidad, porque nunca trabajaron con ellas. Así, no están acostumbrados a tomar nota del origen de los insumos, del stock disponible, de quiénes usaron qué instrumentos y para qué, entre otros procedimientos destinados a minimizar la contaminación y rastrearla en caso de que se produzca.

4.4. Continuidades y rupturas del sistema de investigación CyT

Pese a la gravedad del impacto de ciertos fenómenos macroeconómicos, que se convierten en problemas comunes a varias (cuando no todas) las disciplinas, es posible identificar dos rupturas en la historia de la investigación científico-tecnológica en Argentina que, producidas entre fines de los 80's y principios de los 90's, persisten y estructuran la actividad hasta hoy.

El primero es el momento de institucionalización democrática donde se consolidan los sistemas de CONICET y de las UUNN, organizándose de un modo que confiere cierta estabilidad y previsibilidad a la investigación. Así, la constante es la existencia de recursos humanos altamente capacitados. Si bien la inversión en las instituciones que permiten su formación también experimentó altibajos, Argentina logró mantener una educación superior de alta calidad, a la vez que pública y gratuita. La extensión y profundidad de los contenidos de las carreras hace que, al menos en lo que respecta a las ciencias biológicas, los científicos argentinos sean bien valorados y buscados en el extranjero.

Por ello, el problema ya no radica tanto en la formación de los investigadores sino en su mantenimiento, siendo que las recompensas materiales y también la

valorización simbólica de los científicos, aunque con altibajos, es generalmente baja. En este punto, es claro que, como señaló Vessuri,

La disponibilidad de personal altamente entrenado no ha sido un problema en el desarrollo científico y tecnológico argentino excepto casos aislados. Más problemática ha resultado la inhabilidad del país para retener a sus investigadores. Bajos salarios, repetida inestabilidad política y económica, persecuciones y represión ocasionaron que una buena porción de los científicos e ingenieros emigraran y han desincentivado la vocación científica entre los jóvenes (2007: 196).

A esto se añade que los científicos no siempre cuentan con los recursos necesarios para poder trabajar. Como apunta Stefani, si bien Argentina mantiene un sistema universitario y científico con nivel de excelencia, su competitividad internacional se encuentra limitada por deficiencias organizativas y presupuestarias (2018: 33). Esto obliga a los investigadores a ser proactivos en la búsqueda de los recursos que necesitan para trabajar: estar al tanto de las convocatorias vigentes, solicitar becarios, concursar por fondos para la compra de equipos, la realización de estancias de investigación en el exterior o la adquisición de insumos.

La segunda “ruptura” en la historia de la investigación en el país, que estructura la actividad hasta hoy, es aquella donde cobra fuerza la idea de innovación, y se convierte en el objetivo privilegiado de la política científico-tecnológica nacional. A la par, los criterios de valorización de la ciencia están cada vez más vehiculizados por su aplicación, la obtención de patentes de interés comercial, la innovación y la transferencia tecnológica. Con la innovación como prioridad estatal, la biotecnología moderna encontró el escenario propio para arraigarse, y las necesidades del desarrollo nacional y las de esta disciplina comenzaron a retroalimentarse. Como bien sintetizan Lachman, et al,

En la Argentina, donde la disponibilidad de recursos biológicos, la capacidad de sus recursos humanos y un buen acervo de tecnologías vinculados a las cadenas de valor agropecuarias, constituyen sus mayores ventajas comparativas, el aprovechamiento productivo de la bioeconomía representa una nueva ventana de oportunidad como parte de una estrategia más amplia de desarrollo genuino y sostenible” (2020: 3)

Si bien son muchas las expectativas y promesas depositadas en la biotecnología en general y en la edición génica en particular, todavía existen dificultades que ralentizan esos anhelos. Los obstáculos de un país económicamente periférico, con una inflación acelerada, una moneda en constante devaluación,

presupuestos reducidos y demoras en los pagos, acaban poniendo límites prácticos a aquello que, en la teoría, las políticas estatales buscan fomentar. Aunque esos factores no impactan en todas las investigaciones por igual –ya que la forma en que se gestionan o establecen criterios y prioridades en el reparto de los recursos refuerza ciertas ventajas o desventajas para la I+D, dependiendo de cuestiones como la proveniencia de la financiación o el tipo de institución donde se trabaja–, adaptarse a dinámicas cambiantes, anticiparse a lo que pueda surgir y buscar alternativas, forma parte de la labor cotidiana en el laboratorio. Para ello, como veremos a continuación, será determinante cierta creatividad, traducida en estrategias de rebusque y aprovechamiento de los recursos disponibles, e incluso cierto pragmatismo y arrojo a la incertidumbre, características típicas del emprendedor innovador.

5. I+D CON EDICIÓN GENÉTICA EN ARGENTINA: ACERCAMIENTOS DE HECHO ENTRE SECTOR PÚBLICO Y PRIVADO

Con idas y vueltas, la I+D con edición genética avanza en Argentina, más allá de las incertidumbres y las dificultades que afronta el trabajo científico en el país. Este capítulo reconstruye este campo de investigación: qué se está estudiando, desarrollando y produciendo con las nuevas técnicas de edición génica, dónde, de qué manera y por quiénes. Recomponer esto no es tarea fácil, aunque hay mucha información disponible –por criterios de transparencia o por la necesidad de atraer clientes e inversores–, los datos que aportan son fragmentarios, desactualizados, cuando no exagerados. Delimitado el campo, indagaremos en ciertas dinámicas informales de relación entre distintas instituciones que se revelan y parecen conllevar al beneficio mutuo, o al menos permiten superar algunos obstáculos, a la vez que los reproducen y refuerzan. Así, es posible dimensionar la complejidad del quehacer cotidiano de la I+D en Argentina, visibilizada en las prácticas, que demandan cierta proactividad y creatividad para poder trabajar y desarrollarse económica y profesionalmente. De ese modo, las estrategias y relaciones que emergen de la necesidad acaban volviéndose virtuosas en la conformación de redes de cooperación CyT sobre las que comienzan a consolidarse vínculos formales y novedosos de articulación público-privada.

5.1. Investigaciones con edición génica

Reconstruir el estado de la edición genética en el país entraña algunas dificultades metodológicas. Los datos que brindan las instituciones que enmarcan, financian y organizan la ciencia adolecen de cierto anacronismo. Al no fomentar la actualización permanente de la información, y dada la gran duración de las becas, proyectos y subsidios, hay muchos cambios que acontecen entre el diseño de una investigación y su puesta en práctica y finalización, que no llegan a plasmarse. Para el caso de la edición génica esto es particularmente determinante por la velocidad con que se incorporó la técnica de CRISPR: muchos proyectos lo hicieron luego de

haber solicitado becas, subsidios y financiación, por lo que las páginas institucionales y anuncios públicos de su otorgamiento no dan cuenta de la utilización de la técnica.

Los medios de comunicación son otra fuente de información sobre el mundo científico, pero los criterios de noticiabilidad usualmente restringen la cobertura a los hallazgos de las investigaciones, una vez finalizadas las mismas, por lo que no suelen brindar información sobre los proyectos en curso. Por ello partimos de la primera información que obtuvimos de estas fuentes y de la asistencia a diversos eventos en la materia para luego acercarnos a las instituciones y contactar a los investigadores identificados y contrastar esos datos, conocer más sobre sus trayectorias y su labor cotidiana, y también comprender los modos en que se relacionan estos sí los proyectos e instituciones que componen la muestra.

Así, creemos haber reconstruido el universo de las investigaciones con edición genética ya que, incluso no siendo exhaustiva, resulta suficientemente representativa.¹⁷⁹ Dadas las dificultades materiales para tener acceso primario a todas las instituciones a lo largo y ancho del país, y para evitar asimetrías en la información, nos concentramos en aquellas que se encuentran en el AMBA, aunque tenemos información sobre investigaciones en curso en la Universidad Nacional de Salta; el Instituto de Biología Agrícola de Mendoza, la Universidad Nacional de Río Cuarto y la Universidad Nacional de Córdoba.

De este modo, encontramos que, a pesar de todas las dificultades que se presentan, se están realizando investigaciones con CRISPR en nuestro país, con variados objetivos (que sintetizamos en la tabla n° 4). En Argentina, la biotecnología moderna tiene una relación muy estrecha con el *sector agrícola*, y las promesas asociadas a las nuevas técnicas de edición genética llevaron rápidamente al diseño de nuevas líneas de investigación que, si bien podrían haberse realizado técnicas previas, no generaron el interés necesario por los altos costos para autorizar su uso.

¹⁷⁹ En algunos casos, no obtuvimos respuesta por parte de los investigadores, o no accedieron a brindarnos entrevistas, por lo que la información sobre el trabajo que realizan ellos y sus instituciones se reconstruyó en base a otras fuentes y a lo señalado por sus colegas. Cabe recordar además que el cierre de nuestro trabajo de campo fue en diciembre de 2019.

Tabla n° 4. Investigaciones con edición genética en el país, según objetivo, y distinguiendo gran área de aplicación.

Objetivo específico	Organismo editado	Objetivos generales
APLICACIÓN AGRICOLA		
Reducir el pardeamiento oxidativo	Papa, caña de azúcar y champiñones	<ul style="list-style-type: none"> • Modificar la composición química y/o nutricional • Mejorar la calidad de la materia prima durante el almacenamiento y procesamiento • Impactar positivamente en la industria • Mayor eficiencia en el uso de recursos • Disminuir el uso de agroquímicos y fungicidas • Sostenibilidad ambiental
Disminuir la presencia de compuestos anti-nutricionales	Granos de soja y tubérculos de papa	
Aumentar la producción de características de interés	Hongos	
Aumentar la tolerancia a enfermedades y sequía	Cultivos como la alfalfa	
Aumentar la resistencia a herbicidas	Cultivos como soja, alfalfa, sorgo, trigo y algodón	
Incremento de la resistencia genética frente a enfermedades fúngicas	Soja, trigo, arroz y especies forrajeras	
APLICACIÓN GANADERA		
“Bloquear” la miostatina para lograr mayor desarrollo muscular	Vacas y toros	<ul style="list-style-type: none"> • Modificar la composición química y/o nutricional • Reducir los costos y tiempos de producción • Minimizar la crueldad con los animales • Mejora genética en animales de alto valor (deportes ecuestres) • Conservacionismo
“Noquear” la beta-lactoglobulina para obtener leche hipoalergénica	Vacas lecheras	
Producir fármacos	Vacas lecheras	
Impedir el crecimiento de cuernos	Vacas Holando	
Elegir el sexo del embrión		
Elaborar vacunas y dispositivos para facilitar la inducción al celo y la preñez	Vacas, caballos	
Mejorar la selección de los genes transmisibles, garantizando la presencia de características de interés	Caballos	
Diseño de quimeras para que sean gestantes de especies extintas o en extinción		
APLICACIÓN EN SALUD HUMANA Y/O ANIMAL		
Eliminar los genes que dan susceptibilidad a enfermedades	Vacas	<ul style="list-style-type: none"> • Estudiar y tratar enfermedades humanas y animales • Mejorar los costos, la efectividad y la practicidad de los métodos de diagnóstico actuales • Controlar la transmisión de enfermedades
Elaborar animales que sirvan de “modelo” para el estudio de enfermedades	Ratas, cerdos	
Controlar (o eliminar) la transmitidas de enfermedades	Mosquitos	

Fuente: elaboración propia.

Analizando las publicaciones científicas argentinas en el rubro “agtech” (o de tecnología agropecuaria), un informe del Observatorio Iberoamericano de la Ciencia,

la Tecnología y la Sociedad encontró 53 artículos sobre CRISPR entre 2010 y 2018, más que los relacionados a la ganadería (23) y la agricultura intensiva (10) (OCTS-OEI, 2020: 37). Pese a esta incidencia, la cantidad está muy por debajo de la de otros países. En primer lugar, de acuerdo al país del autor, se ubica Estados Unidos (2869), seguido por China (1989), Alemania (726), Reino Unido (721) y Japón (627) (ídem). Sobre las instituciones que investigan la aplicación de CRISPR al agro, destaca la UBA, con 14 artículos registrados entre 2010 y 2018, seguida por la UNL (10), la UNQ (6) y el INTA (5), pero con una importante presencia de los centros del CONICET, cuya adscripción aparece en 30 de las publicaciones (OCTS-OEI, 2020: 39).

Aunque con propósitos variados, la investigación con edición génica referida al agro se concentra en los principales cultivos utilizados en el país (soja, alfalfa, trigo, papa), por su extensión y potencial impacto comercial, pero también porque los laboratorios tienen más experiencia trabajando con ellos. Uno de los objetivos de la edición en vegetales es modificar la composición química y/o nutricional de los productos, por ejemplo, disminuyendo la presencia de anti-nutrientes o aumentando la de antioxidantes (Feingold, et al., 2018). Si bien estos rasgos son de interés agrícola, también pueden beneficiar directamente al consumidor (ídem). Así, hay en el INTA investigaciones en curso para reducir la oxidación (o pardeamiento oxidativo) de algunos cultivos como la papa,¹⁸⁰ la caña de azúcar y los champiñones, para que tengan mejor sabor, sean más saludables y no haya tanto descarte por parte de la industria alimentaria (Feingold, 2018). También para disminuir la presencia de compuestos anti-nutricionales en granos de soja y tubérculos de papa, o mejorar los caracteres morfo-agronómicos de plantas de cultivo y en variedades criollas de tomate.¹⁸¹

Esto último permite también mejorar la calidad durante el almacenamiento y el procesamiento de la materia prima (calidad industrial), impactando positivamente en la industria y la sostenibilidad de los sistemas, mediante una mayor eficiencia en el uso de recursos (Feingold, et al., 2018). También podría disminuir el

¹⁸⁰ “El INTA siembra las primeras papas que no se oxidan”, en *Argentina.gob.ar*, 20 de enero de 2020. Consultado en 24/08/2020, disponible en <https://bit.ly/3hLkOdp>

¹⁸¹ Esta investigación obtuvo financiación para realizarse en la Universidad Nacional de Hurlingham (UNAHUR), a cargo de un investigador adjunto del Instituto de Fisiología, Biología Molecular y Neurociencias (IFIBYNE).

requerimiento de agroquímicos (ídem) o generar procedimientos alternativos para el control de plagas. El Instituto de Microbiología Básica y Aplicada (IMBA) de la Universidad Nacional de Quilmes (UNQ) tiene investigaciones orientadas hacia la “biotecnología verde”, es decir, a lo relacionado al sector agrícola y ambiental. Allí trabajan principalmente con vegetales e insectos para mejorar los procesos agrícolas, por ejemplo, mediante el control de plagas.¹⁸² En la misma dirección, hay investigaciones sobre tolerancia a enfermedades, sequía y resistencia a herbicidas en cultivos como la alfalfa, realizadas en el INTA.¹⁸³ La startup BioHeuris también utiliza edición genética para mejorar la resistencia a herbicidas en cultivos como soja, alfalfa, sorgo, trigo y algodón. En la tabla n° 5 se enumeran las instituciones a cargo de estos proyectos, de acuerdo a su estatus legal y fuente de financiación. Para información más detallada puede consultarse el Apéndice G.

¹⁸² Muchos de estos proyectos se realizan en colaboración con instituciones de otros países como Colombia, España y Nueva Zelanda, por contactos que, según nos explicaron sus investigadores, surgieron fundamentalmente en los Congresos internacionales (Investigador adjunto CONICET, 10/05/2019).

¹⁸³ “El INTA impulsa la edición génica en la alfalfa para potenciar su productividad”, en *La Nación*, 03 de mayo de 2019. Consultado en 24/08/2020 en <https://bit.ly/3AqzGoI>

Tabla n° 5. Instituciones donde se realiza I+D con edición génica en Argentina, según tipo, estatus jurídico, fuente de financiación y objetivo.

<i>Organismo estatal</i>	Instituciones públicas / estatales	Sin fines de lucro	CONICET	INGEBI	
			INTA	Sede Balcarce	Estación Experimental Agropecuaria
Sede Castelar					
<i>Universidad</i>			UBA	Facultad de Agronomía	INPA
				Facultad de Ciencias Exactas y Naturales	IBBEA
					IQUIBICEN
				IFIBYNE	
			Facultad de Farmacia y Bioquímica	ININFA	
			UNLP	Facultad de Ciencias Exactas	CREG
			UNQ		
UNSAM	Escuela CyT	CESYMA			
	IIB-INTECH	Laboratorio de Biotecnología Aplicadas a la Reproducción Animal			
		Laboratorio de Neurobiología del Desarrollo			
<i>Asociación o Fundación</i>	Instituciones privadas	Sin fines de lucro	UMAI		
			FLENI		
			Hospital Italiano	ICBME	
<i>Empresa</i>	Instituciones privadas	Con fines de lucro	CASPR		
			Kheiron		
			Michroma		
			BioHeuris		
			New Organs		

Fuente: Elaboración propia

En pos de la sostenibilidad ambiental, se está trabajando en la eficiencia en el uso del agua y en el incremento de la resistencia genética frente a enfermedades fúngicas de soja, trigo, arroz y especies forrajeras, para disminuir el uso de fungicidas (ídem). CRISPR también se está utilizando para aumentar la producción de ciertas características de interés. Por ejemplo, la startup Michroma que produce colorantes alimenticios a partir de hongos está incorporando la edición génica para mejorar la producción de color de los mismos.

En lo que respecta al *sector ganadero*, los proyectos con edición genética se proponen especialmente reducir los costos y tiempos de producción. Un caso son las vacas y toros editados para inhibir la expresión de un gen que regula el crecimiento de la masa muscular, en que trabaja la empresa Kheiron. Con la miostatina “bloqueada”,¹⁸⁴ la expectativa es que vacas raza Brangus produzcan un 20% más de carne, llegando al peso ideal para faenar en menor tiempo, pero consumiendo la misma cantidad de alimento,¹⁸⁵ reduciendo así los costos y tiempos de producción para la industria cárnica. La línea de investigación en vacas editadas se está desarrollando en alianza con una empresa estadounidense,¹⁸⁶ Acceligen, perteneciente a Recombinetics, por lo que estrictamente no es un desarrollo local.¹⁸⁷ En Argentina se realiza la implantación y el nacimiento de los animales. Son dos proyectos: por un lado, vacas de raza Angus a las que con CRISPR se les “rompe” su receptor de prolactina para que no exprese esa proteína, obteniendo como resultado una vaca Angus pero de pelo corto (es una especie de pelo largo), para poder criarlas en regiones cálidas sin que sufran de estrés térmico. Esto permitiría que esta raza, una de las más valoradas en el país, pueda criarse en climas más tropicales como el del norte argentino. Por otro, vacas lecheras a las que se “noquea” un gen para que ya nazcan descornadas, evitando la logística, el costo y sufrimiento de sacarles los cuernos.

El mismo procedimiento se aplica en vacas para intentar obtener leche hipoalérgica, “noqueando” la producción de beta-lactoglobulina, proyecto en el que trabajan investigadores de la Universidad Nacional de San Martín (UNSAM) y el INTA (sede Balcarce) que, en estrecha vinculación, hace más de una década generan animales clonados y transgénicos como la vaca Rosita ISA, el primer animal bi-transgénico del mundo.¹⁸⁸ También la Universidad Maimónides participa de

¹⁸⁴ Los verbos “bloquear” o “noquear” son expresiones nativas que utilizan nuestros entrevistados para referir a procesos de edición génica donde se impide que un componente (por ejemplo, una proteína) del ADN del ser editado se exprese normalmente, es decir, impide que se desarrolle.

¹⁸⁵ “Científicos argentinos logran editar el genoma de bovinos para producir más y mejor carne”, en *Perfil*, 16 de junio de 2019. Consultado el 10/11/2020 en <https://bit.ly/2VWATVX>

¹⁸⁶ “Cría de precisión: alianza entre una firma local y una de EE.UU. por la edición génica”, en *La Nación*, 18 de junio de 2019. Consultado el 10/11/2020 en <https://bit.ly/3zre9Lh>

¹⁸⁷ La legislación de Estados Unidos no permite el nacimiento de animales editados genéticamente, por lo que una empresa argentina implanta y da nacimiento en Buenos Aires al ganado diseñado por Acceligen, gracias a un convenio entre ambas empresas.

¹⁸⁸ Fue la primera vez que se insertaron a un animal dos genes de otra especie en un mismo sitio, en este caso, dos genes humanos (lisozima y lactoferrina) al genoma bovino, con el propósito de que la

proyectos conjuntos de clonación, transgénesis y edición génica en el área de reproducción y sanidad animal por lo que, junto al INTA Castelar, renovaron las instalaciones del nuevo Centro de Reproducción y Biotecnología Animal en el que articularán sus capacidades para trabajar con ovinos.¹⁸⁹

Algunos de los proyectos de I+D también mejoran la producción ganadera simplificando la labor humana y, en paralelo, minimizando la crueldad hacia los animales. Aquí podemos mencionar desarrollos como las vacas Holando editadas para que no tengan cuernos (Mucci, 2018). Según explican los entrevistados, este es un ganado muy agresivo al que es necesario descornar, y hacerlo “a la vieja usanza” es doloroso para el animal, además de conllevar riesgo de infección y complejizar el trabajo humano. También hay investigaciones sobre sexado de embriones, porque algunas industrias prefieren un animal de sexo específico, por lo que actualmente lo que se hace es o “descartarlos” o, en animales más complejos,¹⁹⁰ como los equinos, inducir al aborto cuando se conoce el sexo y no es el deseado. Este proceso fue descrito por un entrevistado como costoso y cruel. También hay proyectos que utilizan CRISPR para desarrollar vacunas que, si bien tienen como horizonte tratar enfermedades humanas, en principio se orientan a animales domésticos, por ejemplo, buscando prevenir cierto tipo de cánceres probando terapias en instancia de ensayo *in vitro* (Investigador adjunto CONICET, 10/05/2019).

Algunas veces, como vemos, la salud animal y el interés ganadero van de la mano, porque este sector es el principal destinatario de los desarrollos de vacunas y dispositivos para, entre otras cosas, facilitar la inducción al celo y la preñez o el diagnóstico de enfermedades. Por ello se busca generar productos de uso simple, de forma que un peón de campo pueda utilizarlos directamente, sin requerir la presencia de un experto o la instalación de un laboratorio. Así, el proceso de adopción de una

vaca diera leche “maternizada”, esto de, con las mismas características que tendría la leche de una madre humana (Mucci, Mutto y Kaiser, 2011: 113).

¹⁸⁹ “INTA y Maimónides inauguran centro para la producción de ovinos genéticamente modificados”, *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 29 de septiembre de 2017. Consultado el 28/09/2020 en <https://bit.ly/3Cs5Tg4>

¹⁹⁰ Los seres vivos son más simples o más complejos de acuerdo a su biología y su conformación celular, por ejemplo, una planta es mucho más simple que una mosca, una mosca que un humano. Las normativas sobre bienestar animal se basan en el principio de las 3R: Refinamiento en el diseño del experimento; Reducción del número de animales a la mínima cantidad necesaria para producir resultados significativos y Reemplazo de los animales por alternativas que produzcan los mismos resultados (tales como experimentos *in vitro*, cultivos celulares, modelos inanimados, modelos por computadora, entre otros).

nueva tecnología se vuelve una propuesta más atractiva para el productor, abriría el mercado y facilitaría la incorporación de las nuevas tecnologías a la producción agropecuaria. Destacan también las ediciones que busca eliminar los genes que dan susceptibilidad a enfermedades, como la encefalopatía espongiiforme bovina, tecnología que en este caso en particular podría venderse a países cuya industria ganadera se vio enormemente afectada por la enfermedad. Esta investigación se realizó en el Instituto de Investigaciones en Producción Animal (INPA-UBA-CONICET) con sede en la Facultad de Agronomía (UBA).

En otros casos, los animales son objeto de intervención que sirven a la I+D en *salud humana*, esto es, son parte del material de experimentación. Investigadores de la UNQ están probando en animales terapias para regenerar el corazón de las cicatrices que produce un infarto, en colaboración con la Fundación Favaloro, que ya pasó con éxito las pruebas *en vitro*. Una de las investigaciones más ambiciosas tiene como fin último lograr la realización de xenotrasplantes, esto es, poder trasplantar a seres humanos órganos vitales provenientes de otra especie. Esta línea de trabajo se realiza en cerdos, que tienen características biológicas más similares a las nuestras que otras especies. Si bien estos animales tendrán que ser transgénicos, porque hasta el momento se necesita introducirles algunos genes humanos que permitan minimizar las posibilidades de incompatibilidad y rechazo en la transferencia del órgano, CRISPR permite optimizar los procedimientos, que hasta el momento tenían bajas tasas de éxito y altos costos.

Son varios los equipos de investigación que están detrás de los xenotrasplantes hace tiempo, en institutos como el INPA, pero también en Instituto de Investigaciones Biotecnológicas y el Instituto Tecnológico de Chascomús (IIB-INTECH)¹⁹¹ de la UNSAM y en Kheiron, en conjunto con el Hospital Universitario Austral, en tanto las investigaciones vinculadas a salud humana necesitan la colaboración con organismos de salud, incluso en instancias básicas. Recientemente se conformó la startup New Organs para trabajar en xenotrasplantes de cerdo. Las expectativas de éxito por parte de los investigadores no son homogéneas. Algunos estiman que en 10 años podríamos estar recibiendo un órgano de cerdo, otros hablan de 30 años, y uno de los investigadores más experimentados se mostró escéptico

¹⁹¹ Institución resultante de la fusión del Instituto de Investigaciones Biotecnológicas (IIB) y el Instituto Tecnológico de Chascomús (INTECH), con doble dependencia (UNSAM y CONICET).

sobre la posibilidad real de este procedimiento, refiriendo a proyectos previos en salud humana que quedaron trancos por razones que incluyen el temor de los potenciales pacientes, problemas técnicos y demoras en las aprobaciones por parte de ANMAT.

Entre las instituciones dedicadas a la medicina y el tratamiento de pacientes, hay dos que realizan actividades de I+D e incorporaron líneas de edición génica. La Fundación para la Lucha contra Enfermedades Neurológicas en la Infancia (FLENI) trabaja con CRISPR en células madre pluripotentes,¹⁹² para analizar funciones principalmente cardíacas y cerebrales, pensando en potenciales terapias a futuro. El Instituto de Ciencias Básicas y Medicina Experimental (ICBME) del Hospital Italiano tuvo proyectos de investigación con edición génica vinculados al estudio de la diabetes, aunque actualmente este equipo de investigación se encuentra trabajando en el INPA o en la startup CASPR.

También se está utilizando la edición genética para modificar animales a los fines de servir de “modelo” para el estudio de enfermedades y comportamientos, esto es, para su uso experimental en el laboratorio. Tanto el organismo como la edición que se realiza varían de acuerdo a las necesidades de cada investigación, por lo que suelen realizarse a demanda. Este servicio es ofrecido por el Laboratorio de Biotecnología Aplicada a la Reproducción Animal (IIB-INTECH/UNSAM-CONICET) y por el INGEBI, donde se los utiliza para estudiar la función de ciertos genes en el cerebro y en relación a determinadas conductas.¹⁹³ Normalmente consisten en inducir en los animales el desarrollo de alguna enfermedad, para poder utilizarlos (enteros o no, a veces se requieren solo ciertos órganos), en el estudio de éstas. Aunque suele trabajarse con ratas, ciertas investigaciones requieren animales más complejos como los cerdos. En Argentina, esto se utiliza en investigaciones

¹⁹² Las células madre son tipos especiales de células que se encuentran en todos los organismos pluricelulares y que pueden desarrollarse o diferenciarse en células más especializadas con funciones específicas. Se las llama pluripotenciales cuando tienen la capacidad de diferenciarse en células de cualquiera de las tres capas germinales: endodermo, ectodermo y mesodermo. Un ejemplo de células pluripotentes son las células madre embrionarias, que pueden formar todos los tipos de células adultas y se obtienen a partir de un blastocisto humano de 5 a 6 días.

¹⁹³ “Ingeniería genética de precisión”, en *CONICET*, 13 de diciembre de 2018. Consultado el 01/07/2021 en <https://bit.ly/3tWd3Gi>

relacionadas a una gran diversidad de enfermedades,¹⁹⁴ y también a la resistencia a antibióticos, problema de creciente relevancia. CRISPR también permite optimizar muchas investigaciones básicas e incrementar el conocimiento disponible sobre el funcionamiento de los genes y el desarrollo de enfermedades.

En esta línea, la Universidad Nacional de La Plata (UNLP) está utilizando CRISPR para comprender cómo se expresan en insectos ciertos genes en funciones reproductivas, especialmente en moscas (Becario doctoral CONICET, 27/05/2019). En el Laboratorio de Neurobiología del IIB-INTECH emplean CRISPR para crear antiviruses y usarlos en el estudio la función de ciertos genes.¹⁹⁵ Allí se está CRISPR utilizando para realizar un *screening* en vivo y masivo, “con hasta 5 mil genes, lo que representa aproximadamente el 20 % del genoma”,¹⁹⁶ que se aplicará al estudio del cáncer de mama triple negativos en la búsqueda de nuevos blancos terapéuticos para su tratamiento. La investigación se realiza en colaboración con varias instituciones y es financiada por Agencia y la empresa GlaxoSmithKline.¹⁹⁷ También hay equipos abocados a mejorar el conocimiento disponible sobre la técnica, sus funciones y proteínas asociadas, en investigaciones básicas pero pensando en potenciales aplicaciones en el ámbito de la salud, especialmente en Alzheimer, Parkinson y cáncer, como también buscando combatir la multiresistencia antibiótica. En esto trabajan institutos radicados en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales,¹⁹⁸ y en la de Farmacia y Bioquímica,¹⁹⁹ de la UBA, Es necesario señalar que algunas investigaciones utilizan CRISPR, pero como método para la detección de genes en lugar de edición, lo que permitiría diseñar kits de diagnóstico de enfermedades económicas, prácticos y efectivos, mucho más rápidos que las técnicas

¹⁹⁴ Entre ellas, los entrevistados han referido: hemocromatosis, fibrosis quística, enfermedad de Huntington, de Parkinson, Mal de Chagas, Mal de Alzheimer, obesidad, distrofia muscular y diversos tipos de cáncer, como el de colón y de mama.

¹⁹⁵ En el marco de una investigación sobre las estructuras cerebrales y la función de unas moléculas reguladoras (los microRNAs), para mejorar la comprensión de las vías de diferenciación durante el desarrollo cerebrocortical y permitir una mejor caracterización de la génesis de estos desordenes asociados al desarrollo cerebrocortical.

¹⁹⁶ “Un proyecto liderado por investigadores del CONICET y la UNSAM obtuvo financiación del sector privado”, *noticias UNSAM*, 25 de julio de 2018. Consultado el 01/07/2021 en <https://bit.ly/3nRi4yQ>

¹⁹⁷ En colaboración con investigadores del Instituto de Nanosistemas, el Instituto de Fisiología, Biología Molecular y Neurociencias (IFIBYME), el Centro de Estudios Farmacológicos y Botánicos (CEFYO), la Academia Nacional de Medicina y la Facultad de Medicina (UBA),

¹⁹⁸ Como el Instituto de Biodiversidad y Biología Experimental y Aplicada (IBBEA), el IFIBYNE y el Instituto de Química Biológica.

¹⁹⁹ Como el Instituto de Investigaciones Farmacológicas (ININFA).

conocidas (como el PCR), que requiere de expertos y laboratorios.²⁰⁰ En esto se encuentra trabajando la startup CASPR.

Con el propósito de controlar la incidencia de enfermedades transmitidas por mosquitos como el dengue o el zika, se realizan en el país algunas investigaciones en *gene-driving*, con la idea de que los mosquitos machos transmitan a las hembras una característica capaz de matarlas buscando controlar la población (investigador adjunto CONICET, 25/04/2019).

La industria del *deporte* y el entretenimiento se sirve también de los avances tecnológicos. Vinculada a la exitosa industria de la clonación de caballos para deportes ecuestres, destaca la investigación en edición genética de equinos que está realizando la empresa Kheiron, en la búsqueda de mejorar la selección de genes que se transmiten de generación en generación, para poder garantizar la presencia de las características de interés. FLENI colabora con la empresa ocupándose de la edición celular que la firma usará para la edición de equinos. También hay equipos de investigación, como los del INPA, trabajando con especies animales extintas o en peligro de extinción, con propósitos conservacionistas, generando quimeras o animales capaces de gestar y dar nacimiento a especies que se encuentran en peligro de desaparecer.²⁰¹

5.2. Hacia una caracterización de los científicos-investigadores

Que sean estas y no otras las investigaciones en curso resulta de la conjunción de varios factores: las líneas de trabajo preexistentes en las instituciones de trabajo o desempeñadas por los investigadores que las dirigen; la expertise con determinado organismo, proteína, virus, bacteria, célula; la disponibilidad de recursos materiales (biotérios,²⁰² campos, quirófanos) y humanos; los requisitos específicos de las

²⁰⁰ Conocida comúnmente como PCR, esta es la sigla para reacción en cadena de la polimerasa (*Polymerase Chain Reaction* en inglés), una técnica de biología molecular muy utilizada para diagnóstico, por ejemplo, de VIH, hepatitis B y C o mutaciones genéticas.

²⁰¹ Las quimeras son básicamente organismos híbridos, esto es, aquellos cuyos tejidos son de dos o más clases genéticamente distintas, surgen de la “fusión” de diversas especies.

²⁰² Bioterio es el lugar donde se crían, mantienen y controlan los animales de laboratorio utilizados como reactivos biológicos en protocolos experimentales. Deben contar con un ambiente estandarizado acorde a las necesidades de las especies alojadas, por lo que pueden simular una porción de su ecosistema, garantizando el bienestar de los animales y la seguridad del personal que trabaja en las instalaciones. Además, estos aspectos son fundamentales para asegurar la reproducibilidad y

convocatoria disponibles; e incluso aspectos más personales como los deseos, gustos y vocaciones de cada sujeto, que pueden influir en la inclinación o preferencia por trabajar en el sector privado, constituir una empresa o hacer una carrera académica “tradicional” en el sector público. Así, nuestro trabajo de campo nos permitió identificar algunos criterios de distinción que dan cuenta de quienes son estos científicos y técnicos pioneros en la utilización de nuevas técnicas de edición genética en Argentina, más allá de su biografía particular.

5.2.1. Sesgos disciplinares en el ejercicio de la profesión

Entre quienes trabajan con estas nuevas técnicas se encuentran profesionales de diversas disciplinas. Aunque mayormente son biotecnólogos y biólogos, también hay bioquímicos, genetistas, médicos y veterinarios. Los equipos son crecientemente interdisciplinarios, especialmente en las investigaciones que requieren animales complejos. Por ejemplo, editar un mamífero no solo implica biólogos o biotecnólogos y técnicos de laboratorio, sino también veterinarios especializados en obstetricia. Demanda además complejos y costosos equipos, instrumentales e insumos, también de infraestructura, desde quirófanos y bioterios hasta los campos y corrales donde los animales pueden criarse (y mantenerse aislados por cuestiones científicas pero también regulatorias).

En general, los *biólogos* evidencian una mirada más global de los potenciales efectos de la edición génica, y ser más cautelosos al respecto. Afirman haberse formado con una perspectiva ecológica que entiende al medioambiente de forma holística, asumiendo que cualquier cambio puede repercutir en la totalidad del mismo y alterar el equilibrio natural. Por esa razón, expresan dudas respecto de algunas ediciones en particular, como las destinadas a extinguir o reducir los ejemplares de una especie como el gene-editing. Este es un tema que a veces enfrenta a biólogos y biotecnólogos. Si bien claramente hay excepciones en la postura que adopta cada entrevistado –que muchas veces se vincula también con la profesión de un modo más autopercebido que formal, esto es, quienes se definen como biotecnólogos aunque

confiabilidad de los resultados obtenidos en los experimentos. En Argentina, la UBA ofrece un título oficial de Técnico Universitario para Bioterios, con 27 materias, para formar personal capacitado.

son biólogos de formación–, ambos perfiles profesionales tienen una cosmovisión diferente.

Los *biotecnólogos* evidencian una inclinación de base hacia lo aplicado. Están formados para actuar y transformar, por lo que buscan aplicar la ciencia al desarrollo de algo. Conciben y definen su disciplina de ese modo: “el biotecnólogo a diferencia del biólogo usa básica y puede trabajar en investigación básica pero siempre pensando en algo aplicado ¿no? siempre con la mirada del problema a resolver” (biotecnólogo e investigador adjunto CONICET, 10/05/2019). Normalmente, evalúan los riesgos de la edición observando el organismo intervenido antes que los efectos que su liberación pueda ocasionar en el entorno, tanto en términos ambientales como culturales, económicos, entre otros.

Las universidades “más nuevas” que han incorporado la carrera de biotecnología a su oferta educativa, tienen una inclinación hacia la ciencia aplicada y están abiertas a la vinculación con el sector privado. Esto relatan los entrevistados de la UNQ y la UNSAM, donde hay oficinas de vinculación CyT e incubadoras para proyectos empresariales. Como ejemplo de los esfuerzos en esta dirección, se puede mencionar la incorporación de la materia Proyectos Biotecnológicos como obligatoria al programa de la carrera en UNSAM (optativa desde 2011), cristalizando una nueva forma de concebir al futuro biotecnólogo y su campo de actuación. Allí se enseña a hacer un plan de negocios y a llevar adelante un proyecto biotecnológico, en lo referente al estudio de mercado, el análisis financiero y estratégico y la parte legal y regulatoria (docente de la cátedra, 12/05/2019).

En las universidades más tradicionales, con mayor trayectoria en investigación, como la UBA, en general tienen preeminencia las investigaciones básicas, con el INPA como principal excepción. La UBA cuenta con oficinas de vinculación, con su incubadora de empresas y con grupos y científicos que realizan transferencias y ofertan servicios a empresas o estén intentando hacerlo, aunque normalmente como estrategia para afrontar dificultades presupuestarias antes que como una actividad deseada. Cabe recordar además que la investigación básica suele demandar menos recursos que la aplicada.

Muchas de las modificaciones recientes en los programas no responden a una impronta institucional sino a una iniciativa estatal, ya que en 2017 se estableció que la Licenciatura en Biotecnología queda alcanzada por el artículo 43 de la Ley de

Educación Superior (Ley N° 24.521).²⁰³ Esto significa que la carrera pasa a ser considerada de interés público, por tener una muy alta potencialidad transformadora sobre los entes biológicos y el ambiente.²⁰⁴ A diferencia de otras carreras universitarias que forman lo que tradicionalmente llamamos “profesionales independientes” (abogados, contadores, médicos, veterinarios), los biotecnólogos no tienen tanto margen de acción “independiente”. Con una cantidad limitada de empresas que hacen I+D, especialmente biotecnológica, y un sistema emprendedor aún incipiente, la carrera de científico-investigador en el sector público aún aparece como el camino a seguir para muchos estudiantes de biotecnología, y es por ello que referimos el trabajo fuera del sector público como una “salida” del mismo, que se vuelve más evidente que para graduados universitarios de otras disciplinas.

Así, *médicos y veterinarios* parecen diferenciarse de los biotecnólogos más que nada por un mayor escepticismo. Todos los entrevistados fueron más cautos a la hora de sembrar expectativas sobre su trabajo, porque suelen desempeñarse en salud y porque la aplicación se realiza en seres vivos complejos. Ambas cuestiones implican mayores controles regulatorios para el desarrollo y la posterior producción de tratamientos o fármacos, extendiendo los tiempos para que una investigación produzca un bien o servicio que esté disponible. En este sentido, si bien es cierto que CRISPR despertó entusiasmo e interés en todas las áreas de aplicación biotecnológica, quienes hacen I+D con miras al sector agro-ganadero parecen más confiados respecto de la posibilidad real de su concreción.

5.2.2. La cuestión generacional

En las decisiones de los investigadores también hay un factor *generacional*. Si bien esto puede tener algún componente etario, refiere más al contexto de su formación, esto es, a las influencias en el marco de las cuales los científicos se forjan, forman y subjetivan.

²⁰³ Mediante la Resolución 1637-E/2017 del Ministerio de Educación y Deportes de la Nación.

²⁰⁴ En consecuencia, su programa pasa a estar regulado por la Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria (CONEAU) y las universidades están modificando los contenidos de su oferta académica para adaptarlos a los nuevos requerimientos nacionales. La CONEAU habría resuelto de este modo que la vinculación con el sector privado/empresario y el fomento de la actividad profesional en ese sector (y no solo a la investigación académica) son aspectos relevantes a reforzar.

La generación que está más cerca de jubilarse se formó durante el primer gobierno de Perón pero especialmente en los “años dorados”: vivió el nacimiento y la consolidación de las principales instituciones de ciencia y tecnología y experimentó todas sus transformaciones. Se forjaron al calor de los debates sobre el cientificismo, la ciencia nacional, el imperialismo y el colonialismo científico. Entre ellos, que mayormente detentan la categoría de investigador principal o superior del CONICET, tiene mucho peso la creencia en que la ciencia debe ser la búsqueda desinteresada de la verdad y el conocimiento, y que las empresas y sus intereses son un agente contaminante. Por eso suelen preferir las investigaciones básicas y limitar sus trabajos a los integrantes de su propio laboratorio.

Es bastante común la reticencia a realizar cualquier tipo de colaboración con otras instituciones, especialmente las del sector privado o las extranjeras. Quienes se formaron con esa generación, hoy investigadores adjuntos e independientes en su mayoría (de acuerdo a las categorías de la CIC), señalan esa característica de sus maestros. Cuentan que durante la formación de grado y posgrado sus tutores y directores enseñaban que la ciencia debía ser básica y no “venderse” a una empresa, que el científico trabaja “por el bien de la humanidad” y que eso solo puede darse en el sector público, único ámbito donde es posible trabajar de modo incontaminado.

La idea del trabajo colaborativo per se no era frecuente entre aquella generación de investigadores, porque se formaron en una época donde era posible que una institución lograra avances científicos significativos por sí sola. Crecieron viendo a investigadores argentinos obtener premios nobel por sus hallazgos: Bernardo Houssay y César Milstein ganaron el Premio Nobel en Fisiología o Medicina en 1947 y 1984 respectivamente, y Luis Leloir el de Química en 1970. Así, creen posible que ellos o alguno de sus becarios y colaboradores alcancen semejante reconocimiento en su carrera profesional. Sin embargo, nuestros entrevistados no creen que sea posible hacer “buena ciencia” de modo aislado, por lo que, de ganar un nobel, muy probablemente sería para un equipo de investigación compuesto por varias instituciones que colaboraron en un único proyecto. La complejidad de los recursos materiales y humanos que se requieren hoy, impone la necesidad del trabajo colaborativo. Entre los becarios e investigadores más jóvenes (asistentes) la colaboración es algo a lo que están acostumbrados, trabajan de esa manera desde sus inicios en la profesión.

Para los investigadores adjuntos e independientes, que se formaron con aquellas lógicas y hoy se encuentran preparando a las nuevas generaciones de investigadores, trabajar en o con una empresa fueron opciones que se presentaron progresivamente, en la medida en que debieron recurrir a diversas estrategias y colaboraciones para poder conseguir lo necesario para trabajar. Estas relaciones muchas veces les resultaron interesantes y enriquecedoras, pero implicaron también cierta ruptura con las enseñanzas recibidas, y un proceso extra de aprendizaje, porque no disponían de los conocimientos ni las herramientas que estas vinculaciones demandan. Cuentan que en sus épocas de estudiantes o becarios también creían que trabajar con una empresa era “venderse”, pero con el tiempo cambiaron de opinión.

La admiración por los primeros logros en biotecnología animal entre fines de los 90s y principios de los 2000 atrajo a esa generación. Como resultado de un proyecto de la farmacéutica BioSidus –del que participó Lino Barañaio y para el que convocó a Daniel Salamone, uno de sus ex becarios del IBYME–,²⁰⁵ nació la primera clonada en Argentina, Pampa, en 2002. El suceso llamó la atención pública de inmediato (Bilañski, 2018b: 115) y atrajo el interés de quienes estaban formándose como biotecnólogos, biólogos moleculares y en carreras similares. Esto convirtió a Salamone en uno de los principales “maestros” de quienes se especializaron en técnicas reproductivas en nuestro país, y hoy son investigadores jóvenes pero experimentados, mayormente adjuntos del CONICET. Uno de ellos lo relata así:

Para mí, o sea, fue un hecho así como súper tecnológico que ¿viste? me hizo ir para ese lado, no sé, en ese momento me parecía lo más loco, trascendente, o sea, me gustaba mucho la biotecnología animal, dentro de la biotecnología animal me pareció un evento trascendente ese que había logrado Biosidus [...] entonces yo fui detrás de ese proyecto, así empecé, así me contacté con Daniel Salamone (Doctor en biotecnología, CEO y fundador de una empresa, 10/07/2019).

Varios de estos estudiantes acabaron trabajando, dirigiendo o formando empresas en el sector privado. Uno de ellos es Director Ejecutivo (CEO) y fundador de una empresa, que surgió justamente a partir de una técnica desarrollada por el

²⁰⁵ Salamone es veterinario de la UBA, estaba perfeccionándose en el exterior cuando fue contactado por Lino Barañaio para conformar el equipo que obtuvo los primeros mamíferos clonados y también transgénicos del país. Estudió en Japón, Canadá (donde hizo un Master en Ciencia) y Estados Unidos donde se doctoró en Filosofía, Biotecnología y Biomedicina, en la Universidad de Massachusetts. Salamone recuerda que el proyecto le había parecido interesante y una oportunidad, porque BioSidus contaba con buenos recursos y laboratorios para trabajar.

equipo de Salamone, cuando él era becario doctoral. Más allá de su salida del campo puramente académico, este científico no abandonó la investigación, sino que ahora la realiza en su propia empresa. Salamone, en cambio, señala que su período en Biosidus fue una oportunidad, pero que a él le interesaba la docencia, por lo que continuó su trayectoria como tal y haciendo investigación en una universidad pública. Así, si bien la vinculación con otras instituciones y entre sector público y privado va ganando aceptación entre todos los investigadores, los jóvenes parecen entusiasmarse más rápido, se manifiestan más propensos a trabajar en una empresa o a crear una propia, fantasean con generar un producto o servicio a partir de sus investigaciones: algo que impacte de un modo “más rápido” y “directo” en “la sociedad”. Desde los recién graduados hasta los becarios doctorales y posdoctorales, estos jóvenes ven el sector privado una oportunidad más de trabajo y desarrollo profesional que una traición a la vocación de generar conocimiento verdadero.

Los recién llegados parecen ser más pragmáticos en este punto, y eso tiene motivos diversos, que van desde la ambición económica hasta el aburrimiento, la necesidad de cambio, de afrontar nuevos desafíos, de resolver problemas, de ver efectos rápidos y hasta el rechazo a seguir “órdenes de arriba”. Así, algunos investigadores señalan que “a veces te estimulan más los nuevos chicos que ingresan y que vos dirigís, digamos, que tienen esta mirada más de llegar al mercado” (investigador adjunto CONICET, 10/05/2019). También que tienden a ser más volátiles, cambiantes y arriesgados: “los chicos nuevos tienen una mente diferente a la que tenían los otros y a la que teníamos nosotros, sus prioridades son distintas” (Director de un Centro de I+D, 11/06/2019). Para quienes poseen estas características, el sector privado ofrece formatos más dinámicos y flexibles.

5.2.3. La etapa en la carrera profesional

Ahora bien, estas características incluso típicas de la juventud, como la ambición o un mayor arrojo a la incertidumbre, encuadran estructuralmente en un factor determinante como es la instancia de formación o *carrera profesional* en que se encuentra el investigador. El pasaje de la carrera estrictamente académica (que demanda exclusividad) al trabajo en una empresa o a la creación de una startup se produce con mayor frecuencia entre becarios doctorales y posdoctorales que entre

investigadores. Esto ocurre, según los entrevistados, porque estos últimos tienen “mucho más que perder”, pero ¿qué temen perder y por qué los más jóvenes aceptan el riesgo?

Si bien Bourdieu (2012) afirmaba que no tendría sentido para los consagrados de un campo profesional cambiar las reglas del juego que les permitieron el acceso a esa posición, este argumento no resulta explicativo para Argentina, donde los investigadores una vez que han ingresado a la carrera de investigación, tanto en CIC como en PROINCE, difícilmente son removidos de la misma. Así, una vez obtenida, garantiza una posición de prestigio, estabilidad, e ingresos constantes, aunque según el período histórico sean moderados o bajos, en comparación con los salarios que ofrece el sector privado, más inestable.

Esa es la razón por la que la mayoría de los investigadores de carrera intentan relacionarse con el sector privado pero *en el marco* de su trabajo en el sector público, esto es, dentro de los parámetros que establecen el CONICET y/o la institución de pertenencia. Normalmente, estos adquieren la forma de vinculaciones, colaboraciones, contratos temporales, y otros formatos que permiten un “mejor pasar” para la propia carrera profesional y las investigaciones de las que participan y son responsables, pero sin implicar una renuncia al estatus y puesto del que disponen.

Para los más jóvenes, la realidad de los científicos-investigadores argentinos no aparece como un factor estimulante, con salarios bajos y faltantes de herramientas e insumos básicos para trabajar. Tampoco su propia situación como becarios es muy atractiva: sin aguinaldo, vacaciones ni aportes jubilatorios, con un estipendio al borde de la línea de pobreza y sin ninguna garantía de continuidad, no sorprende que profesionales de alrededor de 30 o 35 años altamente capacitados se cansen de esta precariedad y apuesten por una mejor situación en el sector privado, cuando no en el extranjero.

De este modo, que los más jóvenes valoren positivamente desempeñarse en el sector privado, y que usualmente sean ellos quienes se animan a “salir” del sector público (por ejemplo, renunciando a sus becas de investigación) para armar una empresa, no se explica solo por características generacionales sino también por esa situación estructural. Los investigadores no están dispuestos a dar un vuelco en su carrera profesional arriesgando una posición consolidada, y de momento la relación costo-beneficio de esa acción parece no justificarse para ellos. Los más jóvenes, en

cambio, no tienen tanto que perder. Normalmente se encuentran en instancias de beca doctoral o posdoctoral e intentando ingresar (o decidiendo si quieren hacerlo) a la CIC, por lo que el precio de “salirse del sistema” no es tan alto y las posibilidades de tener éxito en una empresa o con la propia equilibran la balanza. Para ellos es incluso posible arriesgarse a armar una empresa, o probar suerte en otra y, si fracasan, comenzar igualmente una carrera en el sector público. De este modo, cada vez más jóvenes se vuelcan a trabajar en el sector privado, pero también a crear startups y llevar adelante distintos emprendimientos con los resultados de los hallazgos que obtuvieron durante sus instancias de formación e investigación doctoral y posdoctoral.

Estos emprendimientos, lejos de aparecer como una estrategia de subversión a lo Bourdieu, en el sentido de un rechazo total de los principios de legitimación del campo científico-académico o de ruptura con la autoridad de sus superiores, suele adquirir la forma de una alianza o cooperación con los mismos. En otras palabras, cuando existe la posibilidad de generar un servicio o producto comercializable a partir de los resultados de una investigación obtenida por el sector público, y los investigadores no están dispuestos a arriesgar su posición, son sus becarios quienes toman las riendas del proceso y corren el riesgo. Así lo explicaba un investigador:

Me parece que lo más sano es colocar a alguien joven, que esté empezando y darle la libertad para que él haga más desarrollo y estar acompañándolo más que ponerse uno a hacerlo ... porque uno está en 10 mil cosas y no puede ponerle toda la energía, pero alguien joven tiene mucha más energía que uno y lo va a tomar también como una salida laboral, como una chance... si no sale tiene mucho menos que perder que yo, yo no voy a abandonar el sistema para meterme de lleno en una empresa porque si no sale puedo perder lo que tengo (investigador adjunto de CONICET, 25/04/2019).

De modo análogo, la CEO y fundadora de una startup cuenta que renunció a su beca doctoral en CONICET y no aceptó la posdoctoral que ya había ganado, para dedicarse enteramente a este nuevo proyecto:

Lo hizo posible que yo dije “sí, ok, me arriesgo, me salgo del sistema”, que era una jugada porque si todo fallaba... yo podía seguir en CONICET y no arriesgarme, y bueno, creo que en ese momento mi director me dijo “yo no voy a dejar CONICET, obviamente”, él es investigador, “si vos lo querés, querés encargarte vos, vamos, sino bueno, no” (15/11/2019).

Así, fue esta joven becaria quien aceptó el riesgo de “salir” de CONICET en lugar de su director, pero lejos de que esto implique una ruptura entre ellos, el investigador también participa de esta nueva startup aunque de modo ocasional, sin dejar sus líneas de investigación. De este modo, cierta inclinación generacional a querer conseguir resultados más rápidos y a vincular el éxito no solo con la carrera académica y el prestigio profesional, sino también al beneficio económico y cierto reconocimiento público y social, se combinan con factores estructurales que estimulan a los más jóvenes en esta dirección. De este modo, comienza a cobrar fuerza un modelo de emprendedorismo para quienes hacen biotecnología y también edición génica en nuestro país. Ese modelo emprendedor que ancla y se reconfigura en Argentina, se apoya sobre la incipiente articulación entre actores e instituciones públicas y privadas que existe en nuestro país.

5.3. Hacer de la necesidad virtud: nuevas formas de relación

A pesar de las dificultades, estos científicos-investigadores logran hacer investigación, desarrollo e innovación en el país, aunque muchas veces a los tumbos, con contramarchas, incluso accidentalmente. De la conjunción de estos procesos, resulta el modo en que se hace I+D en nuestro país. Si los problemas para investigar en Argentina impactan desigualmente en el sector público y el privado, como vimos, esto delimita ventajas y desventajas para cada uno de ellos y genera dos ámbitos distintos para trabajar, pero también habilita prácticas e interacciones que permitan afrontar estos obstáculos.

El sector privado es más afín a la I+D aplicada, específica, dirigida, mientras que el público es más apropiado para la investigación básica, de largo plazo, estable.²⁰⁶ Para quienes trabajan en empresas, la duración y orientación de sus investigaciones dependen del éxito potencial de sus trabajos de un modo directo y

²⁰⁶ En el medio de estos dos extremos podríamos situar a las instituciones privadas sin fines de lucro (como las fundaciones, universidades u hospitales) que comparten un propósito similar al de los centros públicos de I+D: incrementar el conocimiento científico y mejorar los tratamientos y técnicas disponibles. Si eso redundaría en la posibilidad de transferir una tecnología, desarrollar un producto u obtener una patente, mejor, pero ese no es el fin último del trabajo. Así, la principal diferencia entre quienes trabajan en el sector público y los de estas instituciones sin fines de lucro de capitales privados es que las fuertes de ingresos de estos últimos facilitan los procedimientos y aceleran los tiempos, quitando al científico varios motivos de angustia y “distracciones” de su trabajo principal.

cortoplacista, porque necesita recuperar e incrementa su capital o al menos consigue financiación para solventarse, y nadie va a invertir dinero en proyectos que no puedan generar pronto resultados y retornos. Por esta razón, las investigaciones en empresa se enfocan en proyectos que tengan grandes posibilidades de dar resultados en plazos cortos y con potencial aplicado, esto es, capaz de comercializarse y recuperar con creces la inversión inicial. Esto explica por qué la mayor parte de las investigaciones básicas son tradicionalmente financiadas por el Estado: la ventaja de la I+D del sector público es que la continuidad de la investigación y de la carrera profesional de los científicos que la realizan no dependen de los resultados inmediatos de la misma. Esa estabilidad permite la existencia de líneas de trabajo que no tienen aplicación o utilidad preestablecida de antemano, por lo que no son atractivas a priori para el sector privado, aunque muchos de los avances científicos más relevantes de la historia provinieron de investigaciones básicas, incluyendo CRISPR.

Sin embargo, al observar las prácticas de los científicos, estas dicotomías son más difusas. Existen vínculos que se apoyan, sostienen y reproducen en toda una trama de intercambios informales y personales. Es que, “la crisis presupuestaria de las universidades obliga a sus miembros investigadores a buscar nuevas fuentes de recursos. Las políticas estatales y de las organizaciones académicas presionan a los científicos a rever sus orientaciones temáticas” (Vaccarezza y Zabala, 2002: 26). De este modo, las acciones que llevan adelante los científicos en la búsqueda de los recursos que necesitan para investigar, producen interacciones que adquieren múltiples y diversas formas, desde la provisión de servicios a cambio de dinero hasta la investigación conjunta entre un conglomerado de instituciones de I+D, y acaban conformando redes de circulación y colaboración.

Esto porque, en las últimas décadas, los ámbitos académicos de investigación se vieron afectados por la emergencia de nuevas motivaciones entre los investigadores y de nuevas presiones sociales para que la investigación científica se oriente hacia la aplicación práctica de sus resultados (Vaccarezza y Zabala, 2002: 15). Así, los investigadores académicos “se vieron cada vez más involucrados en actividades de investigación comprometidas con su utilidad práctica o, en términos más específicos, con la posibilidad de su comercialización” (ibíd.: 21). Bajo el influjo de los SNI desde fines de los 90’s, la investigación universitaria reorientó

muchas de sus prácticas de investigación hacia la producción de conocimientos para el mercado y aceptó la colaboración, el patrocinio o la asociación con empresas. Otras veces incluso exploraron su potencialidad “como agentes económicos autónomos generando empresas universitarias, estimulando la generación de empresas por parte de sus integrantes, facilitando a través de incubadoras de negocios, campus tecnológicos o estímulos económicos la vinculación entre sus laboratorios y las empresas de producción” (ibíd.: 15).

Si bien la vinculación entre investigación académica y producción no es nueva, Vaccarezza y Zabala (2002) identifican algunas características novedosas para este período. Primero, que esta vinculación entre la investigación científica y las necesidades de la industria ya no es casual o derivada, sino un objetivo genuino y original de la actividad académica (ibíd.: 17). Segundo, que ahora esta utilidad de la ciencia es un componente clave de la globalización y para la supervivencia de intereses económicos específicos en el escenario mundial (ibíd.: 16). Finalmente, que con esta relación emerge un discurso sobre ella que tiene un registro normativo sobre sus bondades y uno descriptivo que lo justifica. De este modo, la ciencia habría sufrido el desplazamiento de un tipo de sentido práctico cuya utilidad era como prestadora de conocimiento para el Estado o proveedora de bienestar a la sociedad, a otro vinculado con la competitividad industrial y la producción como negocio rentable (ídem). Pallitto y Folguera sostienen que “ las instituciones asociadas a la producción tecnocientífica –más allá de si pertenecen o no a Estados– asumen un notorio carácter de corte empresarial en el que el triunfo económico actúa como principal criterio de autorreproducción y éxito” (2020: 27). Junto a este cambio en la naturaleza de las instituciones, también los científicos adoptan un carácter mixto, y forman “un vínculo estrecho entre las instituciones estatales, los actores científicos y las propias empresas bajo el norte de los sistemas de innovación” (ídem).

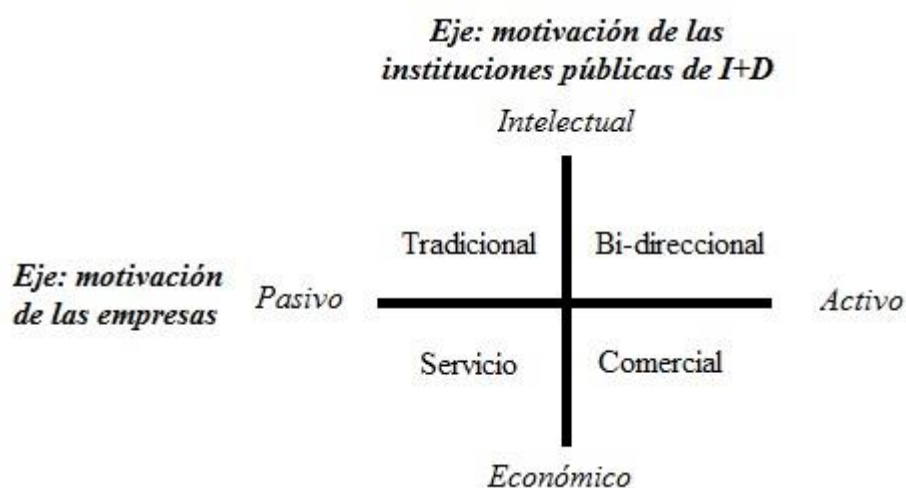
En coincidencia con ese diagnóstico, encontramos que muchas de las estrategias desplegadas por quienes investigan con edición génica en nuestro país, consisten alguna forma de relación entre el sector público y el privado que generan situaciones de beneficio mutuo, no necesaria ni exclusivamente económicos. En este marco, adquiere centralidad la consideración que tienen los investigadores respecto del “valor de cambio” de los productos de su conocimiento, que puede adquirir muchas formas, incluso la de un capital simbólico. Así, “este sentido de utilidad

estará presente en las decisiones de los investigadores que esperan incrementar su capital de reconocimiento social o sus recursos económicos con desarrollos tecnológicos propios” (Vaccarezza y Zabala, 2002: 36). Esto es importante porque existe una visión que afirma que en estas colaboraciones la parte pública genera el conocimiento y la parte privada se limita a pagar y adoptarlo (Verre, Milesi y Petelski, 2020: 13). Sin embargo, es posible identificar

Modalidades de cooperación público-privada que, al estar caracterizadas por un alto grado de interacción, permiten la existencia de flujos bidireccionales de conocimiento donde el conocimiento es co-generado entre las partes, pública y privada, y fluye de una parte hacia la otra y viceversa. A partir de la existencia de dichos flujos, es posible pensar que la parte pública recibe beneficios, no sólo en términos económicos, sino también intelectuales (ídem.).

Arza tipificó 4 modos o canales de interacción entre organismos de investigación públicos y empresas, cruzando las motivaciones de ambos tipos de instituciones como variables (ver gráfico n° 19). Las motivaciones de las empresas pueden ser pasivas (usar los resultados y/o recursos del sector público para operar de modo más eficiente) o activas (explotar proactivamente aquellos para realizar actividades de innovación); mientras que las de los organismos públicos de investigación pueden ser económicas o intelectuales (Arza, 2010: 476).

Gráfico n° 19. Canales de interacción según motivación de cada institución



Fuente: Traducción y adaptación propia en base a Arza (2010: 476).

Por *servicio* se entiende aquellas interacciones asociadas a la provisión de servicios científicos y tecnológicos a cambio de dinero, donde el conocimiento fluye principalmente de las instituciones de I+D a las empresas. Esto último también ocurre en las interacciones *tradicionales*, pero el contenido del conocimiento está definido por las funciones tradicionales de las instituciones académicas y/o de investigación (publicaciones, conferencias, contratación de graduados). Respecto del canal *comercial* de interacciones, de las que nos ocuparemos más en el capítulo 6, la principal motivación de los organismos de I+D es comercializar sus resultados (incubadoras, spin-off, startups). Finalmente, hay casos donde el flujo de conocimientos es *bidireccional* generando un alto potencial de aprendizaje conjunto (Arza, 2010: 477). De este modo, la investigación del sector público puede “compatibilizar su actividad académica y el nexo con el sector productivo, beneficiándose ya sea con la obtención de recursos financieros adicionales para sus actividades internas, o con la obtención de beneficios intelectuales” (Verre, Milesi y Petelski, 2020: 15-16). Aunque no retomaremos la clasificación de Arza, porque no es nuestro objetivo indagar en las estrategias empresariales, la misma sirve como un punto de partida ordenador para comprender estrategias las desplegadas por quienes investigan con edición génica, aunque no sean exclusivas de ellos.

Usualmente, cuando las colaboraciones se producen entre instituciones públicas, se formalizan, reconocen públicamente, constan en declaraciones e informes. Esta vinculación no supone mayores inconvenientes, en tanto los fondos y objetivos de los intervinientes tienen el mismo carácter. La relación cambia y se oscurece cuando las colaboraciones se dan entre instituciones públicas y privadas. Cuando esta se quiere formalizar, la búsqueda de consenso entre las instituciones involucradas puede retrasar una investigación, porque el afán de anticiparse a los resultados del trabajo conjunto y el deseo de proteger las inversiones propias y garantizar su beneficio, provocan conflictos. No solo se trata de quién pone el dinero o en qué proporción y cómo esto se distribuiría en caso de existir ganancias, sino también de la propiedad de los derechos, esto es, si fuera posible generar una patente ¿quién la registra?, y si los hallazgos son novedosos ¿pueden publicarse? ¿Con qué condiciones? Esta clase de cuestiones intentan dejarse establecidas a priori, a pesar de que muchas veces no se sabe cuáles serán los resultados de la colaboración y mucho menos si estos serán exitosos.

Con frecuencia estos conflictos se fundan en una desconfianza mutua. Para las instituciones de CyT del sector público, las empresas quieren utilizar los conocimientos y recursos del Estado para sacar provecho y ganancias que conservaran para sí, usufructuando los recursos públicos para su beneficio. Para los privados, el sector público es inflexible, intransigente y excesivamente burocrático al punto de obstaculizar los desarrollos. Para las empresas, el Estado intenta “quedarse con todo” aunque ellos realicen las inversiones; para el sector público, los privados desconocen la inversión estatal en la formación de los recursos humanos intervinientes y sus salarios. Esta desconfianza recíproca genera conflictos que demoran o anulan las colaboraciones, estimulando que se realicen por vías informales, eludiendo a las instituciones de pertenencia, especialmente del sector público, como las UUNN o el CONICET. En sus oficinas de vinculación, la incorporación de abogados especializados complejiza los convenios, al agregar cláusulas y modificaciones sobre los convenios modelo. Un investigador nos relató los desencuentros típicos de estas negociaciones:

Quería hacer un convenio con una empresa y como yo estoy en la Universidad tenía que hacer un convenio marco entre la empresa y la Universidad que a su vez tenía que aprobar CONICET, entonces era una triangulación que pasa por abogados. Mi jefe hizo uno de esos convenios, tardó dos años en salir, porque el abogado de Universidad vetaba una cosa, el abogado de CONICET vetaba otra, el abogado de la empresa vetaba otra y así (Investigador asistente CONICET, 19/03/2019).²⁰⁷

Estos desencuentros responden también a que cada institución tiene objetivos, prioridades e incluso lenguajes diferentes, dificultando llegar a acuerdos potencialmente beneficiosos para todas las partes. En cualquier caso, todos los entrevistados coincidieron en que CONICET y las oficinas de vinculación CyT de las distintas instituciones están aprendiendo rápidamente de estas experiencias. Así, concuerdan en que, con el paso del tiempo, los convenios están resultando menos engorrosos. Las instituciones públicas estarían adoptando una posición más favorable a estas vinculaciones con el sector privado y, en consecuencia, generando nuevos mecanismos y capacitando recursos humanos especializados en la tarea, para fomentar que esta se produzca, pero además lo haga de un modo que beneficie a

²⁰⁷ Quitamos el nombre de la universidad de la referencia para proteger la identidad del entrevistado.

todos los involucrados. Un investigador CONICET, nos ilustraba esta transición del siguiente modo:

Hablando con la gente de vinculación tecnológica del CONICET me dicen “somos laxos”, no es que somos demonios diciéndole “nosotros queremos el 80% del desarrollo que van a hacer” cuando la empresa va a poner la plata. O sea, saben que el limitante es la plata para hacer el desarrollo. La primera conversación que tuve 2013, 2014 con el ámbito de vinculación tecnológica me dijeron, no, no, acá todo es del CONICET, todo CONICET. Off the record me decían “es todo CONICET acá”, ponga la plata quien la ponga... pero la última vez que hablé hace un año atrás [2018], me dijeron eso se discute, CONICET es muy laxo, en el sentido de que sabe que el que toma el riesgo es el inversor, y el inversor argentino no es de tomar riesgo (19/03/2019).

Es que esta clase de desacuerdos estimulaban que las colaboraciones se realizaran informalmente, esto es, que el científico-investigador coopere directamente con otra institución, sin realizar un acuerdo o convenio explícito mediante su sede de trabajo. Esto ocurre en especial cuando aquella en que trabaja no cuenta con recursos o, por ejemplo, cuando la investigación está temporalmente detenida a la espera de que llegue un insumo del extranjero o el dinero de un PICT. En esta situación, utilizar el tiempo disponible colaborando con el proyecto de otros colegas que, a cambio, incluirán su nombre en un artículo de pronta publicación, aparece como una estrategia pertinente, y con fuertes justificaciones capaces de legitimarla.

Así, colaboran con empresas o startups sin declararlo a sus instituciones de pertenencia, a cambio de que se los haga partícipes de la publicación de los resultados o de la propiedad de una patente. La informalidad en estos vínculos es justificada por la reticencia de las empresas a realizar convenios con instituciones del Estado, porque esto demora los plazos y complejiza las negociaciones sobre la propiedad y publicidad de los resultados, entre otras cuestiones. Además, el sector público requiere la presentación de documentos sobre la situación fiscal y financiera de las empresas, lo que genera temor por potenciales intercambios y cruces de datos entre organismos del Estado capaces de revelar incongruencias en sus declaraciones impositivas (reales o no). Con estas colaboraciones informales, el científico-investigador puede cumplir con los criterios que evaluará CONICET (publicar artículos, asistir a congresos, entre otros); y la empresa consigue la colaboración de investigadores especializados sin invertir dinero extra. Esta clase de interacción se

mantiene en la clandestinidad, y el único registro que queda son las co-autorías de los papers y ponencias publicadas.

La informalidad no siempre se funda en una decisión deliberada. El olvido e incluso cierta naturalización de las relaciones de intercambio a veces desdibujan en la práctica los márgenes institucionales. Esto porque distintos equipos de investigación, de una misma institución o de otras, suelen compartir laboratorios y espacios. Frecuentemente los investigadores tienen más de una pertenencia institucional y acceso a diferentes fuentes de financiación que, en la práctica, son difíciles de discriminar. Un investigador adjunto CONICET que tiene lazos con una startup, lo ilustra con un ejemplo:

Hoy, sin ir más lejos, tengo que comprar enzimas. Entonces me dicen 250 dólares cada una, digo bueno, una con la startup y la otra con el PIP [...] Y después si vos vas a investigar o si tal va a investigar, no nos fijamos quién lo compró. O sea, no nos zarpamos. Porque si, nosotros estamos empezando a laburar con Veterinaria, INTA, hospitales y la falta de recursos que hay en el Estado... Nos consumiríamos GENCAS en una semana, abriendo el juego. Vendrían todos a laburar. Todos los becarios de todos nuestros colegas vendrían a laburar porque no tienen plásmidos, entonces hay que medir, decir bueno, pará, no nos zarpemos. La prioridad es que a GENCAS nunca le falte una enzima porque cuando nos piden el desarrollo en un target tenemos que tener, pero a medida que podamos ir usando cosas de GENCAS, las usamos (27/1/2019).²⁰⁸

El riesgo de las colaboraciones “en negro” es que descansan en la confianza mutua entre los actores, y con ello no hay garantías para ninguna de las partes respecto de la propiedad, privacidad o publicidad, de los conocimientos o ganancias que puedan resultar. Si bien muchas de las actividades que realizan los científicos-investigadores se encuentran en los márgenes de las normativas establecidas por las instituciones CyT como la dedicación exclusiva, incluso en la informalidad o clandestinidad, éstas suelen ser “un secreto a vivas voces”. Y es que los funcionarios del CONICET, las universidades nacionales y también los pares evaluadores, conocen las restricciones presupuestarias y las limitaciones materiales –inflación, devaluación, dificultades para importar insumos básicos, entre otros– para investigar y alcanzar los objetivos que después las mismas instituciones utilizaran para juzgar y evaluar la labor de los investigadores. Por ello es frecuente que “hagan la vista gorda” sobre ciertas irregularidades. Así, la relación con los privados se mantiene

²⁰⁸ El nombre de la startup ha sido modificado.

dentro de límites “tolerables” que no ponen en riesgo su posición consolidada tras años de trabajo y estudio, y esta creciente flexibilidad y predisposición de las instituciones CyT a aceptar nuevas formas de cooperación entre actores, responderían a la necesidad de sostener estos desarrollos y evitar que los recursos humanos abandonen el sector público: que la exclusividad se doble, para que no se rompa.

El incremento de estas acciones entre los investigadores del sector público, motivados por la necesidad de mostrarse “activos” profesionalmente ante la falta de financiación para realizar sus proyectos, puede haber estimulado a las instituciones CyT a facilitar los procedimientos para formalizar las vinculaciones. Caso contrario, el riesgo es que estas prácticas individuales lleven en el futuro a que el sector público no pueda participar o apropiarse de los resultados alcanzados por sus propios recursos humanos. Así, la apertura a la colaboración entre instituciones, a la realización de servicios y la transferencia de tecnología, a fortalecer los vínculos entre sector público y privado, que en la letra de las políticas públicas y en las teorías sobre innovación vienen señalándose hace décadas, en la práctica acaban resultando de la necesidad y blanqueando situaciones que estaban aconteciendo de hecho.

Un avance en esa dirección lo hizo CONICET modificando su relación con las oficinas de vinculación CyT de cada institución pública. Estas se ocupan de mediar las relaciones público-privadas, de facturar, controlar y rendir cuentas de los ingresos privados que obtienen, y de distribuir los costos y beneficios entre todos los actores involucrados, usualmente mediante la figura jurídica de Fundación, porque las instituciones públicas no pueden recibir dinero libremente como si fueran una empresa.²⁰⁹ Originalmente, la empresa pagaba directamente a la vinculadora, por ejemplo, por un servicio. Esta emitía la factura y transfería el dinero al investigador

²⁰⁹ El propio CONICET cuenta con una Gerencia de Vinculación Tecnológica que actúa como enlace entre las demandas de innovación tecnológica de los diversos sectores de la sociedad y los equipos de investigadores y profesionales del CONICET capaces de responder a esos requerimientos. La Agencia, quien recibe solicitudes para reconocer UVT en funcionamiento, registra 266 de ellas a nivel nacional, destinadas a “asistir a las empresas en el desarrollo de proyectos que tengan como fin el mejoramiento de actividades productivas y comerciales [y fomenten] innovaciones que impliquen investigación y desarrollo; transmisión de tecnología y asistencia técnica”. Consultado el 24/03/2020 en <http://www.agencia.mincyt.gob.ar/frontend/agencia/post/415>

y la contraparte correspondiente a CONICET.²¹⁰ Ahora, CONICET se sitúa en medio de estas transacciones: debe autorizar a las oficinas de vinculación para que puedan realizar la factura y recién entonces recibir el dinero de la empresa y gestionar su distribución. Así, tiene control sobre estos intercambios y sobre la parte de esos ingresos que le corresponde, sin que las demás instituciones puedan evadir esa porción o minimizarla, o facturen servicios distintos a los que proveen y pueden proveer.

De esta forma, CONICET parece comenzar a reconocer estas nuevas y crecientes formas de vinculación y fomentarlas, de forma tal que pueda recuperar algo de su “inversión” en la investigación en lugar de desalentarla lo y favorecer las colaboraciones informales. CONICET también creó la figura del investigador en empresa y ofrece diferentes posibilidades de vinculación, mediante convenios de asistencia técnica, investigación y desarrollo, de licencia o transferencia de tecnología, de transferencia de material biológico para su evaluación, de confidencialidad o directamente con las Unidades de Vinculación Tecnológica (UVT).²¹¹

En última instancia, en los límites que supone trabajar con insumos prestados y disputas por derechos de propiedad, o en el discreto pero efectivo empleo del tiempo de trabajo colaborando con el sector privado a espaldas de CONICET para cumplir con los criterios que esta institución demanda; se expresan y determinan las incertidumbres de investigar con estas nuevas técnicas de edición génica en el país. Esto nos lleva a concluir que es principalmente la falta de infraestructura y de recursos lo que parece estimular, en países como el nuestro, la vinculación entre actores. Así, lejos de resultar de una planificación “desde arriba”, de un plan estratégico de las instituciones y políticas CyT, esta nace más bien de la necesidad o la carencia.

Dicho de otro modo, la insistencia en la articulación público-privada que parece regir el campo en los últimos años sería una consecuencia de las acciones y estrategias que llevan adelante los científicos e investigadores para afrontar las

²¹⁰ Los investigadores solo podrán dedicar un máximo del 20% de su tiempo de dedicación exclusiva con CONICET a la realización de estas actividades, en una relación que no será permanente ni de dependencia (Resolución N° 1093/2007 de CONICET).

²¹¹ Fuente: <https://vinculacion.conicet.gov.ar/convenios-2/> Consultada el 17/09/2020.

falencias del Estado, antes que de una vocación por establecer una estrategia de desarrollo innovador autónoma. Así, la creciente articulación entre actores sería un efecto del modo que encuentran estos para afrontar la necesidad, que acaba por generar redes de colaboración recíproca, con efectos tanto positivos como negativos. Y es que por un lado permite optimizar los recursos disponibles, pero por otro complejiza el control, tanto de los resultados de la investigación (trazabilidad) como del trabajo de los investigadores, dada la informalidad de estas relaciones. Las estrategias desarrolladas por estos para resolver las dificultades que los países periféricos deben afrontar y del modo desigual en que afecta a los diferentes actores, parece estar favoreciendo un nuevo modo de pensar la relación entre extremos tradicionalmente dicotómicos (al menos en la teoría) como sector público y privado, o ciencia y empresa.

5.4. Prácticas y estrategias de los científicos-investigadores

En este apartado indagaremos en las estrategias que ponen en práctica los científicos para superar las dificultades y hacer avanzar sus proyectos de investigación y sus carreras profesionales. Es que

En una situación real de dura competencia por el logro de la prioridad en el descubrimiento, a cambio de la cual se obtienen recompensas y recursos diferenciales y acumulativos («efecto Mateo»), los científicos confrontan cotidianamente el problema de cómo promover el conocimiento al mismo tiempo que sus propias carreras (Blanco e Iranzo, 2000: 91).

Estas estrategias acaban generando la incipiente red de vinculaciones entre los actores intervinientes en el campo de la edición genética. Si bien no son exclusivas de quienes trabajan en él, ni siquiera en la como gran área biología, tienen para ellos un impacto particular, que identificamos en nuestro trabajo de campo. En términos operativos,

El concepto de estrategia, sirve a los fines de amalgamar un conjunto de condicionantes objetivos o contextuales, interpretaciones que el sujeto hace de los mismos, decisiones de acción, selección de medios e instrumentos sin que el análisis intente saturar la construcción biográfica del sujeto en las experiencias concretas que son puestas bajo estudio (Vaccarezza y Zabala, 2002: 28)

En este sentido, pese a no ser exclusivas ni exhaustivas, estas estrategias permiten caracterizar el quehacer cotidiano de quienes intentan innovar en el campo de la biotecnología en Argentina, esto es, comprender cuáles son las prácticas que permiten que la I+D avance incluso en escenarios no muy favorables.

5.4.1. Búsqueda de financiación extranjera

Una forma de sortear la incertidumbre que genera la devaluación del peso argentino respecto de los dólares o euros necesarios para obtener los insumos que hay que importar, es contar con financiación internacional en moneda extranjera. Los entrevistados coincidieron en que el aporte de instituciones del exterior es “un alivio” que facilita el desarrollo de las investigaciones. Estas interacciones suelen ser tradicionales, en tanto la financiación es para realizar actividades cotidianas. Una becaria relata que fue la obtención de una financiación extranjera lo que permitió que ingresara a trabajar a un nuevo laboratorio:

Ellos tenían en ese momento un proyecto de [la Fundación] Michael Fox, que era en dólares. En ese momento, esos dos años se hicieron muchas cosas, porque era todo en dólares, entonces se podía... y como a ellos además, la manera de que vos le justifiques tus gastos le daba igual, si tenías una factura de acá o de la China, entonces vos podías decir, bueno, me voy a Estados Unidos y compro todo lo que necesito (becaria posdoctoral UBA, 28/03/2019).

En que:

Comúnmente los subsidios internacionales grandes son en cooperación con alguna universidad de afuera. Entonces conseguís subsidios... te da un alivio. Y... tenés guita para trabajar. Acá con los PICT y demás... que te ganes el PICT a veces no implica que tengas la plata rápido, no pagan ¿viste? [...] Los investigadores que solo cuentan con eso, ahí sí estas en un problema, más allá de que es poca plata, a veces pagan a destiempo o se retrasan un montón en depositar y mientras tanto ¿qué haces? (Investigador adjunto CONICET, 22/04/2019)

Si bien este investigador afirma que sería casi imposible realizar su trabajo sin estas contrapartes –entre las que enumera aportes del NIH de Estados Unidos, un subsidio del *Howard Hughes Medical Institute* y de otras Fundaciones de ese país–, no comparte la simpleza en la justificación de los gastos que señalaba la becaria. Habría, según él, una desconfianza asociada a cierta fama de corrupción en América Latina, que obliga a mantener altos criterios de transparencia.

A mí me rompen las bolas, y más siendo un país latinoamericano, donde el lavado de dinero es moneda corriente. Yo cada vez que tengo que comprar, cuando compro a compañías grandes como Fisher, no sé, no te dicen nada, pero cuando tengo que hacer una transferencia por algún servicio equis y... te llegan 20 mails, que justifiques esto, justifiques lo otro, bla bla bla y qué se yo y pipipi, pipipi, no, no, no. Y sí, tenemos esa debilidad nosotros (Investigador adjunto CONICET, 22/04/2019)

A veces esa financiación extranjera no la obtienen de manera directa, sino que se encuentra mediada por organismos estatales argentinos, que coordinan proyectos, concursos y/o convenios con empresas privadas, multinacionales u organismos regionales o de otros países, como un modo de fortalecer la financiación disponible para las investigaciones en curso, a la vez que oficia de asesor y garante. Uno de nuestros entrevistados, por ejemplo, se encontraba realizando una investigación en una Universidad Pública en el marco de un proyecto financiado principalmente por GlaxoSmithKline (GSK). Según nos explicaba, “Agencia creo que paga el 25% y GLAXO 75%, y eso nos salvó de entrar en la bolsa de ‘nunca te pagamos los subsidios’, porque GLAXO por lo menos ponía la plata [se ríe]” (Investigador adjunto CONICET, 11/03/2019).

5.4.2. Provisión de servicios científico-tecnológicos

Muchas veces la relación con otras instituciones, especialmente con las empresas, se limita a la provisión de un servicio científico y/o tecnológico, donde la empresa paga al laboratorio, universidad o fundación para que esta realice algo específico. Puede ser una consultoría, un monitoreo, testeo, el uso de equipos para control de calidad, entre otros. Esto suele generar interacciones breves, donde se transmite conocimiento ya maduro y sin mucha colaboración cara a cara (Arza, 2010: 476). Normalmente, la empresa recurre a este formato porque es más simple y económico pagar por el producto final que afrontar los costos del procedimiento, que incluye desde el instrumental y su mantenimiento hasta los sueldos de técnicos e investigadores. Como contracara, la institución que realiza la investigación dedica un tiempo de trabajo a cumplir con el encargo, con una técnica que manejan con fluidez, a cambio de algo, por ejemplo, dinero que puede utilizar para financiar lo que necesita para continuar con sus propias líneas de investigación.

Entre los servicios más frecuentes que realizan los centros de investigación que trabajan con nuevas técnicas de edición génica destacan la clonación de mamíferos, el diseño o sexado de embriones, la edición de ratones u otros animales que servirán de base para los experimentos de otros laboratorios u hospitales, servicios de citogenética molecular como de calidad seminal o diagnósticos para leucemias, enfermedades neurodegenerativas y otras enfermedades raras.

Para muchos investigadores (o los institutos donde trabajan), ofrecer estos servicios es la manera más fácil de conseguir una inyección extra de los recursos que necesitan para poder trabajar. Tienen además la ventaja adicional de no estar asignados a un ítem fijo o preestablecido, como los ingresos de subsidios o proyectos. Por esta razón, suelen destinarse al mantenimiento de equipos y otras necesidades de infraestructura, que normalmente sus presupuestos no permiten solventarse. Como nos ejemplifican desde una oficina de vinculación:

Si una empresa paga un servicio es plata que la podemos gastar para, no sé, arreglar un aire acondicionado, en el equipo que se te rompió y etcétera, porque en general, lo que viene del Estado tiene un presupuesto que tenés que gastar en lo que dijiste que ibas a gastar y hay temas de mantenimiento, que es cierto que viene del Estado, pero a veces no es suficiente plata, las cosas se encarecieron, lo que vos previste te aumentó, entonces los servicios es una fuente de ingresos que, sobre todo en la época de las vacas flacas, está bueno (Directora de Oficina de Vinculación y Transferencia CyT en universidad pública, 12/05/2019).

Los investigadores asistentes de CONICET, aquellos que se están iniciando en la carrera, no pueden realizar servicios.²¹² Sin embargo, muchas veces lo hacen a nombre de otra persona o como parte de las tareas que les asignan sus directores, para obtener los recursos y el visto bueno de sus supervisores en la institución. Se evidencia de este modo que las estrategias no siempre son un intercambio lineal de costo-beneficio entre dos actores, sino que hay muchas y diversas mediaciones, con un propósito particular. Así racionalizaba este accionar un entrevistado:

Ayudo a mi jefe con los servicios y parte de ese dinero que se usa para comprar reactivos lo uso para este proyecto, a ver, ¿está bien lo que hago? No, no está bien, pero es la forma en que logro conseguir dinero para hacer algo, porque si no... (Investigador asistente CONICET, 19/03/2019).

²¹² Para más información sobre el marco normativo de CONICET referido a la vinculación científico-tecnológica (convenios, propiedad intelectual, servicios, asesorías, becas o investigación en empresas, entre otros ítems) puede consultarse el Manual de Normativas y Procedimientos en <https://cutt.ly/ZEdRMuL> (Consultado el 07/01/2021).

Es que los servicios insumen tiempo de trabajo, un entrevistado lo resumía así: “yo no estoy haciendo servicios pero hice en un tiempo, pero te demanda mucho tiempo, es muy desgastante... bah, para mí te saca tiempo a tus investigaciones propias” (investigador adjunto CONICET, 10/05/2019). Es que al no implicar producción de nuevos conocimientos, las interacciones de servicios no resultan una actividad particularmente atractiva para los investigadores. No solo la ausencia de desafíos y de posibilidades de producir conocimiento novedoso (como en una interacción bi-direccional) es desestimulante, sino también el tiempo de trabajo que no podrá convertirse en artículos u otra producción científica capitalizable de modo más directo y personal, como en una interacción tradicional. Por esta última razón, los servicios tampoco son considerados por CONICET como un antecedente relevante a la hora de evaluar la labor de los becarios o investigadores.

Yo le digo mirá, el año pasado hice servicios para otra empresa, un montón de servicios, que lo usé para hacer investigación. En el informe le dije mirá, no tengo plata para subsidios, pero con la plata que me entró de servicios hice todo esto... me dicen “no publicó trabajos científicos”, y decís bueno pero a ver, ¿no tengo plata! (Investigador asistente CONICET, 19/05/2019).

Esta discrepancia entre las exigencias de CONICET y los recursos que ofrece es tematizada con frecuencia por los investigadores, que la experimentan con frustración, especialmente cuando las evaluaciones no consideran (o incluso valoran negativamente) los esfuerzos extra que realizan para obtener los insumos necesarios para llevar adelante las investigaciones. Para evadir este problema, muchas veces las relaciones con empresas adoptan la forma de una colaboración.

5.4.3. Realización de colaboraciones

A diferencia de la provisión de servicios, en las colaboraciones sí suele haber investigación científica (producción de nuevo conocimiento, desarrollos inéditos, aplicaciones novedosas). Dependiendo del interés de la empresa, las colaboraciones oscilan entre una interacción tradicional o una bi-direccional. Esto quiere decir que el estímulo que orienta la colaboración por parte de los científicos es más bien intelectual que económico, dada la posibilidad de generar conocimiento. Esto representa una oportunidad real de “sumar un antecedente”, es decir, de que su aporte

redunde en un paper, una patente, una ponencia en un congreso o cualquier otro resultado que sea positivamente valorado para su trayectoria profesional.

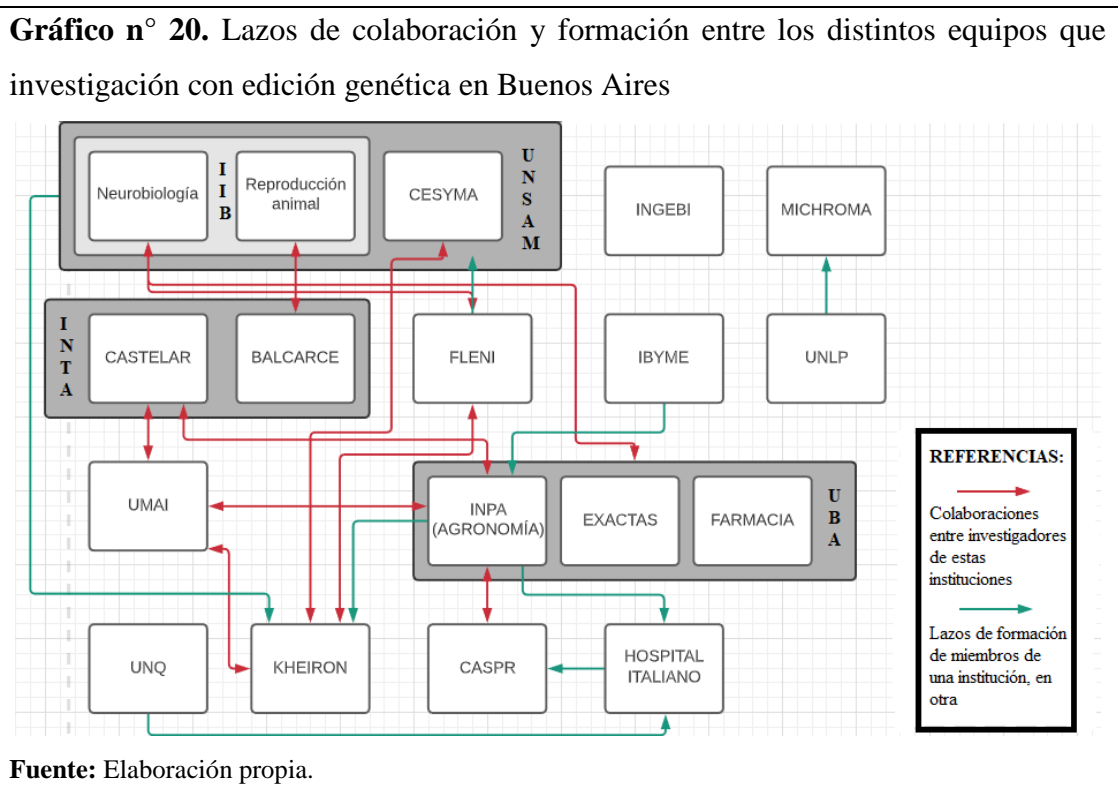
Las colaboraciones se pueden dar entre dos o más instituciones, de similares o diferentes características, del sector público o del privado. La clave es que todos los actores se benefician o creen beneficiarse, aunque sea de distintos modos. A esto apuntan los actores cuando pautan o aceptan colaborar con proyectos ajenos, formando un vínculo mucho más complejo que el intercambio de un servicio por dinero. Por eso “no puede hablarse de cooperación público-privada *tout court*, ya que la colaboración ciencia-industria puede asumir múltiples formas y realizarse a través de múltiples canales” (Verre, Milesi, Peteski, 2020: 14).

Algunas veces el objetivo es acceder al conocimiento experto de otros profesionales, dada la creciente especialización de las ciencias, o a las instalaciones de otras instituciones. Así, el estímulo para la colaboración puede tener diversas razones y responder a distintas necesidades, a la vez que cada institución puede realizar aportes diferentes. Algunos pueden ofrecer sus instalaciones (por ejemplo, quirófanos adaptados para equinos, o que cumplen con normas GMP), otros tienen científicos expertos en determinadas áreas, otros cuentan con mejor financiación que les permite aportar insumos, reactivos y otras materias primas indispensables, o poseen bancos de muestras o bioterios.

Con la misma lógica que aplica para la contratación de servicios, normalmente es más simple y económico colaborar con otra institución que comprar equipos, contratar investigadores, adquirir hectáreas de campo y/o mantener en funcionamiento un quirófano, laboratorio, entre otras posibilidades. Pero como afirmamos, este escenario colaborativo que permite optimizar los recursos disponibles, resulta menos de una orientación deliberada o una política pública del Estado y sus organismos CyT, que de estas acciones que científicos e investigadores despliegan para poder resolver las necesidades de su trabajo. Esto implica que la incipiente red de colaboraciones entre instituciones públicas y privadas de I+D+I emerge de una serie de estrategias mayormente informales, que evaden las reglamentaciones del CONICET o las instituciones de pertenencia.

Los vínculos que las hacen posible son profesionales, pero muchas veces también personales. Encontramos que una fundación sin fines de lucro colabora con una empresa privada, en parte por la relación matrimonial entre una investigadora de

la primera y el CEO de la segunda. También muchas emergen de lazos amistosos con ex compañeros de la formación de grado, o de instancias de trabajo previas. Quienes se animan a crear startups, no parecen romper relación con las instituciones a las que renuncian sino, por el contrario, recurrir a ellas en pos de un beneficio mutuo que suele consistir en la contratación para tareas específicas. En el gráfico n° 20 sistematizamos las relaciones entre instituciones que encontramos en nuestro trabajo de campo, sea por la existencia de proyectos conjuntos, o por el traspaso o doble pertenencia de quienes se formaron en una y se desempeñan en otra. Sin ánimos de ser exhaustivos, el propósito es graficar cómo se conectan entre sí quienes trabajan con edición genética.



Es interesante señalar que los biotecnólogos no solo circulan entre instituciones de I+D sino también por (hacia y desde) las oficinas del Estado, participando de los propios organismos reguladores, como CONABIA, SENASA, ANMAT, entre otros. Por ejemplo, quienes ocupaban el cargo de Director de Biotecnología del Ministerio de Agroindustria (Martín Lema) y su mano derecha (Agustina Whelan) en 2019, eran ambos biotecnólogos de la UNQ. Los vínculos

personales e institucionales también sirven para relacionarse con ellos, especialmente cuando el resultado de un proceso de I+D ya se encuentra en condiciones de presentarse a evaluaciones para su aplicación a gran escala y su salida comercial. Por ejemplo, vimos que las investigaciones aplicadas a la agroganadería acercan a científicos y funcionarios que forman lazos estrechos y directos. Por ejemplo un investigador y empresario nos decía: “yo me escribo por whatsapp con el Director de CONABIA” (10/07/2019). Lo reducido del universo favorece la cercanía. El Director de un Centro de I+D nos sintetizaba: “que también están haciendo trabajos de edición génica y... son pocos... deben haber 6, 7 personas más o menos. La última vez nos juntamos todos en el Ministerio y éramos, sí, 8, no somos muchos” (11/06/2019).

5.4.4. Combinación y camuflaje de investigación básica y aplicada

Una estrategia de otra índole se vincula con la creencia de muchos investigadores respecto de que las investigaciones aplicadas son objeto de mayor financiación, fomento y hasta legitimidad que las básicas. En países como el nuestro, la dedicación exclusiva a la investigación básica comienza a aparecer como un lujo que no siempre se puede sostener, dados los problemas que identificamos para quienes dependen del dinero público. A veces tampoco es posible dedicarse exclusivamente a lo aplicado. Incluso los entrevistados que encasillan su práctica profesional exclusivamente como básica o aplicada, se desmienten en el relato de sus tareas, que consisten más bien en una mezcla de ambas. Así relata la situación una entrevistada, investigadora adjunta de CONICET en una universidad pública:

Yo soy 100% academia pura cepa, me fascina el conocimiento y saber y no necesito que tenga una aplicación, pero la realidad es que en nuestra realidad hoy por hoy si a mí me alcanzara hacer la ciencia que quiero hacer yo con los fondos que me dan, y que encima tampoco me los dan en tiempo y forma... si me alcanzara probablemente no estaría buscando alternativas, pero sí me pasa que me lleva a que tengo que buscar alternativas y bueno, en una empresa, un privado, de otra forma... o que tenga una transferencia tecnológica más concreta o pensarla de ese lado... porque tengo más acceso a fondos de esa forma, y bueno, sí, que me permita seguir avanzando en la parte académica ¿no? (01/08/2019).

Priman las estrategias que permiten generar recursos, publicidad y visibilidad para las investigaciones frente a la vocación, el deseo y la especialización, o justamente como un medio para concretarlos. Y es que, por ejemplo, publicidad y

visibilidad se consideran reconvertibles en recursos, esto es, no solo como un capital social o un reconocimiento, sino también como canjeable por capital económico. El CEO de una empresa nos explicaba que contar con una publicación científica implica que sus hallazgos y el nombre de su empresa deberán ser nombrados por otros investigadores en distintos eventos y publicaciones, dando no solo visibilidad al trabajo de la empresa, sino además el prestigio y la legitimidad de contar con el aval de colegas. Así, el mundo académico opera como una garantía de calidad útil para el sector privado.

Muchos entrevistados relatan formas de “disfrazar” una investigación completamente básica de aplicada, para conseguir financiación de actores interesados en proyectos aplicados. Normalmente, la idea es convencer a otro de que una investigación en curso (básica) puede aplicarse fácilmente a la resolución de un problema que afecta a ese otro, potencial inversor. De este modo, los investigadores creen poder acceder a recursos que no obtendrían con una investigación totalmente básica (que casi con seguridad solo tendría financiación estatal), planteando algunas desviaciones mínimas en su proyecto original. Así, con poco esfuerzo, ofrecen una aplicación que pueda ser de interés a una empresa que aporte capital, aunque la investigación en esencia no haya sido diseñada como aplicada. Un investigador nos daba un claro ejemplo,

Había unos que trabajaban con mosca de la fruta de la parra en Mendoza, una plaga de la fruta... vos podés ir a los viticultores y decirles “yo tengo este proyecto, yo creo que si hago tal cosa con CRISPR podemos hacer, no sé, que las moscas se mueran”. Por ahí lo dibujas como un proyecto de aplicación, conseguís que te den dinero, y vos lo que hiciste fue algo básico. [...] Le decís, no sé, voy a probar 5000 drogas para ver cuál mata esta mosca, o baja la cantidad de moscas. Y vos lo que querés, vos estás trabajando con una parte metabólica de la mosca, y trabajas con 20 drogas, y decís bueno, vos trabajás estas 20 drogas pero ahora vas a tener 5000, pero te van a dar un montón de plata, y contratás a un montón de investigadores doctorales para que hagan ese trabajo, y te van a pagar los sueldos de los investigadores, te van a pagar los reactivos, y vos hacés investigación básica (Investigador asistente CONICET, 19/03/2019).

Sin embargo, aún hay investigadores del sector público que no tienen interés en buscar empresarios interesados y ocuparse de estas negociaciones, que actualmente es una de las tareas que realizan las vinculadoras CyT: ver qué aplicación posible pueden tener las investigaciones que se están desarrollando en su institución, sin que sea necesario transformar o detener el curso de la misma. Muchos

de ellos consideran que es el Estado quien, además de pagar su sueldo, debe proveer y garantizar los insumos necesarios para trabajar y, por tanto, no les corresponde “salir a buscar” recursos, financiaciones, ni ninguna alternativa diferente a la que propusieron en sus proyectos de investigación.

Para la vinculadora es más simple recibir pedidos específicos, pero esto implica mayores esfuerzos de los investigadores para redirigir sus conocimientos hacia las necesidades de quien solicita la vinculación. Por ello, el de los organismos de vinculación argentinos es todavía un trabajo más que nada de gestión de la demanda. Como lo explica la Directora de una oficina de vinculación,

Ellos tienen un hallazgo y hay que salir a buscarle novio... mucho más difícil que si vienen con un problema. Nosotros trabajamos con empresas que nos solicitan servicios o desarrollos, que vienen y nos dicen “miren, yo tengo este problema”, qué sé yo, por ejemplo, “tengo un insecto que me ataca la comida de los pollos, ¿qué hacemos?” Entonces eso es diferente de que acá alguien genere un bioinsecticida que puede ser usado para quichientas cosas y salir a ofrecerlos. Yo cuando lo salgo a ofrecer tengo que imaginar a quien le puede servir y por ahí la historia de los pollos nunca me la contaron y nunca me llegó, ¿entendes? es más difícil, que interprete el otro que esto le sirve (12/05/2019).

En Argentina, este modelo de ofertar no se pone demasiado en práctica, en parte porque el sector empresario aún no está muy predispuesto (en líneas generales) a invertir en renovar tecnologías y procedimientos si no es estrictamente necesario, mucho menos en hacer inversiones de riesgo o a relacionarse con instituciones estatales. Todo ello ocurre recién cuando estas investigaciones atraviesan todo un proceso de aprendizaje y capacitación en el mundo empresarial. En algunos centros de investigación de otros países, donde muchos de los científicos argentinos realizaron instancias de investigación, ese formato es frecuente, y goza de cierta legitimidad entre los investigadores locales, en tanto permite que sus resultados acaben en patentes, aplicaciones, desarrollos, startups, entre otras derivas posibles, pero sin tener que ocuparse de ello personalmente. Serían interacciones de tipo comercial, pero en la que los científicos no tienen que desviar la atención de su trabajo cotidiano de investigación ni dedicar recursos (dinero, tiempo, entre otros) para concretar la vinculación, porque hay otros actores dedicados a esta tarea.

El Instituto Weizmann de Israel es un caso paradigmático de este modelo, que cuenta con expertos dedicados exclusivamente a buscar y fomentar estas aplicaciones: mientras los científicos hacen ciencia básica, ellos evalúan potenciales

usos y aplicaciones y buscan interesados. En la BioArgentina de 2018,²¹³ organizada por la Cámara Argentina de Biotecnología (CAB),²¹⁴ Hugo Sigman destacó la importancia de la investigación básica haciendo referencia a esta institución.²¹⁵ El mismo evento, al que asistimos, contó con la conferencia estelar de Mudi Sheves, uno de los vicepresidentes del Instituto Weizmann, que comercializa de modo exclusivo la producción del mismo. Estos discursos evidencian la inclinación favorable de las empresas locales por este tipo de vinculación.

5.4.5. Superespecialización y adaptación a las modas internacionales

Otra estrategia a la que recurren los científicos-investigadores y los equipos e instituciones donde trabajan para optimizar el uso de los recursos disponibles, es la superespecialización o concentración en nichos de expertise. La idea es adaptar las líneas de investigación previas al trabajo con edición génica, manteniendo sus recursos y aplicaciones. En otras palabras, si es un laboratorio que trabaja mayormente con insectos, diversificarlos o comenzar a investigar en pequeños mamíferos implica una erogación de recursos enorme (conseguir los ejemplares, conservarlos en condiciones, adaptar los bioterios, contar con personal con conocimiento en el mismo, entre otros aspectos clave) que lo hacen prácticamente imposible. Por el contrario, especializarse más, por ejemplo, eligiendo trabajar con un tipo de mosca, si es una variedad local mucho mejor, permite optimizar los escasos recursos disponibles. Además, actúa como una especie de garantía de que la investigación va a permitir al menos publicar un artículo original, ya que no hay otro laboratorio utilizando edición génica para ese tipo de mosca en ningún lugar de mundo, ni probablemente laboratorio con tanto conocimiento previo sobre la misma. De este modo, aunque se anule de antemano la posibilidad de generar un

²¹³ BioArgentina es uno de los eventos biotecnológicos más importantes del país. Se realiza anualmente en distintas provincias para fomentar la vinculación entre investigadores, emprendedores y empresas.

²¹⁴ Fundada en 2011 para fortalecer la política de colaboración público-privada en biotecnología e impulsar su desarrollo. Sus miembros lideran múltiples y variadas áreas de la industria biotecnológica.

²¹⁵ Hugo Sigman es un empresario argentino, junto a su esposa Silvia Gold fundó Grupo INSUD, un conglomerado empresarial altamente diversificado, con presencia en los campos de la farmacéutica, la agroforestería y el cine en más de 40 países. Es además co-fundador de la CAB, accionista de Bioceres y se ubica sexto en el ranking de millonarios argentinos en 2020, según la Revista Forbes.

conocimiento “universal”, se maximizan las chances de alcanzar algo novedoso y, en consecuencia, publicable en alguna “buena” revista científica.

La elección del animal, cultivo, tejido u organismo sobre el que se va a trabajar es clave para una eficiente distribución de los recursos materiales y humanos disponibles y para asegurar un aporte científico relevante, al menos de pequeña escala. Así, mostrar cómo CRISPR funciona en el organismo específico sobre el que se viene trabajando históricamente en el laboratorio fue una de las estrategias llevadas adelante por científicos argentinos. La elección de la técnica también es una estrategia clave. Como sostiene una investigadora: “dijimos ‘bueno, a ver qué pasa si ahora lo hacemos con CRISPR-Cas’, en paralelo o incluso, como vende mejor la temática en este momento, enfocándonos mucho más en eso” (investigadora adjunta CONICET, 10/08/2019).

En este sentido, que CRISPR “esté de moda” aparece como una buena razón para intentar incorporar la técnica a la investigación en curso. Usarla o incluir en la formulación de un proyecto que intentarán hacerlo, les parece una buena estrategia para visibilizar su trabajo, e incluso para sumar relevancia al mismo, por ejemplo, cuando se compite por subsidios a la investigación. Esto pone el foco justamente en el ideal de ciencia universal: cuando se trabaja con una técnica que se encuentra en el centro de la atención a escala global se tiene y se transmite la idea de que se está a la vanguardia del campo. La tensión entre la universalidad de la técnica y lo local de su aplicación reactualiza viejos debates sobre si la producción de conocimiento en Argentina responde o no a una agenda extranjera o a la resolución de problemas nacionales (Beigel, 2013; 2018). La respuesta a priori parece ser una mezcla, especialmente para las investigaciones básicas.

5.5. Disponibilidad de científicos: vacancia y potencialidades

La gran inversión del Estado permitió que existan en Argentina recursos humanos formados y altamente capacitados. El contexto inestable, la falta de presupuesto e insumos para que puedan trabajar y la creciente presión por la innovación, estimularon en estos científicos-investigadores la flexibilidad y creatividad. Para continuar sus investigaciones y su carrera profesional, debieron reinventar sus capacidades y ampliar sus márgenes de acción y ámbitos de

intervención. Debieron, en otras palabras, volverse emprendedores de su propia investigación. Ya no alcanza con realizarla, sino que hay que movilizarse para conseguir los fondos y recursos necesarios, y justificar su relevancia a actores distintos de los colegas, que tienen otros intereses y lógicas. En simultáneo, estas prácticas empiezan a ser aceptadas como parte de las reglas del juego, esto es, cada vez menos cuestionadas al interior del propio campo científico.

En este sentido, como respuesta a fenómenos que la amenazan, la práctica de los científicos se ha adaptado a sus nuevas condiciones de posibilidad. A los tumbos, comenzaron a formar redes de colaboraciones, al menos en el campo de la edición genética, que permiten, desde abajo, hacer de la necesidad virtud. Aunque están dadas las condiciones iniciales para producir conocimiento y desarrollos exitosos, también para generar dinero, investigar en el Estado acabó volviéndose una tarea ingrata y cuesta arriba para las nuevas generaciones. Frente a las carreras tradicionales, el sector privado apareció como una opción para el progreso personal y profesional, incluso como complemento para realizar I+D y generar un impacto significativo.

De este modo, muchos científicos, técnicos, investigadores, como también sus descubrimientos, ideas y proyectos, están disponibles. Preparados, ambiciosos, mal remunerados y subutilizados, los científicos argentinos expresan una vacancia: todo aquello que podría hacerse pero no se hace. La conciencia de esa disponibilidad y la imagen de un potencial desaprovechado, se incrementa ante la existencia de un espacio intermedio que logra conectarlo con ciertos actores del sector privado, que comienzan a mostrarse como una alternativa viable a la investigación bajo la órbita del Estado. De un modo discreto, informal, de hecho, los investigadores, pero también el CONICET y las Universidades Nacionales, buscan la mejor manera de relacionarse entre sí y con otras instituciones para poder funcionar.

6. DE LA NECESIDAD A LA VIRTUD: “DAR EL SALTO” AL ECOSISTEMA INNOVADOR

En Argentina, la crisis presupuestaria y los imperativos de innovación empujan a los científicos-investigadores al sector privado, impulsando la generación de una red de colaboraciones y vínculos informales. Nacidos de la necesidad, estos acaban volviéndose virtuosos. De ser objeto de suspicacia en el pasado, las historias de éxito de algunas investigaciones aplicadas comenzaron a ser reapropiadas por el discurso de los funcionarios del Estado como ejemplo de las virtudes de sus políticas en CyT, incluso cuando resultaban más bien de los vericuetos seguidos para afrontar sus fallas. Si bien en diversas instituciones “clásicas” del sector público existe desde hace décadas un “espacio intermedio” (Eyal, 2012), cuyo objetivo era fomentar la vinculación de su ciencia con el mercado (externo a ellas), recientemente ese espacio se ha extendido por la emergencia, desde el sector privado, de organizaciones que buscan atraer a la ciencia y/o a los científicos.

Tradicionalmente, el acercamiento entre ciencia y empresa, sector público y privado, orientación básica y aplicada, enfrentaba la desconfianza de ambos “mundos” que se concebían como dicotómicos, con lenguajes, objetivos, necesidades y prácticas diferentes. Pero en el marco de las transformaciones en el capitalismo, ahora centralmente financiero, novedosos formatos de vinculación se alían con la biotecnología en general y CRISPR en particular, porque comparten características con las inversiones y capitales de riesgo que generan inmediata afinidad. Este nexo comienza a aparecer para muchos científicos pero también para decisores y funcionarios de las instituciones de I+D y el Estado, como una buena (sino la mejor o la única) manera para que los hallazgos científicos tengan efectos de valor concreto, innovación, impacto productivo y “se conviertan en algo útil para la sociedad”. Así, estas relaciones comienzan a ser reconocidas como válidas y valiosas por las instituciones CyT que estaban destinadas a controlarlas o incluso a sancionarlas.

Por ello, este capítulo busca identificar qué instituciones conducen a los científicos hacia el sector privado, cómo se combinan estos nuevos formatos emergentes de I+D con las necesidades estructurales del país e iluminar su rol en el modo en que esos supuestos polos dicotómicos (sector público y privado, ciencia y

empresa) se difuminan en la práctica. Para esta reconstrucción nos serviremos de entrevistas y observaciones propias, a las que complementamos con fuentes secundarias, como el material disponible en medios de comunicación.

6.1. Las transformaciones del capitalismo y la celebración de la innovación

Aunque con raíces en las décadas del 60 y 70, desde los 90's cobraron fuerza dos grandes transformaciones en el capitalismo que tuvieron repercusión en el modo de producir y aplicar conocimiento y tecnologías innovadoras. El primero refiere a la ruptura de la exclusividad entre producción y generación de valor, esto es, en la creciente valorización de lo inmaterial, que ha sido denominada *capitalismo cognitivo* y/o financiero, y que encuentra en la biotecnología moderna un aliado fundamental. El segundo es la *transformación en los modos de gestión y legitimación del capitalismo* que comienzan a valorar positivamente la flexibilidad, el cambio, y la toma de riesgos. Ambos procesos confluyen, entre otros fenómenos, en el auge de un nuevo modelo empresarial basado en “startups” que, con raíces en Estados Unidos, está expandiéndose también en Argentina. Veremos que existe afinidad entre una técnica como CRISPR, que encierra un gran potencial y muchas promesas, entre ellas la posibilidad de cambiar el mundo, y este formato empresarial que se caracteriza por traccionar inversiones riesgosas pero potencialmente muy innovadoras.

6.1.1. Capitalismo cognitivo y biotecnología

La expresión capitalismo cognitivo se utiliza para enfatizar una transformación cualitativa central en las lógicas de producción del capitalismo, que habría abandonado su etapa “industrial”. Como sintetiza Míguez, “esta etapa del desarrollo capitalista se caracteriza por colocar el conocimiento y el cambio tecnológico en el centro de los procesos de valorización del capital” (2013: 28). Así, la organización del capitalismo cognitivo se funda sobre la acumulación de conocimiento, pero no como un fin en sí mismo sino como mediador, plausible de

ser reintroducido en el sistema productivo (Córdoba, et al., 2015: 81). En este nuevo estadio, el régimen secuencial del capitalismo industrial es reemplazado por un régimen de innovación permanente que, dada la creciente compenetración entre investigación básica y aplicada (particularmente en software y biotecnología), constituye un nuevo paradigma de innovación, cuyo rendimiento descansa en los derechos de propiedad intelectual (Lebert y Vercellone, 2006: 50).

En este sentido, uno de los pilares de este nuevo capitalismo es que el saber y lo inmaterial se vuelven el principal recurso de valor y, en consecuencia, los saberes incorporados en el trabajo cobran centralidad, antes que los incorporados al capital fijo (Lebert y Vercellone, 2006: 50). En ese contexto, la ciencia misma se transforma en mercancía y constituye una promesa,²¹⁶ entendida como ese tipo de mercancía cuyo valor de uso no es efectivo o concreto sino justamente una promesa de que va a impactar en las condiciones productivas, y es ahí donde va a generar valor concreto. Como sostiene Hagstrom (1975), siempre hay un valor de cambio en el conocimiento, aunque sea en capital simbólico. Como vimos, las transformaciones en los derechos de propiedad intelectual favorecieron la entrada del capital financiero en la producción de conocimiento, y constituyen uno de los cimientos sobre los que se desarrolla el ecosistema startup.

En el marco de esta atadura entre ciencia y mercado, la ciencia es la fuerza productiva más importante (Habermas, 1997) y su mercantilización o monetización (o la del conocimiento y la propiedad intelectual), modela el proceso de I+D en forma abierta. La innovación es uno de los procesos que capta las formas en que la ciencia se convierte en promesa de valor y de impacto productivo, particularmente fuerte en el campo de la biotecnología, donde los vínculos entre investigación básica e innovación técnica son muy estrechos (Johnson y Lundvall, 1994: 696).

6.1.2. Un nuevo espíritu innovador: del fomento institucional al emprendedor

La década del 90 también se caracterizó por la difusión de medidas económicas y políticas del modelo neoliberal norteamericano, especialmente en

²¹⁶ Agradezco los comentarios de Pablo Lavarello a mi plan de trabajo doctoral, fueron una contribución invaluable para esta idea de la ciencia como mercancía y promesa de valor.

países como el nuestro que requerían de los préstamos del FMI y el Banco Mundial para afrontar sus crisis internas y, por tanto, estaban condicionados a adoptar las directrices plasmadas en el “consenso de Washington”. Esto estimuló el proceso de reestructuración de las funciones y dependencias del Estado, que retomó algunos principios de las técnicas de gestión pública aplicadas en países como Reino Unido, Canadá, Nueva Zelanda y Estados Unidos, con miras a una “reforma managerialista” (Estévez, 2001). Esta alcanzó a las instituciones CyT creadas durante la década, coincidentemente con la expansión de la perspectiva de los SNI, por lo que tuvieron una fuerte impronta en la innovación como principal objetivo, y con la vinculación entre sector público y privado –o ciencia y empresa– como fórmula central.

Así, no solo la forma de producir y valorizar el conocimiento estaba cambiando, sino también el modo de gestión empresarial. Boltanski y Chiapello afirman que entre los años 60’s y 90’s, el propio “espíritu del capitalismo” cambió profundamente (2010: 148). Definido como un conjunto de creencias asociadas al orden capitalista que contribuyen a justificarlo y mantener los modos de acción y las disposiciones que son coherentes con él, mediante su legitimación (ibíd.: 46), el nuevo espíritu del capitalismo adquiere unas características fácilmente deducibles de las prescripciones formuladas para la gestión empresarial.

Boltanski y Chiapello encuentran que, mientras el modelo empresarial de los 60’s promovía una estructura estable, jerárquica, meritocrática y centralizada; el nuevo espíritu del capitalismo fomenta organizaciones “innovadoras y altamente competentes” (2010: 120), donde las consignas a seguir son “la creatividad, la reactividad y la flexibilidad” (ibíd.: 140). En este sentido, “uno de los principales atractivos de las propuestas formuladas en la década de 1990 es la promesa de una cierta liberación” (ídem): lo que la empresa ofrece es una posibilidad de desarrollo personal (ídem). Aquí entran en escena el líder y sus perspectivas; su “visión tiene las mismas virtudes que el espíritu del capitalismo, porque garantiza la adhesión de los trabajadores sin tener que recurrir a la fuerza y otorga un sentido al trabajo de cada cual” (ibíd.: 122). De ese modo, el líder moviliza el anhelo de trabajar en un proyecto de empresa interesante. Esto lleva a Boltanski y Chiapello a plantear la noción de “ciudad por proyectos”, para referir a este nuevo formato de capitalismo que incentiva un “mundo flexible constituido a base de proyectos múltiples llevados a cabo por personas autónomas” (ibíd.: 143).

El nuevo espíritu valoriza a quienes son adaptables y saben trabajar en diversos proyectos y con gente diferente. En sintonía, se destaca positivamente el cambio, el riesgo y la movilidad (ibíd.: 145). El capitalismo ahora se legitima en la idea de que los individuos deben pasar de un proyecto a otro, como oportunidad para aprender. Por ello la realización personal descansa en la participación en una multiplicidad de proyectos (Boltanski y Chiapello: 2010). Esto coincide con las transformaciones identificadas por Foucault en torno al neoliberalismo norteamericano: el *homo economicus* pasa de ser un socio del intercambio a un empresario de sí mismo (2012: 264), un capital humano.

Poco a poco, las instituciones clásicas de vinculación fueron dejando lugar a nuevos actores que, desde el sector privado, demandan ciencia y científicos. En estos, se fomentan las mismas características: flexibilidad, innovación, arrojo al cambio, el riesgo y la incertidumbre. Siguiendo la noción schumpetereana, la innovación descansa más en el emprendedor que en la investigación básica, y los nuevos actores (aceleradoras y company buildings) ofrecen asesoramiento a científicos, investigadores y técnicos para que se conviertan de científico-investigador a científico-emprendedor.

6.1.3. El “ecosistema startup”

El acercamiento entre los procesos de transformación en la gestión empresarial y la valorización financiera del conocimiento y su propiedad habilita una particular relación de beneficio mutuo entre emprendedores e inversionistas. Una de sus manifestaciones es un fenómeno que prolifera desde la década del 90, que es la creación de startups. El término designa a empresas emergentes, cuya cualidad específica es que están diseñadas para crecer rápido. Normalmente están conformadas por pocas personas y se las asocia a sectores intensivos en conocimiento con objetivos innovadores, aunque la asociación directa entre startup e innovación suele ser más asumida que empíricamente testeada (Anokhin y Wincent, 2012). Suelen basarse en una idea tecnológica o en un hallazgo científico, sobre el que se trabaja para convertirlo en un producto o servicio comercializable. Iniciadas usualmente por científicos y/o tecnólogos con escaso conocimiento en administración y comercio, la consolidación y el crecimiento de las startups demanda

la intervención de expertos externos que brindan capacitación, asesoramiento e inversiones. Por ello suele hablarse de todo un “ecosistema” startup.

Las primeras startup visibles y exitosas pertenecían a la industria del software y, tiempo después, a los servicios de internet, como los cientos de ejemplos que se concentran en el *Silicon Valley*. Las exorbitantes ganancias generadas por algunas de estas, atrajeron rápidamente el interés del mundo empresario.²¹⁷ Detrás de este modelo se encuentra una “filosofía” empresarial que concibe a la startup como “una institución humana diseñada para crear un nuevo producto o servicio bajo condiciones de incertidumbre extrema” (Ries, 2011: 8), y es por esta particularidad que, sostienen, requiere formas de gestión diferentes a las de las empresas tradicionales (ídem). Se trata de un proceso de experimentación, que exige trabajar a prueba y error, ajustando el producto y a veces la estrategia de la que resulta, para no perder nunca de vista el objetivo: “construir valor sostenible y cambiar el mundo para mejor” (2011: 284). Por eso, para quienes sostienen esta concepción de la startup, la empresa no aparece como una forma de producir ganancias inmediatas sino como una herramienta de cambio. Como explicaba un entrevistado, tienen que ser monetizables, generar retorno, poder crecer, pero mediante la formulación de “propuestas reales, concretas, de solución de problemas concretos de la humanidad” (CEO y fundador de una company building, 30/07/2019). Con esta idea es que las company buildings, incubadoras de empresas y aceleradoras de startups convocan a potenciales interesados (ver imagen n° 6).

²¹⁷ Muchas de las firmas que más dinero facturan al momento de escribir esta tesis surgieron con esta modalidad, como Airbnb, Uber, Spotify, Xiaomi y Snapchat. Estas son consideradas “unicornios”, término con que se conoce a las startup que valen más de 1000 millones de dólares, antes de llegar a cotizar en bolsa. En Latinoamérica, destacan Rappi, Mercadolibre y Despegar.

Imagen n° 6. Convocatoria al Programa de la company building argentina GridX.



¿Quiénes pueden postular su proyecto?

Investigadores, becarios/as, y emprendedores independientes de cualquier parte de **Latinoamérica**. Personas que se hayan planteado cambiar el mundo por lo menos una vez en los últimos meses y creen tener el material de partida para hacerlo.

Fuente: Cadena de correo electrónico de GridX, 30/11/2020.

Las startups desarrollan sus productos con menores inversiones y costos y con mayor rapidez que las grandes empresas, en ciclos de innovación más cortos, comúnmente de acuerdo a un sistema que se conoce como *lean startup*.²¹⁸ Por su carácter innovador conlleva un índice de fracaso mucho más elevado que el de las empresas tradicionales, donde solo un pequeño porcentaje sobrevive (Gutman y Lavarello, 2014a: 163). Se estima que solo el 10% de las startups tiene éxito,²¹⁹ lo que ilustra la tan aludida incertidumbre que afrontan estos proyectos.

En lo que respecta a la financiación, el desarrollo de las startup va en paralelo al de las inversiones de capital de riesgo o capital emprendedor (*venture capital*), su principal fuente de ingresos. Con frecuencia, lo que las startups tienen para ofrecer es una idea promisoriosa, una promesa de valor, sostenida en el conocimiento del equipo que la llevará adelante. Por esta razón, normalmente no pueden ofrecer garantías para el dinero que necesitan. La idea, y eventualmente una patente, son el único capital inicial que poseen científicos, ingenieros o tecnólogos en busca de inversores. Estos últimos tienen que estar dispuestos a correr el riesgo de apostar por un proyecto con mucho potencial y pocas certezas.

²¹⁸ Adjudicado a Steve Blank y popularizado por Eric Ries.

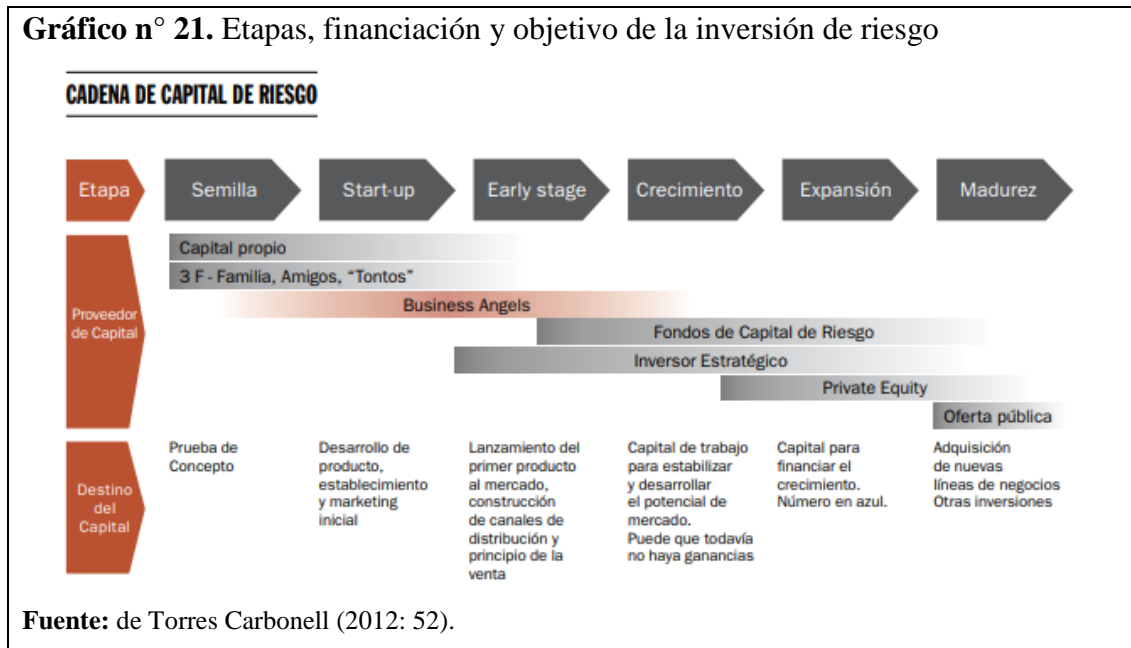
²¹⁹ Entre las principales razones por las que fracasan las startups se señala la inexistencia de un mercado para el producto ofrecido, problemas con el equipo de trabajo y el quedarse sin dinero. Esto último puede deberse a una mala gestión o a que no se creció lo suficientemente rápido como para sostener el interés de los inversores y los consumidores y, en consecuencia, recibir más dinero en nuevas rondas de financiación. Fuente: “90% Of Startups Fail: Here's What You Need To Know About The 10%”, en *Forbes*, 16 de enero de 2015. Consultado el 05/03/2020 en <https://cutt.ly/LEdR7e9>

Para esta clase de inversores, el negocio está en capturar el valor de crecimiento de las empresas en las que invierten. La forma más común es la participación accionaria en la empresa, que exige que esta pueda ser vendida, adquirida o llegue a realizar una oferta pública de acciones que aseguren liquidez (Peire, s/f). Así, los inversores pueden vender sus acciones cuando lo deseen: la apuesta es que la empresa crezca y consiga inversores con mayor capacidad financiera, que comprarán esas acciones a mayor valor. Así, los primeros interesados podrán retirarse habiendo multiplicado su dinero, y dejando lugar para nuevos inversores con más capital y mayor capacidad de afrontar el riesgo.

Con cada ronda de financiación, la apuesta se hace más fuerte y los actores con capacidad de participar (y afrontar el creciente riesgo) varían. Según pudimos registrar en nuestras observaciones y entrevistas, existen distintos niveles de inversión en capital de riesgo, que oscilan en un rango de 1 a 15 millones de dólares y se ofrecen en rondas de financiación, donde las startups se presentan en busca de inversores.²²⁰ Las rondas suelen denominarse A, B, C o D, donde la serie A es la inicial y la que tiene los montos más bajos, por lo que normalmente es donde la startup consigue sus primeros inversores externos. A la serie B suele recurrirse cuando esta ya es rentable y desea crecer y expandirse, y así se va participando de subsiguientes rondas en busca de financiación mayor. En este sentido, para apelar a mayores montos se suele requerir la presentación de una empresa cada vez más consolidada, mientras que a la serie A es común contar con una buena idea y un equipo de trabajo sólido, para la serie B se requiere ya tener un producto o servicio al menos diseñado. Para lograrlo, suele necesitarse capital, por lo que frecuentemente las startups recurren a la búsqueda de financiación siguiendo este formato de serie. Si bien los montos y denominaciones varían, lo cierto es que cada etapa ofrece mayores sumas de dinero y también demanda mayores avances y garantías por parte de los emprendedores, como puede verse en el gráfico n° 21.

²²⁰ Una buena síntesis está disponible en <https://cutt.ly/5EdTqJ6> Consultada el 15/07/2021.

Gráfico n° 21. Etapas, financiación y objetivo de la inversión de riesgo



No existe consenso respecto de cuándo una startup deja de ser tal y se convierte en otra cosa, por ejemplo, una empresa convencional. Marek Fodor, cofundador de la startup Atrápalo, propuso una serie de criterios que indican que una startup ya dejaría de ser tal:²²¹

- Alcanzó el umbral de rentabilidad (*break-even point*), esto es, el punto de equilibrio entre ingresos y costos fijos y variables;
- Tiene más de dos años;
- Ya contrató secretarios y/o recepcionistas a jornada completa;
- La mayoría de las personas en la empresa trabaja horario fijo y sin excesos;
- La fuente principal de inspiración son las ideas de la competencia (dejó de innovar y/o agregar valor);
- Funciona en ausencia de sus fundadores (por vacaciones u otros motivos);
- Los fundadores ya tienen despachos separados del resto del equipo.

Si bien no hay consenso y esta lista recibió críticas –especialmente el criterio temporal– y adiciones –como no conocer a la totalidad de las personas empleadas–, establece un buen parámetro de las variables a considerar.

En América Latina, de acuerdo con ciertas estimaciones, alrededor del 73% de las startups se concentran en los siguientes rubros: Comercio, Finanzas,

²²¹ Disponible en <https://cutt.ly/9EdTyXQ> Consultada el 15/10/2020.

Educación, Tecnología y Transporte (Camayo Llallico, Vásquez Calderón y Zavaleta Núñez, 2017: 68). Históricamente fueron los emprendimientos tecnológicos los que tuvieron mayor acceso al capital de riesgo y no los proyectos científicos: estos últimos se enfocaban en el financiamiento público mientras el capital emprendedor apuntaba a proyectos principalmente de Internet. Sin embargo, esto está cambiando. Se estima que los proyectos más disruptivos vendrán en un segundo momento, porque primero suelen desarrollarse aquellos basados en plataformas empresariales ya establecidas que pueden lograr rápidos prototipos y tener una visión de disrupción para el mediano plazo (Peire, s/f). Justamente, solo el 10% de las startups latinoamericanas logra introducir nuevas tecnologías disruptivas: el 90% restante realiza innovaciones incrementales (Camayo Llallico, Vásquez Calderón y Zavaleta Núñez, 2017: 69). Sin embargo, y para apuntalar la nueva tendencia, los informes sobre el primer semestre de 2020 indican que BioTech fue el rubro donde hubo más transacciones en capital semilla (21,9%),²²² seguido por EdTech y Agtech; mientras que comparte con otros rubros el segundo lugar para las transacciones en capital emprendedor (con 9,1%), siendo software la que recibió más atención (ARCAP: 2020a).

6.1.4. Anclaje del “ecosistema startup” en Argentina y fomento estatal

Este nuevo modelo de I+D también tiene asidero en Argentina, que según el sitio web *StartupBlink* cuenta con 442 startups activas a julio de 2021.²²³ Un informe del BID para el mismo año identificó en el país 78 startups con al menos un millón de dólares en capital y seis en valor estimado (Peña, 2021: 9). En el ranking global presentado en el informe que realiza anualmente *StartupBlink* –observando cantidad, calidad y entorno de negocios–, Argentina obtuvo el puesto 39 para ese año, aunque por debajo de Brasil, México y Chile en la región (*StartupBlink*, 2021: 27). Estados Unidos ocupa el primer lugar, seguido por Reino Unido, Israel y Canadá. Según la Asociación Argentina de Capital Privado, Emprendedor y Semilla (ARCAP), el

²²² Semilla se denominan las inversiones en rondas previas a la serie A, generalmente menores al millón de dólares; reservan el término capital emprendedor para las inversiones de las Series A en adelante y mayores a 1 millón (ARCAP, 2020a).

²²³ Fuente: <https://www.startupblink.com/startups/argentina> Consultada el 15/07/2021.

capital emprendedor invirtió 153,6 millones de dólares en nuestro país durante 2018, representando un 21% de incremento respecto del 2017 (ARCAP, 2019: 10). En 2016, ese monto fue de solo 27,9 millones de dólares, concentrados en 9 transacciones, cantidad que aumentó a 17 en el 2018 (ídem). Entre 2016 y 2019, 281 startups recibieron inversiones de capital emprendedor en Argentina, por un total de 740 millones de dólares (ARCAP: 2020b).

La predicada asociación entre el rol del emprendedor y un conjunto de factores positivos como el desarrollo económico posicionó al emprendedorismo en un lugar central en los debates de política pública y, en los últimos años, llevó a “gobiernos, hacedores de políticas y organismos multilaterales a implementar, a impulsar o recomendar medidas de incentivo y fomento al emprendedorismo” (Carballo, Belloni y López Amorós, 2017: 38). En Argentina, el Estado sancionó algunas leyes para estimular al sector. Por ejemplo, en 2017 la Ley de Capital Emprendedor (N° 27.349) creó el Registro de Instituciones de Capital Emprendedor y la figura jurídica de las Sociedades por Acciones Simplificadas (SAS), que permite abrir una empresa en 24 horas a través de internet, reduciendo “las burocracias” que demoraban este proceso entre 3 y 18 meses. Además, originó el Fondo Fiduciario para el Desarrollo de Capital Emprendedor (FONDCE) para otorgar créditos y/o asistencia financiera a emprendimientos y/o instituciones de capital emprendedor, bajo la forma de aportes de capital, aportes no reembolsables u otras formas de financiación de origen tanto público como privado. También legisla el sistema de Financiamiento Colectivo para fomentar el capital emprendedor a través del mercado de capitales y la inclusión de plataformas de financiamiento colectivo (o crowdfunding).²²⁴

El FONDCE ofreció “fondos semillas” que consisten en préstamos de hasta 250.000 pesos a 6 años, con uno de gracia y sin intereses, que solo deberá devolverse si el emprendedor tiene éxito. Además otorga “fondos de aceleradoras” para lo que se seleccionaron 13 aceleradoras que acompañan el crecimiento de las startups, con la co-financiación del Estado. Esto es interesante porque implica que el Estado reconoce a estas instituciones como un mediador legítimo: no invierte directamente

²²⁴ Estas son sociedades anónimas autorizadas, reguladas, fiscalizadas y controladas por la Comisión Nacional de Valores que ponen en contacto a personas humanas y/o jurídicas que actúan como inversores con otras que solicitan financiación en calidad de emprendedores.

en los proyectos emprendedores, sino en actores privados que los seleccionan y asesoran, y que se comprometen con la coinversión.

En 2020 se aprobó la Ley de Economía del Conocimiento (N° 27.570) que otorga beneficios fiscales para microempresas y Pequeñas y Medianas Empresas (PyMES) de sectores intensivos en conocimiento. Con el propósito de garantizar la estabilidad fiscal, estipula créditos fiscales y reducciones impositivas,²²⁵ de forma que los beneficiarios no podrán ver incrementada su carga tributaria total. El régimen de promoción estará vigente hasta el 31 de diciembre de 2029 y aplica para empresas constituidas en o habilitadas para trabajar en Argentina, que sean intensivas en conocimiento. Esto incluye la industria del software; la producción audiovisual en formato digital; la biotecnología, bioinformática e ingeniería genética; nanotecnología y nanociencia; industria aeroespacial y satelital; e ingeniería para la industria nuclear (Ley N° 27.570).²²⁶ Deben acreditar que el 70% de su facturación del último año se vincula a las actividades promovidas, que realizan mejoras continuas en la calidad de sus servicios y capacitación de sus empleados, y también que exportan un porcentaje de su facturación total del último año en bienes de las actividades promovidas (al menos 4% para las Micro Empresas, 10% Pymes y 13% para las Grandes Empresas). Los beneficiarios podrán convertir en un bono de crédito fiscal intransferible hasta el 70% de las contribuciones patronales que hayan pagado y usarlos para cancelar de tributos nacionales y deudas anteriores.

Así, vemos que durante los últimos años se fue estableciendo en Argentina un “ecosistema startup” que, dada la creencia compartida en la importancia del sector privado para la innovación de base tecnológica, traza algunas líneas de diálogo y colaboración con el Estado. Los informes coinciden en que el principal problema que encuentra Argentina para desarrollar todo el potencial de ese ecosistema, es financiero. De Torres Carbonell identifica como obstáculos: la falta de disponibilidad de financiamiento para nuevos emprendimientos; la ausencia de un activo mercado de capital de riesgo, la falta de una cultura inversora en la población y la

²²⁵ Entre ellas, la reducción de los aportes patronales para los empleados en relación de dependencia, del impuesto a las ganancias y la exención del Impuesto al Valor Agregado.

²²⁶ Entre las que se incluyen la industria del software; la producción audiovisual en formato digital; la biotecnología, bioinformática e ingeniería genética; nanotecnología y nanociencia; industria aeroespacial y satelital; e ingeniería para la industria nuclear (Ley N° 27.570).

desconfianza del emprendedor hacia el inversor financiero (2012: 57). A su vez, esta falta de inversiones se explicaría por

Marcadas debilidades estructurales para promover actividad emprendedora; entre ellas la volatilidad de su economía, la deficiente distribución del ingreso y la debilidad institucional y política que condicionan el contexto; sumado al creciente fenómeno inflacionario y al reducido tamaño del mercado de valores respecto a otros de la región (de Torres Carbonell, 2012: 57)

En sintonía, el informe de StartupBlink identifica que los desafíos que enfrenta Argentina son principalmente financieros: la devaluación de la moneda local y un exceso de “trámites burocráticos” (entre los que señala las restricciones para el cambio de divisas) son consideradas como el trasfondo de la falta de inversores y una estructura financiera débil con altas tasas impositivas (2021: 142). Para que este “ecosistema emprendedor dinámico e innovador” (de Torres Carbonell, 2012: 57) se consolide, hay que estabilizar “políticas de estado de largo plazo, que provean estabilidad política, institucional y macroeconómica” (ídem), “mejorar la infraestructura y reformar la legislación para evitar la fuga de cerebros y atraer a empresarios extranjeros” (StartupBlink, 2021: 142). En síntesis, los expertos en startups sostienen que el Estado debe dar ciertas garantías de estabilidad para que el sector privado provea la financiación que los recursos humanos altamente capacitados que ya existen en el país no emigren y produzcan innovación científico-tecnológica. Esto es, para que se produzca una vinculación virtuosa entre el mundo “de la ciencia” y el mundo “de la empresa”.

6.2. Instituciones clásicas y emergentes del espacio “intermedio”

Distantes de las perspectivas más típicas de los 60 y 70 que veían en el Estado un motor del desarrollo que debía activamente involucrarse en los procesos de I+D y “transferencia”, los expertos de esta “nueva ola” emprendedora asignan al Estado el rol de corrector de las “fallas del mercado”. En cualquier caso, quizás como resabio de un proceso de transición o como una particularidad argentina, donde la mayor parte de la inversión en I+D la financia el Estado, las instituciones que este había creado para vincular ciencia y empresa con miras a la generación de innovación y valor, persisten. Entre ellas, destacan las oficinas de vinculación

científico-tecnológica y las incubadoras de empresas que pertenecen a las instituciones públicas, con el propósito de mediar entre lo que realizan y pueden ofrecer (asesoramiento, transferencia de tecnología, provisión de servicios) y las necesidades de las empresas. A la vez, estas coexisten con nuevos actores que, desde el sector privado, persiguen el mismo objetivo. Destacan las *company buildings* y aceleradoras de empresas, que mantienen estrechos vínculos con los capitales de riesgo, y también incubadoras de empresas.

Todas estas instituciones (vinculadoras, incubadoras, aceleradoras, *company buildings*) aparecen ligadas simultáneamente al mundo de la ciencia y del mercado, pero sin ser reductibles exclusivamente a ninguno de ellos, incluso cuando parecieran estar más cerca de uno que del otro, o compartir un lenguaje común o de raíces similares. Constituyen, en cambio, espacios “entre” o intermedios a estos (*spaces between*), tal como propone Eyal (2012).²²⁷ Lo que hacen estos actores en el espacio “intermedio” conecta el campo económico con el académico a la vez que reproduce su separación, ya que “el producto mismo de este esfuerzo colaborativo transfronterizo es la calificación de cosas y actividades como económicas o no económicas” (Eyal, 2012: 176).

Como sostienen Verre, Milesi y Petelski, la colaboración se da “entre dos mundos distintos, el productivo y el científico, que se rigen por normas diferentes” (2020: 14). Thomas, Fressoli y Gianella advertían que las tensiones entre prácticas científicas y empresariales han sido un tema de discusión recurrente en el análisis del desarrollo de las biotecnologías (2011: 113). Esto es especialmente cierto en lo referente a nuevos fenómenos de apropiación del conocimiento como las tensiones entre publicación y patentamiento (ídem). Si bien no son exclusivas de las biotecnologías, la disrupción e innovación que representan vuelven un foco potencialmente más conflictivo en este punto,²²⁸ dado el escenario donde el

²²⁷ En su estudio sobre la historia de la expertise en asuntos árabes en Israel, Eyal (2012) notó que las nociones de campo, propuestas por Bourdieu, y las teorías de actor-red de Latour (2008) o la idea de traducción de Callon (1995), no eran satisfactorias para estudiar las relaciones entre los estudios académicos de Oriente Medio y la inteligencia militar. En cambio, afirma que el trabajo de las instituciones de investigación funciona justamente como un espacio entre ambos campos, entre academia y Estado, que simultáneamente los conecta y los separa.

²²⁸ Un ejemplo de esa tensión puede verse en torno a la famosa oveja Dolly. Su nacimiento fue comunicado públicamente siete meses después, porque PPL, una de las empresas intervinientes en la investigación, quería una patente sobre el uso de la tecnología (Kolata, 1998: 38). Por su parte, los

patentamiento y comercialización de la vida no solo es posible sino además un negocio millonario, una promesa de valor capaz de atraer inversiones. Así, el fantasma de dos lógicas dicotómicas: ciencia o negocio, Estado o mercado, investigación básica o aplicada, búsqueda del conocimiento o de dinero, entre muchas otras formas que adquieren estos imaginarios, son funcionales y condición de posibilidad para sus relaciones, gracias a la existencia de actores que operan como mediadores.

Ciertamente hay dos lógicas bien diferenciables entre científicos y empresarios, y es comprensible que cada uno quiera proteger sus inversiones. Pese a eso, ¿estas lógicas son necesariamente contradictorias? Como afirma Eyal, “la existencia de estos campos como esferas separadas tendría que analizarse en función de las luchas que se desarrollan en los espacios entre ellos y de los mecanismos instalados allí” (2012: 159). Porque el límite separa lo que pertenece o no a cada campo, lo que es científico de lo que no lo es, pero también constituye una zona que es esencial para las conexiones y transacciones entre ambas partes (2012: 162). De este modo, las instituciones identificadas (vinculadoras, aceleradoras, entre otras) se encuentran en el espacio liminal entre el campo académico y el empresario-comercial, de un modo que los conecta y, sin embargo, también produce la realidad relacional de esferas separadas (Eyal, 2012: 177).

Dicho de otro modo, son las propias instituciones del espacio intermedio las que enfatizan y definen qué es y qué características tiene cada uno de esos mundos supuestamente antagónicos, en sus acusaciones cruzadas, mientras intentan reconciliarlos, performance que a la vez justifica su función. Porque lo que las acusaciones o reclamos cruzados pueden oscurecer, es que tanto la investigación pública como el emprendimiento comercial privado pueden beneficiarse mutuamente y, como muestran varios estudios recientes (Britto y Lugones, 2020; Verre, 2018), muchas veces lo hacen.

Desde el sector público se sostiene que la empresa busca apropiarse de sus desarrollos sin hacer ninguna inversión, y aún existe cierta resistencia de los investigadores a vincularse con el mundo de la producción, que respondería a principios ideológico-políticos o prejuicios (Britto y Lugones, 2020: 21-22). Desde

científicos esperaron a que el artículo fuera publicado por la prestigiosa revista Nature, aunque la noticia llegó a filtrarse previamente en los medios de comunicación masivos.

una aceleradora, identificaron como una desventaja de las incubadoras y vinculadoras de las instituciones públicas esa presunción de que la empresa es una especie de gran monstruo que quiere quedarse con todo “lo público”, un *free rider* del conocimiento científico-tecnológico,²²⁹ y lo adjudican a una cuestión de desconocimiento o “falta de profesionalismo” (CEO y co-fundador, 30/07/2019).

La complejidad inherente a la participación de muchos y variados actores y el miedo a no poder proteger la propiedad intelectual del conocimiento públicamente producido y financiado, deviene en los procesos burocráticos que les otorgan garantías, como la elaboración de puntillosos contratos y convenios, pero acaban desalentando a los empresarios. Desde el sector privado alegan como principal obstáculo para las vinculaciones que los organismos del Estado son intransigentes y excesivamente burocráticos para la flexibilidad, velocidad y pragmatismo que requiere una innovación empresarial. Britto y Lugones aprecian un “bajo desarrollo de una cultura asociativa, y desconfianza hacia los beneficios que una mayor vinculación podría reportar” (2020: 21) por parte de las empresas.

Sobre estos recelos recíprocos se posicionan los nuevos mediadores del ecosistema startup. Justamente se vanaglorian de gozar de cierta independencia respecto de ambos mundos, en tanto no son ni científicos ni empresarios, aunque se benefician económicamente cuando el resultado de su alianza prospera. Esto los sitúa como un interlocutor neutral a los ojos de los empresarios y de los científicos, que les permite llenar un vacío o saldar una brecha que es la falta de diálogo, cierta incapacidad de las mediaciones del sector público argentino para resolver esa distancia, quizás porque comparten muchos de los prejuicios y lógicas del mundo académico.

En este sentido, Bentley, Gulbrandsen y Kyvik encontraron que en Argentina las normas institucionales que enfatizan la comercialización de la investigación son débiles, y que esto es consistente con los sistemas tradicionales de gobernanza burocratizada de las universidades latinoamericanas (2015: 704). En concreto, la política CyT de fomento a la innovación mediante los vínculos con el sector privado, incentiva a los investigadores a alcanzar un objetivo empresarial, pero aún lo hace desde una lógica académica que se muestra insuficiente (como con los PICT startup,

²²⁹ El problema del *free rider* (o del polizón o el consumidor parásito) refiere a aquel actor racional que aprovecha los beneficios de un bien público u acción colectiva sin realizar ningún aporte.

por ejemplo). Quizás para afrontar estos problemas es que el Estado, bajo el influjo de un nuevo espíritu del capitalismo, se abre a nuevas alianzas o formatos de colaboración con estos actores, como demuestra la co-financiación estatal a las startups de los “fondos de aceleradoras”. De este modo, relaciones complejas entre Estado y mercado convergen y transforman el trabajo de investigación, y constituyen un conjunto muy específico de relaciones sistémicas que, según Chesnais, requiere la financiación de la I+D con capital riesgo:

Para que surja una industria de capital de riesgo, primero hay que tener un flujo fuerte y regular de científicos e ingenieros talentosos estén en posición de "salir por la puerta" de los laboratorios universitarios con sus patentes y sus conocimientos específicos o de negociar su salida de las grandes corporaciones para crear su propia empresa, con la ayuda de capital riesgo, con la expectativa de grandes recompensas financieras. Para que esto suceda, la ley y la práctica del mundo académico deben haber experimentado primero los cambios que hacen legalmente posible esta “migración”, si no alentada y en general aceptada e incluso envidiada dentro de la academia como institución (2014: 122).

Si bien esto aún no es una característica de la ciencia en el país, como vimos, la ausencia de recursos para investigar en el sector público empuja cada vez más a los científicos fuera de su “campo académico”. Como señala Díaz, hay que prevenir que la creciente presión para que las universidades “comercialicen” acabe debilitando los procesos de I+D y erosionando sus tiempos de maduración (2011: 107). Si bien siempre habrá quien sostenga que la investigación pública debe mantenerse distanciada de la financiación privada –y de sus supuestas presiones e intereses espurios capaces de condicionar o contaminar el proceso de generación de conocimiento–, lo cierto es que las condiciones estructurales y las sucesivas crisis económicas impusieron la necesidad de habilitar otras fuentes de financiación, cuando no demandaron aceptarla con urgencia. Sobre esa base, los actores del espacio intermedio cuentan ahora con una nueva justificación para legitimar su vínculo –a la par que su distinción–, proveniente de la “filosofía emprendedora”.

De este modo, es posible afirmar que lo que se modifica son menos las prácticas que los discursos que la impregnan, que ahora presumen aquello que antes era censurado, o al menos desprestigiado por los miembros de los respectivos campos. En los 70’s, las instituciones públicas se mostraron crecientemente abiertas a interactuar o transferir conocimiento y funciones al sector privado, pero lejos de concebirse como mediadoras, mantuvieron la lógica de los científicos-investigadores

del sector público, esto es, cierta desconfianza hacia los empresarios. La salida “forzada” de muchos científicos hacia la empresa o incluso hacia otros países, acabó pasando por encima de las oficinas de vinculación y forzándolas a readaptarse para no perecer.

La reconfiguración de la innovación, que deja de ser objetivo exclusivo de la política CyT estatal con miras al desarrollo nacional para convertirse en resultado de la acción emprendedora, representa una novedad para Argentina. También su vinculación con el sector biotecnológico donde, por un lado, el sector privado se orientó casi exclusivamente a la industria farmacéutica conformando grandes empresas y, por otro, los emprendedores e inversores apuntaron a rubros que representaran menor riesgo, como el software. En este sentido, la creciente vinculación entre conocimiento científico-tecnológico, biotecnología de vanguardia y emprendedorismo merece mayor análisis.

6.2.1. La apertura de las instituciones de financiación pública

En Argentina, los primeros actores que mediaron el acercamiento entre sector público, como inversor y productor de ciencia, y el privado, como potencial aplicador de tecnologías a la cadena productiva, fueron las *vinculadoras científico-tecnológicas*. Suelen ser una oficina o subárea de las instituciones públicas y constituyen el primer eslabón en la mediación entre el interés y las necesidades de las empresas y lo que se realiza en el sector público (proyectos, investigaciones, hallazgos, productos o servicios científicos y/o tecnológicos). Los organismos de vinculación científico-tecnológica cuentan con profesionales de distintas disciplinas: científicos, administradores y abogados, ya que los convenios se complejizan cada vez más.

Estas oficinas funcionan con dos dinámicas, la más común es que reciban consultas del sector privado, esto es, que las empresas se acerquen en busca de soluciones para problemas específicos. Para estas es más rápido, simple y económico que contratar científicos-investigadores para que busquen desde cero una solución. En estos casos, las oficinas de vinculación verán si puede adaptarse parte de una investigación en curso para cooperar con quien lo requiere. De este modo, investigadores financiados por el Estado (vía CONICET o la Universidad) trabajarán

para la empresa, en el marco de un convenio específico, por el que recibirá una retribución económica que se distribuirá entre todos los actores.

Otras veces la vinculadora, o los investigadores a través de ella, consideran que tienen un desarrollo potencialmente útil para determinado sector y buscan interesados. Cuando los investigadores creen tener un hallazgo con potencial para convertirse en un servicio o producto relevante, realizan una “prueba de concepto” para ver si la idea realmente funciona. Para ello se necesita un espacio de laboratorio y algo de dinero. Esto muchas veces adquiere la forma de una mesada de laboratorio prestada a estudiantes que tienen una idea que parece interesante. Otras veces, pasar a una instancia de “incubación”, en la propia institución o en otra.

Estas *incubadoras de empresas* suelen estar gestionadas por equipos interdisciplinarios similares a los de las oficinas de vinculación: científicos, expertos en administración y abogados. En el país ya hay alrededor de 500 incubadoras inscriptas en el Registro Nacional de Incubadoras, que son o pertenecen a empresas, cámaras empresariales, organismos estatales de distintos niveles,²³⁰ instituciones financieras y también educativas.²³¹ Las incubadoras ofrecen asesoramiento, lugar físico, capacitación y asistencia financiera, es decir, ayudan a los científicos a identificar potenciales públicos interesados, a calcular costos de producción y distribución, y a conocer y cumplir con los requerimientos, evaluaciones y aprobaciones que necesitan para “salir al mercado”, entre otras acciones que permitan estimar mejor la viabilidad técnica, financiera y de mercado de su proyecto.

Progresivamente, son cada vez más las instituciones públicas que están desarrollando sus propias incubadoras de empresas,²³² para apoyar a los científicos-investigadores (propios o externos) cuando sus trabajos llegan a un resultado que parece mercantizable. Versino afirmó que las incubadoras gestionadas por universidades son “concebidas conceptualmente como arreglos institucionales que facilitan y promueven la utilización productiva del conocimiento generado en el ámbito académico a través del apoyo que brindan para la creación de pequeñas

²³⁰ Por ejemplo, hay muchas a nivel municipal, como Lanús HUB Creativo; Quilmes Emprende y la Incubadora municipal de empresas San Miguel, por mencionar algunas.

²³¹ Consultado el 26/05/2020 en <https://ecosistema.produccion.gob.ar/>

²³² Por mencionar algunas: Minerva (UNPL), UNAJ incuba, Incubadora UNAHUR, Fundación UNSAM, Centro Emprendedor GenXXI Facultad de Ciencias Económicas UBA, Fundación Universidad de Palermo - Centro de Desarrollo para Emprendedores y Exportadores.

empresas innovadoras” (2000: 151). Este proceso no es nuevo. Versino (2000) sitúa en los 90’s la expansión del mismo en Argentina, en el marco de las políticas de fomento a la innovación y los SNI que describimos en capítulos anteriores. En coincidencia, Britto y Lugones encuentran que la primera empresa biotecnológica incubada en el seno de una universidad nacional de gestión pública (la Universidad Nacional del Litoral) en Argentina, fue Zelltec, a partir de un convenio específico suscripto en el año 1992 (2020: 120).

Pese a esa expansión cuantitativa, la capacidad de ayuda es muy limitada, por motivos de diversa índole: escaso presupuesto, imposibilidad de invertir, poco personal para muchas y muy diversas tareas. Es necesario elaborar un plan de negocios, y ello requiere un tiempo y una especialización que no se tiene. Es aquí donde estos actores tradicionales se ven excedidos en sus funciones y ganan terreno los emergentes. Es que muchas veces son las propias vinculadoras CyT quienes “derivan” a sus equipos de investigación, por ejemplo, a una aceleradora. Desde la unidad de vinculación de una universidad pública explicaban ese pasaje así:

Nosotros somos incubadora, la incubadora es un lugar donde viene el emprendedor y, en nuestro entendimiento, hace una prueba de concepto, o sea, tiene una idea, le damos un lugar en la mesada y puede probar que eso funciona a nivel de laboratorio. De ahí, como ya dijimos, un largo camino, y un montón de guita. Si esto más o menos funciona, si es un investigador que tiene algo que más o menos funciona, la segunda instancia donde nosotros los pasamos es a GridX (Directora de un área de vinculación, 12/05/2019).

El concepto de incubadora se inspira en la necesidad de contar con un mecanismo “en el que los investigadores puedan probar el potencial comercial de su trabajo, decidir si prosiguen con el proceso de transferencia, y puedan explotar oportunidades potenciales” (Bolton, et al., 1996: 6). Pese a ello, muchos emprendedores señalan que “el rol máspreciado de las incubadoras de emprendimientos es el de brindar acceso al financiamiento estatal”,²³³ en sintonía con el rol que el gobierno nacional asignaba a las mismas cuando creó el Registro Nacional de Incubadoras en 2017. En este sentido, muchos investigadores recurren a ellas con el objetivo de obtener la información y el asesoramiento necesario para adaptarse a los requerimientos de la financiación disponible. De este modo, las

²³³ “Financiamiento a los emprendedores. Las 10 mejores incubadoras de ‘startups’”, en *Clarín*, 15 de septiembre de 2018. Consultado el 13/03/2020 en <https://cutt.ly/JEdTssV>

incubadoras vieron reforzado su rol de mediador entre los emprendedores y la financiación, independientemente de la proveniencia de la misma. En simultáneo, el Estado se retrajo, delegando en otros actores el rol central que se planteaba bajo perspectivas como las del SNI.

6.2.2. La demanda desde el sector privado

Estos actores híbridos que emergen desde los 90's, como incubadoras, aceleradoras y company buildings, ya nacen considerándose como un mediador, como un agente cuya función se sitúa entre científicos y empresarios, para lograr que produzcan innovación, desarrollo y valor. Transforman y acercan individuos provenientes de dos mundos distintos para producir algo nuevo, pero sin alterar esos mundos que hicieron posible al científico y al empresario. Eso nuevo que producen es el emprendedor, la startup, cuyo "ecosistema" componen, alimentando y ampliando el espacio intermedio.

Si bien todas estas instituciones proveen distintos tipos de servicios y redes de contactos, para ayudar a las startups a crecer y reducir la incertidumbre de éxito del proyecto (Peire, s/f), tienen algunas diferencias. Si bien replican modelos y discursos surgidos en países con configuraciones institucionales y problemas estructurales muy diferentes a los de Argentina, también se esfuerzan por adaptarlos para que funcionen aquí, supliendo los componentes que faltan con los internacionales, especialmente los inversores de riesgo.

En lugar de ayudar a crear una empresa, las *aceleradoras* trabajan con proyectos ya iniciados, con el propósito de ayudar a reducir el tiempo necesario para que la startup se desarrolle más rápidamente y funcione de modo consolidado. También ofrecen tutorías, asesoramiento, infraestructura y a veces inversiones, pero no a alguien con una buena idea, sino a una incipiente empresa. En otras palabras, a la instancia de aceleradora ya se llega con un equipo, un proyecto, un producto o servicio establecido y un mercado delimitado.

Otro actor que surgió en los últimos años son las *company buildings*. Como su nombre indica, estas ayudan a armar la startup, a convertir una idea o resultado de investigación en un proyecto de empresa, a consolidar un producto o servicio que sea viable y tenga un mercado. A diferencia de la incubadora o la aceleradora donde se

brinda apoyo a una idea que, en teoría, llega formada previamente, la company building se involucra desde el principio en la creación de la startup, ayudando a producir la innovación.²³⁴ Para esto, suelen tener programas de formación, de diferente duración y contenido, que buscan consolidar los equipos de trabajo y establecer ideas sostenibles y escalables en el menor tiempo posible. Invierten tiempo y recursos en los primeros meses de vida de la empresa y validan el modelo de negocio hasta que funciona de forma autónoma.

Estos nuevos mediadores entre “el mundo de la ciencia” y el del “mercado”, enseñan a los científicos el potencial negocio que puede derivarse de su investigación o los ayudan a definir si realmente es una idea novedosa, si tiene un mercado que pueda llegar a estar interesado y qué debe hacer para llegar a él. Simplifican para los científicos las necesidades y posibilidades que les ofrece (o demanda) “el mercado”, minimizando la inversión de energía y recursos que supone interiorizarse en estos temas, para ellos novedosos, y las posibilidades de dedicar tiempo y dinero a un proyecto destinado a no prosperar. Como afirma una emprendedora, “te ponen más en la realidad de qué se necesita para pasar en cada etapa” (Cofundadora y CEO de una startup biotecnológica, 15/11/2019). Así, company buildings, incubadoras y aceleradoras reducen la brecha: traducen y enseñan a comprender el lenguaje de los negocios y el de la ciencia, a la vez que minimizan aquello que es necesario aprender, proveyendo de información, contactos y recursos, para optimizar el proceso y reducir sus tiempos.

Todos estos actores se han multiplicado y consolidado en todo el mundo, especialmente en la última década. Más allá de su distinción teórica, en la práctica estos formatos se solapan o adquieren características diferentes. Cada una tiene procesos de selección y formación diferentes, pero además se especializan en áreas distintas de desarrollo empresarial. En Argentina suele hablarse solo de incubadoras y aceleradoras, aunque algunas se autodefinan company builders. Este es el caso de Grid Exponential (GridX),²³⁵ la única dedicada exclusivamente a startups biotecnológicas en el país, por lo que su rol es clave en la creación de aquellas

²³⁴ “Diferencias entre aceleradora, incubadora y venture builder”, en *El Referente*, 15 de mayo de 2017. Consultado el 28/10/2020 en <https://bit.ly/2XKyw9y>

²³⁵ En la página estatal, las company building aparecen como aceleradoras. Puede verse el perfil de varias de ellas en <https://bit.ly/3zs5tVa> Consultado el 29/10/2020.

basadas en CRISPR y/o en edición génica. A continuación indagaremos en los orígenes y procedimientos de GridX, entendida como un caso testigo que permite comprender los modos de acción de estas nuevas instituciones, y que además apadrina a dos de las startup biotecnológicas argentinas que se encuentran actualmente trabajando con CRISPR.

6.2.3. La company building biotecnológica Grid Exponential

GridX comenzó a funcionar entre fines de 2016 y principios de 2017, pero su gestación comenzó años antes, con un proceso de investigación y formación por parte de su fundador, de 43 años. Licenciado en administración de la UBA y master en finanzas por la Universidad de San Andrés (UDESA), siempre fue empresario, tuvo una empresa de software y electrónica durante más de una década. En 2013, cuenta, coinciden varios factores que permiten una salida beneficiosa de esa empresa, algo que venía manifestándose como un deseo, unas ganas de cambio:

Yo me dije que quería hacer otra cosa distinta que no sabía bien qué era, pero que era una idea y que estaba ahí explorándola, que era esto de... yo ya había visto que había una oportunidad en vincular conocimiento científico con la industria del venture capital digamos ¿no? Pero no sabía cómo, no conocía a nadie en el sistema científico, tampoco tenía experiencia personal ni conocía a nadie en la industria del venture capital (CEO y Fundador de GridX, 30/07/2019).

Por esa razón, cuenta, decidió tomarse tres años para explorar y aprender:

Estudié un montón, hablé con un montón de gente, viajé, conocí experiencias en otros lados... y al final, el primer año fue estudiar, entender, y ahí llegué a este modelo de company builders, porque la aceleradora tradicional invierte en un proyecto que ya está formulado, ya tiene un equipo, nosotros lo creamos (CEO y Fundador de GridX, 30/07/2019).

Después de ese extenso período de aprendizaje, comenzó la búsqueda del respaldo institucional y financiero de otras empresas, firmas e individuos para crear un fondo. Sin embargo, esta etapa concluyó con la certeza de que no iba a ser posible poner en marcha el modelo que había diseñado simplemente consiguiendo el dinero para el fondo de inversión. Por ello se dispuso a comenzar él mismo con todo el proceso:

Empecé a recorrer todo el país, a buscar proyectos, a ir a los institutos, laboratorios, y ahí me hice un primer mapa como de 100 proyectos, y de esos 100 proyectos, yo empecé a trabajar como más profundamente uno a uno con 5 o 6 (CEO y Fundador de GridX, 30/07/2019).

Para 2016, el último año según la previsión inicial, ya había armado un circuito, una red de contactos, y tenía identificadas a quienes serían sus primeras startup. Restaba ahora sí conseguir a los inversores para armar el fondo. En ese momento, los contactos establecidos resultaron clave. Fue Graciela Ciccía,²³⁶ Directora de Investigación y Desarrollo de Grupo INSUD,²³⁷ quien consideró que la propuesta podía llegar a interesar a Hugo Sigman y decidió presentarlos. Sigman tenía la intención de crear un capital semilla para emprendimientos científicos en el marco de la CAB, pero no conseguía demasiadas empresas interesadas en aportar para armar un fondo inicial de inversión, ni tenían conocimiento sobre dónde era conveniente invertirlo. Así, la idea ya tenía un terreno fértil en dónde asentarse. Sigman efectivamente se interesó y de inmediato contactó a otros integrantes de la CAB, que presidió entre 2016 y 2017. Así es como consiguió el apoyo de los primeros inversores de GridX: Grupo INSUD, Bagó, GADOR, Vicentín y Bioceres, SINERGIUM Biotech. Con financiación de estas empresas se creó el primer fondo prototipo de 1.200.000 dólares para invertir en las primeras 5 empresas, durante el 2017. Para 2019, el fondo se había ampliado a 10 millones, con la incorporación de nuevos inversores –como Marcos Galperin, co-fundador y CEO de Mercado Libre–,²³⁸ y se desarrollaron otras seis startups más.

Peire cuenta que recién en ese momento sintió que estaban establecidos, con once empresas creadas y el fondo consolidado. Sostiene que, en un país como Argentina, pensar en el largo plazo ya es un elemento diferencial, más relevante incluso que ser talentoso o haberse anticipado a una tendencia. Sin embargo, un

²³⁶ Ciccía cuenta con un extenso currículum en el sector público y privado, y destaca por sus cargos de vinculación científico-tecnológica. Fue directora de Vinculación Científica Tecnológica del CONICET entre 1998 y 2004, Subsecretaria de Transferencia Tecnológica de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la UBA, Investigadora del CONICET y Profesora de Biotecnología. Actualmente es Directora de Innovación y Desarrollo Tecnológico del Grupo INSUD, miembro fundador de la CAB y Presidente del Departamento de Ciencia, Tecnología e Innovación de la Unión Industrial Argentina.

²³⁷ Grupo INSUD es un conjunto de compañías de capitales argentinos con gran presencia internacional, cuya primera y principal actividad fue la industria farmacéutica, aunque actualmente se dedican también a los agronegocios; las industrias culturales, y de naturaleza y diseño.

²³⁸ También son inversores Simali S.A., Debece S.A., Marcos De María y Gilberto Ugalde. Fuente: <https://gridexponential.com/> Consultada el 29/10/2020.

factor clave para el éxito del proyecto que tenía en mente fue la coincidencia del mismo con un momento de expansión y legitimidad de la “cultura emprendedora”. Los inicios de GridX coincidieron con la llegada al gobierno nacional de la Alianza Cambiemos y una efervescencia del entusiasmo por el emprendedorismo:²³⁹ estaba generado el interés por vincularse con ese nuevo mundo e invertir en proyectos como el que GridX proponía. Como evidencia de esta sinergia cabe señalar además que esta fue una de las 13 seleccionadas por el gobierno para recibir los “fondos de aceleradoras”. Esto implica que por cada proyecto en el que GridX decide invertir, el Estado aporta una contrapartida, es decir, co-financia la startup. Esto es más aún interesante cuando se recuerda que durante estos años el presupuesto estatal destinado a la investigación en ciencia y la tecnología se vio drásticamente reducido.

Inicialmente, la apuesta de los inversores por el fondo de GridX habría tenido motivos más filantrópicos que económicos, como diversión y desafío. Como principales empresarios del país, les permitiría mostrarse invirtiendo en estos nuevos desarrollos, pero también aprender de ellos, por ejemplo, qué es lo que está ocurriendo en los principales centros innovadores del mundo. El reto que afrontan los gestores de estos fondos es lograr dar el salto necesario para que invertir en estos proyectos deje de ser un acto de altruismo para convertirse en un buen negocio; volver este circuito novedoso una inversión rentable, capaz de repagar las inversiones iniciales y, de ese modo, atraer nuevas. Así, el formato podría convertirse en un sistema de fomento y financiación empresarial rentable y estable. Además, de lograrlo, recibiría más dinero, crearía más empresas y podría, incluso, generar un impacto positivo en la matriz productiva. No se trataba, afirmaba el CEO de GridX, de acumular más capital, sino de aumentar las posibilidades de impacto. Por esa razón es importante que las startups se conciban desde un primer momento con un formato global, porque parte de su potencial escalabilidad recae en la existencia de un gran mercado comercial de consumidores, pero también de inversores. Esto es clave en Argentina, donde “el capital emprendedor es un recurso escaso y con altas barreras de entrada no permitiendo el desarrollo y escalabilidad de ideas y/o proyectos” (Mayer, 2017: 2).

²³⁹ Para más sobre las transformaciones impulsadas por Cambiemos en términos de emprendedorismo y de financierización de las prácticas y políticas sociales del Estado, se recomienda ver Nougues (2020) y Nougues y Salerno (2022).

Esta nueva dinámica requiere determinados tipos de proyectos y de equipos de trabajo, por lo que el pasaje por la *company building* es un proceso de formación pero también de selección de aquellos proyectos que tienen potencial de crecer y hacerlo exponencialmente y, por tanto, merecen seguir adelante, esto es, aquellas que pueden dar vida a ese nuevo sistema de financiación e inversión. En el caso de GridX, el proceso de selección y conformación de una startup se desarrolla en tres etapas: *Explore, ignite, build* (explorar, encender, construir).

La primera consiste en la búsqueda de proyectos “interesantes”, de acuerdo a esos parámetros. Si bien cada vez más científicos se acercan con propuestas, “en general el supuesto de lo que tiene y que puede interesar está equivocado” (CEO y Fundador de GridX, 30/07/2019) y muchos ni saben que tienen algo comercialmente relevante (o no les interesa). Así, en esta etapa, los miembros de GridX recorren universidades y laboratorios de todo el país y entrevistan a los científicos para conocer y comprender en qué están trabajando y cuáles son sus potencialidades. Con esta metodología, a fines de 2019 tenían identificados alrededor de 800 proyectos potencialmente relevantes en el país.

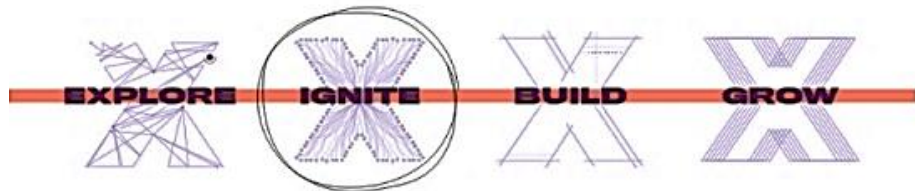
La segunda etapa, *ignite*, se lleva adelante con solo 20 de esos proyectos biotecnológicos, resultado de una selección propia entre aquellos interesados por participar del proceso. Se trata de un programa de tres meses de duración consistente tanto en la formación y asesoramiento como en la evaluación de las propuestas (ver imagen n° 7).²⁴⁰ El propósito es sumergir a los científicos en este mundo de la startup y ponerlos en contacto con emprendedores de negocios que puedan sumarse al equipo original, en su mayoría conformados íntegramente por científicos, para ayudarlos con los nuevos desafíos y actividades.

²⁴⁰ Si bien cada aceleradora tiene sus propios procesos, comparten varias características. Por ejemplo, CITES es una aceleradora santafesina que busca proyectos disruptivos y de alta tecnología pero no se concentra solo en biotecnología. Su programa tiene 4 etapas que duran entre 3 y 6 meses. Una primera de selección virtual, que busca filtrar los proyectos que no responden a su propia estrategia de inversión. Una segunda donde los proyectos seleccionados trabajan de modo intensivo y presencial durante una semana en la mejora de su plan de negocios, y el potencial del equipo es evaluado con inversores. Los seleccionados pasan a la tercera etapa, la más sustantiva, donde se profundiza en el proyecto, se analiza su viabilidad económica en diferentes fases y se elabora un plan de trabajo para la incubación. Finalmente, queda presentarse ante el Comité de Inversión, cuya aceptación implica entrar al programa de incubación. Fuente: <http://cites-gss.com/> Consultada el 16/10/2020.

Imagen n° 7. Convocatoria al Programa IGNITE de GridX para 2021.

El programa IGNITE:

Durante 3 meses, 20 equipos se sumergen en el ecosistema (bio)emprendedor de la región a través de talleres, webinars y reuniones grupales donde aprendemos a combinar ciencia y negocios, se consolidan equipos exitosos y se formulan startups en las que GRIDX podrá invertir en un futuro. La modalidad es en su mayor parte virtual.



Fuente: Cadena de correo electrónico de GridX, 30/11/2020.

En esta instancia hay una permanente elaboración y ajuste del proyecto de empresa que resulta del feedback sobre diversos temas: propiedad intelectual, mercado, temas estratégicos, equipos de trabajo, capital emprendedor en el mundo, aspectos societarios, cómo es armar una empresa, entre otras variables. Por otro, GridX va evaluando diferentes aspectos de la potencial empresa. Un fin de semana al mes hacen los encuentros evaluatorios. Estos consisten en un viernes “más motivacional”, donde emprendedores o referentes dan charlas, y un sábado de jornada completa donde se los pone en situación de evaluación respecto de tres temas, uno por encuentro: incertidumbre, futuro y complejidad.

La primera dimensión evalúa la capacidad de arrojarse a esa *incertidumbre*, entendida como cierta sensibilidad del científico para salir de la lógica estrictamente académica y enfrentarse al emprendimiento. En este punto, la vida académica es representada como un ámbito de estabilidad y rutina, pero también como la aplicación rigurosa de un método tendente a buscar certezas, con evidencias irrefutables. Por el contrario, el modelo startup considera que innovar y emprender son actividades basadas en la incertidumbre y su gestión, potenciada por un diseño empresarial que requiere continuo feedback y ajuste del servicio o producto según prueba y error. Esto requiere capacidad de improvisación, flexibilidad y cierto pragmatismo para “dejar ir” o modificar aquello que no interesa al mercado, por muy

bueno que el científico crea que sea, y para confiar en el potencial de desarrollos que no cuentan con la comprobación rigurosa con la que acostumbran trabajar.

Para testear esta disposición a la incertidumbre, se trabaja desde la improvisación teatral. La evaluación es subjetiva, casi intuitiva, consiste en ver “si está dispuesto... por ahí no lo sabe él, no lo sabemos, no está claro, pero empezás... empezás a ver un poco” (CEO y Fundador de GridX, 30/07/2019). De este modo, “al interpelar directamente el potencial de acción en los individuos, se le pone valor a los sujetos con pasión, talento e ideas innovadoras, y a la actitud de intentar llevarlas a cabo” (Sereni y Burton, 2020: 81).

La segunda dimensión, la del *futuro*, busca que los científicos puedan construir visiones de muy largo plazo: abandonar la rigurosidad del ámbito académico y animarse a realizar estimaciones. Esto tiene que ver con la incertidumbre pero también con los objetivos que expresan estos actores del ecosistema startup, para quienes la empresa es el mejor vehículo para generar un impacto positivo en la sociedad a través del conocimiento y, de máxima, en la estructura productiva. Para los miembros de GridX, la startup es ideal para ello por su naturaleza dinámica para gestionar recursos y capital. La ciencia (o las empresas basadas en conocimiento) requieren especialmente de este formato, porque tienen una necesidad intrínseca de crecimiento constante, porque hay nuevas innovaciones que la amenazan. Las startups biotecnológicas necesitan crecer para poder seguir subsistiendo, expandirse y crear nuevas tecnologías. Por ello, en esta etapa nuevamente el trabajo es poco convencional y más bien creativo. Por ejemplo, cuentan que realizaron un taller de ciencia ficción, donde cada uno debió imaginar “un capítulo de Black Mirror” inspirado en la tecnología en que se basa su empresa.²⁴¹

El tercer aspecto a trabajar es la *complejidad*, que refiere fundamentalmente al dialogo con otros. Tiende a desandar la creciente especialización, por la que muchas veces los científicos no logran entenderse siquiera con colegas de otras disciplinas o especializaciones.²⁴² Se trata de mejorar la comunicación “intraciencia”

²⁴¹ Black Mirror es una serie de televisión británica creada por Charlie Brooker. Con formato de unitario, cada capítulo se desarrolla en un futuro distópico, conformando relatos de ciencia ficción que problematizan los efectos sociales de la tecnología.

²⁴² Esta idea podría llegar a tener cierta inspiración en el “paradigma de la complejidad” formulado por Edgar Morin. Para él, confusión e incertidumbre serían signos que anteceden la complejidad. En

pero también con empresarios y potenciales socios, interactuar con quienes hablan “el lenguaje de la empresa”. Esta es también la instancia donde busca concretarse la incorporación de un emprendedor de negocios al proyecto. Las primeras startups creadas por GridX confirman que crecen más rápido aquellas que logran incorporar a alguien del mundo de los negocios al equipo de científicos.

Finalmente, se llega a la tercera etapa, *build*, de la que participan solo 10 de los 20 proyectos iniciales, seleccionados de acuerdo a su potencial. Con ellos se trabaja para presentar una oferta de inversión ante el Comité de Inversiones de GridX, compuesto por cuatro de sus propios inversores. En general, dado el trabajo previamente realizado por los gestores del fondo de inversión (los miembros de GridX), los proyectos que llegaron a esa instancia suelen contar con la aceptación del Comité. En este proceso, adquieren su primera financiación, que es de 200 mil dólares, y así se convierten oficialmente en una startup. Desde ese momento, se los ayudará a crecer y conseguir nuevas rondas de financiación.

El cálculo que pretende crear 10 empresas al año no es azaroso. Por un lado, dosifica los fondos disponibles para invertir; por otro, apuesta a que las empresas que se crearon primero estén en condiciones de generar retornos a esa inversión inicial, de manera que el fondo se sostenga sin nuevos aportes y establezca un circuito para la generación de nuevas empresas. El retorno de dinero invertido por el fondo que gestiona GridX provendrá de la venta de las acciones que conserva de las startups que ayudó a crear. Esto explica además el involucramiento e interés en que la empresa crezca. Una vez conformadas, las startups requerirán nuevas inyecciones de inversión, de montos que normalmente no se consiguen con facilidad en Argentina ni en Latinoamérica, ya que rondan los 10 a 15 millones de dólares (las rondas de financiación A, B, C, en adelante).

La startup resultante de estas instancias formativas como las que proponen las company buildings, suelen ser bien distintas a las que crea directamente un equipo de

un trabajo introductorio sobre este paradigma, López Ramírez (1998) señala que, para Morin, nuestros países necesitan del saber y la ciencia para resolver sus múltiples problemas. Allí aparece la idea de complejidad y la necesidad de reformar el pensamiento de un modo que permita acceder “a una teoría general que integre las diversas disciplinas académicas y nos abra a una actitud más humana y solidaria” (López Ramírez, 1998: 100). En este sentido, afirma que en la actualidad estamos viviendo una “‘sordera especializada’ que no es otra cosa que la pérdida del ‘oído generalizado’, o sea la incapacidad de comunicarnos, situación más común en la vida académica que necesita para poder vivir, del encuentro y la crítica mutuas” (idem).

científicos-investigadores, por ejemplo, a partir de la obtención de un PICT startup, por varias razones. Primero, porque durante meses participaron de esa instancia de formación y mentoría, que opera como proceso de selección pero también impregna a los científicos de los conceptos e ideas de este nuevo ecosistema, los embebe en esta nueva perspectiva y enseña sus valores. Como señalan Sereni y Burton (2020) tras su instancia etnográfica en GridX, este pasaje entraña un *proceso de conversión de científico a emprendedor*. Segundo, porque normalmente se incorporó un emprendedor de negocios al equipo original de científicos. GridX cuenta con una cartera de potenciales emprendedores interesados por incorporarse a una startup de base científica. Estos participan de todo el programa con la idea de que se vinculen con los proyectos científicos y se incorporen al equipo original. Si bien hay excepciones, esto normalmente ocurre.

Tercero, porque debido a lo anterior, ya no se trata solo de un grupo de investigadores que tienen una idea que creen potencialmente comercializable, sino que ahora cuentan con ese aprendizaje y la ayuda, participación, experiencia y contactos de un montón de expertos en empresas, negocio y mercados. Finalmente, los montos también son muy diferentes: GridX otorga una inversión inicial de 200.000 dólares, mientras que un PICT startup otorga una suma anual y en pesos que no llegaba a los 10.000 dólares en abril de 2020, por lo que apenas sobrepasaba los 8000 dólares en octubre de ese mismo año.

6.3. Empresas y startups argentinas innovando con CRISPR

La confluencia de las acciones de estas instituciones en el espacio intermedio entre ciencia –científicos-investigadores, I+D en el sector público, producción de conocimiento– y mercado –inversores, clientes, consumidores, usuarios, socios, empresarios– permitió en los últimos años la emergencia de gran cantidad de startups y emprendimientos basados en ciencia, y la biotecnología es fructífera en ámbitos diversos como el agro, la salud, la industria alimentaria. CRISPR no se queda atrás. Tenemos conocimiento de cuatro startups en Argentina que se basan en la utilización de la técnica, tres de ellas surgieron en GridX, que si bien no es la única company building trabajando con desarrollos biotecnológicos, es la única que se dedica exclusivamente a este tipo de startups.

Profundizaremos en la historia de dos de ellas para comprender el vertiginoso recorrido que va desde la mesada de un laboratorio público a la formación de una startup con cientos de dólares invertidos.²⁴³ Accederemos al relato que los científicos construyen sobre la historia que protagonizaron, y las motivaciones que los llevaron a convertirse en científicos-emprendedores. En algunos casos, sus testimonios evidencian un interés particular por el desarrollo comercial de un producto o servicio, como para acercarse a una incubadora. En otros, el rol de los company builders es central, en tanto son activos y propositivos, y movilizan creencias y valores novedosos que captan la atención de emprendedores, inversores y científicos. Veremos también la historia de una empresa biotecnológica que también está incorporando CRISPR a sus investigaciones, pero que no requirió de estos mediadores.

6.3.1. CASPR Biotech

CASPR Biotech no utiliza la técnica de CRISPR para realizar ediciones genéticas (asociada a cas9), sino como método de diagnóstico de enfermedades, buscando que sean más rápidos, económicos y portátiles que los métodos actuales. Su propuesta es elaborar kits de diagnóstico de enfermedades en un formato de tira reactiva, similar a los test de embarazo que se adquieren en farmacias. El mismo sería adaptable para la detección de diversas enfermedades, como dengue y COVID, por mencionar dos en las que han trabajado. Esto permitiría no solo un diagnóstico más rápido y económico, sino además que poblaciones de zonas alejadas de los centros urbanos tengan acceso, gracias a su portabilidad. Las técnicas vigentes de diagnóstico (como el PCR) requieren de laboratorios y costosos equipamientos.

²⁴³ No incluimos a las otras dos startups en nuestro análisis por una cuestión de tiempo. New Organs fue creada muy recientemente, bajo la órbita de GridX, con el propósito de desarrollar los xenotrasplantes de órganos de cerdo a humanos. BioHeuris fue fundada en 2016, pero tomamos conocimiento de la misma una vez cerrado el trabajo de campo y casi finalizando el proceso de escritura de esta tesis. BioHeuris es una empresa dedicada al desarrollo de sistemas sustentables de manejo de malezas, que está utilizando metodologías de edición génica múltiple para desarrollar una nueva generación de cultivos resistentes a combinaciones de herbicidas, con distintos mecanismos de acción y menores concentraciones de cada principio activo, porque el glifosato está perdiendo efectividad y vuelve necesario introducir otras resistencias. Además, dicen, estás harían a la tecnología más sustentable, retrasando la aparición de malezas resistentes y contribuyendo así al cuidado del medioambiente. Están trabajando en soja, sorgo, alfalfa y algodón y trigo. Cuenta con patrocinio y financiación de Aceleradora Litoral. Fuentes: Página web de GridX y de Aceleradora del Litoral.

La idea que se convertiría en CASPR surgió entre investigadores y becarios del CONICET, en un Hospital privado de la Ciudad de Buenos Aires. El equipo trabajaba con técnicas de edición en la búsqueda de potenciales tratamientos para la diabetes. El objetivo era obtener una masa de células pancreáticas a partir de células de piel de pacientes diabéticos para trabajar en una estrategia que permitiera, a largo plazo, desarrollar tratamientos regenerativos, por ejemplo, tratando el páncreas dañado mediante el implante de las células reprogramadas. También usaron edición genética para apagar o prender los genes (epigenética) de una célula de la piel humana y convertirla en una célula productora de insulina.

Aunque no tenían perspectivas de que esto fuera aplicable en el corto plazo, el equipo se presentó al concurso INNOVAR 2015 con el “activador biotecnológico del gen de insulina humana” en la categoría investigación aplicada (para desarrollos patentables derivados de una investigación científica), pero no ganaron (Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, 2015: 120). “El concurso era para proyectos bastante más aplicados, nosotros estábamos haciendo investigación y no dábamos como el perfil de aplicado” explica una de las fundadoras (15/11/2019). Uno de los investigadores afirmaba: “el cuento fue que nosotros empezamos a usar CRISPR cuando acá nadie sabía cómo carajo usar CRISPR, dijimos vamos a probar, parece que es muy bueno, pidamos las cosas y vemos, y funcionó súper bien” (27/11/2019). En principio evaluaron la eficacia y seguridad de una potencial terapia con CRISPR en ratones a los que se inducía diabetes mediante una edición.²⁴⁴ Al poco tiempo, leyeron un paper que afirmaba que era posible utilizar CRISPR como una herramienta de diagnóstico, y decidieron probar esa línea.

Al mismo tiempo, Graciela Ciccía, a quien conocieron en el concurso INNOVAR, les sugirió presentar su idea a GridX. Así es como este equipo de investigación comenzó a participar de esa instancia de “formación” de tres meses en dicha company building. Fueron uno de los proyectos que llegó a la instancia de *build*, consiguiendo su primera inversión por parte de GridX, y conformando así una startup originalmente llamada Epigenitas. Durante ese período en GridX conocieron

²⁴⁴ “Edición genética en Argentina: cómo se usa para beneficiar a pacientes, mascotas y productores agropecuarios”, en *Infobae*, 17 de Agosto de 2017. Consultado el 15/01/2020 en <https://bit.ly/3hRcBEk>

y sumaron al proyecto a un economista de la UDESA que, pese a tener solo 24 años, ya tenía experiencia como emprendedor.

Hasta entonces, los miembros del equipo eran todos del ámbito científico: un investigador del CONICET y sus dos becarias doctorales. Los tres trabajaban en biotecnología aplicada a la salud humana en una asociación sin fines de lucro. Con la incorporación de este economista, él y una de las becarias se convertirían en los CEOs y co-fundadores de la startup: él como representante ejecutivo y ella como responsable científica del proyecto. Los otros dos miembros fundadores tienen una participación parcial. Se trata de una licenciada en genética de la Universidad Nacional Noroeste de Buenos Aires (UNNOBA) y becaria doctoral CONICET; y su Director, investigador adjunto CONICET y Doctor en Ciencias Biológicas.

La distribución de tiempos y responsabilidades en la naciente startup no fue equitativa ni casual. Las decisiones de los integrantes respondieron, en buena medida, a la instancia de la carrera profesional en que cada uno de los miembros se encontraba que, como vimos, implicaba diferentes tipos de “riesgo”. El director de estas becarias ya tenía una trayectoria como científico e investigador del CONICET, y no sentía interés en abandonar o limitar su dedicación a otras actividades. Para él, la startup apareció casi como un juego, que lo entretuvo y despertó su curiosidad, además de la posibilidad latente de generar ingresos adicionales en el futuro, con los que la carrera de investigador científico en Argentina no permitía ni soñar. Sin embargo, esa trayectoria en CONICET le brindaba una seguridad y estabilidad, que se conjugaban con una vocación y curiosidad científica imposible de desarrollar en el mundo emprendedor.

Según él, lo que siempre lo movilizó e hizo sentir satisfecho era la posibilidad de descubrir un mecanismo de la naturaleza, antes que el desarrollo de un producto para el mercado. Esto inclinaba la balanza y los tiempos hacia CONICET, por lo que empezó a dedicar solo algo de tiempo a la startup, en el marco de los convenios con empresas, tal y como dicha institución habilita. Además, consideraba que dejar dicha institución para dedicarse a una empresa no solo era arriesgado para él, sino también contraproducente para la naciente empresa, porque la misma necesitaba científicos investigando a tiempo completo. En sus palabras, “si vos hiciste un desarrollo, hiciste un descubrimiento o, en el caso, pudiste adaptar una técnica, la pasaste a tu startup, y no estás ya pensando en la innovación y en el nuevo descubrimiento, estás

hipotecando tu futuro” (investigador adjunto CONICET y miembro de CASPR, 27/11/2019).

La becaria más joven, en cambio, estaba en una instancia incipiente de su carrera, y la culminación de su doctorado resultaba relevante para su propia formación profesional y también para la startup. Así, se desempeñaría como becaria CONICET al menos hasta doctorarse, cuando creía que debería decidir si continuar en la investigación académica o volcarse a la empresa, esta u otra (27/11/2019). De momento, participaba solo ocasionalmente de las tareas e investigaciones que requería la startup, pudiendo dedicar a esta un máximo de 20% de su tiempo, en el marco de un convenio I+D de transferencia con CONICET. A cambio, se generaba un “feedback positivo”: ella realizaba un aporte a los objetivos de la startup y a la vez obtenía recursos para su propia investigación doctoral, que de otro modo no hubiera podido conseguir.

Así, tanto el Director como una de sus becarias participaban de la startup aunque de modo ocasional y con diferente estatuto: él es socio (aunque su participación accionaria era menor a la de quienes trabajaban en ella a tiempo completo) pero para ella esto era incompatible con su cargo de becaria. La diferencia con los directivos de la startup era clara: “para mí es una aventura biotecnológica; para ellos es su pan y manteca, digamos, su diaria. A ellos les va mal y tienen que salir a buscar laburo”, explicaba el investigador (27/11/2019).

A diferencia de ellos dos, la ex becaria doctoral que ahora es la responsable científica de CASPR, fue quien “se la jugó” por la empresa. Una de las explicaciones que los propios miembros de CASPR señalaban era que, por la etapa en que se encontraba su carrera profesional, tanto para sus compañeros como para ella, aparecía como quien tenía “menos para perder”. La conformación de la startup (cuando concluyó el programa de GridX) coincidió con la etapa de finalización de su beca doctoral CONICET: el momento de concluir el posgrado e intentar comenzar una carrera académica como investigador, o aplicar a una instancia o beca posdoctoral que la ayudara en esa transición. Es uno de los momentos en los cuales, por convicción o necesidad, se opta por comenzar una carrera de científico-investigador, o por desempeñarse en otro ámbito.

Así, un mes antes de que finalizara su beca doctoral, la startup consiguió la inversión de GridX que la creaba formalmente, y demandó la firma de actas y

estatutos, lo que implicaba una toma de decisión: ser socia era incompatible con su beca. Tal vez presionada porque la energía invertida en el desarrollo de la startup demoró el trabajo de investigación doctoral, anticipó su salida de CONICET renunciando a la beca un mes antes de que finalice y dejando inconcluso su doctorado en biotecnología de la UNQ. Meses después se enteró que había obtenido la beca posdoctoral de CONICET, para la que había concursado antes de saber siquiera de la existencia de GridX.²⁴⁵ En este sentido, la decisión de responsabilizarse por la dirección de la startup apareció para ella en un momento “bisagra” de su trayectoria profesional. Con la decisión de su director de no dejar CONICET, solo quedaba ella para hacerse cargo de la empresa. Y lo hizo. Junto al economista que conocieron en GridX, se convirtieron en CEOs, fundadores y responsables de la naciente startup. La existencia de GridX en el espacio intermedio entre ciencia y empresa posibilitó el diálogo y encuentro entre investigador y empresarios, y el diálogo entre sus saberes el nacimiento de una startup que de algún modo novedosa híbrida ciencia y empresa privada. A su vez posibilitaba que los científicos-investigadores aportaran a ese espacio y contaran con justificaciones legítimas para ello, sin dejar su campo académico ni volverse marginales en él.

Conformada la empresa con una inversión inicial de 200 mil dólares de GridX, y por intermedio suyo, fueron invitados a pasar una instancia de formación intensiva en San Francisco, Estados Unidos, donde los cuatro integrantes viajaron a principios de 2019. Allí estuvieron cinco meses, en una aceleradora de empresas llamada IndieBio, reconocida como “el mayor fondo de biotecnología del mundo” y en la que, según dicen, “pudieron avanzar un montón”.²⁴⁶ Si bien les resultó difícil la presión de trabajar en otro idioma y a un ritmo que describen como vertiginoso, era fácil y rápido conseguir insumos y otros materiales, a veces en el día, que en Argentina tardan más de un mes, por lo que les fue productivo.

Finalizada la instancia en IndieBio, esa aceleradora también realizó una inversión en la empresa, de modo análogo a GridX, así que el circuito cerró con una segunda inversión de 250.000 dólares para que continúen trabajando. Actualmente,

²⁴⁵ Por supuesto, no tomó posesión de la beca, para la cual, además, era requisito haber finalizado y defendido su tesis doctoral.

²⁴⁶ “El mayor fondo de biotecnología del mundo a la caza de unicornios argentinos”, en *El Cronista*, 07 de octubre de 2019. Consultado el 10/08/2021 en <https://bit.ly/3iYBFuj>

ya renombrados como CASPR, están en una fase de desarrollo del producto, especialmente de la plataforma, es decir, el hardware del kit de diagnóstico. Y es que, hasta ahora, los inversionistas apoyan una idea con potencial y un equipo que consideran apto para desarrollarlo, pero aún no existe producto alguno para vender. Para participar de una nueva ronda de financiación, en las que ya se esperan inversiones de alrededor de 3 millones de dólares, la startup debe poder mostrar mayores avances.

Para diciembre de 2019, cuando los entrevistamos, los miembros de CASPR estaban en el país y avanzaban con lo necesario para el desarrollo, dialogando con ingenieros y evaluando si el hardware convenía fabricarlo o importarlo, entre otros aspectos más técnicos que científicos del proyecto. El laboratorio y las oficinas de CASPR se encontraban en un espacio para empresas incubadas en la Facultad de Agronomía de la UBA, donde pudieron equipar el laboratorio con los fondos provenientes de la startup. Allí tienen sus sedes de trabajo los fundadores de CASPR que participan del CONICET. CASPR viene cumpliendo con las etapas esperadas, por lo que es posible especular un futuro exitoso. Sin embargo, la incertidumbre inherente a estos proyectos (aún en fase de diseño) y los avatares de la economía, también las obligan a estar atentos a cualquier cambio o imprevisto. De momento, en los albores de la expansión del coronavirus hacia febrero de 2020, CASPR anunció que su kit, que hasta el momento venía probándose para dengue, podría utilizarse para diagnosticar COVID-19.²⁴⁷

Si bien es difícil estimar el rumbo de CASPR frente a la pandemia, la necesidad de optimizar las herramientas de diagnóstico y la facilidad con que el kit pudo adaptarse la pusieron en el centro de la atención y el apoyo estatal. Miembros de la startup, junto con otros científicos contratados especialmente para trabajar durante dos meses de manera exclusiva e intensiva con ellos, fueron trasladados por un vuelo “repatriación” de Aerolíneas Argentinas a Estados Unidos, para trabajar en la sede de IndieBio. Esperaban optimizar el producto pero lograr su producción a escala y las validaciones de las distintas autoridades clínicas, como la aprobación de la FDA y ANMAT, por lo que constituía “un objetivo súper agresivo, muy complejo

²⁴⁷ “Son argentinos y crearon un método para detectar el coronavirus en apenas 60 minutos que despertó el interés mundial”, en *Infobae*, 11 de febrero de 2020. Consultado el 10/03/2020 en <https://cutt.ly/QEdTYiN>

y muy innovador”.²⁴⁸ A menos de un año de nuestras entrevistas, CASPR pasó de sus cuatro miembros originales a un equipo de trabajo integrado por 27 personas, en Argentina y Estados Unidos (ver imagen n° 8).²⁴⁹ Esto ilustra la versatilidad del producto que buscan, pero fundamentalmente la velocidad con la que estas empresas pueden cambiar de rumbo para adaptarse a situaciones que lo requieren y ser, en términos empresariales, provechosos.

Imagen n° 8. El equipo de CASPR en IndieBio durante la pandemia de 2020



Fuente: Publicada el 25 de abril de 2020 en Twitter.²⁵⁰

²⁴⁸ “Coronavirus. Son argentinos y trabajan a contrarreloj para crear un test que provea diagnósticos en 60 minutos”, en *La Nación*, 26 de marzo de 2020. Consultado el 30/03/2020 en <https://bit.ly/3Awdvxo>

²⁴⁹ Consultada el 03/11/2020 en <https://www.linkedin.com/company/casprbio/people/>

²⁵⁰ CASPR Biotech [@casprbio]. (25 de abril de 2020). *Meet the team!* [Imagen adjunta] [Tweet]. Twitter. Recuperada el 19/07/2021 de <https://bit.ly/2XIBWcT>

6.3.2. Michroma

Michroma es otra de las startup gestadas por GridX, que incorporó la técnica de edición génica para aumentar la producción de color de ciertos hongos, para luego utilizarlos en la producción de colorantes naturales. En este caso, la idea original fue de un único científico, Mauricio Braia, quien creyó haber encontrado algo interesante y potencialmente aplicable en su trabajo cotidiano. Biotecnólogo, doctor en ciencias biológicas e investigador adjunto CONICET en la Facultad de Química e Ingeniería de la Universidad Católica Argentina (sede Rosario), describe ese hallazgo:

Yo venía trabajando con hongos, y un día vi que un hongo tiró un color al medio en el que estaba creciendo y me pareció interesante, empecé a buscar posibles aplicaciones y encontré que podría ser muy útil para la industria alimenticia porque los colorantes que se usan actualmente son tóxicos o no son sustentables (Mauricio Braia, 26/09/2019).²⁵¹

Con ese interés en mente y habiendo sido “mapeado” por GridX en una de sus recorridas por laboratorios y universidades del país, Mauricio fue invitado a contar su idea en una charla en la Universidad Austral, organizada por su Facultad de Ciencias Empresariales y por GridX. A ese evento llamado “¿Cómo crear startups científicas?”,²⁵² también fue invitado Ricardo Cassini, licenciado en administración de empresas y docente en dicha institución.²⁵³ Allí conoció a Mauricio y a su idea, a la que vio potencial comercial. Desde ese momento se pusieron en contacto y comenzaron a trabajar juntos en cómo convertir esa idea en una startup. En simultáneo, se postularon para participar de las instancias formativas de GridX y fueron seleccionados.

La propuesta de Michroma consiste en desarrollar colorantes naturales a partir de la fermentación de hongos filamentosos, con el propósito de reemplazar en la industria alimenticia, aunque también en la cosmética y textil, a los pigmentos sintéticos (que son tóxicos) y a otros pigmentos naturales de origen vegetal y animal que son poco sustentables y más costosos que los sintéticos, por los que la industria

²⁵¹ Esta referencia, que será frecuente en este apartado, es a una entrevista a Mauricio Braia realizada por: Universidad Austral Rosario (26 de septiembre de 2019). *De una idea a una startup en 7 meses* [Video]. Youtube. Consultado el 03/11/2020 en <https://www.youtube.com/watch?v=RriK1qhbksM>

²⁵² Consultado el 03/11/2020 en <https://cutt.ly/DEdYILW>

²⁵³ Consultado el 03/11/2020 en <https://acortar.link/7iJUK>

no suele utilizarlos.²⁵⁴ Si bien el proyecto original se centró en la fermentación, hacia principios de 2020 Michroma decidió comenzar a utilizar CRISPR, para aumentar la capacidad de producción natural de color del hongo, logrando que produzcan más y mejores pigmentos. Proyectan, en un futuro, poder producir fragancias aplicando esta técnica, primero otorgando la capacidad de producir fragancia (y a un costo competitivo) para luego poder sintetizarla (integrante de Michroma, 02/06/2020).

A diferencia de la experiencia de CASPR, Mauricio y Ricardo ya tenían interés en conformar una startup y conformaban un equipo que incluía científicos y emprendedores. Son respectivamente Director Científico (CSO) y Director Ejecutivo (CEO) de la naciente Michroma. Ese armado y deseo previo evitó las tensiones entre academia y emprendedorismo que experimentaron los miembros de CASPR pero, desde aquí, el recorrido es análogo: Michroma también recibió la inversión inicial de GridX por 200 mil dólares junto con una invitación a viajar con ellos y otros invitados al *Silicon Valley*, a modo de tour de negocios. Cuentan que la decisión de viajar la pensaron mucho, porque el destino era una ciudad costosa, lo que suponía mucho dinero invertido con propósito incierto, pero optaron por ir. En retrospectiva, señalan que fue una experiencia única y una de las mejores decisiones que tomaron. Allí entraron en contacto con inversores y otros capitales de riesgo, fundamentalmente, con IndieBio. La relación con esta aceleradora comenzó de un modo mucho más informal del que relataron los miembros de CASPR. Mauricio lo explica así:

Nos invitaron a un happy hour a todos los que fuimos con la company builder GridX y ahí conocimos a una chica, se interesó por nuestro proyecto, empezamos a contarle. Esta chica resultó ser la Directora Científica de IndieBio (Mauricio Braia, 26/09/2019).

El viaje finalizaba con la presentación, ante potenciales inversores, de los distintos proyectos en IndieBio. Cuentan que dos de ellos se mostraron interesados por el proyecto y les pidieron otra reunión, donde estaba todo el equipo de la aceleradora. Les dieron dos semanas para resolver dos tareas, una científica y otra de negocios. Describen esa instancia como “10 días full trabajando desde que nos levantamos hasta que nos íbamos a dormir” (Mauricio Braia, 26/09/2019). Una

²⁵⁴ Consultado el 03/11/2020 en <https://bit.ly/3tuj5Om>

nueva reunión concluyó con una inversión de IndieBio en Michroma y la invitación a participar de su programa de aceleración. Así, desde que Ricardo y Mauricio se conocieron hasta que Michroma se convirtió en una startup con inversiones nacionales e internacionales por 450 mil dólares, pasaron solo diez meses. Por eso es que este formato startup se caracteriza por su flexibilidad y un crecimiento exponencial. Ricardo resume este recorrido de modo bien ilustrativo:

Esto implica que nosotros fuimos de tener una idea a estar en el mejor lugar de todo el mundo, de lo que podríamos aspirar para crecer... lo que en el momento era una idea ahora es una startup, estamos invertidos, buscando gente para llevar en septiembre a todo nuestro equipo a capacitarse, a tener advisors de las mejores universidades, a tener el equipamiento que necesitamos, todos los insumos necesarios para desarrollar esto y llevarlo a una próxima ronda de inversión en enero, donde vamos a buscar levantar entre 3 y 5 millones de dólares para seguir el desarrollo, y después volver a Argentina (Mauricio Braia, 26/09/2019).

Ya los dos cofundadores no eran suficientes, por lo que definieron los perfiles que necesitaban para alcanzar sus objetivos e iniciaron una búsqueda para la que, dicen, recibieron más de 300 currículos, de entre los que “sumamos a los candidatos que más se ajustaban a lo nuestro, pero más que nada a nuestra cultura”.²⁵⁵ Así contrataron a tres jóvenes graduados que se incorporaron al equipo:²⁵⁶ una estudiante avanzada de biotecnología de la Universidad Nacional de Rosario, un ingeniero en alimentos de la UNQ y un licenciado en genética (UNNOBA) que debió renunciar a su beca doctoral CONICET en la UNLP. Todos ellos participaron del programa de aceleración de IndieBio, donde los desafíos no cesaron.

“Cuando llegamos a San Francisco mandamos a analizar uno de los hongos con el que trabajábamos y descubrimos que producía micotoxinas”, dice Cassini. Estas son sustancias riesgosas para el consumo humano y son inaplicables a la industria alimenticia. “Tuvimos que arrancar de cero y encontrar uno con igual rendimiento o superior. Pero así es la vida del emprendedor”.²⁵⁷

Presente siempre la adaptabilidad para afrontar y resolver la incertidumbre que el producto demanda, consiguieron solucionar ese inconveniente y, desde febrero

²⁵⁵ Cassini, Ricardo en “La historia de Michroma: el emprendimiento que puede revolucionar la industria de los alimentos”, en *Agrofy News*, 23 de enero de 2020. Consultado el 03/11/2020 en <https://cutt.ly/3EdYn0s>

²⁵⁶ Consultado el 03/11/2020 en <https://michroma.co/>

²⁵⁷ “Del laboratorio a la empresa: los científicos se ponen el traje de emprendedores”, en *La Nación*, 22 de febrero de 2020. Consultado el 15/01/2021 en <https://bit.ly/3ApFLlk>

de 2020, se encuentran trabajando nuevamente en la Universidad Nacional de Rosario. La cuarentena obligatoria que se decretó en el país desde el 19 de marzo, frenó el ritmo de trabajo, porque los mantuvo lejos del laboratorio hasta agosto (imagen n° 9). Durante ese período se encontraron revisando bibliografía desde sus respectivos hogares, según nos contaron vía whatsapp (02/06/2020).

Imagen n° 9. El equipo de Michroma en la Universidad Nacional de Rosario.



Fuente: Publicada en la página de Facebook de Michroma el 26 de agosto de 2020.²⁵⁸

Sin embargo, el proyecto sigue en crecimiento. Sus miembros afirman haber cerrado acuerdos con grandes empresas nacionales que están interesadas en sus pigmentos, como Danone, Elea y Paladini (Cassini en BioArgentina 2020, 05/11/2020). Terminaron el 2020 ganando la quinta edición del *Fi global Startup Innovation Challenge*, seleccionados entre más de 500 startups dedicadas a la alimentación, en la categoría de ingrediente más innovador. Afirman tener previsto para el 2022 duplicar su personal, realizar una nueva ronda de capital para escalar su producción, e iniciar el proceso de aprobación regulatoria para comenzar a comercializar sus colorantes a empresas alimenticias de Estados Unidos y Europa.²⁵⁹

²⁵⁸ Michroma (26 de agosto de 2020). *Back in the lab!* [Imagen adjunta] [Facebook]. Recuperada el 15/01/2021, de <https://cutt.ly/TEdYYNe>

²⁵⁹ “Startup rosarina, con sede en EEUU, planea duplicar personal para pasar del laboratorio a las góndolas”, *ECOS365*, 28 de julio de 2021. Consultada el 20/08/2021 en <https://bit.ly/3gmeMzf>

6.3.3. Kheiron

Kheiron es una empresa de Buenos Aires cuya actividad principal es la clonación de equinos. En general, el servicio se utiliza para reproducir caballos de alto valor genético, como los que se utilizan en deportes ecuestres. La empresa comenzó sus actividades en 2012, cuando solo otras dos dedicadas a la actividad: la Argentina Crestview Genetics y la pionera Viagen, americana-canadiense.²⁶⁰ Con más de 200 caballos nacidos, creen que esta producción tiene un techo, especialmente con la creciente aparición de nuevas empresas del rubro en distintos países, que compiten por los clientes y obligan a reducir el precio final. Si en 2012 un servicio de clonación costaba alrededor de 100 a 120 mil dólares, en 2019 el precio rondaba entre 50 y 60 mil. En palabras de su CEO: “duplicamos la producción pero tuvimos que bajar también un 50% el precio” (10/07/2019).

Así, como toda entidad con fines de lucro, esta empresa debió adaptarse y diversificar su oferta, por lo que abrieron nuevas líneas de investigación. Dada la plataforma de clonación y un sistema de producción *in vitro* “puestos a punto”, incorporar edición génica aparecía como algo relativamente sencillo en términos técnicos, aunque consultaron asesores y contrataron personal especializado. Así, Kheiron comenzó a investigar con CRISPR para no solo reproducir mamíferos sino también poder “mejorarlos”, sea en su rendimiento deportivo (más rápidos, más resistentes, con mayor desarrollo muscular) o en su calidad como producto alimentario (más carne, más proteica).

Pero más allá de que la incorporación de CRISPR a sus líneas de investigación es reciente, el surgimiento de esta empresa originalmente de clonación es interesante como ejemplo de una nueva técnica de vanguardia en el campo de la biotecnología que permite la conformación de una firma privada redituable. Al igual que CASPR y Michroma, el aprendizaje, la incorporación y puesta a punto de la

²⁶⁰ Crestview Genetics pertenece a Adolfo Cambiaso, el mejor jugador de polo del mundo y fundador de La Dolfina, uno de los principales equipos del deporte. Junto a los empresarios Alan Meeker (de Texas, EEUU) y Ernesto Gutiérrez (accionista del Grupo Corporación América, uno de los más importantes holdings internacionales de capitales argentinos dedicado al desarrollo de negocios en múltiples sectores, que lo llevó, en otras actividades, a ser CEO de esa Corporación y de los Aeropuertos Argentina 2000). Fuente: “Cómo el polo argentino se convirtió en un juego de caballos clonado”, en *Redacción*, 16 de diciembre de 2019. Consultada el 19/01/2020 en <https://bit.ly/3CzGD7w>

técnica, y la formación de los recursos humanos capacitados para utilizarla, se hicieron en el sector público. El fundador de esta empresa realizó su doctorado y se especializó en técnicas de reproducción y edición, mientras participaba del equipo que convertía a Argentina en el tercer país del mundo en conseguir tecnología de clonación equina. Se trataba del nacimiento de “BS Ñandubay Bicentenario”, el primer caballo clonado en Sudamérica, en 2010.²⁶¹ Este hito coincidió con otra noticia: un tenista y un empresario famosos adquirieron por 800.000 dólares un clon de “La Cuartetera”, el mejor caballo del mejor polista del mundo, Adolfo Cambiaso, en un remate.²⁶² Cambiaso había comenzado a incursionar en la clonación de sus mejores especímenes con Viagen, la primera empresa en el mundo dedicada a este servicio. El CEO y fundador de Kheiron recuerda ese momento:

Yo estaba con unos compañeros ahí en la Facultad, en la UBA, y vemos que, primero, no había empresas en el mundo casi que sepan, que puedan clonar, o sea, había una empresa, había muy pocos laboratorios en el mundo que sepan clonar, nosotros éramos uno, y estaban vendiendo acá animales por 800.000 dólares [risas] ¡¿qué carajo estamos haciendo que...?! ¡Vamos a hacer algo comercial con esto! entonces bueno, ahí, un poco a partir de esos eventos, nace esta empresa (10/07/2019).

Desde ese momento, cuenta, comenzó a tejer una red de contactos que finalmente dio con un interesado en invertir en el proyecto. El mismo relata: “vinieron a verme con la idea y me cautivaron. Instalamos un laboratorio de nivel internacional en el Parque Empresarial Austral de Pilar y eso nos condujo a otros proyectos” (Daniel Sammartino, CEO y Fundador del grupo ProInvesa, al que Kheiron pertenece).²⁶³ Y así fue. Durante 2011 se armó el laboratorio, se compraron los equipos y se contrató al personal, en 2012 se generaron los primeros embriones y en 2013 ya nació su primer caballo clonado. En seis años nacieron alrededor de 200 de estos equinos, gracias a mejoras técnicas que descubrieron en el laboratorio y mejoraron la efectividad del proceso.

²⁶¹ “Lograron clonar un caballo criollo”, en *La Nación*, 20 de octubre 2010. Consultado el 07/04/2020 en <https://bit.ly/3kqz8tx>

²⁶² “Nalbandian compró una yegua clonada”, en *Infobae*, 17 de noviembre de 2019. Consultado el 09/01/2020 en <https://cutt.ly/1EdYJLB>

²⁶³ “Caballos clonados con genes editados, otra hazaña de científicos argentinos”, en *Argentina.gob.ar*, 09 de enero de 2018. Consultado el 09/01/2020 en <https://bit.ly/39mq0je>

6.4. Nueva dinámica ¿virtuosa? de mediadores para la innovación

Los tres emprendimientos realizados en Argentina con técnicas biotecnológicas potencialmente innovadoras que describimos, permiten establecer un contrapunto e iluminar varias coincidencias. En primer lugar, permite confirmar la importancia del sector público en la formación de los recursos humanos altamente capacitados. En todos los casos, los científicos e investigadores con conocimiento y habilidad para llevar adelante estos desarrollos se formaron y capacitaron en instituciones públicas. Todos ellos contaron con financiación de la misma procedencia: fueron o son becarios y/o investigadores del CONICET, y participaron de proyectos de investigación en universidades e instituciones públicas, y en algunas privadas sin fines de lucro.

En segundo lugar, todos los casos confirman que para atraer inversores es necesario contar con un proyecto de empresa medianamente consolidado, esto es, con una idea bien delimitada, un concepto probado y los recursos humanos capaces de desarrollarlos. A diferencia de las startups, que necesitaron de estímulos, asesoramiento, financiación y capacitaciones adicionales para alcanzar ese estadio, Kheiron pudo salir directamente a conseguir sus propios inversores. Esto fue posible porque, a diferencia de CASPR y Michroma que aún venden promesas de valor concreto, Kheiron ofrecía la realización de un servicio ya existente, con una técnica probada, a manos de quienes participaron de los primeros desarrollos, validada por publicaciones científicas y con amplia difusión en grandes medios de comunicación. Su fundador explica el éxito de su empresa de base científica de este modo:

Teníamos la materia prima, el know how y un producto ya terminado ¿entendes? Como para demostrar... pasa que claro, vos tenés que tener eso, o sea, si no tenés eso es medio difícil que venga alguien, por ahí te ponen unos mangos como para ayudarte a que vos sigas ¿entendes? ese camino de generar un producto de esa prueba de concepto y del producto final, eso es lo que te digo, que muchos acá se gastan la guita en cosas y no llegan a eso, y vos ahí medio en el camino ya tenés que estar hablando con el inversor, y el inversor no te va a largar la plata si no llegas a eso, entonces tenés que pensar bien cómo la gastas y armarte un buen proyecto. O sea, no sólo que sean investigadores, tenés que incorporar a alguien más que te pueda hacer un buen plan de negocios ¿viste? que es lo que le falta siempre a los investigadores, tenés que armar bien el equipo e invertir bien tu plata inicial, porque

si no, no llegas a un inversor que te ponga mucha plata, te van a poner poquita plata... y no te va a alcanzar (CEO y Fundador de Kheiron, 10/07/2019).

Esto es importante porque algunos científicos, que intentaron crear una empresa por vías convencionales y fracasaron, alegan que el problema central fue la escasez de fondos. Por el contrario, desde las propias oficinas de vinculación desmienten esa explicación, señalando como principal obstáculo la falta de formación empresarial de los científicos. Si bien es cierto que se necesita dinero para desarrollar una empresa, los casos de CASPR y Michroma demuestran que es posible conseguirlo, siempre y cuando se pueda convencer a un inversor de la potencialidad del proyecto. Lo que ponen en evidencia las actividades de aceleradoras y company builders es que para convertir una investigación en un producto con mercado, no solo hace falta dinero, sino toda una serie de “habilidades blandas” (*soft skills*). La Directora de una oficina de vinculación de una universidad pública nos confirmó que están dictando cursos sobre soft skills, en los que “respondemos a la pregunta qué queremos [*se ríe*], qué quiere cada uno, liderazgo, negociación, todas esas cosas las damos como habilidades blandas, imprescindibles al momento de salir del laboratorio y tener interacción con empresas, con industrias” (12/05/2019). Es que, como vemos, realizar ciencia aplicada y tener una idea comercializable, no son lo mismo. Un investigador CONICET vinculado a una startup describía la diferencia de este modo:

Yo tengo ganados siete Innovar y cero startup [...] Nosotros aplicamos, pero la startup es otra cosa. Realmente la startup es otra cosa. La startup es mercado, al producto te lo define el mercado. Ni siquiera es tu idea. Al contrario, si vos te casás con tu idea, le hacés mal a la empresa. Te enamorás de tu idea, le hacés mal a la empresa, porque te das cuenta que el mercado, los inversores, te piden otra cosa. [...] Así que, nosotros somos emprendedores, pero la startup es otra cosa. La startup es como una fábrica [...] Lo que uno ve de ciencia, moléculas, qué sé yo, desaparece en la startup (27/11/2019).

Por ello la capacidad de poder “soltar” aquello que uno imaginó y desarrolló, de escuchar lo que inversores y clientes demandan, de aceptar cambios y adaptarse a ellos rápidamente, es una condición clave para participar de estos nuevos formatos de empresa de base científica. El recorrido que llevó a estos dos equipos de investigación a convertirse en dos potenciales empresas con casi medio millón de dólares invertidos por capitales extranjeros, es vertiginoso. El modelo propuesto por

este “ecosistema startup” en nuestro país, se diferencia de las formas tradicionales de elaborar servicios o productos de base científica comercializables y excede, o más bien transforma, los modos ya clásicos de vinculación público-privado que, en Argentina.

Lejos de excluirse, parecieran complementarse. Si bien estos nuevos mediadores privados (aceleradoras, company building) “se llevan” los recursos humanos financiados por el Estado para la generación de emprendimientos privados, también es cierto que les brindan los recursos materiales y las capacidades blandas para convertir sus investigaciones en productos, servicios y desarrollos que el Estado no puede proveer. Aunque las empresas aun representan una parte minoritaria de la inversión en CyT en Argentina, emergen nuevos actores privados que demandan científicos e ideas innovadoras, y a cambio prometen las inversiones y herramientas que se necesitan para concretarlas.

Así, la tendencia global al emprendedorismo y la creación de startups, ancla en nuestro país a través de la emergencia de gestores CyT privados que ofrecen respaldo, estatuto y justificación para el desarrollo de un “ecosistema” público-privado. El mismo aparece como una alternativa real al CONICET y las UUNN que, por la fragilidad y escasez de recursos del Estado, no siempre puede retener a sus recursos humanos, recursos que el sector privado no puede o no está en condiciones de generar. De este modo, la existencia de una red informal, personal, casi ilegal, de colaboración que estos científicos e investigadores vienen generando en los últimos años aparece como una externalidad positiva de este celebrado nuevo modelo. Las restricciones de fondos que acompañan el desarrollo de la ciencia en Argentina facilitan el establecimiento de estas colaboraciones y fundamenta instituciones que dan nuevo dinamismo al espacio intermedio entre ciencia y empresa.

***PARTE III. REFLEXIONES SOBRE LA APUESTA AL
DESARROLLO A TRAVÉS DE LA INNOVACIÓN***

7. MÁRGENES PARA INNOVAR EN LA PERIFERIA: LA AMBIGUA INSERCIÓN GLOBAL ARGENTINA

Con frecuencia Argentina es definida como un país semi-periférico o “en vías de desarrollo”, como forma de ilustrar cierta ambigüedad en sus performances: sus logros científico-tecnológicos no distan tanto de los que se alcanzan en los países centrales, pero afronta problemas que aquellos no tienen; tampoco evidencia altas tasas de crecimiento que hicieran pensar que está en transición a un desarrollo inminente: ni tiene un gran mercado de consumo, como muchas de las potencias emergentes. Considerando sus particularidades, este capítulo indaga en los límites y las potencialidades de hacer I+D+I de vanguardia “en los márgenes”, esto es, busca comprender cuánto de la condición semi-periférica de Argentina constriñe o estimula la investigación y la innovación biotecnológica.

Observaremos el potencial estratégico de las formas de articulación público-privadas y sus últimos desarrollos. También analizaremos dos casos recientes de biotecnologías que, estando en condiciones de ser comercializadas, no pueden hacerlo por una serie de variables geopolíticas, que ilustran la dependencia relativa respecto de algunos centros. Mientras que en el próximo capítulo profundizaremos sobre el impacto actual y potencial de esa configuración en la estructura productiva del país, aquí nos concentraremos en lo que revela sobre el modo en que se hace I+D+I, pensando en si es posible transformar algo de su ambigüedad en una ventaja. Para eso nos apoyamos en las entrevistas y observaciones realizadas, y en el análisis de diversas fuentes y materiales documentales que permiten ampliar esa información.

7.1. El potencial estratégico de la articulación entre sector público y privado

Antes de observar los límites sobre los que se asienta la planificación del desarrollo, avanzaremos en una reflexión sobre el potencial estratégico de la articulación entre sector público y privado para afrontarlos. Esto permite comprender los beneficios que pueden derivarse de la inversión inicial del Estado en infraestructura y recursos humanos, y de sus esfuerzos políticos y diplomáticos en

torno a la regulación de sus productos, y que la justifican incluso cuando acaban siendo explotados por los actores del sector privado. En concreto, veremos cómo se distribuyen los costos, riesgos y ganancias de esa “apropiación” privada que, mediante la colaboración entre sector público y privado, aprovecha la vacancia de proyectos potencialmente innovadores que no lograban encauzarse.

7.1.1. Dos lógicas no tan antagónicas

El Estado regula la I+D con edición genética tanto por acción como por omisión (Oszlak y O'Donnell, 1995, p.16), y muchas de sus intervenciones “indirectas” de estímulo o desaliento quedan invisibilizadas si solo se observa la letra de las políticas científico-tecnológicas. Muchos entrevistados criticaron los instrumentos, programas y políticas de fomento que existen en materia de biotecnología, por sus complejos procedimientos y plazos, o sus montos y alcances reales, señalados como insuficientes. Sin embargo, muchas veces se niega o se ignora la eficacia que tienen esas intervenciones estatales en aspectos menos cuantificables, visibles o explicitables, por ejemplo, en la conformación de redes de cooperación y colaboración entre científicos, investigadores, empresarios e instituciones de diversa índole, que algunas modalidades de financiación suelen imponer como requisito.

Lo mismo acontece con buena parte de la inversión estatal, que es anterior a la privada y su condición de posibilidad, como la que se necesita para formar a los científicos-investigadores. Aunque en el sector público estos tienen dificultades para trabajar, que sortean con estrategias y financiamiento del exterior y del sector privado, para llegar a estas instancias hay que tener investigaciones plausibles de desarrollarse con éxito. De este modo, en Argentina, aun con falencias, el Estado sigue siendo el principal inversor en ciencia y, aunque sea de modo indirecto o incluso como una consecuencia no deseada de su acción, es central en el fomento y la orientación de la I+D.

Aunque el sector privado se muestre mejor adaptado, flexible, dinámico, dispuesto a correr riesgos, características crecientemente valorizadas, los bienes y servicios que desarrollan no existirían sin los aportes iniciales del sector público, que se realizan en la etapa más crítica y a la vez más riesgosa. Esto es cierto para los proyectos con edición génica que relevamos, aunque de modo no exclusivo; porque

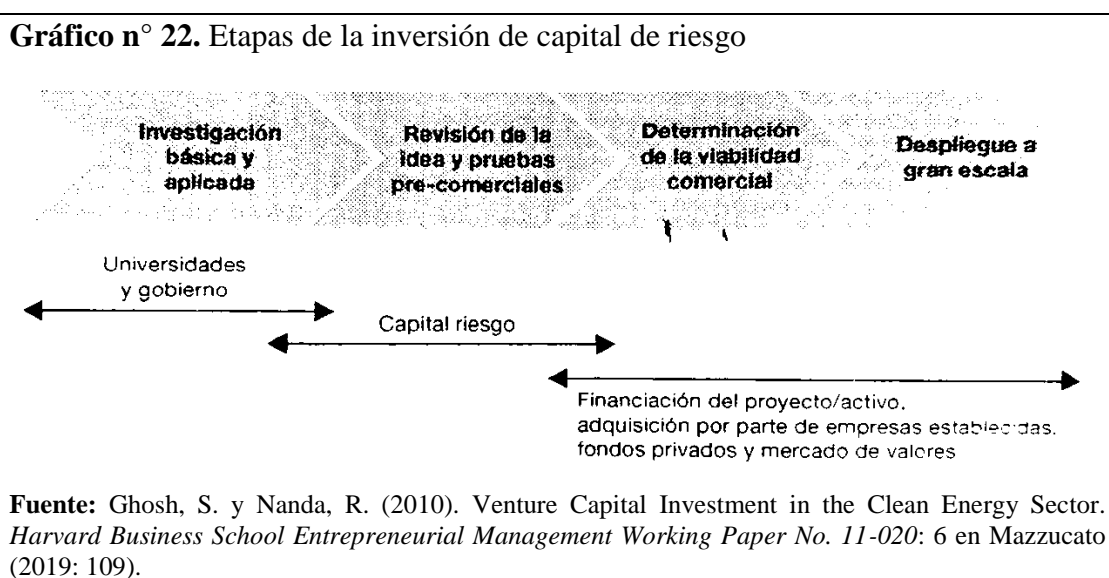
son muchos los proyectos biotecnológicos que optaron por formatos empresariales. Si bien los nuevos actores emergentes –*company buildings* y aceleradoras– se suman a otros con más trayectoria –como incubadoras y vinculadoras–, para construir puentes entre ciencia y mercado –tejiendo así su propio espacio intermedio– y favorecer el ingreso de capitales de riesgo en etapas tempranas de los proyectos, como afirma Mazzucato “en biotecnología, nanotecnología e internet, el capital de riesgo llegó de quince a veinte años después de que se hubieran realizado las inversiones importantes de fondos públicos” (2019: 71).

Buena parte del riesgo lo asume el Estado, y los estudiantes que avanzan en su formación sin saber si hay interesados en contratarlos. La mayoría de quienes hacen I+D con edición génica estudiaron y se formaron como profesionales en universidades y otras instituciones públicas, financiados con becas de organismos estatales, y al momento de entrevistarlos percibían sus salarios como investigadores de los mismos, incluso bajo la modalidad de investigador en empresa o estableciendo colaboraciones y convenios para poder dedicar algo de su tiempo a cooperar con startups o empresas del sector. Más aún, la totalidad de los proyectos y emprendimientos con edición génica que relevamos en el sector privado se basan en proyectos que originalmente iniciaron en laboratorios de universidades u hospitales del sector público, financiados con proyectos PICT o similares, y realizados por investigadores y becarios del CONICET o la Agencia.

La inversión del Estado resulta también una muestra de apoyo y confianza hacia estos proyectos de empresa, que atrae la atención de los inversores privados. Los entrevistados señalaron que pertenecer a CONICET opera como un “sello de calidad”, al menos a nivel regional, que otorga respaldo y credibilidad a las investigaciones y también a los científicos, incluso después de renunciar a su cargo en la institución. Usualmente, la opción por algún formato empresarial no implica una ruptura total con las instituciones de base. Más que de un abandono del sector público por el privado, se trata de una colaboración que parece estar creciendo y combinando los puntos fuertes de cada uno en proyectos conjuntos, incluso conformando consorcios mixtos, que permitan escalar los resultados de las investigaciones que en los laboratorios públicos encontraban techo.

Como se puede ver en el gráfico n° 22, son décadas de esfuerzos colectivos e individuales realizados en el campo de la biotecnología los que constituyen la

plataforma sobre la que las oportunidades se ciernen y las promesas se formulan. Este gráfico expande en escala y tiempo las etapas específicas del gráfico n° 21, que invisibilizaba la inversión previa que subyace a buena parte de los emprendimientos en Argentina, entregando todo el mérito al emprendedor. Así, el Estado es la tierra fértil sobre la que luego el “ecosistema startup” cosechará los frutos de sus “inversiones semilla” (*seed*). Como sostiene Schteingart, “la experiencia histórica comprueba que los procesos de creación de capacidades tecnológicas se dieron con una fortísima intervención estatal” (2016: 154). Recientemente, el Estado encaró incluso algunas iniciativas hacia una colaboración más explícita con el sector privado, volviéndose co-inversor de las aceleradoras de empresas, según estableció la Ley de Capital Emprendedor.



Allí donde algunos autores ven una apropiación privada de la inversión pública en I+D, el Estado y buena parte de la opinión pública ven en los desarrollos científico-tecnológicos una señal de “éxito” de la ciencia argentina (Bilañski, 2018b), ¿qué explica entonces la inversión del Estado en estos proyectos? ¿Qué beneficios públicos emergen de la innovación privada? Peirano indagó “de qué manera las ayudas públicas, aplicadas como transferencias al sector privado, devienen en beneficios para el conjunto de la sociedad” (2011: 82). Sostiene que el costo – subsidios y préstamos blandos del Estado destinados a promocionar la innovación– de invertir en el sector privado es menor a los beneficios que la sociedad obtendría de ello, esto es, que es un “buen negocio” para el sector público. Para llegar a esta

conclusión, identificó una serie de canales por los que la innovación que emerge del sector privado beneficia “al conjunto de la sociedad” (ídem).

Al mejorar sus procesos productivos y/o renovar su oferta de bienes y servicios, las empresas estarían en condiciones de optimizar la relación precio-calidad de sus artículos, de pagar salarios más altos, de incrementar el saldo de divisas, aumentar la eficacia energética y minimizar el impacto sobre el medio ambiente (Peirano, 2011: 83). La innovación privada tendría así efectos sociales positivos sobre el medioambiente, el mercado internacional y el mercado local (o de precios y salarios). Peirano también señala que los intentos de superar novedosa y convenientemente los obstáculos brindan a las empresas la posibilidad de relacionarse entre sí, enriqueciendo los lazos comerciales y la vinculación con instituciones de CyT, potenciando la capacidad de respuesta ante los desafíos del desarrollo productivo (2011: 83), redundando en un efecto cooperativo.

El análisis de las prácticas de científicos y emprendedores permite deducir que estos beneficios de la innovación privada también son válidos cuando se trata de transferencias de conocimiento, ciencia y tecnología en general, y para la I+D con edición genética en particular, como veremos en el próximo capítulo. Aunque incipiente, el potencial que tiene la I+D científico-tecnológica para apuntalar el desarrollo del país, especialmente mediante la articulación de distintos actores del sector público y el privado, se mostró como nunca antes frente a la inesperada pandemia de coronavirus que asoló al mundo en 2020.

7.1.2. La pandemia como catalizador de capacidades instaladas

La cuarentena obligatoria que el gobierno impuso en marzo de 2020 en toda la Argentina para frenar la pandemia de COVID-19, forzó la detención de la fase experimental de muchas investigaciones, ante la dificultad de realizar trabajo a distancia y la imposibilidad de acceder a los laboratorios.²⁶⁴ Algunas quedaron suspendidas y otras directamente no pudieron recuperarse. Esto puede explicar, en

²⁶⁴ La información sobre la que se basa este apartado proviene principalmente de los encuentros realizados durante 2020 y 2021 en el marco de la segunda edición del Círculo de Estudios sobre Ciencia y Periferia de IDAES-UNSAM. Esta, titulada “Ciencia, Estado y Pandemia”, contó con el testimonio de científicos, expertos e investigadores que trabajaron en proyectos vinculados al COVID-19. El detalle de los mismos se encuentra en el Apéndice D.

parte, por qué los proyectos que identificamos durante nuestro campo en 2019 aún continúan como tales y no son un producto o servicio concreto.

Pero esta adversidad también impuso la urgencia de generar conocimiento sobre lo que estábamos enfrentando y las formas de prevenirlo y/o tratarlo. Por ello, a principios de ese año, en los albores de la detección de casos en nuestro país, MINCYT, AGENCIA y CONICET conformaron la “Unidad Coronavirus COVID-19”, con el objetivo de “poner a disposición todas las capacidades de desarrollo de proyectos tecnológicos, recursos humanos, infraestructura y equipamiento que puedan ser requeridos para realizar tareas de diagnóstico e investigación sobre Coronavirus”.²⁶⁵ Esta Unidad apoyó a más de 100 iniciativas orientadas a objetivos críticos, como la creación de kits de diagnóstico, enfoques terapéuticos y plataformas epidemiológicas (Rabinovich y Geffner, 2021: 264).

Sin poder trabajar, movilizados por las ganas de volver a sus laboratorios y de contribuir a la búsqueda de soluciones, muchos investigadores encontraron la forma de adaptar sus trabajos previos y áreas de expertise y presentaron proyectos para afrontar las problemáticas de la pandemia. En el marco de la Unidad Coronavirus y financiados con una convocatoria especial de la Agencia, que otorgó un total de cinco millones de dólares a través de sus distintos fondos, se adjudicaron más de 50 proyectos.²⁶⁶

El rápido redireccionamiento fue posible gracias a varios factores. Primero, la capacidad y el conocimiento de los recursos humanos disponibles, que permitió adecuar lo que se tenía y sabía, a lo que se debía y podía realizar. Segundo, al aprovechamiento de capacidades instaladas que optimizó los recursos disponibles. El investigador a cargo de uno de los proyectos explicó que el dinero que obtuvieron de la Agencia alcanzó perfectamente para cubrir la investigación propuesta, pero porque no debieron adquirir equipamiento, que ya tenían y es lo más costoso (14/05/2021). Señaló que, si debía comprarlo, no solo se hubieran incrementado los montos necesarios, también se habrían retrasado mucho con el proyecto: a las restricciones para el intercambio comercial se sumaba que cada país priorizó su abastecimiento antes que la exportación. Tercero, las relaciones preexistentes y la experiencia adquirida tanto por los científicos como por los organismos reguladores en redes de

²⁶⁵ Fuente: <https://www.argentina.gob.ar/ciencia/unidad-coronavirus> Consultada el 05/08/2021.

²⁶⁶ Pueden consultarse los proyectos adjudicados en: <https://bit.ly/3D9DtJ0> Consultado el 05/08/2021.

colaboración compensó la ausencia de espacios de intercambio presencial. Las ideas y proyectos postulados se formularon en diálogo con los contactos disponibles. Los investigadores entrevistados destacaron la comunicación personal vía aplicaciones como Whatsapp y Zoom como el canal privilegiado para la elaboración de las propuestas.

Además de la startup CASPR, otras empresas biotecnológicas que no trabajan específicamente con edición genética reorientaron sus investigaciones hacia técnicas de diagnóstico, que sirvieran a la detección de COVID. Estos procesos evidencian la cantidad de actores e instituciones que debieron intervenir para hacerlos posibles de modo rápido, efectivo y eficiente. En todos los casos, además, lo hicieron conformando consorcios público-privados o desde los ya existentes.

El proyecto de investigación que dirigió Alberto Kornblihtt desarrolló un protocolo completo de inactivación de muestras y preparación de ARN total para la detección de SARS-CoV-2 por diferentes métodos. Obtuvieron así un método de PCR más flexible, que permite inactivar las muestras clínicas en su lugar de obtención, pudiendo realizar su análisis en cualquier laboratorio de investigación, abaratando los costos e incrementando los espacios disponibles para la diagnosis.²⁶⁷ El trabajo formó parte de un consorcio integrado por otras dos iniciativas. Por un lado, el proyecto a cargo Fernán Agüero, que colaboró con la producción de una transcriptasa reversa optimizada, un reactivo utilizado en los diagnósticos, que acelera y simplifica los test moleculares de detección de COVID-19. Por otro, el dirigido por Julieta Imperiale, que se concentró en el primer paso de extracción y purificación de ARN, apuntando al desarrollo de un método basado en nanopartículas magnéticas (ídem). Esta investigación generó la solución de inactivación de muestras INACTIV AR, producida por el Laboratorio Lemos SRL. Para lograr este objetivo, como el propio Kornblihtt señaló, además de toda esta investigación pública, se necesitó la aprobación de ANMAT y el apoyo de una empresa, sino hubiera sido imposible utilizar estos hallazgos de manera masiva (14/05/2021).²⁶⁸

²⁶⁷ “ANMAT aprobó una solución de inactivación de muestras y preparación para la detección del SARS-CoV-2”, en *Argentina.gob.ar*, 27 de mayo de 2021. Consultada el 05/08/2021 en <https://bit.ly/3gfa6uJ>

²⁶⁸ Del trabajo participaron investigadores del IFIBYNE; del Instituto de Investigaciones Biomédicas en Retrovirus y SIDA (INBIRS); del Instituto de Química Biológica de la Facultad de Ciencias

Otro ejemplo de reconversión se plasmó en el kit para la detección del virus SARS-CoV-2 basado en amplificación isotérmica y detección rápida por tiras reactivas, que actualmente se comercializa como ELA CHEMSTRIP COVID-19. El mismo fue desarrollado a partir de una alianza estratégica entre dos empresas tecnológicas (Chemtest y Productos Bio-lógicos) y dos Universidades Nacionales (UNSAM y UNQ). Chemtest es una empresa creada por investigadores de la UNSAM que fabricaba, entre otras cosas, test de detección de dengue y mal de Chagas.²⁶⁹ Esto evidencia, como destaca su CEO y fundador, que

Nadie hace un producto científico en 60 días –dice convencido–. Hay todo un trabajo detrás. Si hay gente formada, tecnología instalada y capacidad de dar respuesta, los conocimientos científicos se pueden aplicar y entonces sí es posible desarrollar en dos meses, por ejemplo, un test para detectar COVID, que era una enfermedad que hasta marzo desconocíamos en la Argentina (Diego Comerci).²⁷⁰

Chemtest es una clara muestra del modo en que los instrumentos de los organismos estatales para financiar la ciencia y la tecnología tienen un impacto positivo, incluso cuando no cumplen los objetivos previstos. La idea que derivó en esta empresa se gestó en 2010, cuando la Agencia creó el Fondo Argentino Sectorial, que buscaba reunir investigadores del sector académico y empresarios locales, para establecer un nuevo servicio o desarrollar un producto que aporte rápidamente innovación tecnológica o científica al mercado. Así, se armó un consorcio integrado por investigadores del INTI, de la UNSAM y una serie de empresas, con la idea de hacer sistemas portátiles robustos y simples para diagnosticar enfermedades infecciosas. Lavarello, Minervini y Robert (2017) encuentran que en los orígenes de esta colaboración, la “alta proximidad social” fue central. Esto es, que los lazos de amistad y experiencias de trabajo previas entre los actores fueron claves para la retroalimentación de conocimientos tácitos –dada además una baja proximidad tecnológica entre el tipo de tarea que realizó cada actor– y eludiendo los conflictos por la apropiación de las tecnologías (ibíd.: 311). Estas tensiones aparecieron cuando el proyecto comenzó a crecer y a incorporar nuevos actores, “pasando de relaciones

Exactas y Naturales (IQUIBICEN); la Administración Nacional de Laboratorios e Institutos de Salud (ANLIS-Malbrán) y la UNSAM.

²⁶⁹ Fuente: <https://www.chemtest.net/institucional.php> Consultada el 17/02/2022.

²⁷⁰ “Chemtest: cuando la ciencia y la tecnología se aplican a la salud”, en *Presente*, 13 de noviembre de 2020. Consultado el 25/11/2020 en <https://bit.ly/3k3npzL>

entre actores independientes basadas en la confianza y la experiencia previa hacia redes de cooperación formales (mayor proximidad organizacional)” (ídem).

Si bien, como señala Comerci, este primer proyecto no tuvo un desarrollo comercial importante, permitió hacer prototipos muy innovadores. Con ello generaron recursos humanos y tecnológicos dedicados a aplicar bio y nanotecnología al área de diagnóstico en salud humana y animal, y se vincularon con empresas del sector biológico, como Biochemiq, una PyME de productos biológicos veterinarios. En 2013, gracias al programa EMPRETECNO, un convenio entre Argentina y el Banco Mundial para llevar al sector productivo estos desarrollos que surgían en el sistema académico, consiguieron financiación, a la que sumaron el aporte de capital de dueño de Biochemiq. Él y tres investigadores de la UNSAM fundaron Chemtest en 2014, impulsados por la necesidad de contar con una estructura de producción para los kits de diagnóstico.

Además del kit de detección molecular rápida Ela Chemstrip, del que ya se produjeron 600 mil determinaciones que se usaron en 35 Centros de Salud de todo el país, esta empresa elaboró el test serológico de anticuerpos, que aguarda la aprobación de ANMAT para su comercialización. También recibió 12,5 millones de pesos en financiamiento de la Agencia para desarrollar un kit “que sea capaz de arrojar el resultado en menos de media hora desde la toma de la muestra, sin utilizar equipamiento o insumos adicionales a los provistos en el kit, ni demandar un procesado previo de la muestra”.²⁷¹ Este “se llamará CHEMSTRIP COVID19 AG y será el primer test antigénico para COVID-19 de diseño y manufactura íntegramente nacional” (ídem). Para ello, cuenta con la colaboración del IIB de la UNSAM, donde tiene sus instalaciones, y la startup BIOINNOVO, con quienes están desarrollando antígenos recombinantes, anticuerpos monoclonales y sueros. El FONARSEC adjudicó además dos fondos para “Escalamiento y Preparación de Exportación – Tramo inicial KITS COVID-19 y otros”,²⁷² por los que distintas empresas privadas se harán cargo del escalado, esto es, la producción masiva, de estos hallazgos de la I+D biotecnológica.²⁷³

²⁷¹ “Científicos de CHEMTEST y UNSAM desarrollarán el primer test de antígenos 100% argentino”, en *Noticias UNSAM*, 23 de junio de 2021. Consultada el 19/08/2021 en <https://bit.ly/3mhTjeG>

²⁷² Fuente: <https://bit.ly/3CXW7TW> Consultada el 05/08/2021.

²⁷³ Uno fue otorgado al Instituto de Ciencia y Tecnología Dr. César Milstein, la Fundación Pablo Cassará y Neokit SAS, para el Desarrollo de componentes esenciales del kit NEOKIT COVID-19 para

Argentina no solo emprendió proyectos en diagnóstico, sino también en tratamiento. La compañía INMUNOVA es una articulación público-privada,²⁷⁴ que hace varios años investiga una proteína que los llevó a diseñar una terapia pasiva para el Síndrome Urémico Hemolítico. Esta se encontraba en fase II/III de ensayo en 2020 cuando debió ser detenida por la cuarentena obligatoria. Como relata Vanesa Zylberman, directora del proyecto, en ese momento tenían un equipo formado en la elaboración de inmunógenos, todo el desarrollo analítico y los métodos asociados de control de calidad, del control regulatorio y los ensayos clínicos y preclínicos y en financiamiento público y privado (24/11/2020). Esto es, tenían todas las fortalezas, habían aprendido de sus errores, y se dieron cuenta que podían aprovechar todo el camino recorrido para armar un suero equino contra el COVID. La investigadora cuenta que se reorganizaron rápidamente para en abril empezar a revisar la escasa bibliografía sobre el tema: la misma sugería que necesitaban una molécula, que podía obtenerse de la espiga RBD para armar una antitoxina contra el RBD, y que esta fuera anti-SARS-COV-2 (ídem).

Así, convocaron a grupos de trabajo con experiencia en la obtención de estas células, tanto públicos como privados (ver imagen n° 10), y redirigieron su investigación hacia la obtención de una antitoxina para el SARS-CoV-2. Lograron hacer un primer lote de ese RBD destinado a inmunizar a los caballos, que está produciendo empresarialmente MAbxience, bajo normas GMP, obteniendo como resultado el suero del caballo procesado. Según cuentan, tiene una gran capacidad neutralizante (evitando que el virus entre en la célula), es muy seguro, se pueden obtener entre 250/300 viales por caballo, es escalable en poco tiempo y es un producto farmacéutico (ídem). El mismo se está utilizando actualmente en el tratamiento de pacientes con COVID.

su escalado y preparación de exportación. El otro a Wiener Laboratorios SAIC para la Producción en planta industrial de kits de biología molecular. Esta se encuentra comercializando el test de diagnóstico llamado WGene SARS-CoV-2 RT Detection. Fuente: <https://bit.ly/3tMMDXE> Consultada el 19/08/2021.

²⁷⁴ INMUNOVA se creó en 2009 como desprendimiento de la Fundación Leloir. Tienen proyectos de investigación con CONICET, la Academia Nacional de Medicina, el Instituto Leloir, la ANLIS y la UNSAM, pero su principal inversor es Grupo Insud. Desde 2016 su sede está en la Fundación Argentina de Nanotecnología, emplazada en la UNSAM y dependiente del MINCYT.

Imagen n° 10. Instituciones que participaron de la elaboración del suero equino y parte del equipo de investigación



Fuente: Filmina de la presentación realizada por Vanesa Zylberman en el encuentro del Circulo de Estudios Ciencia y Periferia (IDAES-UNSAM) del 24 de Noviembre 2020, vía Meet.

Argentina también tiene proyectos de investigación para producir vacunas contra el coronavirus, que se encuentran en fase experimental. Para su fomento, el FONARSEC, abrió la ventanilla específica “ensayos in vivo de vacunas argentinas COVID-19” dirigida

A proyectos de instituciones públicas sin fines de lucro dedicadas a actividades de I+D para el fortalecimiento de las capacidades nacionales para el desarrollo y la producción de vacunas argentinas contra el SARS Cov-2 [...] que busquen continuar y/o concluir la fase pre-clínica de ensayos in vivo de un candidato vacunal, escalable a nivel industrial.²⁷⁵

En el marco de la Unidad Coronavirus, Agencia destinó 60 millones de pesos para terminar la fase preclínica de la vacuna que se llamará “ARVAC Cecilia

²⁷⁵ “La Unidad Coronavirus destinará 60 millones de pesos para terminar la fase preclínica de la vacuna ‘ARVAC Cecilia Grierson’”, *Argentina.gob*, 14 de junio de 2021. Consultada el 19/08/2021 en <https://bit.ly/3kzit7j>

Grierson”, que dirige Juliana Cassataro en la UNSAM. La misma se basa en proteínas recombinantes, que la hace más estable y menos dependiente de la cadena de frío y, por tanto, más económica y fácil de producir y distribuir que las realizadas con nuevas técnicas (ídem). De este proyecto participa también la Fundación Pablo Cassará, encargada de producir los antígenos seleccionados para las formulaciones vacunales bajo normas GMP, e investigadores del INBIRS y el CONICET (ídem). El Ministro de Ciencia, Tecnología e Innovación Roberto Salvarezza anunció que se espera estar en condiciones de realizar la fase 1 y 2 de prueba en humanos en 2022.²⁷⁶ También hay proyectos en otras instituciones: la Universidad de Plata; el INTA Bariloche con Bagó; el Instituto Leloir con el INTA y el INTI; y otro de CONICET y el Leloir (basado en adenovirus), todos con tecnologías diferentes (ídem).

Estos desarrollos son relevantes porque muestran la capacidad de acción de la I+D en CyT Argentina, en un contexto donde las restricciones al intercambio comercial global y las relaciones de dependencia se exacerbaban a un punto que no se experimentaba desde las guerras mundiales. En este sentido, si la dependencia de insumos y biosimilares importados ya era un problema para nuestra I+D biotecnológica, esta se volvió crucial con la pandemia, cuando las fronteras se cerraron, la demanda se incrementó y estos comenzaron a escasear: ya costosos para los presupuestos nacionales, la competencia para adquirirlos estuvo cerca de imposibilitar las investigaciones realizadas en el país.

Kornblihtt explicó que al principio de la pandemia un diagnóstico más o menos barato salía 50 dólares por persona. Solo seis meses después (para fines de 2020), el costo había bajado a los 5 o 7 dólares, porque China controló rápidamente la pandemia y puso sus plataformas de diagnóstico a disponibilidad del mercado internacional (14/05/2021). Sin embargo, un nuevo aumento de precios se produjo cuando los casos crecieron en Estados Unidos (ídem). Esto muestra la volatilidad del mercado ante los rápidos cambios en la oferta y la demanda, difíciles de prever. Los momentos de escasez y el aumento en el precio podrían imposibilitar a Argentina disponer de estos test, al menos mientras los demandaran otros países con mejores presupuestos, volviendo necesario encontrar una forma de producir este tipo de test

²⁷⁶ “Una vacuna argentina contra el coronavirus se probaría en humanos el año próximo”, en *TÉLAM*, 17 de agosto de 2021. Consultada el 19/08/2021 en <https://bit.ly/2XH7Zi>

en el país, aunque fuera a un costo mayor. Así, la pandemia operó de estímulo para una especie de nueva sustitución de importaciones forzada: muchos de los desarrollos que mencionamos se esforzaron por fabricar en el país insumos que no estaban a disposición en el mercado internacional. Diego Comerci, director de CHEMTEST, lo sintetiza a la perfección:

El test de antígenos está dando un vuelco en lo que es el manejo del diagnóstico de la pandemia del COVID-19 y la clave de esta tecnología son los anticuerpos monoclonales descubiertos por el científico argentino César Milstein. Ya pasaron 36 años desde que Milstein recibió el premio Nobel, pero todavía no hay ninguna empresa en Argentina que produzca los anticuerpos que necesitamos para desarrollar el test de antígenos argentino contra COVID-19. Si todo sale bien, vamos a ser los primeros.²⁷⁷

Habrá que evaluar en el futuro si conviene continuar produciéndolos o volver a importarlos, o cómo volver estos desarrollos un negocio rentable, pero todos los mencionados son claros ejemplos del potencial de la ciencia y la tecnología argentina, y de la capacidad de sus investigadores para movilizar los conocimientos y recursos disponibles, adaptándose a los requerimientos y posibilidades del momento. Como afirmaba una investigadora asistente del CONICET vinculada al estudio de la vacuna ARVAC, “esto permitió que la sociedad vea que estamos y que podemos responder” (20/08/2021). Si Argentina no es un país central en términos de desarrollo y aplicación biotecnológica, el motivo no está en sus recursos humanos.

7.2. Vanguardia en espera: condicionantes a la comercialización

Si bien es cierto que en un mundo crecientemente interconectado la innovación en ciencia y tecnología no escapa a la dependencia de ciertos centros, esto no anula los márgenes de acción sino que, como en toda relación, habilita nuevos mecanismos de presión o formas de ejercer poder sobre los centros de los que “depende”. Para observar estas relaciones complejas, profundizaremos en dos casos de innovación biotecnológica aplicada cuya comercialización fue obstaculizada por el Estado que, paradójicamente, fomentó y hasta financió su desarrollo. El primero refiere a una edición realizada con CRISPR en mamíferos por parte de una empresa

²⁷⁷ Ídem nota a pie 271.

privada, y el segundo a un transgénico vegetal hecho por un consorcio público-privado. Inspiradas en la propuesta de rastrear los marcos tecnológicos de los actores que convergen en la construcción de determinados artefactos (Bijker, 2013; Pinch y Bijker, 2013), las situaciones que relataremos evidencian la gran diversidad de actores que intervienen en los procesos de adopción o rechazo de una tecnología.

7.2.1. El “revuelo” por los caballos editados

Entre las empresas argentinas que incorporaron líneas de trabajo vinculadas a la edición genética se encuentra una dedicada principalmente al servicio de clonación de equinos. Además de añadir algunos proyectos en bovinos, para cambiar las características de su pelaje o bloquear la miostatina (para obtener especímenes más musculosos), están investigando con CRISPR en caballos, que es su área de expertise. La meta de largo plazo era poder mejorar la dotación genética de los equinos, a la vez que ganar certezas en la transmisión del ADN de una generación a la otra, esto es, poder precisar qué características se heredan y cuáles no. Según el CEO de la empresa, se trataba de una prueba de concepto, esto es, de una investigación cuyo objetivo no era dar nacimiento a caballos editados, sino probar y chequear en el laboratorio que la edición del genoma se realizara correctamente. En sus palabras:

Nosotros hicimos la edición de las células y después hicimos los embriones por clonación, los llegamos a hacer, los verificamos, mandamos a secuenciar su ADN y vimos que estaban las modificaciones genéticas, estaban listos para transferirse, pero no los transferimos porque en ese momento, eh... digamos, dimos a conocer un poco la noticia, nosotros, y se armó como un revuelo muy grande (10/07/2019).

El “revuelo”, relata, se habría basado en una confusión: “parecía como que no se había entendido bien a lo que nosotros queríamos llegar” (10/07/2019). Según cuenta, anunciaron el éxito de la prueba de concepto, pero esto se interpretó como que habían dado nacimiento a los caballos genéticamente editados, por primera vez en el mundo. Esto suscitó una rápida y contundente reacción por parte de algunos grupos sociales,²⁷⁸ escandalizados por la noticia.

²⁷⁸ Empleamos la noción de grupo social de Pinch y Bijker para denotar organizaciones, instituciones o grupos de individuos organizados o no, que comparten un mismo conjunto de significados,

Uno de los rechazos provino de las asociaciones vinculadas al polo, con tradición en discutir el lugar de las innovaciones científico-tecnológicas en el deporte. Recordemos que, pese a una resistencia inicial, estas entidades aceptaron la participación de ejemplares clonados en sus competencias, incorporando cláusulas específicas en sus estatutos para hacerlo posible. Sin embargo, la aceptación de métodos de cría con técnicas que implican alteraciones en el genoma, seguía siendo objeto de disputa en 2019, y los OGM no estaban permitidos. La Dolfina y Ellerstina, son los dos equipos de polo más importantes del país, y su enfrentamiento no solo constituye uno de los eventos deportivos más convocantes a nivel mundial, sino que también representa fuertes desacuerdos en torno a la cría deportiva. La Dolfina, de Adolfo Cambiaso, basa la reproducción de sus ejemplares en la clonación. Según un informe de la Asociación Argentina de Criadores de Caballos de Polo (AACCP) hay 17 clones inscriptos y todos son de Cambiaso. Ellerstina, en cambio, aún utiliza la técnica de trasplante embrionario, que revolucionó el polo hace tres décadas.²⁷⁹ En este marco de desacuerdos sobre la crianza y el tipo de ejemplares que deben o no aceptarse para la competición deportiva, la utilización de la edición génica agudizó los conflictos, y la noticia del uso de CRISPR despertó el alerta.

Las consecuencias no se hicieron esperar en un negocio que mueve millones de dólares al año y constituye la principal demanda de equinos de alto valor genético: la aceptación de los ejemplares editados en los planteles constituía una variable clave para su producción. Nadie querría invertir dinero en un caballo editado si no podrá utilizarlo para competir, por muy superior que fuera su genética en comparación con la de otros especímenes. Así, la posibilidad de llevarlos a la cancha es, en buena medida, lo que marca los ritmos de la cría y la incorporación de nuevas tecnologías en este sector. El escándalo demostró que todavía no había lugar allí para los caballos CRISPR. Por ello, aunque viable, convenía esperar la aceptación de la técnica para comenzar a aplicarla.

vinculados a un artefacto específico (1984: 41-42). Como nuestro objetivo no es reconstruir la historia de las innovaciones (o artefactos), asumiremos la confluencia de significados de los grupos identificados a partir de la coherencia de sus reclamos y acciones, antes que observarlos en profundidad.

²⁷⁹ “Abierto de Palermo: La Dolfina y Ellerstina son opuestos hasta en el tema clonación”, en *La Nación*, 14 de diciembre de 2019. Consultado el 10/11/2020 en <https://bit.ly/2W6GVCU>

Como muchos de estos animales se exportan, el rechazo pronto alcanzó dimensiones internacionales. Si bien el complejo equino representa un porcentaje ínfimo de la canasta exportadora argentina,²⁸⁰ alcanzó los 37 millones de dólares en el primer semestre de 2021 según el INDEC, con Bélgica, Italia, Estados Unidos, Reino Unido, Países Bajos y Rusia entre los principales destinos. Aparentemente los importadores de caballos argentinos se habrían preocupado con la noticia, sobre todo frente a la imposibilidad de saber si los ejemplares provenientes de nuestro país habían sido objeto de algún tipo de modificación genética. El CEO de la empresa profundizaba en este punto “creo que llamaron desde otros países también, al Ministerio de Agricultura de Argentina, preguntando si nosotros teníamos caballos modificados genéticamente, bueno, un lío” (10/07/2019). Ante esa incertidumbre, y para dar tranquilidad a los compradores de equinos argentinos, el Ministerio de Agricultura de la Nación y la CONABIA contactaron a la empresa sugiriendo hacer una “presentación espontánea” en la que declararan que los embriones no habían sido transferidos. Un científico-investigador que colaboraba con la empresa lo relató así:

CONABIA pero espantada, una citación jurada diciendo venga a darme explicaciones por qué salió esta noticia... [...] Firmar una declaración jurada que no hay ningún embrión transferido, y con abogado y con el dueño de la empresa firmando que no hay ningún embrión transferido porque esto de Europa me lo piden porque si no, no me dejan mandar más caballos (19/03/2019).

En este punto parece anclar el quid de la cuestión. Los caballos editados aún no cuentan con un mercado interesado, pero además podían menoscabar la exportación de animales existente hasta el momento, desde los equinos para deporte hasta el ganado para consumo. Dada la falta de un sistema de etiquetado y trazabilidad que dé garantías a los compradores sobre su origen, la cuestión exigía los mayores recaudos. Ante las alarmas que encendió en los importadores y en el mundo de los deportes ecuestres, y con la advertencia estatal, “desde el directorio de la empresa se decidió frenar un poco con este proyecto, con este concepto” (CEO de Kheiron, 10/07/2019). Las evaluaciones necesarias para “salir al mercado” culminan con una de criterio estrictamente comercial, y todo indica que aún no están dadas las

²⁸⁰ Cabe aclarar que el complejo equino no solo contempla caballos vivos, incluidos los reproductores de raza pura, sino también carne de la especie caballar, asnal o mular, fresca, refrigerada o congelada.

condiciones como para que los caballos editados la obtengan, por ello, la estrategia anticipaba lo que pasaría de continuar en esa dirección:

El proyecto en CONABIA, que nosotros no lo presentamos porque la verdad que no íbamos a transferir justo eso, pero ponele que lo presentábamos, con estas estrategias, y CONABIA dice “bueno, sí, dale, aprobado”, vos tenés un animal que está no regulado, después las asociaciones de criadores u otras se te ponen en contra, entonces vos decís no, igual no lo quiero hacer porque no quiero tener quilombo con este, con este y con este (CEO de Kheiron, 10/07/2019).

Aunque no se manifestó con tanta contundencia, también entre los ganaderos argentinos hubo reacciones negativas. La inminencia del ganado editado, especialmente el bovino, puso en alerta a los criadores más conservadores y a los de menores recursos, en tanto que el cambio tecnológico abría una brecha entre los interesados en incorporarla rápidamente y aquellos que no querían o no estaban en condiciones de hacerlo. En este sentido, cada innovación reposiciona a los grupos sociales implicados, y redefine el problema y las soluciones posibles (Pinch y Bijker, 1984). En consecuencia, estos intentarán presionar para frenar o fomentar su incorporación, según lo auspicien perjudicial o beneficioso.

La incorporación de estas nuevas tecnologías al sistema productivo requiere, en este caso, de una inversión inicial –para adquirir los nuevos ejemplares y adaptar los procedimientos de cría– que no todos pueden afrontar, siquiera asumiendo que en el mediano a largo plazo se verán beneficiados. Además, la edición genética impacta en los límites y posibilidades de los criadores abriendo nuevos espacios de competencia, al deslindar a los ejemplares de sus necesidades medioambientales, permitiendo criarlos en climas y regiones donde era impensado. Así, para quienes criaban ganado de climas fríos, una edición que permita su adaptación a climas cálidos amplía y diversifica la potencial competencia, abriendo posibilidades a criadores del norte del país, por ejemplo.

En suma, los obstáculos que encontró la empresa para desarrollar el servicio de edición genética en equinos no tuvieron que ver con la incorporación de las nuevas técnicas en sí, sino con la reacción de variados grupos sociales que resultan o temen resultar perjudicados. Entre ellos, las empresas que ofrecen servicios de clonación que no cuentan con tecnología de edición, los proveedores de ganado que no pueden costear esta tecnología o la compra de nuevos ejemplares “mejorados”, los equipos

de polo con menos recursos, entre otros que se verían afectados de modo directo, tangible e inmediato.

7.2.2. El trigo transgénico de Bioceres

Si fueran las incertidumbres técnicas las que condicionan la aceptación de nuevos bienes y servicios biotecnológicos antes que los aspectos comerciales, cabría presuponer pocas barreras a la entrada de cultivos OGM, ampliamente extendidos y controlados. Sin embargo, el proceso de aprobación del trigo transgénico HB4 demuestra que esto no siempre es así. Con la tolerancia a sequía como innovación en el trigo (aunque también al glufosinato de amonio), este OGM aprobó todas las instancias evaluatorias nacionales: CONABIA concluyó que los riesgos de liberar este “OVGM al agroecosistema, en cultivo a gran escala, no difieren significativamente de los inherentes al cultivo de trigo no GM” (Resolución N° 41/2020); SENASA “que no se encontraron objeciones científicas para su aprobación desde el punto de vista de la aptitud alimentaria humana y animal” (ídem); y la Subsecretaría de Mercados Agropecuarios del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca “que éste proporcionará una nueva alternativa para optimizar el control de malezas en el cultivo de trigo y para aumentar los rendimientos ante situaciones de estrés hídrico” (ídem).

Pese a estas declaraciones de inocuidad para el medioambiente y la salud humana y animal, el informe de la Subsecretaría concluyó que “del análisis comercial y su impacto en las exportaciones se advierte un posible riesgo, ya que el solicitante carece de aprobación comercial en la República Federativa del Brasil, el principal comprador internacional de trigo argentino” (ídem), que además amenazaba abiertamente con dejar de importar el trigo nacional si se aprobaba este OGM.²⁸¹ Por esa razón, el trigo acabó aprobándose recién en octubre de 2020, y con la aclaración de que debía abstenerse de su producción y consumo hasta tanto el mismo no obtuviera licencia en el país vecino.

La aprobación condicionada de la variedad HB4 también puso en alerta a los integrantes de la cadena del trigo nacional, que temen que esta decisión repercuta en

²⁸¹ “Argentina evalúa ser el primer país del mundo con trigo transgénico”, en *El País*, 10 de febrero de 2019. Consultado el 31/08/2020 en <https://bit.ly/3zaF8eQ>.

sus posibilidades comerciales, y señalaron que Brasil no es el único importador de argentino. Ese dato se volvió uno de los nodos de la discusión. Según INDEC, durante 2019 Argentina exportó a Brasil más de 7 millones en grañones y sémola de trigo y casi 104 millones de dólares en harina de trigo. Si bien fue el principal comprador de este ítem, Bolivia se ubicaba muy cerca con 101 millones en harina de trigo. En 2020, Bolivia destronó a Brasil como principal comprador de harina de trigo argentina, por más de 118 millones de dólares. Durante ese año, Brasil importó algo más de 67 millones de dólares en harina de trigo, 8 millones en grañones y sémola de trigo y 300 mil dólares en trigo duro para siembra.²⁸²

Por ello, integrantes de la cadena del trigo nacional difundieron un documento manifestando su rechazo al trigo transgénico, alegando que no fueron escuchados por el gobierno y que la aprobación generará un daño “irreparable e irreversible” al mercado argentino de trigo, porque actualmente Brasil adquiere menos de la mitad de dicha exportación. En el mismo documento reforzaron que este rechazo se apoyaba estrictamente en motivos económicos, sosteniendo que “no tenemos dudas que el trigo HB4 no tiene riesgos ambientales ni de salud pública, y que el Senasa y la Conabia han realizado sendos estudios técnicos que así lo confirman”.²⁸³ No obstante criticaron que la Federación de Acopiadores enviara cartas documento a autoridades del Ministerio de Agricultura de la Nación, Bioceres e Indear, “responsabilizándolos por las graves consecuencias que tendría para el país la liberación del trigo OGM”, y amenazando con la realización de acciones judiciales.²⁸⁴ Sin embargo, otras organizaciones vinculadas al agro, y reconocidas promotoras de la aplicación de biotecnologías al sector, se manifestaron a favor de la aprobación, como la ASA y la Aapresid, cuyo presidente sostuvo que el gen HB4 “es un avance científico que está proveyendo bioseguridad en su conjunto. Esto es una buena ventaja para tener más éxito frente a la sequía”.²⁸⁵

²⁸² Fuente: <https://comex.indec.gov.ar/#/> Consultada el 07/02/2022.

²⁸³ Federación Centros y Entidades Gremiales de Acopiadores de Cereales [@acopiadores] (9 de octubre de 2020). “*La aprobación comercial del trigo HB4 es una invención científica nacional y un riesgo económico extraordinario*”. Así lo expresan 16 [Imagen adjunta] [Tweet]. Recuperado el 03/12/2020 de <https://bit.ly/3tULo8J>

²⁸⁴ “Los Acopiadores van a la Justicia para evitar la liberación del trigo OGM”, *Acopiadores.com*, 10 de noviembre de 2020. Consultado el 03/12/2020 en <https://bit.ly/3k4WwLB>

²⁸⁵ En “Trigo HB4 resistente a sequía, entre elogios y cuestionamientos”, en *El ABC Rural*, 12 de octubre de 2020. Consultado el 03/12/2020 en <https://bit.ly/2XIu4Id>

Estos ejemplos visibilizan, por un lado, el peso que tienen los grandes importadores sobre lo que Argentina decide producir y comercializar, y las innovaciones biotecnológicas no están exentas de esta cuestión, por muy significativa que sea en términos de I+D. Por otro, que la distribución de ganadores y perdedores al introducir una nueva tecnología no se corresponde con las fronteras nacionales. Dicho de otro modo, mientras los promotores de la biotecnología aluden a los potenciales benéficos para cierto desarrollo nacional, estos casos revelan que toda innovación induce reorganizaciones que no siempre ni necesariamente contribuyen económicamente a todos los actores nacionales en su conjunto, siquiera los productores. Esta heterogeneidad se amplía cuando se toman en consideración efectos menos cuantificables en el corto plazo, como el impacto socio-ambiental. Incluso si los réditos económicos de cultivar el nuevo trigo transgénico fueran incuestionables, ¿todos los argentinos se benefician al destinar más extensiones de territorio a su cultivo (antes imposibles por la escasez de agua) y la consiguiente aplicación de glufosinato de amonio?

En lo que respecta a las investigaciones con edición génica, estos “escándalos” permiten identificar cierta contradicción o coexistencia de estímulos contrapuestos. Por un lado, los discursos y acciones de las agencias estatales subrayan la importancia de ser vanguardia en CyT, desarrollar nuevos conocimientos y aplicarlos en los diversos sectores de la estructura productiva y exportadora,²⁸⁶ e invierten cuantiosas sumas de dinero para alcanzar ese objetivo. Por otro, frenan el desarrollo y la comercialización de los productos y servicios que resultan de esa innovación, presionados por la reacción negativa de sus importadores. La disyuntiva no es menor ni trivial, en tanto se estima que “el trigo de la campaña 2021/22 puede llegar a generar un ingreso de divisas récord, que a precios actuales oscilará entre los 3.360 y USD4.480 millones de dólares”.²⁸⁷ Sin embargo, también se argumenta que “el factor que pone en duda estas ventas récord es el clima [...]. De mediar la falta de precipitaciones, la pérdida de dólares se ubicaría en el rango de los 700 millones de

²⁸⁶ En un trabajo previo analizamos las repercusiones de la primera vaca clonada en Argentina, con la técnica utilizada en la oveja Dolly, e identificamos la proliferación de expresiones asociadas al éxito, el desarrollo nacional, la vanguardia científica, entre otras, encarnadas en la idea de que con ello el país se ubicaba en una “selecta élite” entre los pocos que lo habían logrado (Bilański, 2018b).

²⁸⁷ “La campaña de trigo 21/22 aportaría un ingreso récord de divisas”, en *BAEnegocios*, 16 de agosto de 2021. Consultado el 17/08/2021 en <https://acortar.link/13266G>

dólares” (ídem). En este sentido, la obtención de divisas vía exportación de trigo no solo peligrará por el rechazo de los mercados internacionales, sino también por fenómenos naturales que el trigo resistente a la sequía podría contrarrestar, incrementando la producción local.

En este sentido, si bien es cierto que el carácter dependiente de nuestro país consiste en una dependencia tecnológica, conceptual (por ejemplo, aprovechar las ventajas comparativas existentes y atraer las inversiones extranjeras) y de divisas (Cantamutto y Schorr, 2016: 124-125), la “reproducción de las asimetrías entre el centro y la periferia no están exentas de posibilidades de cambio en la jerarquía entre países, facilitadas por las dinámicas contradictorias de acumulación que hoy se manifiestan en los países centrales” (Lavarello, 2018: 76). En otras palabras, la existencia de impulsos contrapuestos subraya que, lejos de implicar un fatalismo estructuralista para el destino de los países periféricos (y su producción), la dependencia de los centros es siempre relativa y abre márgenes para su transformación. Más aún cuando los centros a los que exportamos se están diversificando, y CRISPR amenaza la concentración actual de los proveedores de insumos para la I+D. Por el aprovechamiento de algunas de estas oportunidades es que podemos referir a cierta ambigüedad en el modo en que Argentina se inserta en las relaciones comerciales globales.

7.3. Límites y potencialidades de la innovación biotecnológica

Vimos que la comercialización de los resultados de la I+D+I presenta algunos desafíos, en los que profundizaremos el próximo capítulo con una perspectiva más global, pero ¿qué dificultades conlleva la condición periférica de Argentina en las propias etapas de investigación y desarrollo? ¿Supone también algunas ventajas para trabajar con edición genética en particular, y hacer biotecnología innovadora en general? Reflexionaremos sobre estas limitaciones y potenciales ventajas en torno a dos cuestiones relevantes: los recursos humanos y la normativa sobre propiedad intelectual.

7.3.1. La cantidad y calidad de los recursos materiales y humanos

En tiempos de globalización, es prácticamente impensable la existencia de un Estado autosuficiente, por tanto la dependencia de equipos e insumos importados no es exclusiva ni de Argentina ni de los países periféricos. Tampoco es un problema de las investigaciones biotecnológicas, alcanza a todas las disciplinas científicas, aunque impacta de diferente manera a cada una de ellas. Así, para la I+D con biotecnología en nuestro país, la dependencia de insumos del extranjero se agrava por la creciente inflación y la devaluación de la moneda, que erosiona significativamente los presupuestos nacionales. La macroeconomía no es el único inconveniente. Los procedimientos establecidos para ingresar los insumos al país ya generan demoras significativas. Como señalan nuestros entrevistados, es posible que tarden uno o dos meses en llegar al país, cuando en otros se consiguen en el día:

No, acá, tres meses mínimo, pero una hazaña... una mierda. Cloruro de potasio, tres meses, ¡tres meses! ¿Y los medios? Nosotros usamos medios líquidos, esos medios líquidos tienen una vida útil. Noooo entre que hacen la declaración de SENASA, Aduana, llega, me hacen el pedido, te lo dejan 15 días tirado en un depósito en Ezeiza a temperatura ambiente... no, es un garrón (investigador adjunto CONICET, 22/04/2019).

Las demoras actúan como un estímulo para que, quienes pueden, vayan a trabajar al extranjero, como pasó con startups como Michroma o CASPR, que debió volver a la sede de IndieBio en San Francisco para poder avanzar en sus kits de diagnóstico para el COVID. Incita además distintas maniobras destinadas a acelerar la obtención de los recursos, como el préstamo de reactivos, o ingresarlos al país desde el exterior sin declarar. Estas acciones atentan contra la trazabilidad de los insumos y puede volverse un problema complejo en el mediano y largo plazo, cuando la lógica del rigor científico demande repetir el experimento.

La importación de insumos no se explica por incapacidades técnicas del país. Muchos pueden producirse en Argentina, pero no siempre hay interés, porque no se cuenta con suficiente inversión, o un mercado de consumo significativo, o no se logra alcanzar costos de producción que sean competitivos. Una entrevistada nos contó que inició una empresa para desarrollar proteínas purificadas y medios de mantenimiento y congelamiento para células, insumos muy necesarios que hasta el

momento se importan. Si bien logró comercializar el producto, que de hecho fue utilizado por varios de los científicos que entrevistamos, la empresa no logró sostenerse. Entre los motivos, resalta la falta de mercado interno. Como no todos los insumos son demandados por muchos países, tal es el caso de los que sirven a la reproducción de bovinos y equinos, no siempre es posible pensar en exportar. Asimismo, en biosimilares el requerimiento técnico es más específico y el público objetivo más reducido, por lo que son bajos los estímulos para invertir en el área.

Esto condiciona a países como el nuestro a ser importador de equipamientos e insumos biotecnológicos. Es también la razón por la cual las startups no se conciben para resolver problemas locales sino globales: Argentina no cuenta con grandes inversores, mucho menos de riesgo, pero tampoco con suficientes consumidores potenciales. En casos extremos, donde la oferta es escasa o la demanda muy amplia, como pasó con los insumos necesarios para la diagnosis del COVID-19, esta dificultad de acceso a los equipos o insumos puede detener la I+D. Sin embargo, como también evidenció la pandemia, las capacidades instaladas, la expertise de los científicos-investigadores argentinos y sus antecedentes en trabajos cooperativos permiten confiar en que, de ser necesario, los recursos disponibles podrán reorganizarse para dar respuesta a los problemas, como en esta incipiente sustitución de importaciones de insumos biotecnológicos.

Lavarello (2018) sostiene que sobre las capacidades instaladas hay un margen para la elaboración de biofarmacéuticos complejos y biosimilares, especialmente ahora que muchas de las patentes sobre ellos expiraron, siempre que se evite quedar bajo la lógica de las empresas multinacionales y adoptar los modelos institucionales de los países desarrollados. Esas empresas crecientemente buscan aumentar las barreras regulatorias al ingreso presionando sobre las instancias de aprobación de los países desarrollados (Lavarello, 2018: 75-76). Así, si bien dependemos de los insumos, equipamientos y licencias extranjeras, esto se debe principalmente a la inexistencia de un mercado propio de consumo y de inversión.

La financiación, como vimos, es escasa y está mal distribuida. Los presupuestos públicos se concentran en la formación y el pago de los salarios y estipendios de los recursos humanos. Este es, probablemente, el mayor capital con que cuenta la I+D científico-tecnológica argentina. La inversión estatal normalmente no alcanza para proveer los insumos que necesitan los proyectos, especialmente los

que recién comienzan o los de nuevas instituciones o empresas, que deben adquirir todo “de cero”, o resolverlo mediante alguna forma de colaboración. En líneas generales, el sector privado no parece estar en condiciones de invertir en I+D, o tiene miedo de hacerlo, dada la historia de inestabilidad económica argentina.

Tampoco hay grandes fondos de inversión o capitales de riesgo, por lo que las startups argentinas acaban solicitando rondas de inversión en el extranjero. En este punto, si bien es cierto que los emprendimientos nacionales dependen de esta inversión extranjera, lejos de ser una apuesta filantrópica, las propuestas locales evidencian gran potencial, y los concededores internacionales se muestran interesados por invertir en estos equipos. La creciente inversión extranjera en startups nacionales y la búsqueda de científicos argentinos en el exterior evidencia que las capacidades técnicas de nuestros recursos humanos están a la altura de los países centrales. Por ejemplo, la aceleradora norteamericana IndieBio ya invirtió en al menos cuatro startups de GridX, y su CEO y fundador declaró que Argentina es el país que más elige para invertir (luego de Estados Unidos), porque los emprendedores “son muy buenos, trabajan muy duro, son ingeniosos y rápidos. Es obvio que están por encima de la media”.²⁸⁸ El desafío para la investigación CyT argentina consiste justamente en retener a estos recursos en el país, evitando que emigren masivamente, tentados por mejores salarios y posibilidades laborales.

La diáspora de científicos aparece como un escenario verosímil, especialmente por la gran inserción de los investigadores argentinos en las agendas y redes internacionales. Si bien Hernández y Córdoba (2013) encuentran que, para el período 2009-2011, la dimensión personal es el principal factor que estructura la dinámica de relacionamiento de la comunidad biotecnológica argentina con la diáspora científico-tecnológica, subrayan la importancia que tienen, para la trayectoria de las empresas nacionales del sector, esos argentinos que se encuentran en el extranjero y aquellos que por distintos motivos retornaron al país. Aunque, como afirmaban Thomas, Fressoli y Gianella al analizar la dinámica en torno a la clonación de mamíferos, “parece persistir una dinámica de I+D que tiende a alinear y subordinar las actividades científicas tecnológicas regionales a las agendas

²⁸⁸ “Son argentinos y crearon un método para detectar el coronavirus en apenas 60 minutos que despertó el interés mundial”, en *Infobae*, 11 de febrero de 2020. Consultado el 10/03/2020 en <https://cutt.ly/QEdTYiN>

internacionales” (2011: 152), al menos en lo referente a la edición genética, no creemos que Argentina tenga una agenda dependiente, o desapegada de las problemáticas locales. Por el contrario, la adaptación de la función de uso de CRISPR, su rápida aplicación a los sectores más competitivos y la experimentación sobre bacterias locales que permitan eludir al menos momentáneamente los costos y desafíos de la solicitud de patentes sobre la técnica, muestran cierta versatilidad e independencia en la elección de las investigaciones.

En cualquier caso, cabría preguntarse si orientar las agendas de investigación hacia las discusiones que se dan en los centros, en donde radican las fuentes de financiación, consagración y prestigio del campo académico y también el mercantil, implica pérdida de independencia, o si esa dependencia debe presuponerse siempre como algo negativo antes que como una realidad que define a la mayoría de los campos científicos. En cualquier caso, y pese a la identificación de áreas o líneas prioritarias que se plasmaron en los sucesivos Planes Estratégicos vinculados a la biotecnología, no hay un marcado direccionamiento de las agendas de investigación o políticas de fomento capaces de atraer el interés hacia determinadas temáticas o aplicaciones. Antes bien, las agendas de investigación son resultado de las acciones de los propios científicos o sus instituciones de pertenencia. En la práctica, vimos que entre los motivos no-técnicos por los que los científicos incorporaban edición genética a sus líneas de investigación, era que las agendas internacionales estaban muy presentes.²⁸⁹ Muchas veces su influjo aparece bajo la forma de una “buena revista científica” en la que se quiere publicar, o como una posibilidad de conseguir financiación externa y en dólares, o incluso nacional, desde el momento en que esa agenda se internaliza y ramifica, aceptando que CRISPR es algo así como “la técnica del momento”, una moda o furor del que se quiere participar.

Esto es particularmente cierto para el campo que observamos, donde muchos de los entrevistados realizaron estudios de posgrado o instancias de formación en el extranjero (España, Japón, Estados Unidos, Suiza y Canadá, entre otros), y constatamos la existencia de redes de trabajo y colaboraciones conjuntas entre

²⁸⁹ Esta tendencia de “mirar hacia afuera” entre buena parte de los científicos-investigadores se apoya en las políticas de internacionalización que identificaba Beigel (2018) como la creciente valorización de las revistas internacionales, las publicaciones en inglés y las formaciones posdoctorales en el exterior y su mayor consideración por parte de CONICET.

institutos públicos argentinos y de otros países. El interés por CRISPR en Argentina comenzó justamente en algunos equipos que trabajaban con técnicas de reproducción y modificación genómica y tenían un perfil que podríamos llamar “internacionalizado”, esto es, miembros de CONICET con participación en organismos y proyectos internacionales. De este modo, se entrelazaron una cultura científica internacionalizada y los esfuerzos por desarrollar una ciencia que sea independiente pero que, a la vez, pudiera competir de igual a igual con la que se produce en los centros. Se conformó así una agenda local con perspectiva global, que estructuró la producción de conocimiento y especialmente las aplicaciones y desarrollos biotecnológicos en la periferia. En torno a CRISPR, esto no parece poder interpretarse como algo negativo, en tanto se trató de incorporar una técnica creada “en otro lado” para avanzar en proyectos de I+D de interés local.

En suma, Argentina goza de bastante libertad de decisión sobre sus agendas y aplicaciones, lejos de la mirada y atención de los centros que producen la innovación fundamental, pero con recursos humanos tan capacitados como los de aquellos con los que, además, dialogan y trabajan de manera fluida. Pese a ello, la escasez e inestabilidad en la dotación de recursos materiales dificulta imaginar un rol innovador fundamental para nuestro país. Sztulwark y Girard sostienen que, en lo referente a CRISPR, Argentina tiene una oportunidad de innovación ligada a la función de uso de técnicas que han sido creadas en otro lado, pero que puede incorporar rápidamente (2020: 35). Por ello, es relevante considerar los factores que influyen no solo en la I+D sino en los que se añaden a la hora de aplicar, producir o comercializar sus resultados y que, como bien ilustran los casos del trigo OGM y los caballos editados, equilibran ciertas ventajas regulatorias con la desventaja restrictiva de los mercados destinatarios.

7.3.2. Protección de las invenciones y acceso a las patentes

Como señala Lavarello, para países como el nuestro, las ventanas de oportunidades consisten en volverse imitadores tempranos, en el marco de un paradigma biotecnológico que todavía no se consolida, esto es, aprovechando que no se estabilizan las tecnologías de procesos y los requisitos regulatorios (2018: 76). Por ello, identifica algunos aspectos básicos a considerar para poder aprovechar las

“ventajas del atraso”: inversión que permita lograr el desarrollo en escala; un proceso de aprendizaje tecnológico acelerado; una configuración institucional distinta a la de los países desarrollados; y un conocimiento y abordaje estratégico de las condiciones de aprobación regulatoria y la propiedad intelectual (ídem). En relación a este último punto, Sztulwark y Girard también identificaron que la posibilidad de aprovechar las oportunidades de innovación brindada por la función de uso de CRISPR descansa, entre otros factores, en las restricciones que los “inventores” de las técnicas impongan para su acceso (2020: 36).

Si bien aún son bajas, pueden cambiar en cualquier momento, y toda variación –por ejemplo, en el valor o propiedad de la patente–, afectaría directamente a la I+D Argentina. Es que, como explican Sztulwark y Míguez, el valor de cambio del conocimiento se vincula completamente con la capacidad de limitar su difusión libre, esto es, de restringir mediante el monopolio o medios jurídicos (patentes, derechos de autor, licencias, contratos) la posibilidad de copiar, imitar o aprender de conocimientos de otros (2012: 26-27). La normativa nacional e internacional sobre patentamiento constituye una herramienta que busca proteger los derechos de uso y comercialización sobre las invenciones que resulten de la I+D, porque ordena las expectativas de los diferentes actores en torno a ella. En Argentina,

Una patente de invención puede ser un objeto, un procedimiento, un aparato para fabricar el objeto, un compuesto químico, un microorganismo, etc. En todos los casos, debe cumplir con los tres requisitos de patentabilidad: novedad, actividad inventiva y aplicación industrial. [...] Es un derecho que el Estado otorga al inventor para ejercer la exclusividad sobre su invento. Lo habilita para impedir que terceros, sin autorización, realicen actos de fabricación, uso, oferta para la venta, venta o importación del producto o procedimiento patentado. Como toda patente es un bien intangible y [...] el titular puede venderla, dejarla como herencia o incluso regalarla.²⁹⁰

La patente rige por 20 años no renovables desde que se presenta la solicitud, luego de los cuales pasa a ser de dominio público, como lo establece el Artículo 35 de la Ley N° 24.481 y sus modificatorias, que constituyen el marco regulatorio sobre la cuestión. Según el Instituto Nacional de la Propiedad Industrial (INPI), el trámite puede tardar hasta cinco años y, una vez obtenida la patente, deben pagarse anualidades para su mantenimiento hasta su caducidad. Como veremos, esto

²⁹⁰ Fuente: <https://www.argentina.gov.ar/inpi/patentes> Consultada el 27/11/2020.

desalienta algunas solicitudes, especialmente cuando no hay certezas sobre la potencial explotación de la patente que justifique (y permita) su pago, dada la escasez de capital.

Para las biotecnologías, el patentamiento tiene complicaciones específicas, vinculadas a la definición respecto de qué es o no patentable o, concretamente, la distinción entre descubrimiento e invención. La misma difiere alrededor del mundo. En Argentina no son patentables

La totalidad del material biológico y genético existente en la naturaleza o su réplica, en los procesos biológicos implícitos en la reproducción animal, vegetal y humana, incluidos los procesos genéticos relativos al material capaz de conducir su propia duplicación en condiciones normales y libres, tal como ocurre en la naturaleza; [tampoco] las plantas y los animales, excepto los microorganismos y los procedimientos esencialmente biológicos para su producción (Artículo 7, Ley N° 24.481).

Esto implica que nuestro país tiene una política restrictiva en materia biológica, en sintonía con perspectivas que consideran que flexibilizarla va contra los principios del propio sistema de patentes, pero también contra la moral (Varisco, 2014: 8). Lo primero constriñe a que “no debería considerarse como invención aquello que no es más que extraer parte de lo existente en la naturaleza” (López Morales, 2018: 67). El punto es que la biotecnología supuso un cambio radical en el modo de concebir las patentes, “toda vez que se dedican grandes esfuerzos, tanto económicos como temporales, en lograr que el aislamiento de un gen o una hormona pueda mejorar la calidad de vida de los seres humanos” (ídem). Por ello, quienes reclaman flexibilizar la política de patentamiento para que se pueda registrar ciertos hallazgos biotecnológicos, argumentan que difícilmente el sector privado invierta recursos en el sector sin las garantías y beneficios que aporta la protección de las invenciones para el retorno de su inversión (López Morales, 2018: 67; Varisco, 2014: 8).

Otra cuestión a considerar es que la protección que brinda la patente es nacional, por lo que debe presentarse solicitud de patente en cada país donde interese proteger la invención, observando las distintas legislaciones vigentes.²⁹¹ Si bien existen tratados internacionales en la materia, que establecen algunos criterios

²⁹¹ Para más sobre la normativa de patentes biotecnológicas en Argentina y a nivel global se recomienda ver Genovesi y Basso (2016) y López Morales (2018).

compartidos, cada Estado tiene potestad de decidir al respecto. Entre ellos destacan el Acuerdo sobre los Aspectos de los Derechos de Propiedad Intelectual relacionados con el Comercio,²⁹² el Convenio de París,²⁹³ y la versión del Convenio de París de Estocolmo de 1967.²⁹⁴ También el Tratado de Cooperación en materia de Patentes (PCT), que busca “simplificar y hacer más eficaz y económico” los procedimientos para solicitar patentes de invención en varios países, como también facilitar y acelerar el acceso a la información técnica relacionada con las invenciones.²⁹⁵

Mediante el sistema que establece el PCT, la solicitud inicial para verificar si una innovación es novedosa puede presentarse en todos los países miembros a la vez, obteniendo una respuesta en alrededor de tres meses, que concede 30 meses para presentar la solicitud de patentamiento en cada país de interés. Si bien no implica la concesión de una patente internacional, sistema que no existe hasta el momento, “no es posible subestimar los efectos que el sistema de búsqueda y examen de patentabilidad internacional conlleva para el trabajo cotidiano y las decisiones de concesiones de patentes de las oficinas nacionales” (Genovesi y Basso, 2016: 82).

Argentina no está entre los 153 países que, a fines de 2020, ya habían adherido al PCT.²⁹⁶ Entre las razones se aduce que podría implicar que el INPI se apoye en los informes de búsqueda y exámenes de patentabilidad de otros países desarrollados, flexibilice sus propios análisis y acabe adoptando de hecho criterios que son extraños a nuestra legislación (Genovesi y Basso, 2016: 82). Esto se apoya justamente sobre la diferencia entre normativas, porque en la Argentina “no se admite la patentabilidad de descubrimientos; invenciones que impliquen segundos usos farmacéuticos; métodos de tratamiento, diagnóstico y quirúrgicos; métodos de negocios; materia viva, sustancias preexistente en la naturaleza; [...] [ni] patentes sobre invenciones menores” (idem).

Quienes defienden la postura argentina, sostienen que su adhesión al PCT facilitaría el acceso al país de grandes empresas multinacionales con capacidad de solicitar patentes en nuestro país, que actualmente no lo hacen porque requiere un

²⁹² Es el Anexo 1C al Acuerdo de Marrakech por el que se establece la OMS. En Argentina fue aprobado por Ley N° 24.425, que impulsó la sanción de la Ley N° 24.481 sobre patentes.

²⁹³ Aprobado conforme la versión del Acta de Lisboa de 1958 por Ley N° 17.011.

²⁹⁴ Por Ley N° 22.195 de 1980.

²⁹⁵ Fuente: <https://www.wipo.int/treaties/es/registration/pct/index.html> Consultada el 27/11/2020

²⁹⁶ Fuente: https://www.wipo.int/pct/es/pct_contracting_states.html Consultada el 26/11/2020.

esfuerzo extra, que desaparecería si se aprobara el convenio.²⁹⁷ Por ello, la presión para mantener este status quo proviene mayormente de la industria farmacéutica, para la que ingresar al PCT implica entregar nuestro mercado farmacéutico a firmas extranjeras que lograrían mayor protección local para sus drogas y provocarían un aumento de precio en los medicamentos. La información disponible hasta el momento confirma que los principales beneficiarios del PCT son efectivamente los países desarrollados y sus empresas, que pueden fácilmente acceder a la obtención de derechos de patente de todo el mundo (Genovesi y Basso, 2016: 82).

Esta es la razón por la que muchos de nuestros entrevistados hablan de la necesidad de hacer un “doble patentamiento”, que implica patentar en Argentina pero también en otro país que sea miembro del PCT. Normalmente se recurre a Estados Unidos, donde dicen que es más fácil patentar, o a algún país de la UE, cuyos organismos evaluadores “hacen buenas devoluciones”, en sus palabras: “es un poco más científicista porque interactúa más. La FDA sobre lo que no tiene datos no opina, la EMA te puede dar como un consejo tal vez basándose en alguna presunción, y la ANMAT tiene mecanismos similares” (Sanguinetti, 24/11/2020). Explican que se debe comenzar a revalidar la patente en cada país al momento de la invención, porque puede llevar seis o siete años obtenerla.

Esto impacta negativamente en las posibilidades de hacer innovación en el país, especialmente en los casos donde no se sabe con certeza la utilidad que podría derivarse de una patente o no se cuenta con recursos suficientes, como suele ser el caso de los resultados de la I+D del sector público. Esto multiplica los costos de obtención y la vuelve inaccesible para muchos laboratorios, desestimulando el proceso de patentamiento, porque no hay estímulo para invertir todo ese dinero en patentar algo con lo que quizás luego no se realice nada. De este modo, salvo que ya existan actores interesados en adquirir la patente y dispuestos a financiar el pago de su solicitud, para construir algún proyecto rentable que al menos reintegre esa inversión inicial, muchas veces no se protegen hallazgos potencialmente patentables que resultan de la I+D básica.

En 2019 hubo una nueva iniciativa en el poder legislativo para impulsar la adhesión de Argentina al PCT, sosteniendo que esto abarataría los costos de

²⁹⁷ “¿Quién gana con las patentes?”, en TSS, 19 de julio de 2019. Consultada el 25/01/2021 en <https://www.unsam.edu.ar/tss/quien-gana-con-las-patentes/>.

patentamiento, protegiendo y favoreciendo la innovación nacional. El principal argumento era que “los más perjudicados son los investigadores y las instituciones científicas locales, cuyos hallazgos, al no tener protección adecuada, son patentados y apropiados por multinacionales y universidades extranjeras”.²⁹⁸ En sintonía, Municoy y Godoy Luque encuentran que en Argentina aún es escasa la utilización de la propiedad intelectual (2019: 328). Codner, Becerra y Díaz afirman que esa escasa protección de los conocimientos producidos localmente favorece una liberación de los mismos que es aprovechada por empresas extranjeras:

Esta suerte de “liberación” del conocimiento –propio de la lógica academicista de la ciencia– puede entenderse como un subsidio indirecto desde el ámbito público argentino hacia empresas extranjeras. Así se produce una “fuga” de capital bajo la forma de conocimiento que, además, hace invisibles este tipo de fenómenos a las acciones políticas de las instituciones públicas de i+d (2012: 168)

Los conocimientos que Argentina no protege quedan a disposición de otros actores, que normalmente son empresas internacionales con los recursos necesarios para replicar en sus laboratorios los hallazgos publicados en papers o congresos, sin pagar derechos ni reconocer el crédito a sus “inventores”. Para evitar esta apropiación, como coinciden los entrevistados, la oficina de vinculación del CONICET está adoptando un rol crecientemente activo, brindando asesoramiento en lo referido a propiedad intelectual y patentes de invención.²⁹⁹ Según los investigadores, esta oficina fue adquiriendo experiencia y formando una cartera con modos posibles de vinculación y procedimientos sobre cómo proceder en cada caso. También fue agilizando sus negociaciones con las diversas instituciones que participan (reparto de porcentajes, derechos, entre otros aspectos) y volviéndose más flexible y pragmática.

Sin embargo, la institución no sería igual de receptiva con todos los hallazgos. Una becaria posdoctoral detalló que en un proyecto de investigación del que participó encontraron que una droga que tradicionalmente se utilizaba para tratar una enfermedad, era efectiva para otra. Algunos médicos con los que colaboraban consideraron que el hallazgo era patentable y lo presentaron a CONICET. Según

²⁹⁸ “¿Patentar o no patentar? La protección de los descubrimientos, un debate que se renueva en la Argentina”, en *La Nación*, 13 de octubre de 2019. Consultada el 25/01/2021 en <https://acortar.link/DYsls>.

²⁹⁹ Para más información ver: <https://vinculacion.conicet.gov.ar/> Consultada el 28/11/2020.

cuenta la entrevistada, la institución no manifestó interés por protegerlo: “CONICET dijo que... no es que no estaba bueno patentarlo, pero que a CONICET no le iba a dejar ninguna ganancia como para invertir en una patente en eso” (28/03/2019). Más allá de cuáles hayan sido las razones detrás de esta imposibilidad de patentar – desconocemos si se cumplía con los requisitos establecidos por la Ley de Patentes–, lo cierto es que la mayoría de los investigadores evidenciaron desconocimiento sobre las posibilidades y los procedimientos para acceder a una patente, como también respecto de si es o no conveniente su solicitud, mediante un trámite que perciben como caro y engorroso.

Así, las demoras y costos de solicitar una patente, junto a la ausencia de políticas de promoción e información sobre la herramienta, refuerza algunas creencias compartidas por varios de los científicos que entrevistamos, como que “patentar no sirve para nada” o que está más allá de su alcance. Un investigador que obtuvo una patente relata el proceso evidenciando sorpresa:

Yo finalicé el doctorado con la publicación de un trabajo científico y una patente. Eso... se logró una patente, bah, mi jefe, yo no logré, lo logró mi jefe, yo no sé escribir una patente. Mi jefe con la Fundación y con CONICET hicieron una patente y eso ahora esta transferido a un grupo inversor de argentinos en EEUU que están como para llevar a la clínica ese virus. Que la verdad que es poco común que ocurra [...] viste cuando uno piensa, bien pesimista, dije “esto no va a llegar a ningún lado, no va a pasar nada con esto”, y la verdad que ahora están empezando la etapa en la que hicieron el virus como para usarlo en la clínica y van a empezar los ensayos clínicos en pacientes (investigador asistente CONICET, 19/03/2019).

La empresa que adquirió la patente paga montos anuales por su utilización, que crecen en la medida en que sus desarrollos van “avanzando” de etapa, y se distribuyen de acuerdo a un porcentaje preestablecido entre todas las partes intervinientes: CONICET, la unidad de vinculación tecnológica, el laboratorio donde se desarrolló y, en menor medida, los investigadores. Este acuerdo se logró gracias a una concesión inicial de la patente a un precio muy bajo, porque la empresa que la adquirió es pequeña y no estaba en condiciones de afrontar costos elevados. La flexibilidad en el convenio gestionado por CONICET con la empresa y las otras instituciones públicas que participaron, permitió que la patente pudiera licenciarse, se desarrollara un producto a partir de esa investigación doctoral y todos los involucrados recibieran una suma de dinero, aunque fuera pequeña.

Codner, Becerra y Díaz aseveran que “las universidades latinoamericanas desarrollan conocimientos con potencial aplicación industrial pero baja posibilidad de apropiación local” (2012: 168), desinterés por el que los conocimientos quedan “liberados” para su apropiación por empresas extranjeras, sin pagos ni reconocimientos. Para la biotecnología nacional, esto implica una “transferencia tecnológica ciega” que refuerza la asimetría de las relaciones centro-periferia (ibíd.: 168).

En este punto, el rol que pueden adoptar los inversores, empresarios y emprendedores locales como potenciales adquirentes, productores y garantes de la I+D pública es central, y lo saben. Quienes promueven la vinculación entre científicos-investigadores y el sector privado, caracterizan como contradictoria la posición de aquellos que se niegan a relacionarse con “el mercado”. Para ellos, en aras del conocimiento científico incontaminado, universal y público que ven representado en la publicación de papers, dejan sus hallazgos a disposición de grandes multinacionales, antes que de un incipiente empresariado nacional. Desde la dirección de una company building lo explicitaban así:

“Mirá, te vendiste al capital, mirá como le regalaste y ¿vos qué obtuviste?” Nada, ni siquiera, te usaron [...] te regalaste al capital, sí, y al peor de los capitales, porque es el capital del poder centralizado... el que maneja el mundo digamos ¿no? [...] el que en tu visión del mundo te somete a que sigas siendo un país subdesarrollado (30/07/2019).

Así, ya no se trataría de problematizar la apropiación privada de la inversión pública en I+D, sino de garantizar que esta la realicen empresas argentinas. En otras palabras, en tanto la ciencia descansa sobre la premisa de su publicidad,³⁰⁰ pilar necesario para la construcción de la carrera de investigador, partir de la certeza de que un privado va a apropiarse de los resultados de la I+D científico-tecnológica justifica y legitima la prioridad por fomentar que la misma sea de capital nacional. De este modo, transforman las disputas entre campo académico y empresarial en una

³⁰⁰ Si bien como señala la propia web de CONICET “patentar no es contrario a publicar” sino que “son acciones complementarias”, también aclaran que “es necesario presentar la solicitud de patente y luego divulgar la información en revistas científicas, congresos, tesinas, tesis, etc.” En este sentido, si bien el patentamiento no iría en contra de la difusión de los hallazgos científicos, sí la demora, como vimos respecto de la oveja Dolly cuyo anuncio se realizó varios meses después porque la firma PPL decidió esperar hasta obtener una patente. Fuente: <https://vinculacion.conicet.gov.ar/> Consultada el 28/11/2020.

entre su articulación nacional frente a su apropiación foránea. Así, como afirmó un Secretario de Agroindustria argentino, hecha raíces la idea de que “cualquier cosa que suceda estamos abierto a que pase, pero queremos que pase acá” (Etchevehere, 2018).

En relación a CRISPR, estas alianzas resultan claves para afrontar la dificultad de obtener acceso a su licencia, que trasciende los problemas comunes de costos y leyes, porque aún hay dudas sobre ante quién solicitarla. Es que la patente sobre esta técnica lleva años en disputa, entre el equipo de Doudna y Charpentier (Universidad de California) y el de Zhang (MIT). Si bien la Oficina de Patentes y Marcas de Estados Unidos concedió la patente a Zhang, las acciones legales continúan, porque el equipo de Doudna y Charpentier presentó la solicitud con anterioridad (Juez Pérez, 2016: 30). Recientemente incluso ganaron el premio Nobel de química por su descubrimiento.³⁰¹

Para las empresas que quieren trabajar con CRISPR, este conflicto agrega una incertidumbre adicional a todo el proceso. Como nos explicaba un miembro de una startup argentina que usa la técnica, “las empresas que empiezan a usar la tecnología licencian del que creen que puede llegar a ganar la patente” (15/11/2019). Para poder participar de estas negociaciones, contar con información de primera mano, relaciones directas y contactos, resulta clave:

Fue muy importante para nosotros estar en Estados Unidos para poder hacer contactos con los que tengan las patentes, de estos dos grupos, y poder pelear una licencia, es más o menos donde estamos ahora. Ahora desde acá seguimos peleándole la licencia a alguno de estos grupos (ídem).

Esta disputa por la patente de CRISPR retrasa el trabajo de las startups que necesitan la licencia, porque pueden utilizarla para investigar pero no para producir comercialmente. A eso se añade la indeterminación respecto de si será posible o no obtenerla y a qué precio, incertidumbre que desalienta a los inversionistas.

La startup CASPR recorrió todo el país en busca de una bacteria que fuera “original”, esto es, que al ser autóctona de nuestro país aún no estuviera registrada. Gracias a esto, pudieron obtener una patente provisional en Estados Unidos. Consiste en una enzima CRISPR que no elude la patente de CRISPR pero cuyas

³⁰¹ “Press release: The Nobel Prize in Chemistry 2020”, en *The Nobel Prize*, 07 de octubre de 2020. Consultado el 28/11/2020 en <https://bit.ly/3zcnk2M>

particularidades permiten un margen para utilizarla libremente. En palabras de la CEO de la startup: “está todo bien, todo muy lindo, pero la idea de usar CRISPR en diagnóstico se me ocurrió a mí te dicen, entonces bueno, vos necesitás la licencia de ellos también” (15/11/2019). Actualmente gozan de lo que se conoce como *Freedom To Operate* (FTO) o libertad para operar, que implica que –según surge del análisis pormenorizado, normalmente hecho por expertos en la materia– es comercialmente seguro fabricar o vender el producto en el país en que se desea hacerlo, en el sentido de que no infringe derechos de terceros existentes. En el futuro, ellos esperan obtener una licencia, que podría ser exclusiva (por ejemplo, para Latinoamérica) o no. En este sentido, la innovación biotecnológica parece avanzar a mayor velocidad que las decisiones políticas y regulatorias en la materia, incrementando la tensión entre quienes priorizan la protección (sea de los derechos propiedad como de la seguridad y el ambiente) o la innovación.

7.4. El carácter nacional de la innovación

Muchas veces los discursos de los promotores de la innovación biotecnológica –tanto del ámbito académico, como del empresario, los espacios intermedios y las agencias de gobierno– enaltecen los aportes que esta puede significar para la economía, la sociedad y cierta idea de desarrollo nacional. De forma análoga al abordaje que los medios de comunicación realizan sobre los hallazgos científico-tecnológicos (Bilański, 2018b), sus promotores hablan de la vanguardia y el éxito de la I+D pública y privada Argentina, casi como una proclama patriótica. Sin embargo, las prácticas de los actores parecen cuestionar localía, o al menos ponerla en tensión.

El bajo estímulo para patentar los hallazgos que se realizan en el país, muchas veces los deja libres para ser apropiados sin retribución alguna. Para protegerlos, lo más adecuado es patentarlos, pero no solo en nuestro país, sino principalmente en aquellos donde hay interés y capacidad para hacer uso comercial de la patente. El procedimiento es complejo por decisión deliberada de nuestros legisladores, en beneficio de algunos sectores, pero en detrimento de otros más pequeños. A la vez, nuestros organismos evaluadores, pese a su conocimiento y labor, tienden a observar

las decisiones que toman sus pares en otros países, especialmente en materia de salud y medicamentos.

En estos casos, a la hora de evaluar solicitudes, ANMAT suele contrastar lo que ya aprobaron sus pares como la EMA o la FDA, y difícilmente autoriza algo que no fue admitido previamente por estas instituciones. Como las investigaciones locales no cuentan con el capital necesario para someterse a las evaluaciones que requieren estos organismos en Europa o Estados Unidos respectivamente, en Argentina se estila esperar a que otro actor con mayor capital afronte las evaluaciones de la FDA, y abra la puerta a otros actores. En este aspecto, la innovación en tratamientos, medicamentos y otros productos destinados a la salud, aún responden a una versión de la política “espejo”, que perjudica la comercialización de los desarrollos nacionales.

En la instancia de comercialización, la cuestión de la soberanía aparece con claridad: ¿qué tanto podemos avanzar en un desarrollo nacional vía innovación biotecnológica si su producción y comercialización depende de la aceptación que tenga en otros países? En relación al trigo HB4 de Bioceres, Verzeñassi calificaba de “pérdida de soberanía el haber definido que empezamos a contaminar nuestros territorios pero dependemos de que Brasil decida de si nos va a comprar o no para poder autorizarlo” (en IDAES, 04 de octubre de 2021), mientras Shteingart consideraba que por ser un “desarrollo tecnológico nacional de vanguardia” el mismo ya “es soberanía” (ídem). Ambas afirmaciones se apoyan sobre argumentos sólidos, lo que revela la ambigüedad de la inserción geopolítica de la ciencia y la tecnología argentina en general y la innovación biotecnológica particular.

También permite reflexionar sobre qué descansa el carácter nacional de la innovación y la producción, ¿alcanza con que la innovación haya surgido en territorio argentino? ¿Hay que producir en el país? ¿Con capital nacional? Estas preguntas son difíciles de responder, no solo porque son múltiples los criterios posibles, sino además porque los datos sobre el origen de los recursos materiales y humanos son tan grises como la realidad. En un mundo crecientemente interconectado, no sorprende que el capital tenga orígenes diversos, pero permite dimensionar algunos aspectos de las promesas de desarrollo y del ecosistema emprendedor.

Cuando se observa la composición del sector privado, se evidencia que muchas empresas se sostienen con capitales que no son nacionales, y que todas las startups analizadas que trabajan con CRISPR lo hacen gracias a la inversión de capitales de riesgo internacionales que complementaron el capital inicial. Además, como vimos, dependen de la provisión de insumos y materia prima proveniente del extranjero. Pero no solo eso, las startups que estudiamos van y vienen de países como Estados Unidos, donde adquirieron conocimientos y capacitación, pero también instalaron oficinas y contrataron personal. Según la web LinkedIn, la mitad de los empleados de CASPR declararon estar viviendo en Argentina y la otra mitad en Estados Unidos,³⁰² en este sentido ¿alcanza con que haya comenzado en laboratorios argentinos o tenga a científicos argentinos trabajando en ella para considerar que la startup es nacional? ¿Tendrán impacto en el país los beneficios que pueda generar?

Así, identificamos dos aspectos que muchas veces resultan exagerados en los discursos de los promotores de las biotecnologías. Por un lado, el carácter nacional de estos desarrollos, sus inversiones e impactos; por otro, los montos y escalas de inversión de los distintos actores involucrados: mientras se anuncia con orgullo que las startups argentinas consiguieron medio millón de dólares en inversiones extranjeras, tiende a pasarse por alto toda la inversión previa (pública y privada) que fue probablemente mucho mayor. A continuación analizaremos cómo las diversas aplicaciones posibles para la innovación biotecnológica son reinterpretadas y presentadas como un aporte a determinado modelo de desarrollo nacional, y cuáles son sus costos y beneficios.

³⁰² Fuente: <https://www.linkedin.com/company/casprbio/people/> Consultada el 04/02/2022.

8. PENSAR EL DESARROLLO A LA LUZ DE LOS LOGROS: ¿EDICIÓN GENÉTICA PARA QUÉ?

Las promesas de la innovación biotecnológica se apoyan en elocuentes y ambiciosos discursos sobre la posibilidad de avanzar hacia el desarrollo nacional, grandilocuencia que empalidece a la luz del quehacer cotidiano de quienes trabajan con edición génica. Situándose en un punto intermedio entre la becaria que vuelve de un congreso con reactivos no declarados en su valija, y las declaraciones del ministro que asevera que los cultivos editados y sus productores se están diversificando, este capítulo se pregunta qué nos revelan los logros y los límites de una apuesta por el desarrollo vía edición genética en Argentina.

Por décadas, en el país se sostuvo una tensa discusión entre dos modelos de desarrollo enfrentados: uno que propone centrar la actividad económica en la explotación de los abundantes recursos naturales disponibles; y otro que aboga por estimular la industrialización, avanzar en ramas intensivas en conocimiento y diversificar la estructura productiva. En un período histórico distinto al que gestó la oposición entre el sector agropecuario y la industria, en un mundo signado por la globalización, la financierización del capital, y el ascenso de nuevas potencias desde las periferias –como Brasil, Rusia, India y China–, la biotecnología moderna atrajo la atención de todos los actores. Mientras sus voceros promovieron un modelo de desarrollo basado en la aplicación sobre los productos primarios exportables, también emergieron proyectos en bienes y servicios complejos, y voces críticas. En este marco, la edición genética representa un caso único para reevaluar los costos y beneficios de ese modelo y las propuestas alternativas, como para reflexionar sobre la importancia de encontrar puntos de diálogo entre los distintos actores.

8.1. El rol de las (bio)tecnologías en la búsqueda del desarrollo

Desde su conformación, Argentina se consolidó como un país exportador de recursos naturales y productos agropecuarios e importador de manufacturas (Gerchunoff y Llach, 2005). Las guerras mundiales afectaron ese intercambio y obligaron a poner en marcha procesos de industrialización por sustitución de

importaciones, que fueron de la mano con el fomento y la institucionalización de la I+D científico-tecnológica, emulando lo que ocurría en Europa. Allí, la primera guerra mundial impulsó la adaptación de las tecnologías civiles para propósitos militares y, por tanto, de las actividades científicas a los métodos de administración industrial, provocando una industrialización de la ciencia (Salomon, 1997).

Lentamente, los conocimientos científicos comenzaron a volverse indispensables para la industria y las empresas, a someterse a sus métodos y a requerir cada vez más capital, recursos humanos y equipamiento especializado. La búsqueda del conocimiento y su aplicación se volvían más interdependientes, sellando una alianza deseable entre ciencia y tecnología. A su vez, empezaron a tener gran impacto en los sucesos internacionales, y los Estados debieron asumir responsabilidades en el área, impulsando las políticas científicas (Salomon, 1997). Hacia fines de la segunda guerra, el vínculo entre ciencia y Estado estaba consolidado, y la investigación científica y técnica –concebida con propósitos estratégicos y militares– se convirtió en fuente de nuevas tecnologías que se aplicarían a la vida civil (ídem).

Sin embargo, rápidamente comenzó a evidenciarse que las teorías económicas que eran válidas para los países centrales no necesariamente lo eran para nuestra región. Como señala Sztulwark (2020: 4), en una coyuntura de industrialización contradictoria y forzada, y en oposición a las explicaciones económicas vigentes y su pretensión de validez universal, se produjeron en Latinoamérica reflexiones novedosas sobre la naturaleza de la condición periférica y los antagonismos inherentes a la dinámica del sistema económico mundial. De la mano de economistas como Raúl Prebisch, Albert Hirschman y Celso Furtado, “esta etapa alumbró el debate de ideas quizá más propiamente latinoamericano sobre las alternativas de desarrollo en el marco de un mundo capitalista” (Cantamutto y Schorr, 2016: 123).

Así, a fines de los años 40 y principios de los 50’s, emergían las teorías del desarrollo que, con la asunción de Prebisch como presidente de la Comisión Económica para América Latina (CEPAL), quedarían asociados a dicha institución. Para él, la integración dependiente de Latinoamérica en la economía mundial había provocado el hiperdesarrollo del sector productor de materias primas y el subdesarrollo del “sector moderno”, dando lugar a una heterogeneidad estructural (Cademartori, 2003). Esta idea les valió el mote de estructuralistas. Desde diversas

disciplinas, referentes como Oscar Varsavsky, Amílcar Herrera y Jorge Sabato convergieron en la necesidad de profundizar el proceso de industrialización nacional: “los objetivos centrales de sus reflexiones giraban en torno de la búsqueda de un modo de movilizar a la ciencia y la tecnología como palancas del desarrollo económico y social” (Kreimer y Thomas 2004: 27). Este pensamiento “acabó desplegándose en gobiernos, academias y organismos internacionales (CEPAL), logrando impulsar políticas concretas en nuestro país” (Cantamutto y Schorr, 2016: 122).

La discusión por el modelo de desarrollo posible y deseable para el país se introducía en las agendas académicas y de gobierno. Entendiendo por “modelo de desarrollo” a una forma idealizada y orientada hacia el futuro de lo que se quiere y se desea” (Roig, 2008: 88), a lo largo de la historia argentina, la discusión sobre este aspecto se ordenó en torno a una serie de dicotomías. Como bien esquematizan Lachman, et al, la oposición “librecambio o proteccionismo” del siglo XX dejó lugar a la opción entre “campo o industria”, como propuestas polarizadas y mutuamente excluyentes (2020: 3). Este constituyó quizás uno de los mayores dilemas de la política económica argentina. Frente a quienes proponían centrarse en el aprovechamiento de los recursos primarios y naturales, cobraba fuerza la insistencia en la necesidad de diversificar y complejizar la economía nacional mediante la industrialización. Esta tensión nunca logró resolverse ni en la teoría ni en la práctica, porque si bien la orientación económica se acercó más a uno que a otro en distintos períodos históricos, ambos modelos suscitaron problemas para los que no ofrecieron solución. Más aún, las profundas transformaciones que la política económica internacional experimentó desde los 70’s aplazó la resolución de este dilema, incorporando nuevas y complejas variables a la ecuación macroeconómica.

8.1.1. La financiarización y su impacto en las economías periféricas

A comienzos de los años 70’s, con el abandono del sistema monetario internacional de Bretton Woods, el capitalismo global atravesó un proceso de financiarización que empujó a la desindustrialización y reprimarización de las economías latinoamericanas. Mientras la sustitución de importaciones no logró resolver el problema de la restricción externa (Allami y Cibils, 2017: 89), el

desmantelamiento de las regulaciones y controles financieros nacionales e internacionales, y “un incremento exponencial en los flujos internacionales de capitales” (ibíd.: 82), permitió que los países periféricos cubrieran temporalmente la necesidad de divisas recurriendo al endeudamiento con agentes internacionales (ibíd.: 89). La “conjunción de estos elementos dieron lugar a la formación del régimen patrimonial financiero como condicionante estructural de los modelos de desarrollo en todo el mundo” (De Angelis, 2015: 68).

A la par, se instaló un nuevo régimen de acumulación capitalista basado en un esquema de producción flexible y geográficamente deslocalizado (Freeman y Pérez, 2003 en De Angelis, 2015: 68), que creó un nuevo escenario de competitividad internacional basado en el conocimiento (De Angelis, 2015: 68). Las consecuencias socio-económicas de la crisis de los años 80's y las políticas de liberalización económica, “impulsaron propuestas heterodoxas y nuevas formas de pensar el desarrollo, características del inicio de siglo” (Bielschowsky, 2009: 178), como los paradigmas de la innovación, el emprendedorismo por proyectos y el capitalismo cognitivo.

Ese nuevo capitalismo se volvió causa y consecuencia de un nuevo espíritu del capitalismo (Boltanski y Chiapello, 2010) funcional a esa dislocación de la producción, en favor de formatos flexibles, dinámicos, cambiantes, adaptables. Por lo mismo, arrasó con los agrupamientos de clase, por profesión, por tipo de empleo: cada cual tiene cualidades y afronta desafíos diferentes, por lo que cada individuo debe ser empresario de sí (Foucault, 2012). El impacto de estas nuevas formas de trabajo, desarticuló el poder de negociación y acción colectiva que al momento detentaban los sindicatos industriales.

En sintonía, las variables que frenaban el dinamismo económico argentino, generando los típicos ciclos de stop and go, también se han transformado (Gerchunoff, 2006). Por un lado, perdura en el tiempo la devaluación de la moneda a un costo inflacionario bajo (en comparación histórica); por otro, la intensidad de los conflictos distributivos decayó enormemente, porque la canasta alimentaria ya no coincide con la de exportación, y porque la industria dejó de ser la principal fuente de empleo. Así, la discusión por el modelo de desarrollo se vio obligada a tomar en consideración múltiples variables, porque seguir sosteniendo que la industria era el único sector en condiciones de crear empleo y mejorar la distribución de los

ingresos, o que el sector agropecuario representa el atraso en materia de ciencia y tecnología, se mostró reduccionista, cuando no anacrónico. Argentina se consolidaba nuevamente como exportador de bienes primarios, pero ahora con un agregado de valor biotecnológico que, aunque aumentó la productividad, también añadió a la dependencia de divisas, la de los insumos del paquete tecnológico.

8.1.2. La reinserción de la discusión por el desarrollo

Con la recuperación de la estabilidad política, social y económica desde 2003, los gobiernos de Néstor Kirchner y Cristina Fernández de Kirchner retomaron la impronta industrializadora y desarrollista de los gobiernos peronistas, con la paradoja de que la salida de la crisis había sido posible gracias a la exportación de bienes agropecuarios. Así, como señala De Angelis, “se produjo una reorientación del rol del Estado como planificador e interventor de la estrategia de desarrollo, arbitrando en la puja de intereses y adquiriendo protagonismo en el mercado a partir del fortalecimiento presupuestario” (ibíd.: 72). Para el autor, la recuperación de la capacidad estatal responde fundamentalmente a factores económicos y presupuestarios, aunque también a los ideológicos y políticos, como el proceso de negociación y reestructuración de la deuda externa y la consecuente ampliación del margen de autonomía; el aumento de la recaudación impositiva nacional; y la implementación de programas e instrumentos para promover la actividad productiva y sostener los niveles de crecimiento económico (ídem).

La reactivación económica argentina, centrada “en una estructura de exportaciones altamente primarizada” (ídem), se explicó fundamentalmente por la existencia de rentas adicionales provenientes del “superávit del comercio internacional, dado por mejoras en las condiciones de intercambio” (Bisang, Campi y Cesa, 2009: 7), lo que abría dudas respecto de su continuidad temporal.³⁰³ La constante oscilación en la trayectoria económica del país y su fuerte dependencia de los mercados internacionales, volvieron imperativo retomar la discusión respecto de

³⁰³ Por el lado de la oferta, estas mejoras estaban dadas por la incorporación de tecnología “a la extracción y (mínima) industrialización de los recursos naturales; salarios menores (respecto de los vigentes en los países de destino), paridades cambiarias favorables y sustentos tecno-productivos y empresarios con varias décadas previas de funcionamiento y acumulación” (Bisang, Campi y Cesa, 2009: 7).

a qué sectores convenía destinar esas rentas para rediseñar la estructura productiva previa (Bisang, Campi y Cesa, 2009: 8), y las posiciones fueron diversas. Si los ingresos del superávit comercial fueran permanentes, podría aumentarse el gasto interno en la misma proporción; caso contrario, era urgente pensar “la estrategia necesaria para que su gasto contribuya a modificar/reencauzar el sendero (y la composición estructural que sustenta) de desarrollo previo” (Bisang, Campi y Cesa, 2009: 7). Esto es, había que decidir cuál era la mejor manera de aprovechar la oportunidad generada por esos ingresos adicionales, reinvirtiéndolos en una estrategia de largo plazo, lo que reintrodujo la cuestión del desarrollo en la agenda de política pública.

Al igual que a mediados del siglo XX, la discusión tendió a polarizar entre el aprovechamiento de los recursos naturales disponibles y la promoción de sectores especializados y de fuerte crecimiento (como el software y las comunicaciones), pero ahora los dos tipos de recomendaciones contemplaban el agregado de valor mediante la ciencia y la tecnología. De este modo, la aplicación de la moderna biotecnología al mundo de la producción se sitúa en la intersección de ambas posiciones, porque se basa en recursos naturales y se articula con diversas actividades primarias (agricultura, ganadería, piscicultura, minería, alimentos, medicamentos e insumos para la salud), pero tiene la complejidad científica y técnica y la novedad de las TICs (Bisang, Campi y Cesa, 2009: 8).

Por esta razón, la biotecnología ocupa un lugar central en la discusión por el modelo de desarrollo, no solo para los promotores de la exportación de commodities OGM, sino también para quienes formulan propuestas alternativas. El rápido crecimiento que experimentó Argentina evidenció el potencial de la biotecnología aplicada y aportó razones para extender sus ámbitos de alcance. La intención declarada era diversificar la estructura productiva, como estrategia de mediano plazo para cuando el mercado comercial internacional no resultara tan benéfico como hasta entonces. El Plan Argentina Innovadora capturó el lugar central que se adjudicó a las biotecnologías en la estructura productiva del país:

Es relevante fortalecer el patrón de especialización productiva e inserción global del país por una triple vía: el mejoramiento de las actividades existentes [...], la diversificación hacia actividades intensivas en conocimiento y tecnología y el “escalamiento” hacia posiciones más jerárquicas en las tramas globales de conocimiento e innovación. Dicho patrón está por una parte basado -excepto por

algunas actividades de dinamismo reciente, tales como las relacionadas con la biotecnología y la industria del software- en ventajas comparativas naturales, destacándose el complejo agroalimentario y, más recientemente, la minería en gran escala; por otra parte, en un grupo relativamente reducido de capacidades acumuladas en etapas aguas arriba del sector manufacturero, especialmente en industrias de proceso intensivas en escala y productoras de commodities, como las del acero y el aluminio, y en menor medida, las industrias papelera y petroquímica (Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, 2020: 21)

Así, ese Plan identificó algunos “sectores focales” –agroindustria, desarrollo sustentable, desarrollo social, energía, industria, salud– y lo que denominó Tecnologías de Propósito General (TPG), que son la biotecnología, la nanotecnología y las TICs, “cuyo desarrollo permitirá introducir innovaciones productivas en los sectores focales escogidos” (Secretaría de Planeamiento y Políticas en Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, 2017: 13). En la práctica, la estructura económica argentina continuó basada principalmente en el aprovechamiento de sus ventajas comparativas naturales, aunque combinada con iniciativas para fomentar las TPG.³⁰⁴

Aunque incipientes, las propuestas en aras de diversificar la estructura productiva cobran relevancia ante la creciente incertidumbre del panorama internacional. El incremento en la demanda de commodities proviene cada vez más de países que, sin ser desarrollados, comienzan a ganar poder entre los centros, cuando no a constituirse en nuestros centros de la economía política internacional. Sin llegar a proponer un nuevo paradigma de desarrollo, el creciente poderío de China instala un “orden internacional multipolar” (Vadell, 2019), que abre para Argentina nuevas oportunidades pero también otros riesgos e incertidumbres.

8.1.3. La geopolítica del desarrollo: nuevos desafíos del siglo XXI

Sostuvimos que la estructura productiva Argentina, centrada en la exportación de commodities agropecuarios, conlleva una doble dependencia internacional. Por un lado, de las empresas proveedoras de los insumos del paquete tecnológico (semillas, pesticidas, servicios), que presionan a la adopción de una

³⁰⁴ Por ejemplo, la sanción de la Ley de Promoción de la Industria del Software (N° 25.922) en 2004, y la creación del Fondo Fiduciario de Promoción de la Industria del Software (FONSOFT), las ya mencionadas Ley de Promoción del Desarrollo y Producción de la Biotecnología Moderna (N° 26.270) y Ley de Economía del Conocimiento (N° 27.570).

legislación que la beneficie, en detrimento del libre uso de las semillas para los productores locales. Por otro, de la aceptación de estas tecnologías productivas por parte de los países que adquieren sus productos. A fines de los 90's, esto último se dirimía en un enfrentamiento regulatorio entre, principalmente, Estados Unidos –uno de los principales exportadores de productos agropecuarios y promotor de la revolución verde– y la Unión Europea, una región mayormente importadora de bienes primarios, con un sector agropecuario débil, menos competitivo y ampliamente subsidiado, y una historia particular en relación a los desarrollos científico-tecnológicos, que los hizo especialmente precavidos (Bilański, 2018b).³⁰⁵

En ese contexto, Argentina se encontraba tensionada entre las crecientes restricciones al acceso de los OGM que imponían sus compradores europeos, y el fomento que impulsaba Estados Unidos. Este país, a la vez, representaba una competencia directa no solo para sus exportaciones sino también para su capacidad innovadora, porque podía generar patentes y costear pruebas a gran escala que eran inalcanzables para Argentina. En ese escenario, nuestro país tenía pocas opciones más que adaptar su producción local a los insumos que podía obtener de las semilleras transnacionales y a la demanda comercial.

Sin embargo, la emergencia de nuevas potencias en vías de desarrollo, como Brasil, Rusia, India y China (BRIC), diversificó el escenario y las posibilidades del naciente siglo XXI. Con características y estructuras productivas periféricas, pero tasas aceleradas de crecimiento, grandes capitales y mercados de consumo, estos países adquirieron centralidad en la política económica global. Con ello, el mundo avanzó hacia una multipolarización, donde los países del sur ganaron protagonismo y el despegue económico de Asia desplazó el centro de gravedad del panorama internacional hacia Oriente. Pronto se hizo evidente la asimetría de la capacidad China frente a los demás países del bloque BRIC, en términos económicos y de inserción internacional (Ribeiro, 2020: 35). Así, dicho país fue ganando centralidad en la política económica y financiera global, y lo hizo apoyándose en los BRIC y otros países del sur, que le permitieron “desafiar el orden internacional liderado por

³⁰⁵ Como vimos en 1.2.2., algunos hechos traumáticos en torno a los desarrollos científico-tecnológicos (como el mal de la “vaca loca” o el caso de la “sangre contaminada”) dejaron marcas en la memoria colectiva (Bilański, 2018b), y se combinaron para comprometer seriamente la confianza del público europeo en los organismos reguladores gubernamentales (Carullo 2002: 28).

Estados Unidos de manera pacífica, no directa y dentro de las reglas de las economías de mercado” (idem).

En los últimos años, “como consecuencia de la guerra comercial con Estados Unidos, China se propuso firmemente desarrollar mercados alternativos”, fundamentalmente en países del sur, como algunos africanos (Cámara Argentino-China, 2022: 12), lo que representa una “oportunidad comercial a los agroalimentos argentinos, sumado a la natural demanda que ya tenían” (ibíd.: 2). La creciente demanda de commodities básicos por parte del país asiático (energía, minerales y agroalimentos) lo convirtió en un socio-comercial estratégico de los países latinoamericanos (Russo y Chara, 2018: 1), y desafía el poder de las potencias y países centrales del norte (como Europa y Estados Unidos) para establecer las reglas de la producción y el comercio global.

En los últimos años, Brasil y China ocuparon los primeros dos lugares entre los socios comerciales de nuestro país. Brasil es uno de los principales compradores de la harina de trigo argentina, lo que generó conflictos en torno a la aprobación del trigo transgénico, especialmente desde que Bolivia importa volúmenes similares.³⁰⁶ En 2020, China fue el principal importador de poroto de soja argentino. Junto a la carne vacuna, estos dos productos agrupan el 73% del total exportado a ese país (Agencia Argentina de Inversiones y Comercio Internacional, 2020).

Esto abre nuevos e inciertos escenarios. La creciente demanda de productos agroganaderos desde Asia, África y también de América Latina erosiona el poder de las potencias para regular las características del mercado comercial global y ofrece alternativas a la producción Argentina. Las características de nuestros intercambios con el país asiático permiten vislumbrar una nueva forma de “relación centro-periferia, en la que el país oriental se convierte en un proveedor de bienes tecnológicos-industriales con valor agregado, y los países del Mercosur se consolidan como proveedores de materias” primas de escaso valor agregado (Russo y Chara, 2018: 2). Más aún, la creciente demanda de nuestros commodities presiona al alza el precio de los alimentos para el mercado interno, agravando los problemas distributivos y la inestabilidad macroeconómica asociada al modelo agroexportador.

³⁰⁶ Fuente: <https://comex.indec.gov.ar/#/> Consultada el 07/02/2022.

8.2. El lugar de la edición genética en el modelo de desarrollo: balances y transformaciones a la luz de sus promesas

En este escenario internacional complejo y cambiante, la edición genética inaugura nuevas posibilidades tanto para quienes proponen profundizar la estructura productiva actual, esto es, promover el desarrollo nacional apoyando la economía en la explotación y exportación de recursos naturales y bienes primarios, como para quienes plantean un escenario de mayor diversidad productiva vía industrialización. Sztulwark y Girard (2020) habían identificado tres cuestiones para que Argentina pudiera aprovechar la oportunidad que brinda CRISPR. Vimos que el país cuenta un sistema científico-tecnológico suficientemente desarrollado y conocedor de la genómica, y que de momento los inventores de la técnica no impusieron barreras significativas a su acceso. Así, la clave para el éxito descansa en la posibilidad de aprovechar las ventajas de reducción de costos y simplificación de procesos que, como sostuvimos, se relaciona directamente con los marcos normativos a nivel global, tanto para exportar como para diversificar o sustituir las importaciones.

Aunque con decisiones rápidas y un marco normativo novedoso, el espíritu que regula las prácticas en torno a la edición genética en Argentina no dista tanto del que a fines de los 90's se flexibilizaba para exportar la soja RR a Europa, en plena moratoria a los transgénicos. Los organismos evaluadores de los eventos biotecnológicos nacionales aún aplican la "política espejo" para su aprobación que, casi un cuarto de siglo después, continúa siendo un signo de nuestra dependencia comercial. Sin embargo, los espejos se han multiplicado. Allí donde la UE amenaza con dejar de comprar algunos cultivos, nuevos mercados como Asia y África emergen como alternativas. A la inversa, mientras nuestros organismos reguladores esperaron la aceptación de Brasil para liberar el trigo HB4, Bolivia equiparaba su volumen de compra, poniendo en dudas si la decisión fue acertada. En este sentido, aunque sigue siendo cierto "que el principal freno para la liberación de los OVGGM era el mercado internacional (la posibilidad de ser exportados) por sobre sus especificidades o consecuencias a nivel local o nacional" (Poth, 2013: 311), los centros de referencia se diversificaron.

De este modo, ciertas condiciones estructurales para aprovechar la ventana de oportunidad que abre CRISPR están dadas. La eliminación de barreras a la entrada de nuevos actores, tal y como se esperaba, permitió el ingreso de más actores a la I+D con edición genética que intentan generar sus propias variedades, en la búsqueda de cierta independencia respecto de las licencias de las empresas transnacionales. Los eventos que recurrieron a la Instancia de Consulta Previa (ICP) de la CONABIA respaldan esa tendencia.³⁰⁷ A fines de 2018 eran 17 los eventos basados en técnicas de EG que se presentaron a ICP, y todos recibieron aprobación para desarrollarse y comercializarse en nuestro país.³⁰⁸ El 41% de ellos fueron presentados por instituciones públicas nacionales, como INTA y CONICET, que representan solo el 8% del total de las solicitudes aprobadas en el país para OGM (ver gráfico n° 23). Aunque de modo incipiente, “emergen nuevos actores que tienen el potencial de desafiar el control monopólico que ejerce sobre esta industria un acotado conjunto de grupos económicos transnacionales” (Sztulwark y Girard, 2020: 32).

³⁰⁷ Recordemos que este mecanismo permite a los desarrolladores saber de antemano si los eventos que planean producir serán o no considerados como un OGM, ayudando a calcular los gastos y tiempos que demandará llevar el producto al mercado. Por ello, este dato refiere entonces a organismos que aún están en etapa de diseño y/o producción, como vimos en el apartado 3.4.

³⁰⁸ Entrevista realizada a Martín Lema: “‘Argentina es el primer país del mundo que tiene regulación para la Edición Génica’ Martín Lema”, en *Horizonte A*, 19 de diciembre de 2018. Consultado el 5/01/2020 en <https://bit.ly/382TWjE>

Gráfico n° 23. Tipos de actores con ICP aprobada para productos editados, frente a los actores que aprobaron solicitudes para transgénicos, en Argentina al 2018.



Fuente: Presentación del entonces Secretario de Agroindustria, Luis Etchevehere (2018).

Otro aspecto importante es que las ediciones ya no se están concentrando en soja, maíz y algodón como pasaba con los OGM,³⁰⁹ sino que las nuevas solicitudes parecen abarcar una mayor diversidad de cultivos, entre ellos frutas y hortalizas, además de animales y microorganismos, con diferentes características que mejoran su rendimiento y su composición. Desde la Dirección de Biotecnología sostienen que este viraje puede fomentar el desarrollo de cultivos de interés regional y aumentar la I+D local en producción de semillas.

Sin embargo, mientras algunas de estas tendencias solo pueden cumplirse siempre y cuando la edición genética profundice el esquema productivo de los cultivos transgénicos; otras solo serán posibles rompiendo con esa concentración en pocos cultivos de exportación, sea modificando la organización actual del sector agropecuario, sea desarrollando otros rubros económicos en la industria y los sectores conocimiento-intensivos. Así, antes que a un determinismo de la técnica, las potenciales oportunidades de CRISPR descansan en opciones distintas para su aplicación y desarrollo, aunque los discursos de los promotores de cada una de ellas eludan esta distinción.

³⁰⁹ De acuerdo con el listado de eventos OGM aprobados en el país, la mayoría son de maíz, soja y algodón. En 2015 se sumó la papa, luego cártamo, alfalfa y en 2020 trigo.

Así, que el entonces Ministro de Ciencia y Tecnología afirmara que la edición genética “es una herramienta que nos permite avanzar justamente a una agricultura más sustentable” (Barañaño, 2018), no implica necesariamente que esté orientándose a esos fines. Dicho de otro modo, la promesa de una producción más justa, diversa y sustentable es utilizada como legitimadora del modelo agroexportador, aunque por la dirección que está adoptando la edición genética en este sector, no parece poder derivarse de allí.

Entendiendo que el “desarrollo también es disputa, es controversia” (Madoery, 2016: 20), se vuelve primordial reconocer que hay distintos grupos sociales que promueven diferentes ideas sobre lo que es un desarrollo deseable y cómo alcanzarlo. Así, este apartado busca clarificar, a partir del incipiente desarrollo que las nuevas técnicas de edición genética ya tienen en nuestro país, qué “promesas” pueden alcanzarse profundizando el modelo de desarrollo actual y cuáles demandan la consideración de otras alternativas.

La tabla n° 6 sintetiza los beneficios que actualmente sí podrían resultar de la aplicación de la edición genética, distinguiendo según su área de aplicación. Aunque exploratoria, creemos que esta diferenciación permitirá comprender mejor los límites y potenciales de cada opción, lejos de las justificaciones legitimadoras de sus promotores. Muchas veces estos extrapolan las ventajas de la aplicación de las nuevas técnicas de un caso a otro: mientras los colorantes alimenticios naturales a partir de hongos editados con CRISPR son una aplicación potencialmente beneficiosa para el medioambiente, una soja editada para resistir el glifosato probablemente no lo sea. Sea mediante transgénesis o mediante CRISPR, si la modificación de un cultivo busca volverlo resistente a un pesticida como el glifosato, entonces la edición genética continúa el mismo modelo productivo cuya sostenibilidad está siendo ampliamente cuestionada. Así como los cultivos desarrollan creciente resistencia al glifosato, es muy probable que acaben adaptándose de igual manera a otros químicos, así que la resistencia a nuevos productos no resuelve el problema a largo plazo. Entonces, hablar de la sustentabilidad de la edición genética en términos generales es, cuanto menos, equivoco. Ningún debate serio sobre los riesgos, costos y oportunidades para el desarrollo puede darse en esos términos.

Tabla n° 6. Posibilidad de concretar las promesas asociadas a la edición genética, según gran ámbito de aplicación

Area de incorporación de la edición genética		Sector agropecuario exportador	Producción de bienes y servicios conocimiento intensivos
Promesas			
Promesas de "crecimiento"	Reducir costos de producción	SÍ	SÍ
	Generación significativa de divisas	SÍ, aplicada a cultivos de enorme participación en la canasta exportadora, y cuyas variedades permitirían continuar extendiendo la superficie cultivable	NO, al momento no tienen impacto comercial significativo
Promesas de "desarrollo"	Sustentabilidad	NO, al momento reproduce el formato de paquete tecnológico de los OGM	SÍ, propone mejorar los procesos productivos y minimizar el impacto ambiental de la producción y el consumo
	Mejores alimentos	NO, las ediciones que se están realizando buscan otorgar resistencia a herbicidas	SÍ, trabaja en la producción de alimentos más nutritivos, saludables, naturales
	Generación de más y mejores puestos de trabajo	NO, la edición genética no parece alterar los modos de producción previos, ni demandar más trabajadores, ni requerir mayor capacitación	SÍ, favorece la inserción de recursos humanos altamente calificados. Aunque aún no demanda mucha mano de obra, su mejora cuantitativa dependerá del crecimiento del sector
	Distribución más equitativa de los participantes	SÍ, permite a más actores participar de la I+D+I para aplicar al sector	SÍ, permite a equipos con escaso presupuesto trabajar con la técnica
	Ampliación de cierta autonomía tecnológica	SÍ, aunque dependerá de las decisiones regulatorias internacionales y de la aceptación de los consumidores	SÍ, aunque de momento dependen de la inversión y la demanda internacional

Fuente: Elaboración propia.

8.2.1. La innovación aplicada a la agricultura de exportación

La introducción de CRISPR al modelo agroexportador permitiría fundamentalmente mantener elevada la generación de divisas vía exportaciones de commodities. Pero su condición de posibilidad depende en dos cuestiones. Primero,

de que la innovación científico-tecnológica y la labor agroganadera se orienten a los mismos organismos que ya tienen alta inserción internacional (por ejemplo, soja, trigo, maíz). Esto es, que en lugar de producir soja transgénica se produzca soja editada, también resistente a los plaguicidas más eficientes y baratos disponibles. Aunque editar frambuesa para que resistan mejor los climas cálidos puede abrir un nuevo sector comercial, incorporar nuevas regiones a su producción y mejorar el pasar de algunos pequeños agricultores, no tiene un impacto significativo en la canasta comercial nacional. El que esperan los funcionarios de gobierno se vincula a los cultivos que ya representan buena parte de los ingresos de divisas al país. Por lo tanto, el modelo de la revolución verde y los transgénicos se modificaría en sus bases (quiénes producen las semillas, a qué costo, y quiénes pueden adquirirlas) pero no en la configuración productiva resultante (qué cultivos, con qué métodos y para qué destinos).

Por esa razón, la innovación con CRISPR orientada a este modelo productivo no fomenta una mayor diversificación ni de los organismos editados ni de las ediciones realizadas, pese a que haya líneas de investigación en este sentido. Si bien la técnica y sus bondades permite a los productores enfocarse en mejorar la calidad nutricional de los alimentos y hacer esto en una amplia variedad de organismos, los estímulos económicos orientan la I+D+I a los productos con mayor mercado. Cuando no lo hacen, esto es, cuando el desarrollo biotecnológico se rige por parámetros distintos de los comerciales, la edición genética podrá avanzar hacia la generación de mejores alimentos, pero a priori sin repercutir significativamente en las variables macroeconómicas. Por la misma razón, las promesas de sustentabilidad no van de la mano de la exportación de commodities, que aún se apoyan en los paquetes tecnológicos con resistencia a pesticidas. No hay razones para creer que la introducción de nuevos herbicidas no acabará en el mediano a largo plazo reemplazando al glifosato y análogos y provocando los mismos problemas, como el abuso en su utilización.

Segundo, y en consecuencia, aprovechar esta oportunidad aún descansa de la aceptación de los productos editados por parte de nuestros principales compradores. En esa línea, el rumbo que las alianzas estratégicas impriman en cuestiones clave como la apertura de mercados alternativos, la presión diplomática sobre la regulación, la unificación de criterios de producción (normas GMP) e intercambio

(etiquetado, trazabilidad), y el convencimiento de consumidores y decisores sobre la seguridad técnica y medioambiental, entre otros, será imprescindible para la inserción de los productos editados argentinos en el mercado comercial internacional. Los esfuerzos en esa dirección se vieron en los eventos de divulgación científica organizados por diversos organismos estatales sobre CRISPR, en los que se enfatizó esa diferencia. Uno de los científicos que participó de estos encuentros dijo, respecto del gobierno, que “lo que ellos quieren claramente es que no gane mala fama” (investigador clínico CONICET, 10/06/2019). Varios entrevistados coincidieron en identificar este motivo para la diferenciación terminológica, en concurrencia con los hallazgos de Kuzma (2018) sobre la intención de evitar problemas políticos y comunicacionales relacionados con los OGM.³¹⁰

Los promotores y defensores de la revolución verde vieron en CRISPR una posibilidad, no solo de profundizar la senda de crecimiento económico iniciada por los transgénicos –expansión de los terrenos cultivables y obtención de divisas vía exportación de commodities–, sino también de retomar algunas de sus “promesas de desarrollo” pendientes. Entre ellas, ciertas promesas de autonomía (una I+D+I a un costo viable para los presupuestos y las capacidades tecnológicas del país) y democratizadoras (con participación de más actores nacionales, trabajando en más productos, que permitiría distribuir más equitativamente los beneficios) tienen asidero. Por el contrario, diversificar la oferta, mejorar la calidad de los productos agropecuarios, avanzar hacia formas de producción más sustentables, e incluso generar más empleo y más calificado, no son efectos que parezcan poder desprenderse de reemplazar la soja transgénica por la editada. En cambio, descansan en otras aplicaciones biotecnológicas más vanguardistas, innovadoras, riesgosas, como las que proponen las incipientes startups del “ecosistema emprendedor”. Estas abren la puerta para una diversificación de la oferta productiva nacional, que no necesariamente es antagónica con la explotación de los recursos naturales.

³¹⁰ Entre ellos, es posible mencionar un entorno político muy controvertido, el rechazo de los consumidores de muchas variedades de alimentos modificados genéticamente, tensiones entre los productores de cultivos orgánicos y OGM, desafíos judiciales prolongados sobre la idoneidad de las reglamentaciones y un creciente número de empresas de alimentos que evitan los ingredientes OGM (Kuzma, 2018).

8.2.2. La innovación orientada a la diversificación y la industria

Las ventajas de CRISPR son válidas para todas sus aplicaciones, lo que abrió nuevas líneas de investigación, tanto en el sector público como en el privado. Proyectos destinados a crear productos innovadores, solucionar problemas sociales, incorporar valor a las cadenas productivas, tratar enfermedades, entre otros, se gestaron en los últimos años, muchos bajo el formato startup y gracias al asesoramiento y las inversiones del “ecosistema” emprendedor, las inversiones de riesgo, y los capitales transnacionales. Buena parte de estos emprendimientos tienen entre sus propósitos principales o secundarios reducir la huella ambiental de la actividad humana, por lo que buscan optimizar los procesos productivos. El caso de Michroma es un gran ejemplo, desarrollando pigmentos que además de más saludables y económicos puedan reemplazar a los de origen vegetal y animal, que son poco sustentables. Así, las promesas de sustentabilidad (una producción que requiera menos energía y recursos naturales, y sea menos contaminante) y de mejora en la composición y calidad de los alimentos y sus procesos productivos, tienen asidero en estas nuevas alternativas.

Sin embargo, el impacto económico de estos sectores es aún insignificante para la estructura productiva. Los montos que manejan en inversiones, ventas y también su potencial exportador hacen que su relevancia aún sea más bien simbólica. Es que, de momento, a excepción de Bioheuris, las startups y empresas que están utilizando edición génica no apuntan a agregar valor a los sectores que ya tienen gran impacto en la canasta exportadora, como algunos complejos agropecuarios. En cualquier caso, alcanzan para demostrar lo que adelantamos anteriormente: que los beneficios de la innovación privada que identificaba Peirano (2011), son válidos para la I+D con edición génica. Efectivamente se han generado lazos cooperativos que, a priori, parecen positivos. Incluso cuando resultan de los intentos por resolver problemas –estructurales y coyunturales– del hacer I+D en Argentina, tienen efectos benéficos, al permitir a los científicos continuar produciendo conocimiento, bienes y servicios en condiciones de partida desfavorables. Asimismo permitió la consolidación de un espacio intermedio que permite relacionarse a los actores del campo científico y del empresarial.

En relación al mercado interno, aunque aún no hay productos de la edición génica en el mercado, la promesa es un abaratamiento de los precios finales, en tanto CRISPR podría utilizarse para reducir los costos de producción y generar bienes más económicos que sustituyan a los actuales. Igualmente habrá que considerar cómo se ordena la demanda, y también la oferta, porque es esperable que los productores aprovechen la falta de competencia inicial para fijar precios que concedan mayor margen de ganancia.

Respecto del empleo, los beneficios son más difusos. En líneas generales, la elaboración de productos biotecnológicos “puede caracterizarse como una actividad muy intensiva en conocimiento y —para algunas áreas— en equipamiento específico; [pero] la contrapartida es una limitada capacidad en la generación de empleo” (Anlló, Bisang y Stubrin, 2011: 18). De este modo, si bien CRISPR permitió aquí también que más actores participen de la I+D+I y de su transformación en un bien o servicio que puede comercializarse, estos aún no están en el mercado, por lo que tampoco demandan muchos trabajadores y, como puede verse en el derrotero que están siguiendo las empresas que trabajan con CRISPR, no pareciera que la edición genética permita crear nuevos puestos de trabajo en un porcentaje que incida en la estructura económica. Para poder hacerlo, habría que incrementar exponencialmente la cantidad de estos emprendimientos y sus performances.

Pese a ello, los empleos que generan estas aplicaciones son muy calificados, por lo que suele ofrecer altas remuneraciones y absorber a muchos científicos-investigadores jóvenes que no logran o no quieren desempeñarse en el sector público. Los investigadores entrevistados coinciden en que los salarios del sector privado son mucho más altos que los que obtienen trabajando en el sector público. A la vez, quienes se animaron a conformar startups parecen concordar con Peirano en que este “es un inigualable espacio de formación para los recursos humanos” (2011: 83), que impone tiempo, urgencias y dinámicas muy diferentes a las del campo científico.

En síntesis, la aplicación de la edición genética en sectores de vanguardia biotecnológica es promisorio, pero de momento parece tener más valor simbólico que material: su virtud central es actuar como punta de lanza para las nuevas técnicas, una bandera de vanguardia, un ejemplo de éxito del que presumir, y una forma de generar confianza —sobre la técnica en particular, y sobre el modelo de I+D y producción en general—, que permita ganar el visto bueno de la opinión pública y

atraer la inversión extranjera. En este sentido, posicionan a la Argentina en perspectiva global, y llaman la atención de grandes inversores internacionales que ven potencial a futuro en estas nuevas empresas.

Aunque los recursos no son infinitos y conviene orientarlos hacia las áreas que se consideren estratégicas para el desarrollo, estos modelos no son incompatibles, y podría continuar apostándose por estos y otros formatos intensivos en conocimientos, para los que Argentina tiene recursos. Así, quizás logre en el mediano a largo plazo diversificar su matriz productiva, ganar cierta independencia respecto de la demanda internacional y avanzar hacia la generación de ingresos por vías con menor impacto ambiental.

8.3. Prioridades y temporalidades de los desarrollos en pugna

En este sentido, no todo son loas y beneplácitos hacia la biotecnología y su aplicación a los sectores productivos. Aunque los transgénicos resolvieron algunos problemas, por ejemplo, aumentando la producción y la rentabilidad, a la vez generaron otros, como la creciente resistencia de los cultivos a herbicidas, que presionan su utilización a límites que están por encima de los inocuos para la salud. La crisis del proceso de modernización y la consecuente pérdida de fe en la idea de que las sociedades tienden siempre hacia el progreso (Giddens, 2004: 23), habilitó un margen para comenzar a cuestionar las consecuencias destructivas de la sociedad industrial de consumo, e instalar en la agenda internacional problemáticas como la ambiental, que dio lugar a los primeros movimientos ecologistas durante los años 60's (Wagner, 2020).

Como señala Pellegrini, a medida que los desarrollos científico-tecnológicos fueron mostrando su extraordinaria capacidad para transformar la realidad, también modificaron las expectativas de la sociedad frente a estos: “donde antes se veían solo esperanzas de bienestar, ahora se perciben potenciales riesgos” (2019: 175). En ese nuevo escenario, la pregunta por “¿quién decide qué tipo de desarrollos científicos y tecnológicos le conviene a una sociedad?” (Ídem) inauguró el interés público por participar de los procesos de decisión. Así se crearon organizaciones sociales cuya preocupación nodal son ciertos desarrollos CyT (ídem). Estos ayudaron a cuestionar

la premisa de que los problemas creados por el “progreso” científico-tecnológico podrían solucionarse con más desarrollo científico-tecnológico.

En sus críticas al modelo de los transgénicos en el país, Andrés Carrasco advertía que era necesario romper con la propuesta capitalista de que el conocimiento científico y el desarrollo tecnológico podrán resolver los desastres naturales causados por “el progreso” (2011: 134). En ese marco los editados se inscriben y reavivan las oportunidades, pero también las polémicas, ¿puede la aplicación masiva de los cultivos editados solucionar los problemas generados previamente por la de los transgénicos? Mientras promotores como el ex Ministro de Ciencia y Tecnología consideran que sí, sosteniendo que “vamos hacia una nueva agricultura orgánica, pero que, paradójicamente, va a ser modificada genéticamente, no transgénica” (Barañaño, 2018); otros actores evidencian dudas.

Estas se incrementan por la inexistencia de información certera sobre el impacto de esta tecnología –en la salud, el medioambiente, la biodiversidad, entre otros–, lo que permite catalogar a la edición génica como una ciencia posnormal, en tanto sus efectos potenciales son desconocidos e inconmensurables (Funtowicz y Ravetz, 1993). Frente a esta incertidumbre, diversos actores manifiestan fundados resquemores y movilizan evidencias de los efectos negativos del modelo iniciado con la “revolución verde”. Con ello, la discusión viró de si aplicar la tecnología al campo o a la industria, a la defensa o el cuestionamiento de las biotecnologías en general. Entrado el siglo XXI, adquiere la forma de un dilema entre “desarrollo o medio ambiente” (Lachman, et al., 2020: 3), donde las críticas a la tecnología, los usos que se hacen de ella y sus distintas aplicaciones, se confunden, a veces de manera deliberada.

En las periferias, la presión por llegar cuanto antes al mercado con los bienes y servicios de la edición genética, puede atentar contra las precauciones que demandan las intervenciones sobre la vida. En este sentido, la cuestión del desarrollo es mucho más compleja que una posición antiimperialista, e irreductible a soluciones polarizadas. Las nuevas biotecnologías y las posibilidades que inaugura reavivan la discusión sobre qué desarrollo es posible, deseable, cómo alcanzarlo y qué variables deben tomarse en consideración. Pese a que la discusión reaparece en la agenda pública y política desde mediados del siglo pasado, las opciones en pugna siempre tendieron a asociarlo al crecimiento económico, y asumir que “el desarrollo” se

derivaría de aquel. Recientemente, la presión de distintos grupos sociales reclama por la incorporación de otras variables, como la salud y el medioambiente, que implican cuantificar beneficios y costos de diversa naturaleza. Así, más que campo o industria, la preocupación del siglo XXI es cómo desarrollar el campo y/o la industria con el menor impacto ambiental posible o ¿qué costos se está dispuesto a aceptar y para obtener qué beneficios?

8.3.1. Un desarrollo en dos tiempos: la urgencia económica

Como se desprende de las prácticas y discursos de los funcionarios de las distintas oficinas del gobierno, de los Planes de Ciencia y Tecnología y de la propia estructura productiva, el “modelo de desarrollo” oficial, el que prima en Argentina, se centra fundamentalmente en la obtención de divisas vía exportación de commodities. A diferencia de otros momentos históricos donde los promotores del desarrollo nacional abogaban por la industrialización, paradójicamente, ahora su base está en la explotación de los recursos naturales, sea como meta final o como condición de posibilidad para el despegue de otros sectores de mayor complejidad.

Möhle y Schteingart afirman que Argentina necesita producir y exportar más para reducir la pobreza y crear empleo de calidad porque, como demuestra la historia, las mayorías mejoraron sus condiciones de vida en momentos de crecimiento de la producción (2021a: 57). Solo mediante la exportación podría lograrse esto de forma macroeconómicamente sustentable, porque las divisas permiten incrementar los salarios, que a su vez aumentan el consumo, que en gran medida se satisface con importaciones, que deben pagarse en dólares (ídem). El problema es que, en economías como la nuestra, buena parte de las exportaciones se concentra en los recursos naturales y derivados, como la agroindustria, la minería y los hidrocarburos, por lo que acrecentar las exportaciones involucra actividades de alto riesgo e impacto ambiental (ídem.).

Por ello, quienes buscan profundizar el modelo agroexportador se amparan en la urgencia económica y lo que podemos llamar una doble temporalidad, esto es, no niegan la posibilidad o la necesidad de diversificar la estructura productiva, pero sí afirman que esta requiere de recursos que, al momento, solo pueden provenir de la explotación de los recursos naturales.

En este sentido, muchos de los promotores de esta vía de desarrollo reconocen los efectos negativos que estas actividades tienen sobre el ambiente, pero creen que estos no exceden las ventajas del modelo, o que la ausencia de alternativas viables en el corto plazo para reemplazarlas sin afectar gravemente la economía, justifican su continuidad. En varias oportunidades la defensa de las actividades de alto impacto ambiental (desde la explotación petrolífera en la plataforma marítima, hasta la megaminería a cielo abierto, pasando por las salmoneras y la soja RR) fue defendida aduciendo la inexistencia de alternativas capaces de generar recursos económicos análogos. En consecuencia, acusan a sus críticos de “justificar el subdesarrollo” y de un “prohibicionismo irreflexivo”,³¹¹ esto es, de querer impedir todas las actividades con impacto negativo sobre el medioambiente, sin considerar sus consecuencias sobre el empleo, los salarios, el consumo, la calidad de vida.

En el mismo sentido, aducen que los críticos de estas actividades no ofrecen ninguna opción superadora, y rechazan aquellas propuestas vinculadas al autocultivo o la eliminación de mediaciones –comprar directo a los productores, por ejemplo– que, aunque sustentables, consideran difícilmente compatibles con las “comodidades” y modos de vida actuales de las grandes poblaciones urbanas. Esto es, no creen posible que las clases medias y altas decidan voluntariamente, o acepten de buena gana, consumir productos nacionales frente a los importados o dejar de vacacionar en el exterior. En cualquier caso, esos hábitos ligados a la calidad de vida ya son privativos para buena parte de la sociedad, y no es posible hacerlos extensivos a su totalidad, más aún frente al constante crecimiento poblacional.

Finalmente, los defensores del actual modelo productivo sostienen que sus críticos “compran” un argumento que es funcional a los países centrales: mientras aquellos se desarrollaron agotando el cupo global de contaminación ambiental, ahora utilizan la bandera de la ecología para restringir el desarrollo de los países pobres, “por ejemplo, imponiéndoles estándares ambientales que ellos nunca cumplieron o limitando el uso de fuentes de energías baratas como las fósiles”.³¹²

³¹¹ Natanson, José: “Economía y ambiente: ¿hay diálogo posible?” en *Revista Anfibia*. Consultada el 16/09/2021 en <https://bit.ly/3hHpFvY>

³¹² Möhle, Elisabeth: “Un desarrollo sostenible para el 99%”, en *Le Monde Diplomatique*. Consultado el 04/08/2021 en <https://www.eldiplo.org/notas-web/un-desarrollo-sostenible-para-el-99/>

Así, América Latina intenta encarar una transición hacia modelos de desarrollo con menor impacto ambiental cuando aún no pudo garantizar condiciones de vida dignas a toda su población ni reducir las grandes desigualdades, y además sin ser responsable determinante de la crisis ambiental y sin el necesario apoyo de los países ricos (Möhle y Schteingart, 2021b). Por esto, en la última Conferencia de las Naciones Unidas sobre el cambio climático (COP26), varios países, incluyendo a Argentina, reclamaron que los países desarrollados incrementen su financiación, capacidad y transferencia tecnológica para resolver cuestiones climáticas y responder a las necesidades de los países en desarrollo, como parte de un esfuerzo que es global (Naciones Unidas, 2021: 3).

En ese contexto, el cuestionamiento respecto de qué actividades económicas deben ser o no permitidas es tildada como un lujo o privilegio que las periferias no se pueden permitir, ¿son excluyentes la urgencia de la cuestión ambiental y la urgencia económica en un país donde el 40% de la población se encuentra por debajo de la línea de pobreza? (INDEC, 2021). Por otra parte, ¿puede sostenerse el crecimiento económico ignorando la variable ambiental? Porque esta no solo tiene efectos negativos sobre la salud y el ambiente sino también sobre la propia sostenibilidad macroeconómica, por los efectos negativos del cambio climático sobre las posibilidades productivas y el agotamiento de los recursos, y porque puede clausurar los mercados de exportación, que exigen cada vez más estándares de seguridad ambiental (Schteingart en IDAES, 04 de octubre de 2021).

La respuesta que ofrecen a esta problemática tiene tintes reformistas, y sostiene que la contradicción entre ambiente y desarrollo puede saldarse apuntando a un “desarrollo sustentable”, que adapte el modelo productivo actual sin transformarlo desde su raíz, para minimizar el impacto ambiental de las actividades humanas. Para ello, el diseño de las actividades económicas y las políticas públicas tiende cada vez más a contemplar algunos aspectos ecológicos, incorporando propuestas de la “economía circular”. Esta propone reducir el consumo de materiales y el uso de energía (por ejemplo, adquiriendo productos locales), recurrir a energías más limpias, reducir la obsolescencia de los productos (dando mayor durabilidad y fomentando su reparación), reutilizar, reciclar y minimizar la generación de residuos (Saidón en IDAES, 04 de octubre de 2021).

Las propuestas para gestionar una transición hacia un desarrollo más inclusivo y sostenible avanzan en la integración de nuevas actividades productivas que coexistirían con el modelo de base agroexportador. Por ejemplo, Schteingart y Coatz concluían que el mejor escenario para que Argentina avance firmemente por la senda del desarrollo es potenciar los recursos naturales y diversificar la matriz industrial (2015: 76),³¹³ Entre otras cosas, esta estrategia implicaría una mayor diversificación de la estructura productiva con menor impacto ambiental, una canasta exportadora dinámica y un “esquema de gobernanza que permita una interacción mayor y más fluida entre todos los actores implicados en esta transición (funcionarios, empresarios, sistema científico-tecnológico, organizaciones de la sociedad civil)” (Möhle, s/f).

8.3.2. El tiempo es ahora: voces críticas y urgencia socio-ambiental

Los críticos del modelo de desarrollo actual, al que refieren como “extractivista” o de “agronegocios”, cuestionan la doble temporalidad del desarrollo. Por un lado, porque consideran que estas actividades, lejos de ser la condición de posibilidad para el crecimiento económico, son responsables de los problemas socio-económicos que atraviesa la región, al arrasar con la propiedad de las tierras de las comunidades locales y con las economías regionales. Como afirma Cáceres,

En distintos ámbitos nacionales e internacionales se destaca la eficiencia y la competitividad de la agricultura argentina. Sin embargo, un análisis más profundo del tema permite observar que la supuesta competitividad económica de los productores vinculados al agronegocio se basa en tres cuestiones principales: (a) el acceso a nuevas tierras que permite expandir su actividad productiva; (b) el sistema jurídico-legal que les permite apropiarse fácilmente de la fertilidad del suelo y del agua; y (c) a que no deben rendir cuentas a la sociedad, ni tampoco internalizar los costos ambientales y sociales que genera su actividad productiva [...]. Así, la eficiencia del modelo productivo ocurre a expensas de la dilapidación del capital natural y de los costos que internalizan otros actores sociales, ya sea vía acumulación por desposesión [...] o a través de la socialización y el diferimiento temporal de sus externalidades negativas (2015: 21).

³¹³ Los autores concluyen que esa vía es más conveniente y beneficiosa que las alternativas analizadas. La primera proponía avanzar en la innovación sobre los recursos naturales (como lo hizo Australia, por ejemplo), pero Argentina no cuenta con la misma cantidad de recursos que ese país ni con su ubicación geográfica (más cercana a Asia). La segunda posibilidad era especializarse en manufacturas de media y alta tecnología, como lo hizo China, pero no resultaría conveniente, también por la lejanía respecto de los grandes mercados, que presionaría a nuestro país a sostener salarios bajos para poder compensar los altos costos de transporte (Schteingart y Coatz, 2015: 73-76).

Las divisas que genera la explotación de los recursos naturales no se distribuye entre todos los actores que pagan los costos, al perder sus medios y modos de vida. Está en discusión incluso si la cantidad y calidad de puestos de trabajo que genera el “agronegocio” alcanzan para hablar de desarrollo, ¿consigue aumentar significativamente los salarios de forma que estimulen la demanda de bienes más complejos? ¿Puede satisfacerse esa demanda con la producción interna?

Por otro lado, los críticos del modelo de desarrollo actual priorizan la urgencia socio-ambiental frente a la económica y, de este modo, cuestionan la posibilidad de postergar su resolución: si no se atiende la cuestión ambiental ahora, no habrá en pie sociedades para desarrollar. Así, “desde el ambientalismo se señala la subestimación de la variable ambiental que tienden a hacer los desarrollistas” (Möhle y Scheingart, 2021a: 56), a quienes acusan de avalar acríticamente cualquier actividad económicamente rentable, e incluso de negar los efectos perjudiciales del modelo productivo actual.

La masiva aplicación comercial de los transgénicos provocó complejos problemas ambientales y daños sobre la salud humana y animal. En respuesta, las críticas acabaron convirtiéndose en discursos y luchas contra el propio modelo productivo sustentado en los transgénicos. Para frenar sus efectos negativos, ONG, colectivos culturales, movimientos indígenas-campesinos y socio-ambientales, y redes de expertos e intelectuales lograron articularse de manera novedosa. Del diálogo de saberes entre ellos, como advierte Svampa, emerge un nuevo saber experto que es distinto al de los discursos dominantes, y que denomina “giro ecoterritorial” (2013: 40-41).

Cientos de conflictos se desataron en las últimas décadas en todo el país, en rechazo a diversas actividades basadas en la explotación de recursos naturales, como la (mega)minería (Svampa y Sola Álvarez, 2010; Wagner, 2016; Weinstock, 2006), el cultivo de transgénicos y el uso de glifosato (Arancibia, 2012; Craviotti, 2017; Lapegna, 2019; Pellegrini, 2014; Skill y Grinberg, 2013; Tubio, 2019); las papeleras (Merlinsky, 2013a), o más recientemente las Salmoneras en Tierra del Fuego y las exploraciones petrolíferas en la costa bonaerense. Como encontró Puglia, inscriptas en un largo repertorio nacional de rebeliones populares, “semillazos”, “verdurazos” y “feriazos” irrumpieron como modo creativo de visibilizar las tensiones sobre el mercado de semillas, en rechazo a las iniciativas para modificar la Ley 20.247 (2021:

216). También la aprobación del trigo HB4 se produjo entre manifestaciones de rechazo por parte académicos, ONG, intelectuales y figuras públicas que, recuperando los argumentos de rechazo a otros cultivos previos de resistencia a glifosato y similares, se visibilizaron en los medios de comunicación y redes sociales. Por ejemplo, científicos de distintas instituciones firmaron una petición pública en la que se señala que “los organismos transgénicos no son necesarios para garantizar ningún derecho del pueblo, por el contrario, atentan contra la salud socioambiental y amenazan la soberanía alimentaria” (Carta abierta de científicos/as argentinos/as al gobierno nacional sobre el trigo transgénico, 2020).

8.3.3. ¿Un diálogo imposible?

Liaudat, López Castro y Moreno (2021) concluyeron que, frente a la importancia que adquieren las críticas ambientales en el debate público y la falta de interpelación por parte de otros planteos críticos, en el sector agropecuario se estarían reconfigurando las identificaciones colectivas (2021: 172). Estas “parecen haber convertido al ambientalismo en una especie de ‘frontera’ que permitiría reafirmar una identidad colectiva en el sector más allá de las diferencias internas entre las clases agrarias” (ibíd.: 173). Dicho de otro modo, identifican al ambientalismo como un enemigo frente al que cierran filas y coordinan sus discursos. En este sentido, los defensores del modelo de desarrollo actual no son homogéneos, pero lo parecen. Si bien no todos sus ganadores se benefician por igual, repliegan sus diferencias ante la amenaza de perderlo todo.

Los perdedores, en cambio, son detractores de lo más diversos: tienen características, motivos, intereses, ámbitos de acción e intervención e incluso reclamos de alcances distintos. Algunos, desconfiados de la innovación técnica, proclaman el retorno a formas de producción familiar, artesanal, centradas en productos orgánicos (no OGM) y destinados a la producción local. Otros, en cambio, abogan por avanzar hacia modos de producción más sustentables, por la vía de la industrialización y la aplicación científico-tecnológica. Sin embargo, para los promotores de este modelo de desarrollo “pro-campo”, todos son ecologistas y prohibicionistas.

Más allá de la caricaturización y el recurso a la descalificación de los críticos y sus argumentos, el “diálogo” en el espacio público, entre académicos, funcionarios de gobierno, empresarios y científicos, tiende a darse bajo la forma de estos extremos polares, y no logran establecer puntos de diálogo. Guste o no, lo cierto es que la edición genética abre muchas oportunidades para Argentina, pero transformar la exportación de commodities en un modelo socio-ambiental sustentable no parece una de ellas. Las propuestas de la economía circular, aunque positivas y necesarias, no son suficientes de manera aislada. Reemplazar los sorbetes y bolsas de plástico por otras de papel tendrá un impacto positivo sobre el medioambiente, pero no evitará que enfermen y mueran los habitantes de los pueblos que están siendo rociados con glifosato; del mismo modo que la separación de residuos reutilizables difícilmente convencerá a los consumidores europeos de la seguridad de los alimentos OGM.

Es evidente entonces que no alcanza con crecer para luego distribuir, por lo tanto, el principal desafío para Argentina consiste en atender el reclamo ciudadano de contemplar seriamente la preocupación ambiental, sin obstaculizar el crecimiento económico. Bajo esta presión, considerar los beneficios y las limitaciones de cada una de las apuestas biotecnológicas posibles –sea al sector agropecuario, a la innovación en salud, a la industria alimenticia, entre otras ramas– puede iluminar la tensión entre dos posiciones que se presentan como polares.

8.3.4. La capacidad decisoria frente a las nuevas tecnologías

Frente a estas tensiones y dilemas, y a la creciente demanda por participar de la toma de decisión sobre el desarrollo, reaparece la pregunta por la capacidad decisoria. Dicho de otro modo, los reclamos por qué actividades deben o no permitirse, fomentarse o prohibirse apuntan a un sujeto decisor, un sujeto con capacidad de dirigir el desarrollo hacia determinado horizonte. Pero en una economía de mercado, donde las nuevas biotecnologías circulan y se replican a una velocidad sin precedentes, donde el valor se concentra en bienes cada vez más abstractos, la percepción de riesgos es mayor y más ambigua, y los agentes están descentralizados... ¿Tiene el Estado capacidad para dirigir el desarrollo? ¿Cuenta con el poder y los dispositivos necesarios para reprimir u orientar en algún sentido?

Si es cierto que, como advertía Winner, “una vez que se pone en marcha un curso de acción[...], los tipos de razonamiento que justifican la adaptación de la vida social a los requerimientos técnicos surgirán tan espontáneamente como flores en la primavera” (1980: 134), habrá que prestar mayor atención a las fases de adopción de la tecnología. Si a toda innovación tecnológica le seguirá una batería de explicaciones y argumentos tendentes a justificar su adopción, la decisión de si debe o no desarrollarse una tecnología es decisiva para su destino y consecuencias, dadas las cualidades políticas inherentes a estos artefactos, ligadas a patrones institucionales de poder y autoridad (ídem).

La historia de la ciencia y la tecnología confirma que estas no son neutrales, y que dejar sus desarrollos librados al azar no necesariamente mejorará las condiciones y calidad de vida de la sociedad. Pero tampoco hay garantías de que apostar por ellas aumente la productividad o su inserción internacional, dada la multiplicidad de grupos sociales que intervienen en su definición y funcionamiento (Pinch y Bijker, 1984) y los avatares del comercio global. La promesa siempre incumplida de erradicar el hambre mediante la biotecnología aplicada a la producción de alimentos, evidencia que, al menos en este caso, el determinante no es técnico sino político: el hambre tiene explicaciones políticas, económicas y culturales que solo parcialmente están vinculados (y podrían resolverse) mediante cambios en las técnicas de producción.³¹⁴ Montenegro (2016) concluyó que

Si queremos asegurarnos de que esta poderosa tecnología [CRISPR] promueva alimentos justos y sostenibles, necesitaremos acompañar su desarrollo con un marco de políticas que refleje los matices de su biología y sus diversas aplicaciones, y que responda a las preocupaciones de las personas afectadas cuando las tecnologías migran del laboratorio al terreno.

Por esta razón es clave que, como afirman Funtowicz y Ravetz (1993), esta clase de ciencia posnormal sea evaluada por un público que trascienda a los pares científicos y permita considerar factores extracientíficos y técnicos, porque el criterio científico no puede ser el único saber válido contemplado. No solo porque, como

³¹⁴ De acuerdo con datos de la FAO, el 17% de los alimentos que se produjeron en 2019 –931 millones de toneladas– terminaron en la basura de familias, comercios minoristas y actores del rubro de la alimentación. Fuente: “El mundo desperdicia el 17% de los alimentos mientras 811 millones de personas sufren hambre”, en *Naciones Unidas*, 28 Septiembre 2021. Consultado el 07/10/2021 en <https://bit.ly/3AxEoR3>

resaltan Benjamin, Saha y Jasanoff (2015), CRISPR suscita interrogantes básicos sobre el legítimo lugar de la ciencia en el gobierno del futuro, al menos en sociedades democráticas. Sino también y especialmente porque la orientación hacia determinado modelo de desarrollo tampoco responde a lo que quieran y puedan hacer los científicos, y solo parcialmente descansa en la voluntad de los actores, porque, como vimos, depende de múltiples factores que nadie domina por completo. Allami y Cibils concluían que “los múltiples impactos de la financiarización, conjuntamente con la globalización de la producción y las finanzas, imponen fuertes restricciones a las posibilidades de desarrollo de la periferia” (2017: 97), porque la capacidad del Estado sobre la generación de empleo, la distribución del ingreso y el mercado interno fue erosionada significativamente (ídem). La razón, es que “el proceso que ha profundizado la financiarización de la economía mundial queda por fuera del margen de operatoria de los Estados periféricos” (ídem).

En el mismo sentido, las prácticas con edición genética están reguladas por una diversidad de actores y factores exógenos que condicionan sus posibilidades. Así, la alianza entre ciencia y Estado que se consolidó hacia fines de la segunda posguerra para promover el desarrollo, no se disuelve, pero responde a múltiples variables adicionales a las capacidades científico-tecnológicas del país. Por ello, como señaló Latour, la política debe “tomar decisiones sin experimentos, sin repetición. Siempre fue así, pero antes pensábamos que los políticos eran estúpidos y que la ciencia eliminaría la estupidez y terminaría cubriendo el mundo entero. Obviamente ése no es el caso” (entrevistado en Boczkowski, 1997: 146). Se trata entonces de distintas apuestas por formas diversas de construir el bienestar y los tiempos para alcanzarlo, que la racionalidad científica no puede resolver.

Más allá de las dificultades para contener u orientar el avance de las nuevas tecnologías, importa resaltar que existen actores sociales interesados en sostener la creencia en su imposibilidad. Dicho de otro modo, investigadores, científicos, empresarios y funcionarios de todo el mundo consideran beneficiosa la I+D con las nuevas técnicas de edición genética, y presionan en su favor. Para ello, además de pregonar sus virtudes, uno de los argumentos en que se sustenta la autorización y desregulación de los organismos editados es la imposibilidad de detectarlos y distinguirlos de otros y, en consecuencia, de controlarlos, por lo que regularlos resultaría un esfuerzo en vano. Así lo explicaba un funcionario del SENASA:

Por eso no tiene sentido, porque si no lo puedes detectar es porque básicamente es tan mínimo los cambios que sigue siendo un... un maíz, o una vaca, no es que estas haciendo una cosa nueva... Y eso puede suceder en la naturaleza básicamente, suceden, qué sé yo, mutaciones, en todos los organismos suceden, que generan justamente esta variabilidad genética en definitiva, por eso somos todos más o menos todos diferentes, genéticamente, pero... sí, viene por ahí un poco ¿no? El marco regulatorio. Por eso nosotros desde SENASA estamos de acuerdo en no regular... o en no regular la tecnología, o sea, básicamente, que haya salido un marco regulatorio que aclare los tantos, digamos de alguna manera (Evaluador de Inocuidad de Organismos Genéticamente Modificados de SENASA, 04/07/2019)

La falta de armonización regulatoria sobre las biotecnologías a nivel global, la multiplicación de los “centros” que orientan la economía política global, y precedentes como la edición humana en bebés llevados al nacimiento en China, refuerzan la creencia en que su desarrollo es irrefrenable y fortalece cierto determinismo tecnológico en los actores involucrados. Si la única intervención posible es controlar mínimamente los tiempos y procesos, o si todo aquello que puede hacerse acabará haciéndose en un lugar u otro, con un destino u otro, entonces todos querrán hacerlo en su territorio. Especialmente en las periferias, que ven en ello una oportunidad para romper la distribución geopolítica de la producción de semillas OGM. La propia creadora de CRISPR relata que las propuestas que recibía para utilizar la técnica en un principio le parecían pura fantasía, especulaciones de ciencia ficción de las que se reía, pero al poco tiempo se volvieron una preocupación que la carcomía (Doudna y Sternberg, 2017: 185-188). En sus palabras, sostiene que comenzaba a entender que la pregunta “no era si la edición de genes se usaría para alterar el ADN en las células germinales humanas, sino cuándo y cómo” (ibíd.: 188).

Para los científicos-investigadores argentinos a cargo del proyecto de edición de equinos, también es solo una cuestión de tiempo que la tecnología termine imponiéndose, porque es más eficiente (económica, efectiva, rendidora) que la disponible hasta el momento. Entonces, la comercialización de caballos editados es algo que ocurrirá más tarde o más temprano, y solo tiene que “esperar” a que la sociedad esté lista para recibirla:

Cuando empiece uno... ya tenemos productores que están interesados, cuando vean que esos productos les ganan más guita, más rápido y yo creo que “bueno, a ver, vamos a probar” y cuando prueben y vean “sí, bueno”, se van a ir pasando todos de a poco me imagino (CEO de Kheiron, 10/07/2019).

Con la rápida difusión del conocimiento necesario para usar CRISPR, múltiples actores pueden estar editando ahora la genética de un organismo, en los rincones más remotos del planeta, sin grandes capitales, maquinarias, o insumos. De este modo, tanto los parámetros para discutir las biotecnologías como los mecanismos establecidos para controlar la I+D se mostraron insuficientes, porque CRISPR ya circula y se organiza de un modo completamente diferente.

CONCLUSIONES

Muchos hitos en la historia de la biotecnología moderna trascendieron las fronteras de la disciplina y generaron controversias en todo el mundo. Los argumentos a favor y en contra, junto a los miedos y las promesas en juego, se consolidaron como marcos de interpretación. Mientras tanto, derivados de la biotecnología iban ganando protagonismo en las distintas esferas de la actividad humana, con una expansión relativamente controlada, tanto por los estrictos controles establecidos por los emergentes organismos supervisores como por sus altos requerimientos de insumos, infraestructura y conocimiento.

El descubrimiento de que CRISPR, asociado a la proteína cas9, podía usarse para editar ADN, no fue solo un hito más en la historia de la biotecnología moderna, sino también uno que puso en crisis los dispositivos de control establecidos sobre ellas, justo en un momento de relativa estabilización de las controversias. A diferencia de técnicas anteriores –como la transgénesis, las TALEN o ZFN–, CRISPR es mucho más barata, rápida y fácil de utilizar, y pronto demostró una muy alta eficiencia. Con ello, provocó una drástica reducción de las barreras de acceso a la ingeniería genética: ahí radica verdaderamente su carácter disruptivo. Con decenas de investigaciones en todo el mundo, los dispositivos para contener la edición genética pronto se revelaron insuficientes.

El potencial transformador de las innovaciones biotecnológicas (tanto para la salud y la calidad de vida como para la realización de “buenos negocios”), cuyas alarmas resultaron exageradas durante décadas, atrajeron a empresarios, políticos y científicos en todo el mundo, que comenzaron a presionar por la aceptación de CRISPR. En ese contexto, esta tesis encontró que uno de los argumentos que promueven la desregulación de la edición genética es la creencia en la imposibilidad para contener su desarrollo. Entre las evidencias técnicas, se aduce la dificultad para distinguir si un organismo fue editado o no, y los escasos requerimientos para hacerlo, abonando la idea de que las prohibiciones no serán eficaces. Es cierto que la proliferación de uso dificulta la sanción de las prácticas ancladas en la tecnología, y que esto es más difícil con CRISPR, donde a la vez hay muchos intereses creados y actores que la promueven esperando beneficiarse de ella, pero esto no implica un

determinismo de la técnica. Si bien ninguno de los actores puede unilateralmente reprimir las prácticas, sí participan de la coordinación que las regula. En este sentido, el control es limitado y ambivalente para todas las partes.

Científicos y expertos acordaron una moratoria para cierta clase de intervenciones, como las de línea germinal, probablemente como estrategia para evitar que algún desarrollo polémico derive en un escándalo público que afecte a todas las investigaciones, sea por retiro de financiamientos, demandas judiciales o presionando al cierre. Pese a estas iniciativas, pronto se anunció que habían nacido en China “bebés CRISPR” editados en línea germinal. Aunque la conmoción alcanzó dimensiones internacionales y acabó en la condena de algunos científicos involucrados, este hecho no logró detener la multiplicación de los proyectos de I+D con la técnica. Quizás al contrario: su efectividad, muy superior a la de otras técnicas de ingeniería genómica, quedaba demostrada.

Mientras los centros occidentales, como Estados Unidos y la Unión Europea, concentraban las discusiones bioéticas, en las semi-periferias y potencias emergentes del sur, como Argentina y China, CRISPR apareció principalmente como una “ventana de oportunidad” para tomar el desarrollo por asalto. En nuestro país, para los promotores de la explotación de los recursos naturales, la edición genética representó una oportunidad única para transformar la estructura productiva del sector agrícola, basado en los cultivos transgénicos, mejorando sus beneficios y resolviendo algunos de sus problemas.

Es que con el desarrollo de las semillas transgénicas, la “revolución verde” se desató tardía pero rápidamente en el país. El combo entre estas (soja RR de Monsanto), los pesticidas a que era resistente y los métodos de siembra directa, disparó la productividad del sector agrícola. Esta nueva tecnología ensamblaba a la perfección con Argentina, por su capacidad científico-tecnológica para adaptar esas variedades a las necesidades locales (pagando la licencia por el OGM), las grandes extensiones de territorio, y una economía centrada en la exportación de productos agropecuarios. De este modo, Argentina incorporó más tierras al cultivo de OGM y pudo crecer económicamente durante más de una década, gracias a la exportación de productos agropecuarios y el consecuente ingreso de divisas, aunque esto se apoyaba en ventajas comerciales internacionales que difícilmente se sostendrían en el tiempo.

En paralelo, las instituciones públicas de I+D que impulsaban la modernización agropecuaria fueron desplazando su interés desde la elaboración de bienes comunes para el pequeño productor, al aumento de la productividad para el mercado. Así, el ideal de desarrollo nacional pasó de la autonomía de los productores agrarios, la proliferación de variedades locales y la vida rural, al aumento de la rentabilidad y la inserción comercial. En simultáneo, la innovación fundamental en semillas transgénicas se concentró en unas pocas pero grandes empresas multinacionales, que a la vez orientaron las modificaciones genéticas a otorgar resistencia a plagas y malezas (vía tolerancia al glifosato) y a escasos tipos de cultivo (soja, sorgo, maíz, algodón) de gran comercialización. Con ello, la adopción del “paquete tecnológico” implicó la dependencia de insumos y servicios de estos proveedores oligopólicos. El motivo principal para la concentración de estas empresas fue el establecimiento de múltiples instancias evaluatorias para la comercialización de OGM que, al encarecer los costos, las volvió inaccesibles para casi todas las líneas de investigación.

Así, aunque los cultivos transgénicos aumentaron la productividad agraria hasta volverse un pilar central de la economía argentina, la innovación se organizó de un modo contrario al de las promesas que legitimaron su expansión a nivel global. Entre ellas, que los OGM permitirían crear más alimentos, más nutritivos. En la práctica, los terrenos que antes se destinaban a otros cultivos se reorientaron hacia la soja resistente a glifosato y, aunque la superficie sembrada con ella creció, esta no supuso ninguna mejora nutricional. Por el contrario, arrasó con los cultivos linderos y, así, con la economía regional. Más aún, ante la escasa supervisión estatal, los productores tendieron a utilizar el glifosato en formas y cantidades distintas de las permitidas, provocando daños irreparables sobre el ambiente y la salud.

Gracias al análisis conjunto de los discursos y las prácticas de los actores diversos que conforman el universo de la edición genética en Argentina, encontramos que sus promotores movilizan promesas de desarrollo que no descansan en la técnica si no en el modo en que esta se utilice. Así, mientras los promotores de la aplicación de la biotecnología al sector agropecuario afirman que incorporar las nuevas técnicas de edición genética tendrá impactos positivos sobre el medioambiente, permitirá desarrollar actividades productivas más sustentables, elaborar nuevas variedades locales, introducir ediciones que mejoren la calidad

nutricional de los organismos, entre otras promesas, esto podría derivarse de la utilización de CRISPR, pero aplicándola de otro modo o en otros sectores de la economía, y no al mismo modelo de “agronegocios”.

Orientada en la dirección actual, esto es, a mejorar el rinde de los commodities de exportación, lo que CRISPR sí puede permitir es que más actores participen de la innovación en semillas (pequeñas y medianas empresas nacionales y laboratorios del sector público) generando cierta autonomía tecnológica respecto de las grandes multinacionales que concentran el mercado de semillas OGM (por lo que actualmente hay que pagarles las licencias). Al momento, las consultas presentadas ante la CONABIA confirman que son más y más diversos los actores que hacen I+D con edición genética que con transgénesis, especialmente desde el sector público (como el INTA, por ejemplo). De este modo, desarrollos nacionales en la materia podrían dejar de ser una hazaña (como el trigo HB4), larga y costosa, para ser una posibilidad más cotidiana.

En Argentina, los discursos sobre el desarrollo nacional vía biotecnología aluden mayoritariamente a este modelo: mejorar la rentabilidad de los commodities de exportación para generar divisas. Si bien es cierto que permitiría ampliar los actores (científicos, empresarios y productores agropecuarios) involucrados en la actividad, y que tiene un gran potencial económico, lo tiene profundizando una estrategia productiva que ya reveló sus consecuencias no deseadas. Más aún, demostró su gran impacto negativo sobre el medioambiente y, en consecuencia, sobre la salud humana y animal y otras actividades económicas que descansan en el uso de esos recursos naturales, crecientemente contaminados. Esto impulsa a que cada vez más actores sociales (agrupaciones ecologistas, territoriales, indígenas, ONG) reivindicquen la urgencia de introducir la cuestión ambiental en la agenda del desarrollo que, en Argentina, es predominantemente económica.

Por supuesto que esta discusión adquiere tintes específicos en las periferias o en países cuyas economías han dependido históricamente de sus recursos naturales. En este sentido, la aplicación de las nuevas técnicas de edición genética podría ser un buen recurso para diversificar la estructura productiva del país y pensar una estrategia de mediano a largo plazo que permita reducir el impacto ambiental de las actividades humanas. Por ejemplo, quitando presión al sector agropecuario y su

canasta exportadora como sostén de la economía nacional, en aras de modificar los procesos productivos y minimizar su toxicidad.

a. Geopolítica: condiciones de posibilidad para las promesas asociadas a CRISPR

En cualquier caso, aplicada a la explotación de los recursos naturales o a las industrias conocimiento-intensivas, nuestra investigación identificó que la posibilidad de aprovechar las ventajas comparativas que ofrece CRISPR (simplificación de procesos, reducción de costos, entre otros), descansa en cuestiones que exceden los aspectos técnicos y entran en el terreno de la geopolítica. Si bien CRISPR reduce los costos de investigación, permitiendo que más científicos puedan trabajar en edición genética, los de evaluación que se necesitan para comercializar sus productos no dependen de la técnica sino de cómo este legislada. En este sentido, los organismos editados requieren menores tiempos y montos de evaluación que los OGM porque el Estado argentino decidió no regularlos del mismo modo, y esta rápida decisión operó como un fomento para los desarrollos locales. En la medida en que la biotecnología se orienta a apuntalar o producir bienes exportables, porque Argentina tiene un mercado interno reducido, su éxito depende de la armonización de la regulación internacional, y esta de la receptividad y aceptación de los países que demandan nuestros bienes y servicios.

El desafío radica en que, presionados por sus consumidores y estrictos criterios regulatorios, muchos países no solo amenazan con dejar de adquirir los productos resultantes de la edición genética sino que, ante el temor de no poder distinguirlos de su versión convencional (por la negativa Argentina a adherir al etiquetado), amenazan con dejar de importar toda la producción nacional de interés. Esto ocurrió desde Europa respecto de los caballos editados, al igual que desde Brasil con el trigo transgénico. En ambos casos, los organismos competentes del Estado debieron impedir la comercialización de estas variantes, cuyo desarrollo contó con promoción y financiación pública, mientras luchan por conseguir su aceptación. Es que si los principales compradores de los cultivos argentinos deciden no aceptar

productos editados, o que estos deben someterse a los mismos procedimientos evaluatorios que los OGM, las ventajas comparativas desaparecen.

Por ello, para el destino de CRISPR, será decisiva la capacidad de influencia de los dirigentes argentinos en las negociaciones internacionales sobre las decisiones comerciales y regulatorias de los mercados importadores de nuestros bienes y servicios. A esto responden las acciones de promoción y divulgación que llevaron adelante algunos funcionarios, respecto de la inocuidad y “las bondades” del modelo evaluatorio sobre la edición genética. El objetivo era sumar aliados a la conformación de un bloque de países capaz de equiparar el poder de negociación de la Unión Europea y confrontar sus decisiones restrictivas.

Esto es importante porque la aceptación, preferencia o rechazo de los editados sobre los OGM no solo está sujeta a variables económicas, sino también a los deseos e intereses de los consumidores, relacionados con valores morales, motivos ideológicos, criterios políticos, consideraciones ambientales, entre otras. En ese escenario, diversos actores presionan para inclinar las decisiones de acuerdo a sus intereses: agrupaciones ecologistas, territoriales e indígenas, organizaciones sin fines de lucro, pequeños y grandes productores, instituciones de investigación científico-tecnológica, sindicatos, agrupaciones deportivas, entre muchos otros. Así, las prácticas se desarrollan en el marco de incentivos y sanciones que conforman el marco regulatorio de la edición genética. De este modo, sostenemos que lo que regula las prácticas es entonces el resultado de una relación social entre actores con distintos recursos materiales y simbólicos de poder, donde las normativas son una más entre esas herramientas.

b. ¿Cuáles son los incentivos para hacer I+D con edición genética en Argentina?

Esta tesis pudo identificar algunos estímulos positivos y negativos para hacer I+D con edición genética en nuestro país. Entre las *condiciones favorables* cabe señalar, en primer lugar, la existencia de una *normativa clara*, que opera como un fomento para la investigación, el desarrollo y la innovación biotecnológica en Argentina. No solo por los beneficios ya mencionados, sino también porque brinda

garantías a los científicos y empresarios que quieren iniciar investigaciones en este campo con perspectiva aplicada, especialmente desde pequeñas empresas y laboratorios públicos que no podrían afrontar los costos de las evaluaciones estipuladas para los OGM. Más concretamente, la decisión de no regular y la existencia de la Instancia de Consulta Previa ofrecen previsibilidad a los actores.

En segundo lugar, la existencia de *recursos humanos altamente capacitados*, con formación y experiencia en genómica, estrechos lazos entre sí y con investigadores e instituciones del exterior, y crecientemente con actores del sector privado (empresarios, inversores, aceleradoras). Todos los entrevistados coincidieron en caracterizar a nuestros científicos como creativos, versátiles y proactivos a la hora de buscar alternativas y soluciones a los obstáculos que enfrentan, especialmente porque están acostumbrados “a trabajar con lo que hay”.

Finalmente, un aspecto que apareció de modo recurrente y naturalizado en los relatos que científicos, investigadores y “vinculadores” construyen sobre sus prácticas son algunas *capacidades instaladas o preexistentes*. Señalan como condición de posibilidad para las investigaciones la disponibilidad de maquinarias, equipos e *infraestructura* –mesadas, quirófanos, bioterios– pero también la de cierta *expertise* en trabajo colaborativo y obtención de patentes, en el modo en que los organismos de control orientan e instruyen sobre los procesos que deben afrontar quienes soliciten sus evaluaciones, en el establecimiento de convenios entre instituciones y en la conformación de redes de vinculación entre actores públicos y privados.

Más aún existe un grupo relativamente cohesionado de científicos-investigadores en biología molecular e ingeniería genética que, desde los inicios del campo disciplinar y no exentos de altibajos, supieron promocionar la I+D biotecnológica en el país. En este sentido, encontraron gran receptividad por parte de algunas oficinas del Estado y consolidar alianzas con actores económicos fuertes, como los productos agropecuarios. Algunas figuras clave para la historia de la disciplina en nuestro país no solo se desempeñaron en la investigación, sino que también tuvieron cargos públicos en instituciones nacionales centrales para la política científico-tecnológica nacional. Por ejemplo, Mentaberry, pionero en cultivos transgénicos en el INTA, lleva diez años como Coordinador Ejecutivo del GACTEC. Barañaño, quien participó del proyecto que logró la primera vaca clonada

de Latinoamérica, fue Ministro de Ciencia y Tecnología e Innovación Productiva durante más de una década. Esto implica nada menos que fue el único ministro que mantuvo su cargo durante el cambio de gobierno entre Cristina Fernández de Kirchner y Mauricio Macri, dato que permite dimensionar su fuerza institucional.

Todos estos factores permiten a la I+D Argentina adaptarse para innovar incluso en contextos adversos y con recursos escasos, por ejemplo, reorientando rápidamente las líneas de investigación en curso para dar respuesta a problemáticas urgentes como las que causó la pandemia de COVID-19.

Entre los *obstáculos* para innovar en nuestro país, destaca la *escasez presupuestaria*, especialmente en instancias de investigación básica, por lo que afecta principalmente a los científicos del sector público. Para hacer I+D+I hace falta disponibilidad y acceso a recursos, para los que además de científicos y técnicos capacitados, contactos, e incluso cierto reconocimiento y legitimidad, se necesita dinero. Esto se agrava para la I+D en biotecnología porque los recursos materiales (reactivos, insumos) e inmateriales (patentes) que necesitan suelen ser importados. En este sentido, no solo los bajos presupuestos, combinados con la creciente inflación y la devaluación de la moneda, dificultan el acceso a los recursos.

También la *dependencia de insumos y maquinarias importadas y de la “innovación fundamental”* que suele realizarse en los países centrales –esto es, el acceso a la propia construcción de las CRISPR y su uso (patentes y licencias)–, representan un problema. Esto no implica solamente costos económicos dolarizados y demoras en los plazos de entrega de los insumos que se necesitan para trabajar, sino también que su disponibilidad está sujeta a los avatares del comercio internacional. Como vimos, muchas veces estos no llegan en condiciones o no alcanzan a satisfacer la demanda, como ocurrió durante la pandemia de coronavirus.

Por otra parte, la negativa argentina a firmar el Tratado de Cooperación en materia de Patentes (PCT) también representa una dificultad para quienes desean proteger sus hallazgos. La complejidad y los altos costos para obtener una patente en Argentina la vuelven privativa, especialmente para los laboratorios del sector público, que no saben de antemano si algo rentable podrá obtenerse de los resultados de sus investigaciones. A ello se añade el tiempo y el dinero que insume tener que reclamar propiedad en distintos países, para evitar que grandes firmas extranjeras se apropien de sus descubrimientos, lo que acaba desalentando el patentamiento.

Finalmente, las estrategias a que recurren los científicos e investigadores para obtener esos insumos más rápido o a menor costo, sumado a los altos costos de adaptar los procedimientos de I+D a las estrictas normas GMP y al desconocimiento de estos procesos, atentan contra la *trazabilidad* de los insumos, afectando los resultados de las investigaciones y los potenciales desarrollos que le sigan.

c. ¿Qué podemos aprender de una observación más distante de estas prácticas?

Observar las prácticas de quienes día a día trabajan en biotecnología desde un nivel intermedio, esto es, a la luz de las grandes promesas que se asocian a ella, permite aprehender algunas cuestiones sobre sus límites y posibilidades para desarrollarse y contribuir al desarrollo del país.

Primero, permite comprender que, aunque el quehacer cotidiano de los científicos que hacen edición genética no es tan distinto al de la investigación en cualquier otra disciplina, tiene requerimientos que agudizan el impacto de los presupuestos reducidos y las condiciones macroeconómicas desfavorables. Entre ellos, destaca la dependencia de insumos provenientes del exterior y la necesidad de cumplir criterios de etiquetado, trazabilidad o normas GMP, que son imprescindibles para la replicabilidad y el escalado de los resultados. Para los presupuestos públicos, esto último resulta directamente imposible. Tan imposible como para los biotecnólogos trabajar si no cuentan con los materiales que necesitan.

Segundo, que por esta razón, la colaboración entre los laboratorios del sector público u organismos sin fines de lucro –que no pueden costear las instalaciones para cumplir con los protocolos GMP– y las empresas privadas –que cuentan con los recursos y además la expertise–, se revela clave para producir los resultados de la I+D a escala comercial. Esto es particularmente cierto para el área de salud humana y animal (medicamentos y tratamientos), que requiere múltiples y costosos procedimientos de evaluación. En Argentina, la expertise en este rubro se concentra en las empresas farmacéuticas, con amplia trayectoria y reconocida inserción internacional.

En este trabajo mostramos cómo muchos de los productos y tratamientos que se produjeron en el país para afrontar la pandemia de COVID-19, fueron posibles por el trabajo conjunto entre las universidades públicas (que rápidamente adaptaron sus líneas de investigación); las empresas privadas (que se encargaron de algunas etapas del desarrollo); y distintas oficinas del Estado, que facilitaron recursos y agilizaron las autorizaciones y controles necesarios. Como señalaron los involucrados, “las empresas” no solo aportaron la infraestructura y los recursos para la producción, sino también sus conocimientos en solicitud de evaluaciones y patentes, en las que los laboratorios y los organismos de CyT aún tienen escasa experiencia.

Un tercer hallazgo fue que muchas de estas colaboraciones fueron posibles gracias a vínculos previos que los científicos, investigadores, empresarios y funcionarios de las distintas oficinas de vinculación CyT mantenían entre sí, muchas de las cuales se originaron para dar respuesta a la escasez de recursos que necesitaban para continuar sus investigaciones (compartir insumos, maquinarias, conocimientos). A veces, estas relaciones se originaron en la informalidad, porque estaban en los límites de lo que permiten los reglamentos de sus instituciones de pertenencia. A esto referimos con “hacer de la necesidad virtud”, en tanto encontramos que algunas de las características más virtuosas de la I+D son fruto de acciones “desde abajo” que, en la búsqueda de solucionar sus problemas, acabaron conformando redes y dinámicas de vinculación entre instituciones diversas del sector público y el privado, antes que resultar de una orientación sostenida “desde arriba” por las oficinas del Estado.

En este sentido, nuestro trabajo evidencia que la inversión pública en I+D tiene una importancia central, incluso a pesar de ciertas falencias en los modos de asignación de los recursos públicos. Principalmente, las capacidades científico-tecnológicas en que se basa la I+D se fundan sobre la inversión estatal en la formación de recursos humanos capacitados, que además tienen alta inserción y circulación internacional. En sintonía con los hallazgos de Mazzucato (2019) para Estados Unidos, la innovación privada en Argentina es posible sobre la base de la enorme inversión pública en la investigación básica de la que nacen las promesas de valor. Es que, aunque escuetas, también las distintas instancias de financiación (a través de fondos de la Agencia, entre otros) son relevantes para la I+D no solo pública, sino también privada, y para la creciente generación de consorcios. Bioceres

es un caso paradigmático de esta clase de consorcios público-privados y de su potencial. Como mostramos, incluso cuando estas líneas de financiación no alcanzan a concretar los objetivos que se proponen, resultan exitosos en la conformación de redes de las que eventualmente emergen otros proyectos, como fue el caso de Chemtest, por ejemplo.

Finalmente, esto abre la reflexión sobre el potencial de la vinculación entre actores del sector público y el privado, o entre la ciencia (en Argentina mayormente financiada con dinero público) y las empresas, con distintos papeles protagónicos asignados al Estado frente a la misma, como garante, financista o promotor. El aporte que pretendemos hacer a estas discusiones es modesto, y consiste en señalar el crecimiento de los actores “del espacio intermedio” (company buildings, aceleradoras de empresas, entre otros) que parecen complementar el rol de otros más tradicionales (como las oficinas de vinculación científico-tecnológica o las incubadoras de empresas), antes que presentar competencia. Creemos que estos nuevos actores pueden ser importantes para los desarrollos con técnicas como la edición genética, porque tienen la capacidad de atraer algo que en Argentina no abunda y esta clase de I+D necesita: inversiones de riesgo y capitales extranjeros.

En este sentido, vimos que cada vez más científicos se interesan por transformar los resultados de sus investigaciones en un producto. Esto no solo responde a la expectativa de obtener ganancias económicas exorbitantes o mejores salarios, sino que también y fundamentalmente interpela a la vocación práctica de los biotecnólogos. Quienes se graduaron como genetistas o biotecnólogos –carreras universitarias relativamente nuevas, dado que los pioneros en ejercer estas disciplinas se formaron mayormente como biólogos moleculares, cuando no como médicos o veterinarios–, son jóvenes con deseos de “producir algo útil”, “crear un tratamiento” o “resolver un problema”. En sintonía con un mundo que se transforma vertiginosamente y que afronta múltiples problemas de toda índole, muchos creen poder aportar soluciones, y quieren hacerlo ya. Es justamente este impulso romántico y casi altruista de transformación el que fascina y aterriza frente a estas posibilidades, que presiona a tomar decisiones apresuradas, poniendo en tensión la mesura y precaución con la idea de que si nos sentamos a reflexionar, podemos perder el tren.

Para ese anhelo entusiasta, el sistema científico, por sus propias lógicas y también por sus problemas (escasos presupuestos, demoras en las asignaciones,

exigencia de rendición de gastos y presentación de informes, entre otros), pone frenos, quizás necesarios, y solo puede acompañar a los científicos hasta determinado punto. Allí, las inversiones de riesgo que ofrecen dinero al momento, en dólares y sin exigir grandes justificaciones, ofrecen nuevas formas de continuidad. Sobre este aspecto, integrantes de todas las startups que trabajan con CRISPR coincidieron en describir los procesos de trabajo como mucho más rápidos y “vertiginosos”, a comparación de los tiempos y modos del sector público.

Lejos del capricho de los jóvenes investigadores, aprovechar la “ventana de oportunidad” que abre la edición genética para Argentina precisa de cierta aceleración de los tiempos “de la academia” y de actores y dispositivos que se hagan cargo de los procedimientos legales y empresariales que se necesitan para producir, y que los científicos no saben (y muchas veces no quieren) hacer, al punto de frustrar los proyectos. De esta forma, la atracción que generan estos nuevos formatos de vinculación sobre científicos e inversores amerita prestarles atención.

d. Consideraciones finales y líneas de investigación a futuro

Cabe recordar que este trabajo no se propuso indagar en detalle los potenciales impactos de aplicar CRISPR en distintos cultivos, ramas o sectores productivos ni regiones geográficas, sino comprender qué prácticas se realizan en nuestro país y con qué objetivos, por lo que un análisis más específico puede arrojar excepciones a la proyección general que esbozamos aquí. Queda pendiente analizar en detalle cuáles son las posibilidades de cada aplicación en particular, para *evaluar si constituyen un complemento o alternativa a la estructura productiva actual* o son solo cantos de sirena. En particular, consideramos interesante reflexionar respecto de cuánto del desarrollo de la biotecnología que comienza a aplicarse masivamente al agro se eslabona o puede eslabonarse con procesos industriales o de producción de servicios, es decir, cuánto la innovación con CRISPR se articula o emancipa del sector exportador de commodities agropecuarios. En cualquier caso, también sería pertinente considerar los costos y beneficios de esta clase de apropiación privada de la inversión pública. Esperamos que desde la economía de la innovación y el desarrollo se produzca información más específica respecto de la actividad con estas nuevas tecnologías.

Esta tesis se propuso abordar las biotecnologías en Argentina desde una multiplicidad de aristas y actores. Pudimos recomponer el escenario general de la edición genética, en sus orígenes, actualidad y proyecciones, y esto nos permitió mostrar cuántos factores concurren para que una técnica novedosa pueda desplegarse. Para analizarlos, debimos abordar un fenómeno cuyo uso, aplicación, comercialización y legislación se encuentra en rápida y permanente transformación. Muchos de los procesos estudiados ocurrieron en paralelo a nuestra investigación: si bien el trabajo de campo se concentró en los años 2018 y 2019, nuestra indagación comenzó cerca de 2016 y la elección del caso se realizó en 2017. En ese momento, CRISPR era una verdadera novedad, como sugerían los biotecnólogos que habíamos consultado para comprender la clonación que, en sus palabras, “ya había pasado de moda”. Nuestra intuición entonces fue que la I+D en los laboratorios argentinos seguiría la incipiente tendencia mundial de incorporar esta nueva técnica, adaptando los proyectos en curso. Por ello decidimos reorientar esta investigación desde la técnica de clonación de mamíferos a las nuevas técnicas de edición genética, decisión que se reveló acertada.

Esta opción nos permitió ver los procesos de hechura de los desarrollos de manera sincrónica, pero significó también un desafío, en tanto los actores involucrados, los proyectos en curso, los abandonados, las aplicaciones aprobadas y la normativa cambiaron a lo largo de nuestra investigación. Si bien nos adecuamos para poder captar estos procesos de transformación, esto conlleva riesgos. En particular, la información y bibliografía incorporada durante 2020 y 2021, cuando ya escribíamos los resultados de este trabajo, surge de la indagación de los actores y las investigaciones que ya habían sido identificados con anterioridad. Esto implica que pueden haber quedado fuera de la muestra proyectos, centros de investigación y/o empresas que emergieron durante ese período, especialmente porque el contexto de pandemia restringió el acceso a algunas fuentes de información y observación.

La decisión de ubicar la mirada en el universo de actores que intervienen en la regulación de la I+D con edición genética (desde el becario que pipetea en un laboratorio de San Martín hasta el funcionario público que decide cómo va a evaluar sus prácticas, pasando por el gestor de fondos de inversión que negocia nuevas rondas de financiación para los proyectos) se mostró beneficiosa, pero también impuso cierta generalización de sus miradas. Esperamos que ulteriores

investigaciones puedan profundizar en cada uno de los ámbitos en que se circunscriben las controversias en relación al modelo de desarrollo en general y las aplicaciones biotecnológicas en particular. Estas pugnan por acercar al *debate público*, los canales mediáticos masivos y las decisiones de gobierno sus voces, evidencias y agendas, de índole socio-ambiental y con propuestas alternativas para la economía nacional, y ameritan análisis situados. Esto permitiría observar los modos en que se organizan los distintos actores y cómo buscan articular sus acciones y demandas y disputar su legitimidad.

En un sentido similar, interesaría ahondar en *las prácticas de los funcionarios de gobierno* y en las negociaciones que se producen tanto entre las distintas oficinas y organismos del Estado, como entre estas y otros actores internacionales relevantes, con los que pugnan para favorecer la comercialización de las innovaciones locales. Esto nos resulta particularmente relevante, dado que la información y los testimonios de los funcionarios de gobierno y organismos reguladores debimos recuperarlos de fuentes secundarias, por su negativa sistemática a concedernos entrevistas. El principal motivo aducido fue que la normativa se encontraba en un período de plena transformación. El traspaso de gobierno en 2019 y la incertidumbre generada por la pandemia desde 2020, agravó los problemas de acceso a información primaria.

Sin embargo, la reconfiguración de las necesidades y urgencias suscitadas por la pandemia de coronavirus también permitió poner el foco en algunos aspectos clave que identificamos en esta tesis, y en los que vamos a profundizar en instancia posdoctoral, como: (1) la gravedad de la dependencia de ciertos insumos importados, (2) el gran potencial de las capacidades científico-tecnológicas de nuestro país, (3) y la importancia de las relaciones y vínculos preexistentes para poder organizar las investigaciones y aprovechar esos recursos disponibles.

Finalmente, la pandemia también abrió un escenario único para continuar analizando una cuestión en la que esta tesis no profundizó, aunque reveló su centralidad, y es *la geopolítica de las innovaciones científico-técnicas*. Nuestra investigación mostró cómo, por más que Argentina avance en investigaciones de vanguardia, su desarrollo se ve interrumpido toda vez que sus compradores se niegan a adquirirlos o hacen peligrar el intercambio comercial. Los conflictos en torno a la producción, adquisición y reconocimiento de las vacunas, provenientes primero de nuevas potencias (como China y Rusia) y luego de los centros occidentales (Reino

Unido, Estados Unidos) constituyen otro ejemplo claro de cómo las reglamentaciones pueden funcionar como una estrategia de cierre que abre o impide la articulación entre innovaciones técnicas, negocios económicos y progreso social.

APÉNDICES

A. Guía de entrevistas

A.1. Pauta para científicos

Preguntas sobre su formación profesional y trayectoria

¿Me podría contar qué estudió? ¿Por qué eligió esta carrera? ¿Hizo posgrado, dónde, por qué? ¿Cuál es su trayectoria laboral? ¿Cómo comenzó tu vinculación con esta institución? ¿Ves diferencias entre trabajar e investigar en el sector público y el privado? ¿Cuáles?

Preguntas sobre su trabajo actual

¿En qué estás trabajando ahora? ¿Qué grado de continuidad crees que hay entre lo que hacías al principio de tu carrera profesional y ahora? ¿Cuánta gente está comprometida en esto? ¿Cómo llegaste a este tema de investigación? ¿Cómo se armó el equipo de trabajo? ¿Cómo es una semana típica de trabajo? ¿Qué tareas o actividades realizas? ¿Qué dirías que te gusta más y qué menos de tu trabajo? ¿En qué instancia está la investigación? ¿Es básica o aplicada? Si la investigación tiene resultados positivos, ¿cómo sigue el proceso? ¿Publican, patentan, producen? (¿en qué orden y por qué?)

Preguntas sobre la financiación

¿Cómo se financia la investigación? ¿Por qué crees que les otorgaron esta financiación? ¿El proyecto iba a realizarse de todos modos o se formuló especialmente para una convocatoria? ¿Crees que el modo de financiación afecta o condiciona de algún modo la investigación o el destino de sus resultados?

Preguntas sobre los controles a su trabajo y la relación con organismos del Estado

¿Tuvieron que pedir algún tipo de autorización al Estado o alguna otra institución para desarrollar la investigación en curso? ¿Les impusieron condiciones o exigencias? ¿Debieron adaptarse o respetar alguna normativa? ¿Cuáles son los costos

(económicos y materiales) de esos procedimientos? ¿Crees que los procedimientos de aprobación, etc. que deben atravesar tienen sentido? Es decir, ¿te parecen necesarios o eficientes? ¿Con qué instituciones o personal tienen que dialogar? ¿A quién le piden autorización, asesoramiento, le presentan papeles...? ¿Hay alguien que se ocupa especialmente de este tipo de cuestiones, o lo hacen ustedes mismos?

Preguntas específicas sobre el trabajo con edición génica

Me gustaría saber más sobre edición génica en particular... ¿Cómo empezaron a utilizar esta técnica? ¿Comenzaron con CRISPR o utilizaron algunas de las técnicas previas? ¿Trabajar con CRISPR-cas 9 supone alguna diferencia en los procesos de la investigación?

Preguntas sobre la aplicación de los resultados de la I+D

¿Cuál crees que puede ser la aplicación y los efectos de lo que estás investigando? ¿O cuáles te gustaría que fueran? ¿Crees que puede derivar en un producto o servicio concreto? ¿Cómo imaginas ese proceso? ¿Quién crees que lo desarrollaría o preferirías que lo hiciera? ¿Cómo crees que debería ser la relación entre la investigación que se hace en la universidad (o en el sector público) y las empresas o laboratorios privados? ¿Qué crees que hace falta para seguir en esa dirección? ¿Qué normativas deben cumplir o procedimientos seguir? ¿Se te ocurren controles o regulaciones que aún hagan falta, que sean necesarias?

Preguntas reflexivas sobre su práctica como científico

Esta cuestión de los potenciales efectos y aplicaciones de la investigación, ¿suponen o supuso algún problema o discusión en tu equipo de trabajo? Muchos científicos están iniciando sus propios emprendimientos, ¿qué opinas de ese proceso? ¿Qué crees que lo motiva? En el mundo se discute si la técnica CRISPR-cas9 debería estar comprendida dentro de la legislación sobre OGM o requiere de una nueva, ¿qué opinas al respecto? ¿Crees que vale la pena distinguir entre terapia somática o de línea germinal, qué opinas? ¿Quién debería responsabilizarse por los efectos? ¿Esto es una discusión con tus colegas?

A.2. Pauta para funcionarios de oficinas o instituciones de vinculación

Preguntas sobre su formación profesional y trayectoria

¿Me podría contar qué estudió? ¿Por qué eligió esta carrera? ¿Hizo posgrado, dónde, por qué? ¿Cuál es su trayectoria laboral? ¿Ves diferencias entre trabajar e investigar en el sector público y el privado? ¿Cuáles?

Preguntas sobre su trabajo actual

¿Cómo comenzó tu vinculación con esta institución? ¿Ya existía este puesto o sos el primero en ocuparlo? ¿Cuáles son tus tareas o actividades? ¿Qué grado de relación ves entre este trabajo y tu formación profesional? ¿Cómo es una semana típica de trabajo? ¿Qué dirías que te gusta más y qué menos de tu trabajo?

Preguntas sobre la oficina/institución

¿Cómo surgió esta oficina/institución? ¿Qué necesidades venían a intentar cubrir? ¿Qué dificultades encontraron? ¿Qué servicios/ayuda brindan a quienes quieren emprender, aplicar, producir? ¿Cómo consiguen financiación? ¿Los inversores forman parte de la evaluación o de alguna otra manera? ¿Qué rédito obtienen ustedes?

¿Cómo deciden con qué proyectos trabajar? ¿Cuáles son los distintos “procesos de selección”? ¿En qué consisten? ¿Qué criterios evalúan? ¿Cuánto es “preexistente” y cuanto les “enseñan ustedes”? ¿Qué herramientas les brindan? ¿Los financian? ¿Cuánto? ¿En base a qué? ¿Cómo sigue ese proceso? ¿Tiene un techo lo que pueden ofrecerles? ¿Cuál es, qué pasa si lo alcanzan? ¿Cuáles son los principales problemas o dificultades que encuentran en los proyectos que se presentan / en las potenciales startups? ¿Cuáles crees que son las dificultades que identifican ellos?

¿Qué quisieran ofrecer y no pueden? ¿Qué creen que necesitan fortalecer? ¿Qué tipo de proyectos están incubando/asesorando/financiando? ¿Se orientan las investigaciones a lo que demanda el mercado/las empresas o se ofrece lo que hay?

Sobre las negociaciones entre actores de diversa índole

¿Y cómo son las negociaciones sobre porcentajes que corresponde a cada parte, sea en plata y/o patentes? ¿Crees que las transferencias pueden generar ingresos suficientes como para auto-financiar algunos proyectos de investigación? ¿Sería conveniente? ¿Por qué? ¿Por qué crees que cada vez más científicos se animan a convertirse en emprendedores o a trabajar con el sector privado?

Preguntas de prospectiva

¿Crees que las investigaciones que se están desarrollando tienen potencial comercial, es decir, de generar ganancias? ¿A quiénes? ¿Imaginas una producción a gran escala como resultado de la investigación? ¿Lo ves deseable? ¿Quién crees que la desarrollaría? ¿Cómo se toman esas decisiones? ¿Qué relación mantienen y/o crees que deberían mantener con las empresas/laboratorios privados?

Preguntas específicas sobre el trabajo con edición génica

Me gustaría saber más sobre la especificidad del área biotecnológica... ¿Qué particularidades o similitudes y diferencias crees que hay respecto de gestionar otro tipo de ciencia? ¿Ves alguna particularidad en trabajar con proyectos que trabajan con edición génica? ¿Cuáles? ¿Cómo los afrontan? ¿Tuvieron que adaptar sus procedimientos para poder abarcarlos?

Preguntas sobre los controles a su trabajo y la relación con organismos del Estado

¿Con qué instituciones tienen que dialogar? ¿Cómo suele ser esa relación? ¿Hay alguien que se ocupa de cada cuestión, o lo hacen todo ustedes mismos? ¿Cuáles son los costos (económicos y materiales) de esos procedimientos?

B. Entrevistas realizadas

Fecha y lugar	Estudios	Cargos y trayectoria
08/03/2019 en su trabajo	Doctor en Ciencias Biológicas de UUNN	Gerente de Innovación y Transferencia en una UUNN. Director y fundador de una empresa resultado de un consorcio público-privado. Ex gerente de Investigación y Desarrollo de Biotecnología en una gran empresa privada.
11/03/2019 en un bar	Posdoctorado en Bioquímica (Suiza). Doctor en Ciencias Biológicas de UUNN	Investigador adjunto CONICET en una UUNN. Docente en UUNN
19/03/2019, en un bar	Doctor en Ciencias Biológicas de UUNN	Investigador asistente CONICET en una UUNN. Docente en UUNN
28/03/2019 en un bar	Doctor en investigación biomédica (España), Bioquímica de UUNN	Becario posdoctoral en una UUNN
12/04/2019 en su trabajo	Doctor en Biotecnología y Biomedicina (en EEUU) Maestría en Ciencias - Reproducción Animal (Canadá). Especializaciones de posgrado (Japón). Veterinario de UUNN	Investigador principal CONICET en una UUNN. Presidente electo de la Sociedad Internacional de Tecnología Embrionaria. Docente en UUNN
22/04/2019 en su trabajo	Doctor en biotecnología de UUNN	Investigador adjunto CONICET en una UUNN, Docente en UUNN, Ex CEO de una empresa privada basada en la aplicación de biotecnologías
25/04/2019 en su trabajo	Doctor en Ciencias Biológicas (España)	Investigador adjunto CONICET en una UUNN y Docente en UUNN
10/05/2019 en un bar	Doctor en Biotecnología (orientación en) Ciencias Básicas y Aplicadas de UUNN. Licenciado en Biotecnología con Orientación en Genética Molecular de UUNN	Investigador adjunto CONICET en UUNN. Director de la Licenciatura en Biotecnología en una UUNN. Docente en UUNN
12/05/2019 en su trabajo	Doctor en Bioquímica (UUNN). Posgrado en administración de la educación, con especialidad en evaluación de proyectos (universidad privada)	Fundador de la Oficina de Bioemprendedores y Transferencia Biotecnológica de UUNN. Realizó investigación durante 10 años en el sector público y privado. Docente en UUNN

27/05/2019 en un bar	Licenciado en Genética UUNN	Becario doctoral CONICET en UUNN
10/06/2019 en un bar	Doctor en Medicina de una UUNN. Master en ensayos clínicos (Londres). Especialización en Programa de insuficiencia cardíaca y trasplante de corazón (Canadá). Médico de una UUNN	Investigador clínico CONICET en una Fundación. Es Miembro de la Comisión Asesora en Terapias Celulares y Medicina Regenerativa. Fue miembro de la Comisión Asesora de Células Madre (Mincyt) y la Comisión Evaluadora de Ensayos Clínicos en Células Madre (INCUCAI)
11/06/2019 en su trabajo	Magíster en Educación Veterinario de UUNN	Director del Centro de Investigación y Desarrollo de Modelos Integrales de una Universidad Privada
04/07/2019 en su trabajo	Ingeniero Agrónomo, con especialización en calidad e Inocuidad Agroalimentaria, de una UUNN	Evaluador de Inocuidad de Organismos Genéticamente Modificados - SENASA
10/07/2019 en su trabajo	Doctor en biotecnología de una UUNN	CEO y Fundador de una empresa privada basada en la aplicación de biotecnologías. Tramitando el alta como investigador CONICET en una Universidad Privada
22/07/2019 en su trabajo	Ingeniero Industrial (ITBA) Asistió el Graduate Studies Program de la Singularity University (SU).	Trabaja en una Company Builder biotecnológica. Fue CEO y co fundador de una startup biotecnológica. Ex Secretario de Emprendedorismo y PyMES del Ministerio de Producción
30/07/2019 en su trabajo	Magíster en Finanzas y tesista del posgrado en Dirección de Empresas de Tecnología en una Universidad Privada. Licenciado en Administración de una UUNN. Participó del Programa Ejecutivo de la Singularity University.	Fundador de una Company Builder biotecnológica
10/08/2019 en su trabajo	Doctor en Microbiología en UUNN. Químico de una Universidad Privada. Estadía posdoctoral en EEUU y Canadá	Investigador adjunta CONICET en una UUNN. Docente en UUNN
15/11/2019 en un bar	Licenciado en biotecnología y doctorando de una UUNN	Cofundador y CEO de una startup biotecnológica. Ex becario doctoral CONICET

27/11/2019 en su trabajo	Doctor en Ciencias Biológicas de una UUNN	Investigador adjunto CONICET en una UUNN y cofundador de una startup biotecnológica
02/06/2020 whatsapp	Licenciado en Genética de una UUNN	Miembro de una startup y ex becario doctoral CONICET

C. Observaciones realizadas

Nombre del evento	Fecha	Lugar	Organizadores
BIOARGENTINA 2018	13/11/2018	Centro de Convenciones (Av. Figueroa Alcorta 2099, CABA)	Cámara Argentina de Biotecnología (CAB)
Todo lo que querías saber sobre edición génica y no te animabas a preguntar	4/12/2018	Polo Científico Tecnológico (Godoy Cruz 2320, CABA)	CONICET, INTA, ANLIS, Secretaría de Agroindustria, Ministerio de Producción y Trabajo, Ministerio de Educación, Cultura, Ciencia y Tecnología, Ministerio de Salud y Desarrollo Social, y Presidencia de la Nación
Panorama Argentino y Latinoamericano en la Industria de Venture Capital	24/07/2019	Ministerio de Producción y Trabajo (Av. Julio Argentino Roca 651, CABA)	ARCAP y Ministerio de Producción y Trabajo de la Nación Argentina.
Edición Génica para profesionales de la Salud	05/09/2019	Asociación Médica Argentina (Av. Santa Fé 1171, CABA)	Asociación Médica Argentina y Ministerio de Educación, Cultura, Ciencia y Tecnología de la Nación
BIOARGENTINA 2020	04/11/2020	VIRTUAL	Cámara Argentina de Biotecnología (CAB)
Perfil Inversor Angel Argentino	18/12/2020	VIRTUAL	ARCAP
Por qué emprender en biotecnología. Perspectiva de Silicon Valley	04/02/2021	VIRTUAL	GridX
Foro Internacional "Geopolítica de las vacunas. Hacia una estrategia argentina de desarrollo y producción".	08/06/2021	VIRTUAL	Consejo Económico y Social
BIOARGENTINA 2021	18/11/2021	VIRTUAL	Cámara Argentina de Biotecnología (CAB)

D. Testimonios en el marco del Círculo de Estudios sobre Ciencia y Periferia (2020-2021) de IDAES-UNSAM

Nombre	Breve CV	Convocado por el Proyecto	Fecha y lugar del encuentro
Vanessa Zylberman	Bióloga y doctora en biología (UBA), directora técnica de INMUNOVA, investigadora independiente del CONICET.	Proyecto “Desarrollo clínico de un suero equino hiperinmune terapéutico contra Covid-19” del equipo de investigación Inmunova SA-Instituto Biológico Argentino-UNSAM	24/11/2020, 11 horas. Meet.
Santiago Sanguinetti	Biólogo y doctor en química biológica (UBA), master en negocios tecnológicos por el University College of London y London Business School, ex director de vinculación tecnológica de CONICET, ex gerente general de Inis Biotech, Fundación Instituto Leloir y Director de Desarrollo de Negocios en INMUNOVA.		
Alberto Kornblihtt	Doctor en Ciencias Químicas (UBA). Es investigador superior del CONICET y Director del Instituto de Fisiología, Biología Molecular y Neurociencias del CONICET-UBA. Recibió, entre otros, el Premio Bernardo Houssay y Konex.	“Desarrollo de protocolos y kits nacionales para extracción de ARN viral y diagnóstico de COVID-19 por PCR en tiempo real” (UBA/UNSAM)	14/05/2021, 14.30 horas. Meet.
Ezequiel Petrillo	Doctor en Ciencias Biológicas. Es investigador adjunto del Conicet y jefe de grupo en el Instituto de Fisiología, Biología Molecular y Neurociencias del CONICET-UBA.		

Silvia Goyanes	Licenciada y Doctora en Ciencias Físicas (UBA). Investigadora Superior de CONICET, Directora del Laboratorio de Polímeros y Materiales Compuestos (FCNyE-UBA). Recibió el Premio L'Oréal-UNESCO en 2018	Proyecto de "Desarrollo de barbijos sociales Atom Protect UNSAM-UBA-CONICET"	18/06/2021, 14.30 horas. Meet.
Lucía Fama	Licenciada y Doctora en Ciencias Físicas, Investigadora Independiente de CONICET, Co-Directora del Laboratorio de Polímeros y Materiales Compuestos (FCNyE-UBA)		
Darío Díaz	Diseñador Industrial, Becario Doctoral CONICET en temas estratégicos		
Fernán Agüero	Licenciado en Ciencias Biológicas y Doctor en Química (UBA). Investigador principal CONICET en el IIB-UNSAM	Proyecto de "Desarrollo de biotecnológico del reactivo para test de diagnóstico de COVID-19"	16/07/2021, 14.30 horas. Meet.
Emir Salas Sarduy	Licenciado en Bioquímica y Maestro en Ciencias, Bioquímica de las Proteínas y Enzimas (Universidad de La Habana) y Doctor en Biología Molecular y Biotecnología (UNSAM). Investigador asistente del CONICET.		
Diego Álvarez	Licenciado en Bioquímica y Doctor en Virología. Fue repatriado por CONICET en 2014. Es investigador independiente CONICET y fundador del laboratorio de Virología Molecular de la UNSAM. En el proyecto tiene a cargo el diseño de los candidatos para vacuna incorporando las mutaciones del virus que circula en Argentina.	Ensayo de determinación de neutralización de pseudotipos de SARS-COV-2, en el marco del proyecto de vacuna "ARVAC Cecilia Grierson" contra el COVID-19 en fase pre-clínica, dirigido por Juliana Cassataro	20/08/2021, 14.30 horas. Meet.
Eliana Castro	Licenciada en Bioquímica y Doctora en Virología. Investigadora asistente CONICET en el IIB-UNSAM		

Fuente: elaboración propia.

E. Principales fondos de financiación de la ANPCyT

El *FONCyT* busca promover la generación de conocimientos científico-tecnológicos innovadores, desarrollados por investigadores de instituciones públicas y privadas sin fines de lucro del país. Constituye uno de los ingresos más habituales para los proyectos de investigación, porque pueden destinarse a la compra de insumos, equipamiento, bibliografía, servicios técnicos, publicación de resultados y viáticos. Entre nuestros entrevistados, uno de los instrumentos periódicos de financiación del FONCyT más solicitados son los Proyectos de Investigación Científica y Tecnológica (PICT), cuyo objeto es la generación de nuevos conocimientos (en todas las áreas CyT) con resultados que serán dominio público (no sujetos a confidencialidad comercial). Desde hace algunos años se implementó una variante al PICT que es el PICT Start up. Este otorga, a abril de 2020, un máximo de \$650.000 por año para proyectos que pueden durar de 1 a 3 años.³¹⁵ El objetivo es promover “la transformación de los conocimientos y habilidades acumuladas por un grupo de investigación, en nuevas competencias tecnológicas aplicables en el mercado de productos, procesos o servicios, para los cuales exista una demanda social o un mercado comprobable” (ANPCyT, s/f).

El *FONTAR* apunta a mejorar la productividad empresarial mediante la innovación tecnológica.³¹⁶ Para ello cuenta con una serie de instrumentos, con distintos propósitos: mejorar las estructuras productivas y la capacidad innovadora de las empresas; cubrir gastos de patentamiento y de desregulación;³¹⁷ aumentar la inversión y fortalecer los procesos de innovación asociativos entre empresas e instituciones CyT; modernización tecnológica; asesoramiento experto, entre otros. Las líneas del *FONSOFT* se proponían crear capacidades tecnológicas en el sector de software y servicios informáticos, considerado un sector prioritario, pero fue el

³¹⁵ Alrededor de 9500 a 9800 dólares para ese mes.

³¹⁶ Para más sobre el FONTAR se recomienda Peirano (2011).

³¹⁷ Para el campo biotecnológico, en este punto destacan los Aportes No Reembolsables Patentes que promueven la protección de los resultados innovativos producto de la actividad de I+D, y el Fondo de Regulación de Productos Biotecnológicos (FONREBIO) que financia parcialmente (mediante créditos de devolución contingente) proyectos de desregulación de productos agrobiotecnológicos desarrollados en el país, con bajo nivel de riesgo técnico y que tengan una agenda de ejecución que permita fijar hitos claros de verificación.

instrumento con menor peso en el financiamiento de la ANPCyT (Castaño, 2019: 104).

El *FONARSEC* fue creado para “desarrollar capacidades críticas en áreas de alto impacto potencial y transferencia permanente al sector productivo, para mejorar la competitividad y la solución a problemas que se originan en demandas de la sociedad, las empresas y el Estado” (ANPCyT, 2015: 16). Desde su institucionalización en 2009 a 2015, “el FONARSEC creció un 34% en términos reales, superando el incremento promedio de los montos adjudicados por la ANPCyT” (Castaño, 2019: 106). Además, para 2014 lideraba los fondos del organismo, con el 38% del total de los recursos asignados (ANPCyT, 2015: 10).

El FONARSEC comenzó con los Fondos Tecnológicos Sectoriales (FTS) que promovían la mejora o generación de procesos y productos en el campo de la biotecnología, nanotecnología y TICs y era financiado por el BIRF y los Fondos de Innovación Tecnológica Sectorial (FITS) del BID para proyectos focalizados en agroindustria, energía, salud, desarrollo social y ambiente y cambio climático (Lengyel, 2014: 2-3). Luego se incorporaron el Proyecto de Infraestructura y Equipamiento Tecnológico (PRIETEC) y el Programa de Formación de Gerentes y Vinculadores Tecnológicos (GTec) y finalmente el Empresas de Base Tecnológica (EMPRETECNO).³¹⁸ Este último financia parcialmente la creación de nuevas empresas de base tecnológica que generen el crecimiento sostenido a través de la diversificación de las exportaciones y el aumento del valor agregado de la producción. También tiene una convocatoria específica para el área de biotecnología que financia parcialmente proyectos

Que tengan como meta generar plataformas tecnológicas que hagan posible que en un futuro cercano se puedan producir en Argentina vacunas y proteínas recombinantes utilizando tecnologías que todavía no se han desarrollado en nuestro país o que se usan en forma muy limitada debido a la falta de infraestructura adecuada.³¹⁹

³¹⁸ Para más sobre el FONARSEC y su implementación se recomienda Loray (2015).

³¹⁹ Fuente: <https://bit.ly/3hPifqS> Consultada el 20/08/2020.

F. Carreras de grado y posgrado en biotecnología y genética acreditadas por CONEAU e instituciones en que se dicta

F.1. Carreras de grado en biotecnología y genética acreditadas por CONEAU, e instituciones en que se dicta

Carrera	Institución
Ingeniería en Biotecnología	Universidad Nacional de Río Negro
Licenciatura en Biotecnología	Universidad Nacional de San Luis
Licenciatura en Biotecnología	Universidad Nacional de Córdoba
Licenciatura en Biotecnología	Universidad Nacional de Rosario
Licenciatura en Biotecnología	Universidad Nacional de Tucumán
Licenciatura en Biotecnología	Universidad Nacional del Litoral
Licenciatura en Biotecnología	Universidad Nacional de Santiago del Estero
Licenciatura en Biotecnología	Universidad Nacional de General San Martín
Licenciatura en Biotecnología	Universidad Nacional del Chaco Austral
Licenciatura en Biotecnología	Universidad Nacional de Moreno
Licenciatura en Biotecnología	Universidad Nacional de Quilmes
Licenciatura en Biotecnología y Biología Molecular	Universidad Nacional de La Plata
Licenciatura en Biotecnología	Universidad Argentina de la Empresa
Licenciatura en Biotecnología	Universidad de Morón
Licenciatura en Genética	Universidad Nacional de Misiones
Licenciatura en Genética	Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires
Licenciatura en Genética	Universidad de Morón

Fuente: Elaboración propia en base a datos de CONEAU (2021).³²⁰

³²⁰ Consultado el 07/01/2022, disponible en <http://www.coneau.gob.ar/buscadores/grado/>

F.2. Carreras de posgrado en biotecnología, biología molecular y genética, acreditadas por CONEAU, e instituciones en que se dicta

Carrera	Institución
Especialización en Biotecnología Agrícola	Universidad Nacional de Rosario
Especialización en Biotecnología Bioquímico Farmacéutica	Universidad de Buenos Aires
Especialización en Biotecnología Industrial	Universidad de Buenos Aires
Especialización en Genética Médica	Instituto Universitario CEMIC
Especialización en Mejoramiento Genético Vegetal	Universidad de Buenos Aires
Maestría en Agrobiotecnología	Universidad Nacional de General San Martín
Maestría en Biología Molecular e Ingeniería Genética	Universidad Favaloro
Maestría en Biología Molecular Médica	Universidad de Buenos Aires
Maestría en Biotecnología	Universidad Nacional de Quilmes
Maestría en Biotecnología	Universidad de Buenos Aires
Maestría en Biotecnología Orientación Microbiana y Vegetal	Universidad Nacional de Río Cuarto
Maestría en Biotecnologías Reproductivas en Bovinos (a distancia)	Universidad Nacional de Córdoba
Maestría en Ciencias Agrarias y Biotecnología	Universidad Nacional del Comahue
Maestría en Ciencias Químicas (Con Orientaciones Química Biológica y Biotecnología)	Universidad Nacional del Comahue
Maestría en genética vegetal	Universidad Nacional de Rosario
Maestría en Microbiología Molecular	Universidad Nacional de General San Martín
Maestría en Procesos Biotecnológicos	Universidad Tecnológica Nacional
Doctorado de la Universidad de Buenos Aires - Área Ciencias Químicas, Orientación Bioquímica y Biología Molecular	Universidad de Buenos Aires
Doctorado en Biología Molecular y Biotecnología	Universidad Nacional de General San Martín
Doctorado en Ciencias Biológicas	Universidad Nacional de Río Cuarto

Fuente: Elaboración propia en base a datos de CONEAU (2020).

G. Institutos donde se investiga con edición génica y sus características

Nombre	Fecha de fundación	Objetivo de la institución	Localidad
INSTITUCIONES PÚBLICAS SIN FINES DE LUCRO			
Instituto de Investigaciones en Ingeniería Genética y Biología Molecular “Dr. Héctor N. Torres” (INGEBI) – CONICET	Se originó en el Laboratorio de Regulación Metabólica del Instituto de Investigaciones Bioquímicas “Fundación Campomar”. En 1982 fue establecido como Programa por el CONICET y, en 1983, elevado a la categoría de Instituto	Los objetivos del Instituto son la realización de investigaciones básicas y aplicadas en las nuevas tecnologías de Ingeniería Genética y Biología Molecular, la formación de personal científico y técnico altamente especializado y el establecimiento de estrechos contactos con el sistema productivo con el fin de transferir la labor de investigación y desarrollo. También el dictado de cursos de pre y post-grado de alto nivel sobre temas de su especialidad	Belgrano, Ciudad Autónoma de Buenos Aires
Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)	Fue creado el 4 de diciembre de 1956	Su finalidad es impulsar, vigorizar y coordinar el desarrollo de la investigación y extensión agropecuaria y acelerar la tecnificación y el mejoramiento de la empresa agraria y la vida rural. La sede Castelar trabaja en los desarrollos agrícolas mientras que la de Balcarce se centra en la ganadería. Trabajan en colaboración con otras instituciones públicas y privadas	Con sedes en todo el país, en este trabajo nos concentramos en el trabajo de las sedes de Castelar y Balcarce, Provincia de Buenos Aires
Instituto de Investigaciones en Producción Animal (INPA) (Facultad de	La Facultad de Agronomía fue creada en 1909 sobre la base del entonces recientemente formado	Sus principales objetivos del INPA son: desarrollar investigaciones científicas en el campo de las ciencias veterinarias; incentivar nuevos enfoques orientados a la producción animal sostenible; capacitar y perfeccionar	Agronomía, Ciudad Autónoma de Buenos Aires

Agronomía de la UBA – CONICET)	Instituto Superior de Agronomía y Veterinaria	investigadores, profesionales y técnicos mediante la formación de posgrado en el mayor nivel posible; transferir los resultados de las investigaciones a los diferentes sectores interesados; contribuir al mejoramiento de la calidad científico-académica de instituciones y sectores sociales relacionados a la producción agropecuaria; e insertar al Instituto en el contexto local, nacional e internacional, incentivando la vinculación con redes y el intercambio con otros centros y grupos de trabajo	
Instituto de Biodiversidad y Biología Experimental y Aplicada (IBBEA) (Facultad de Ciencias Exactas de la UBA)	Fundado en 2012	El IBBEA tiene como objetivo ejecutar y articular la realización de tareas de investigación científica y tecnológica de alta calidad y relevancia en áreas interdisciplinarias relacionadas con el estudio de la diversidad de organismos (protistas, plantas, hongos y animales), la transferencia mediante su uso en el desarrollo de aplicaciones biotecnológicas y la difusión de resultados a la comunidad en general. Promueve la relación entre los grupos de investigación del Instituto, así como con otros institutos del CONICET, facultades e investigadores dentro y fuera del país	Belgrano, Ciudad Autónoma de Buenos Aires
Instituto de Química Biológica de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (IQUIBICEN) (Facultad de Ciencias Exactas de la UBA – CONICET)	Fue fundado en 2012 mediante un convenio entre CONICET y el Departamento de Química Biológica de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (UBA)	Se creó para promover, en el ámbito de la Facultad, la realización de tareas de investigación científica y tecnología de calidad y relevancia en química biológica y en áreas interdisciplinarias. Estas investigaciones comprenden el estudio de los fenómenos físico-químicos subyacentes a la organización estructural y funcional de los organismos vivos, en condiciones normales y patológicas, en su relación con el	Belgrano, Ciudad Autónoma de Buenos Aires

		medio ambiente y con el objeto de predecir su comportamiento y modificarlo en las circunstancias que lo requieran	
Instituto de Fisiología, Biología Molecular y Neurociencias (IFIBYNE) (Facultad de Ciencias Exactas de la UBA – CONICET)	Nace en 2001 como reformulación del Instituto de Neurociencias (INEUCI) que, desde su origen en 1989, formaba parte de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales	Actualmente el Instituto está abocado a la investigación básica. Sus líneas principales de investigación se enmarcan dentro del área de Neurociencias y Fisiología y Biología Molecular. Las actividades llevadas a cabo apuntan al avance y desarrollo científico-tecnológico, considerando que el mismo permitirá la comprensión de diversos fenómenos y podrá ser transferido a una mejora en la calidad de vida	Belgrano, Ciudad Autónoma de Buenos Aires
Instituto de Investigaciones Farmacológicas (ININFA) (Facultad de Farmacia y Bioquímica de la UBA – CONICET)	El Instituto fue fundado por el Dr. Bernardo Houssay en el año 1968	Su objetivo es desarrollar tareas de investigación básica y aplicada en farmacología, y formar recursos humanos idóneos para este campo disciplinario	Barrio Norte, Ciudad Autónoma de Buenos Aires
Centro Regional de Estudios Genómicos (CREG) (Facultad de Ciencias Exactas de la UNLP)	Fue creado en el 2000 por un convenio entre la UNLP, el Centro Max Planck de Química y Biofísica de Goettingen (Alemania), y el Consejo de Rectores de la Asociación de Universidades Grupo Montevideo. Actualmente depende de la Facultad de Ciencias	Realiza investigaciones experimentales y teóricas, desarrollando proyectos de interés regional y global en los campos de la genómica, proteómica, fisiología, metagenómica, bioinformática, biología de sistemas y ecología. Aborda temáticas colaborativas para la resolución de problemas que afectan la biodiversidad, la salud humana y el desarrollo económico de la comunidad. Entre sus objetivos institucionales están promover investigaciones científicas, competitivas a nivel internacional, en áreas de indudable interés regional; promover la realización de investigaciones interdisciplinarias; contribuir a la formación de investigadores	La Plata, Provincia de Buenos Aires

	Exactas de la UNLP, donde fue adscripto formalmente el 26 de abril de 2012	jóvenes y apoyar el desarrollo y consolidación de una masa crítica regional en las áreas de la genómica y la biología de sistemas; fomentar la transferencia de tecnología a entidades públicas y privadas; y promover la extensión en sus áreas de especialización	
Instituto de Microbiología Básica y Aplicada (IMBA) del Departamento de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional de Quilmes (UNQ)	La UNQ se fundó el 29 de septiembre de 1989, aunque su normalización sucedió el 12 de diciembre de 1992	El IMBA se dedica a la investigación, la docencia de grado y posgrado, la extensión, la divulgación y la asistencia técnica. Está organizado en cuatro Ejes Directrices Primarios: Microbiología y Salud; Microbiología y Agroalimentos; Microbiología y Ambiente; y Microbiología y Bioinsumos. Las tareas de investigación se orientan principalmente a nuclear las investigaciones orientadas a los aspectos básicos y aplicados asociados con los ejes directrices; estimular la incorporación de nuevas líneas de investigación relacionadas con necesidades socio-productivas, generación de bioinsumos e intervención ambiental; constituir un núcleo de formación de recursos humanos; participar activamente en el dictado de cursos de grado y generar una oferta continua de cursos de posgrado en las áreas específicas del Instituto.) Usan CRISPR para comprender cómo se expresan en insectos (especialmente en moscas) ciertos genes en funciones reproductivas	Bernal, partido de Quilmes, Provincia de Buenos Aires
Universidad Nacional de San Martín (UNSAM)	Es una universidad nacional, pública y gratuita creada en 1992	El IIB-INTECH es un instituto dedicado a la investigación científica en bioquímica, biología molecular, biología celular, neurobiología, microbiología e inmunología, entre otras. Tiene como misión brindar educación de excelencia y generar conocimientos básicos y aplicados para las áreas de salud, agropecuaria e industrial.	Una sede en General San Martín y otra en Chascomús, ambas en la Provincia de Buenos Aires.

		La Escuela de Ciencia y Tecnología tiene como misión la formación de profesionales y técnicos en carreras innovadoras e interdisciplinarias que están relacionadas con temas valiosos para la sociedad como la salud, el medio ambiente, la biotecnología y la electrónica. Incorporaron CRISPR a la I+D con potenciales aplicaciones en medicina humana como animal y al sector agropecuario. Sus líneas de trabajo incluyen la creación de antivirus, el estudio de la función de ciertos genes, transgénesis, xenotrasplantes, y el diseño de animales para el estudio de enfermedades y comportamientos	
INSTITUCIONES PRIVADAS SIN FINES DE LUCRO			
Fundación para la Lucha contra Enfermedades Neurológicas en la Infancia (FLENI)	Fundada en 1959 por el Dr. Raúl Carrea junto a un grupo de benefactores	Con el objetivo inicial de contribuir a la prevención y lucha contra las enfermedades neurológicas de la infancia, ha evolucionado hacia una prestación integral de patologías neurológicas que incluye la prevención, el diagnóstico, el tratamiento y la rehabilitación, y es hoy en día una institución médica de prestigio internacional que atiende a niños y adultos en todo lo relacionado a las Neurociencias	Belgrano, Ciudad Autónoma de Buenos Aires
Hospital Italiano	Fue fundado en 1853 por la Sociedad Italiana de Beneficencia en Buenos Aires	Es una asociación civil sin fines de lucro dedicada principalmente a la medicina general y de alta complejidad. También se aboca a la asistencia, la docencia y la investigación	Almagro, Ciudad Autónoma de Buenos Aires
Universidad Maimónides	Fue fundada el 20 de junio de 1990 por la Fundación Científica Felipe Fiorellino, (creada en 1981)	Su misión es formar profesionales, por lo que ofrece carreras de grado y posgrado en ciencias de la salud, humanidades, ciencias sociales y empresariales. Se fundamenta en tres pilares: la educación, la investigación científica y tecnológica, y las acciones con la comunidad. Cuenta con cuatro centros de investigación con	Caballito, Ciudad Autónoma de Buenos Aires

		científicos de distintos campos, que lideran equipos de investigación que abarcan desde temas sociales, médicos, ambientales y veterinarios, hasta hallazgos paleontológicos. Tiene proyectos de edición génica en producción animal, con propósitos de mejora ganadera pero también de aplicación biomédica y farmacéutica, normalmente en vinculación con el INTA, la UBA y algunas empresas	
INSTITUCIONES PRIVADAS CON FINES DE LUCRO			
CASPR	Se gestó durante 2018 y en febrero de 2019 se firmaron los papeles que formalizaron su constitución y conformación accionaria	Utiliza CRISPR como herramienta de diagnosis para diversas enfermedades. Buscan mejorar las técnicas actuales y salir al mercado con un producto más barato, rápido y portátil abocado a la salud humana	Agronomía, Ciudad Autónoma de Buenos Aires
Kheiron	La empresa comenzó sus actividades en el año 2012, luego de dedicar todo 2011 a armar el laboratorio, comprar los equipos, conseguir la materia prima, contratar gente y encaminar toda la logística	Su actividad principal es la clonación de equinos, para acortar los tiempos reproductivos y aumentar la cantidad de embriones producidos y replicar ejemplares que han sido castrados. También ofrece un banco de genética que criopreserva las células del ejemplar equino para que puedan ser usadas luego. Realiza servicios de mapeo de genes y tratamientos con células madres para el tratamiento de lesiones. Han comenzado a realizar estos trabajos en equinos, y a investigar en ambos mamíferos con CRISPR, con el propósito de garantizar la presencia de ciertas características de interés de los clones	Pilar, Provincia de Buenos Aires
Michroma	2019	Utilizan biología sintética en hongos filamentosos para producir ingredientes naturales, sustentables y escalables a costos razonables. Sus primeros productos son	Rosario, Provincia de Santa Fé

		colorantes alimenticios, pero también están produciendo micoproteína y otros ingredientes	
BioHeuris	2016	Se dedica al desarrollo de sistemas sustentables de manejo de malezas. Están trabajando en soja, sorgo, alfalfa, algodón y trigo. Cuenta con patrocinio y financiación de Aceleradora Litoral	Rosario, Provincia de Santa Fé
New Organs		Aún se encuentra en etapa pre-seed de la aceleradora GridX	

Fuente: Elaboración propia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADLI, Mazhar (2018). The CRISPR tool kit for genome editing and beyond. *Nature Communication*, 9(1911): 1-13. DOI: 10.1038/s41467-018-04252-2
- AGUIAR, Diego; FRESSOLI, Mariano y THOMAS, Hernán (2008). Estilos socio-técnicos de producción de tecnologías conocimiento-intensivas: La conformación de una empresa de biotecnología en el campo de la salud humana en Argentina (1980-2006). *Cuestiones de Sociología. Revista de Estudios Sociales*, (4): 213-242.
- AGUIAR, Fernando (2004). Teoría de la decisión e incertidumbre: modelos normativos y descriptivos. *EMPIRIA Revista de Metodología de Ciencias Sociales*, (8): 139-160.
- ALBORNOZ, Mario (2007). Los problemas de la ciencia y el poder. *Revista CTS*, 3(8): 47-65.
- ALCÍBAR CUELLO, José Miguel (2013). The presentation of Dolly the sheep and human cloning in the mass media, en SITHOLE-NIANG, Idah (Ed.). *Genetic Engineering*. España: InTech. DOI: 10.5772/56161
- ALLAMI, Cecilia y CIBILS, Alan (2017). Financiarización en la periferia latinoamericana: Deuda, commodities y acumulación de reservas. *Revista Estado y Políticas Públicas*, (8): 81-101.
- ANGELELLI, Pablo (2011). Características y evolución de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica, en PORTA, Fernando y LUGONES, Gustavo (dirs.). *Investigación científica e innovación tecnológica en Argentina. Impacto de los fondos de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica*. Bernal: Universidad Nacional de Quilmes.
- ANLLÓ, Guillermo; BISANG, Roberto y STUBRIN, Lilia (2011). Las empresas de biotecnología en Argentina. *CEPAL – Colección Documentos de proyectos*, (378). Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- ANLLÓ, Guillermo; KOSACOFF, Bernardo y RAMOS, Adrián (2007). Crisis, recuperación y nuevos dilemas. La economía argentina 2002-2007, en KOSACOFF, Bernardo (ed.). *Crisis, recuperación y nuevos dilemas. La economía argentina 2002-2007*. Buenos Aires: CEPAL.

- ANOKHIN, Sergey y WINCENT, Joakim (2012) Start-up rates and innovation: A cross-country examination. *Journal of International Business Studies*, 43: 41-60.
- ARAKI, Motoko y ISHII, Tetsuya (2014). International regulatory landscape and integration of corrective genome editing into in vitro fertilization. *Reproductive Biology and Endocrinology*, (12:108).
- ARANCIBIA, Florencia (2012). Las palabras y “las sojas”: un enfoque desde la sociología de la ciencia y la tecnología. *Apuntes de Investigación*, Año XVI, (22): 82-95.
- ARANGO RESTREPO, Pablo (1999). Sobre la clonación ¿Por qué no me dejaría clonar? *Persona y Bioética*, (5): 20-28.
- ARELLANO HERNÁNDEZ, Antonio y KREIMER, Pablo (Coords.) (2011). *Estudio social de la ciencia y la tecnología desde América Latina*. Bogotá: Siglo del Hombre Editores.
- ARISTIMUÑO, Francisco y AGUIAR, Diego (2015). Construcción de las políticas de ciencia y tecnología en la Argentina (1989-1999). Un análisis de la concepción de las políticas estatales. *Redes*, 21(40): 41-80.
- ARZA, Valeria (2010). Channels, benefits and risks of public–private interactions for knowledge transfer: conceptual framework inspired by Latin America. *Science and Public Policy*, 37(7): 473-484. DOI: 10.3152/030234210X511990
- ARZUAGA, Fabiana (2018). Consideraciones éticas y legales en el desarrollo de terapias avanzadas. *Todo lo que querías saber sobre edición génica y no te animabas a preguntar*. Centro Cultural de la Ciencia, Buenos Aires, 04 de diciembre.
- AUGSTEN, Frank (2005). El debate actual sobre el uso de biotecnología en la Unión Europea, algunas implicaciones para los países del sur, en VILLAREAL, Jorge; HELFRICH, Silke y CALVILLO, Alejandro (Eds.). *¿Un mundo patentado? La privatización de la vida y del conocimiento*. Ediciones Böll.
- BALTIMORE, David; BERG, Paul; BOTCHAN, Michael; CARROLL, Dana; CHARO, Alta.; CHURCH, George; CORN, Jacob; DALEY, George; DOUDNA, Jennifer; FENNER, Marsha; GREELY, Henry; JINEK, Martin; MARTIN, Steven; PENHOET, Edward; PUCK, Jennifer; STERNBERG, Samuel; WEISSMAN, Jonathan; YAMAMOTO, Keith (2015). A prudent path

- forward for genomic engineering and germline gene modification. *Science*, 348(6230). DOI: 10.1126/science.aab1028
- BARAÑAO, Lino (2018). Palabras de apertura. *Todo lo que querías saber sobre edición génica y no te animabas a preguntar*. Centro Cultural de la Ciencia, Buenos Aires, 04 de diciembre.
- BARRANGOU, Rodolphe y DOUNDA, Jennifer (2016). *Applications of CRISPR technologies in research and beyond*. *Nature Biotechnology*, 34(9): 933-941. DOI: 10.1038/nbt.3659
- BARRANGOU, Rodolphe y HORVATH, Philippe (2017). A decade of discovery: CRISPR functions and applications. *Nature Microbiology*, 2(170927). DOI: 10.1038/nmicrobiol.2017.92
- BARRERA, Mariano (2019). Evolución de los salarios de los trabajadores del CONICET y de la Administración Pública Nacional durante la gestión de Cambiemos. *CIFRA*. Consultado el 09/12/2021 en <https://bit.ly/31P4va4>
- BARSKY, Osvaldo y GELMAN, Jorge (2009). *Historia del agro argentino: desde la Conquista hasta comienzos del siglo XXI*. Buenos Aires: Sudamericana.
- BASTIDA, Ángel (2016). CRISPR-Cas9 y... ¿Bebés a la carta? *MoleQla*, (21): 25-28.
- BAUMANN, Martina (2016). CRISPR/Cas9 genome editing – new and old ethical issues arising from a revolutionary technology. *NanoEthics*, 10(2): 139-159. DOI: 10.1007/s11569-016-0259-0
- BECK, Ulrich (1998). *La sociedad del riesgo. Hacia una nueva modernidad*. Barcelona: Paidós.
- BEIGEL, Fernanda (2013). Centros y periferias en la circulación internacional del conocimiento. *Nueva Sociedad*, (245): 110-123.
- BEIGEL, Fernanda (2017). Peripheral Scientists, between Ariel and Caliban. Institutional know-how and Circuits of Recognition in Argentina. The “Career-best Publications” of the Researchers at CONICET. *DADOS – Revista de Ciências Sociais*, 60(3): 63-102. DOI: 10.1590/001152582017136
- BEIGEL, Fernanda (2018). Las relaciones de poder en la ciencia mundial. Un anti-ranking para conocer la ciencia producida en la periferia. *Nueva Sociedad*, (274): 13-28.

- BEIGEL, Fernanda (2019). Indicadores de circulación: una perspectiva multi-escalar para medir la producción científico-tecnológica latinoamericana. *Ciencia, Tecnología y Política*, 2(3): 1-12. DOI: 10.24215/26183188e028
- BEIGEL, Fernanda (2021). A multi-scale perspective for assessing publishing circuits in non-hegemonic countries. *Tapuya: Latin American Science, Technology and Society*, 4(1): 1-16. DOI: 10.1080/25729861.2020.1845923
- BEIGEL, Fernanda; GALLARDO, Osvaldo y BEKERMAN, Fabiana (2018). Institutional Expansion and Scientific Development in the Periphery: The Structural Heterogeneity of Argentina's Academic Field. *Minerva*, 56: 305-331. DOI: 10.1007/s11024-017-9340-2
- BEIGEL, Fernanda y SABEA, Hanan (2014). *Dependencia académica y profesionalización en el sur. Perspectivas desde la periferia*. Mendoza: EDIUNC.
- BEKERMAN, Fabiana (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*, VII(18): 3-23.
- BEKERMAN, Fabiana (2018a). El Programa de Incentivos a los docentes investigadores "puertas adentro". *Horizontes Sociológicos*, 6(10): 115-137.
- BEKERMAN, Fabiana (2018b). Morfología del espacio científico-universitario argentino: una visión de largo plazo (1983-2014). *Ciencia, Docencia y Tecnología*, 29(56): 18-46. DOI: 10.33255/2956/361
- BEKERMAN, Fabiana (2019). El PROINCE como instancia de legitimación de una cultura evaluativa. Capitales, inversiones y controversias, en BEIGEL, Fernanda y BEKERMAN, Fabiana: *Culturas evaluativas: Impactos y dilemas del Programa de Incentivos a Docentes-Investigadores en Argentina (1993-2018)*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: CLACSO.
- BELLVER CAPELLA, Vicente (2016). La revolución de la edición genética mediante crispr-cas9 y los desafíos éticos y regulatorios que comporta. *Cuadernos de Bioética*, XVII(2): 223-239.
- BENAVIDES DE CASTAÑEDA, Luisa (2008). Reflexiones en torno a la clonación humana. *Revista Anuario del Instituto de Derecho Comparado*, (31): 221-241.

- BENJAMIN, Hurlbut; SAHA, Krishanu y JASANOFF, Sheila (2015). CRISPR Democracy: Gene Editing and the Need for Inclusive Deliberation. *Issues in Science and Technology*, 32(1).
- BENTLEY, Peter James; GULBRANDSEN, Magnus y KYVIK, Svein (2015). The relationship between basic and applied research in universities. *Higher Education*, 70: 689-709. DOI: 10.1007/s10734-015-9861-2
- BERCOVICH, Nestor y KATZ, Jorge (1990). *Biotecnología y economía política: Estudios del caso argentino*. Buenos Aires: Centro Editor de América Latina.
- BEST, Joel (2008). *Social problems*. Estados Unidos: Norton & Company.
- BHATIA, Saurabh (2018). History, scope and development of biotechnology, en BHATIA, Saurabh y GOLI, Divakar: *Introduction to Pharmaceutical Biotechnology, Volume 1*. Londres: IOP Publishing: 1-61. DOI: 10.1088/978-0-7503-1299-8ch1
- BIELSCHOWSKY, Ricardo (2009). Sesenta años de la CEPAL: estructuralismo y neoestructuralismo. *Revista CEPAL*, (97): 173-194.
- BIJKER, Wiebe (1987). La construcción social de la baquelita: hacia una teoría de la invención, en THOMAS, Hernán y BUCH, Alfonso (Coords.) (2013): *Actos, actores y artefactos. Sociología de la Tecnología*. Bernal: Universidad Nacional de Quilmes.
- BILAŃSKI, Gisele (2018a). El derecho de los animales no-humanos desde la perspectiva de la política de las necesidades. *Revista Latinoamericana de Estudios Críticos Animales, año V, Vol. I*: 109-121.
- BILAŃSKI, Gisele (2018b). *LA CLONACIÓN FUERA DEL LABORATORIO: Un análisis de los eventos, regulaciones y debates en Argentina y Reino Unido*. Buenos Aires. Tesis de maestría. Buenos Aires: IDAES-UNSAM.
- BILAŃSKI, Gisele (2020). Clonación de mamíferos: regulación y participación pública en Argentina y Reino Unido. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, 15(44): 43-70.
- BISANG, Roberto (2003). Apertura económica, innovación y estructura productiva: la aplicación de biotecnología en la producción agrícola pampeana argentina. *Desarrollo Económico*, 43(171): 413-442. DOI: 10.2307/3455892

- BISANG, Roberto (2007). El desarrollo agropecuario en las últimas décadas: ¿volver a creer?, en KOSACOFF, Bernardo (ed.): *Crisis, recuperación y nuevos dilemas. La economía argentina 2002-2007*. Buenos Aires: CEPAL.
- BISANG, Roberto; CAMPI, Mercedes y CESA, Verónica (2009). *Biotechnología y desarrollo. Documento de Proyecto de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)*. Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- BLANCO, José Rubén e IRANZO, Juan Manuel (2000). Ambivalencia e incertidumbre en las relaciones entre ciencia y sociedad. *Papers: revista de sociología*, 61: 89-112. DOI: 10.5565/rev/papers/v61n0.1054
- BLANCO LÓPEZ, Ángel (2004). Relaciones entre la educación científica y la divulgación de la ciencia. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 1(2): 70-86.
- BLANCO MERLO, José-Rubén (1994). Una Aproximación a las Relaciones entre Ciencia y Sociedad: el PROGRAMA FUERTE en la Sociología del Conocimiento Científico. Tesis de doctorado. España: Universidad Complutense de Madrid.
- BLOIS, María Paula (2016). Ciencia y glifosato: interpelando órdenes. Una investigación en la prensa en el contexto argentino. *Cuadernos de Antropología Social*, (43): 73-93.
- BLOIS, María Paula (2017). *Ciencia, glifosato y formas de vida: Una mirada antropológica sobre el debate en torno a los agroquímicos*. Buenos Aires. Tesis de Doctorado. Buenos Aires: UBA. Recuperada de <http://repositorio.filo.uba.ar/handle/filodigital/9970?show=full>
- BLOOR, David (2003). *Conocimiento e imaginario social*. Barcelona: Gedisa.
- BOCZKOWSKI, Pablo (1997). Ciencia sin cajas negras y política sin experimentos repetibles: conversando con Bruno Latour sobre ciencia y política en los tiempos de la vaca loca. *Redes*, IV(9): 141-152.
- BOLTANSKI, Luc y CHIAPELLO, Ève (2010). *El nuevo espíritu del capitalismo*. Madrid: Akal.
- BOLTON, Williams; MONDS, Fabian; O'NEILL, Eoin y SCHEINEDER, Carlos (1996). *Políticas de innovación. La gestión de incubadoras de empresas en las universidades*. Francia: UNESCO.

- BONNICKSEN, Andrea (1997). Creating a Clone in Ninety Days: In Search of a Cloning Policy. *Politics and the Life Sciences*, 16(2), 304-308.
- BORTZ, Gabriela; BECERRA, Lucas y THOMAS, Hernán (2018). De la «transferencia tecnológica» al desarrollo local. Dinámicas sociotecnocognitivas en el caso del Yogurito escolar (Argentina, 1984-2015). *Apuntes*, 45(82): 33-69.
- BOURDIEU, Pierre (2012). *Los usos sociales de la ciencia*. Buenos Aires: Nueva Visión.
- BRICEÑO RUIZ, José; QUINTERO RIZZUTO, María Liliana y RUIZ DE BENÍTEZ, Dyanna (2013). El pensamiento estructuralista de la CEPAL sobre el desarrollo y la integración latinoamericana: reflexiones sobre su vigencia actual. *Revista Aportes para la Integración Latinoamericana*, (28): 1-34.
- BRITTO, Fabián y LUGONES, Gustavo (2020). *Bases y determinantes para una colaboración exitosa entre ciencia y producción*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: CIECTI.
- BUSH, Vannevar (1999). Ciencia, la frontera sin fin. Un informe al presidente, julio de 1945. *REDES*, VI(14): 91-137.
- CÁCERES, Daniel (2015). Tecnología agropecuaria y agronegocios. La lógica subyacente del modelo tecnológico dominante. *Mundo Agrario*, 16(31): 1-30.
- CADEMARTORI, Jan (2003). Vigencia del enfoque estructuralista y dependentista para las estrategias de Desarrollo. *Oikos*, (16).
- CALANDRA, Mariana Gabriela (2009). El INTA y sus órdenes simbólicos en pugna, en GRAS, Carla y HERNÁNDEZ, Valeria (Coord.): *La Argentina rural: De la agricultura familiar a los agronegocios*. Buenos Aires: Biblos.
- CALLON, Michel (1995). Algunos elementos para una sociología de la traducción: la domesticación de vieiras y los pescadores de Bahía de Saint Brieu, en IRANZO, Juan Manuel; BLANCO MERLO, José Rubén; GONZÁLEZ DE LA FE, María Teresa; TORRES ALBERO, Cristóbal y COTILLO, Alberto (Coords.): *Sociología de la ciencia y la tecnología*. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- CALLON, Michel y LASCOUMES, Pierre (2020). Covid-19 et néfaste oubli du principe de précaution. *AOC*. Consultado el 02/11/2021 en <https://bit.ly/3mAFszC>

- CAMAYO LLALLICO, Wendy; VÁSQUEZ CALDERÓN, Claudia Melissa y ZA VALETA NÚÑEZ, Luis Enrique (2017). *Análisis del ecosistema emprendedor latinoamericano y su impacto en el desarrollo de startups*. Trabajo de suficiencia profesional para optar al Título de Licenciado en Negocios Internacionales. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Consultado el 09/03/2020 en <https://bit.ly/2Vrye6p>
- CANTAMUTTO, Francisco y SCHORR, Martín (2016). Ensayo sobre la dependencia de la economía Argentina. *Realidad Económica*, (302): 118-141.
- CAPLAN, Arthur; PARENT, Brendan; SHEN, Michael y PLUNKETT, Carolyn (2015). No time to waste-the ethical challenges created by CRISPR. *EMBO Report*, 16(11): 1421-1426. DOI: 10.15252/embr.201541337
- CARBALLO, Ignacio; BELLONI, Carlos y LÓPEZ AMORÓS, Martín (2017). Emprendedorismo y políticas públicas. Una introducción a la literatura. *Revista Perspectivas de Políticas Públicas*, 7(13): 37-88.
- CARRASCO, Andrés (2011). El glifosato: ¿es parte de un modelo eugenésico? *SALUD COLECTIVA*, 7(2):129-133.
- CARULLO, Juan Carlos (2002). *La percepción pública de la ciencia: el caso de la biotecnología*. Buenos Aires: BIOLAC.
- CASTAÑO, Jazmín (2019). *Explorando el MINCyT: Estado, desarrollo y políticas de CTI entre 2008 y 2015 en Argentina*. Tesis de maestría. Buenos Aires: IDAES-UNSAM.
- CEFAÏ, Daniel (2002). Qu'est-ce qu'une arène publique? Quelques pistes pour une approche Pragmatiste, en CEFAÏ, Daniel y JOSEPH, Isaac (Coords.). *L'heritage du pragmatisme. Conflits d'urbanité et épreuves de civisme*. La Tour d'Aigues: Éditions de l'Aube.
- CHARO, Robin Alta (2016). On the Road (to a Cure?) — Stem-Cell Tourism and Lessons for Gene Editing. *The New England Journal of Medicine*, 374: 901-903. DOI: 10.1056/NEJMp1600891
- CHARO, Robin Alta (2019). Rogues and Regulation of Germline Editing. *The New England Journal of Medicine*, (380): 976-980.
- CHARO, Robin Alta y GREELY, Henry (2015). CRISPR Critters and CRISPR Cracks. *The American Journal of Bioethics*, 15(12): 11-17. DOI: 10.1080/15265161.2015.1104138

- CHAVARRÍA ALFARO, Gabriela (2015). El posthumanismo y los cambios en la identidad humana. *Reflexiones*, 94(1): 97-107.
- CHESNAIS, François (2014). Innovation under the sway of financialization: a few selected US issues, en MONTEIRO FILHA, Dulce Corrêa; DELORME PRADO, Luiz Carlos y LASTRES. Helena Maria Martins (Orgs.). *Ensaio em memória de Fabio Erber*. Rio de Janeiro: BNDES.
- CIBILS, Alan y ALLAMI, Cecilia (2007). Desde la reforma de 1977 hasta la actualidad. *Realidad Económica*, (249): 107-133.
- CODNER, Darío, BECERRA, Paulina y DÍAZ, Alberto (2012). La transferencia tecnológica ciega: desafíos para la apropiación del conocimiento desde la universidad. *Redes*, 18(35): 161-171.
- CÓRDOBA, María Soledad (2019). *La solidaridad en tiempos del agronegocio*. San Martín: UNSAM Edita.
- CÓRDOBA, María Soledad y AZCURRA, Karen (2021). Ciencia tomada. Estrategias frente al desfinanciamiento 2016-2019. *Ciencia, Tecnología y Política*, año 4, (7): 1-10. DOI: 10.24215/26183188e063
- CÓRDOBA, María Soledad; BUCCELLATO, Marcos; BILAŃSKI, Gisele; SMAL, Clara; GUZZO, Daniel y AZCURRA, Karen (2018). Sobre mercancías, redes e imaginarios. Reflexiones a partir de un diálogo interdisciplinario en torno al quehacer científico local. *Etnografías Contemporáneas*, 4(6): 77-107.
- CÓRDOBA, María Soledad y HERNÁNDEZ, Valeria (2013). Impactos de la diáspora científica y técnica en el sector biotecnológico argentino. *REDES*, 19(37): 77-109.
- CORR, Sandra; GARDNER, David; LANGLEY-HOBBS, Sorrel; NESS, Malcolm; KITCHENER, Andrew y SINCLAIR, Kevin (2017). Radiographic assessment of the skeletons of Dolly and other clones finds no abnormal osteoarthritis. *Scientific Reports*, 7(15685). DOI: 10.1038/s41598-017-15902-8
- COSTA, Flavia (2016) Arte vivo. *Revista Todavía*, (35): 57-65.
- CRAVIOTTI, Clara (2017). Agentes, alianzas y controversias en redes globales: la producción de variedades de semillas de soja en Argentina. *Revista CTS*, 12(35): 109-130.

- CRESPI, Gustavo y DUTRÉNIT, Gabriela (2013). *Políticas de ciencia, tecnología e innovación para el desarrollo. La experiencia latinoamericana*. México: Foro Consultivo Científico y Tecnológico (FCCyT).
- D'SILVA, Joyce y STEVENSON, Peter (1995). *Modern breeding technologies and the welfare of farm animals*. CIWF Trust.
- DAGNINO, Renato y de FREITAS CASTRO FONSECA, Paulo (2018). Buscando una identidad emancipatória para os estudos sobre ciência, tecnologia e sociedade ibero-americanos, en QUELUZ, Gilson Leandro y BRANDÃO, Tiago (Orgs.): *Pensamentos e identidades em ciência, tecnologia e sociedade no mundo ibero-americano*. Curitiba: Editora da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
- DAGNINO, Renato; THOMAS, Hernán y DAVYT, Amílcar (1996). El pensamiento en ciencia, tecnología y sociedad en Latinoamérica: una interpretación política de su trayectoria. *REDES*, III(7): 13-51.
- DE ANGELIS, Ignacio (2015). El modelo de desarrollo argentino: límites y desafíos en las formas de regulación posconvertibilidad. *Realidad Económica*, (290): 63-84.
- DE MIGUEL BERIAIN, Iñigo y ARMAZA ARMAZA, Emilio (2018). Un análisis ético de las nuevas tecnologías de edición genética: el CRISPR-Cas9 a debate. *Anales de la Cátedra Francisco Suárez*, (52): 179-200. DOI: 10.30827/acfs.v52i0.6555
- DE TORRES CARBONELL, Silvia (2012). Fuentes de financiamiento para innovadores en Argentina: venture capital, inversores ángeles, inversores institucionales. *Revista de la Bolsa de Comercio de Rosario*, (1517), noviembre: 50-57.
- DEDERER, Hans-Georg y HAMBURGER, David (2019). Introduction: Regulation of Plants Derived from Genome Editing—What Lessons To Be Learned from Other Countries?, en DEDERER, Hans-Georg y HAMBURGER, David (Eds): *Regulation of Genome Editing in Plant Biotechnology A Comparative Analysis of Regulatory Frameworks of Selected Countries and the EU*. Suiza: Springer Nature.
- DELLACHA, Juan M.; CARULLO, Juan Carlos.; ARY PLONSKY, Guilherme y EVARISTO DE JESÚS, Katia (2003): *La biotecnología en el Mercosur*:

- Regulación de la bioseguridad y de la Propiedad Intelectual*. Santa Fe: Ediciones UNL.
- DESCOLA, Philippe (2011). Más allá de la Naturaleza y la cultura, en Montenegro, L. (Ed.). *Cultura y Naturaleza. Aproximaciones a propósito del bicentenario de la independencia de Colombia*. Bogotá: Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis.
- DÍAZ, Alberto (2011). *Bío... ¿qué? biotecnología, el futuro llegó hace rato*. Buenos Aires: Siglo XXI.
- DIÉGUEZ, Antonio (2017). *Transhumanismo. La búsqueda tecnológica del mejoramiento humano*. Barcelona: Herder.
- DOBERTI, Juan Ignacio; GABAY, Gabriela y LEVY, Melina (2020). El presupuesto universitario en la Argentina: ¿cuánto, cómo, dónde y a quiénes? *Cuadernos del INAP*, año 1, (7). Recuperado de <https://bit.ly/3HKaeOd>
- DOSI, Giovanni (1988). The Nature of the Innovation Process, en DOSI, Giovanni; FREEMAN, Christopher; NELSON, Richard; SILVERBERG, Gerald y SOETE, Luc (Eds.): *Technical Change and Economic Theory*. Londres: Pinter.
- DOUDNA, Jennifer (2015). Perspective: Embryo editing needs scrutiny. *Nature*, 528(7580): S6. DOI: 10.1038/528S6a
- DOUDNA, Jennifer y STERNBERG, Samuel (2017). *A crack in creation: gene editing and the unthinkable power to control evolution*. Estados Unidos: Houghton Mifflin Harcourt.
- DRAHOS, Peter y BRAITHWAITE, John (2002). *Information feudalism. Who owns the knowledge economy?* Londres: EarthScan Publications.
- DUENSING, Nina; SPRINK, Thorben; PARROTT, Wayne; FEDOROVA, María; LEMA, Martín; WOLT, Jeffrey y BARTSCH, Detlef (2018). Novel Features and Considerations for ERA and Regulation of Crops Produced by Genome Editing. *Frontiers in bioengineering and biotechnology*, 6. DOI: 10.3389/fbioe.2018.00079
- EDQUIST, Charles (2005) (ed.). *Systems of Innovation: Technologies, Institutions and Organizations*. Abingdon, Inglaterra: Routledge.
- ERIKSSON, Dennis; KERSHEN, Drew; NEPOMUCENO, Alexandre; POGSON, Barry; PRIETO, Humberto; PURNHAGEN, Kai; SMYTH, Stuart; WESSELER, Justus y WHELAN, Agustina (2019). A comparison of the EU

- regulatory approach to directed mutagenesis with that of other jurisdictions, consequences for international trade and potential steps forward. *New phytologist*, (222): 1673-1684.
- ESTÉVEZ, Alejandro (2001) *La reforma Managerialista del Estado, Nueva Gerencia Pública, Calidad Total y Tecnoocracia*. Buenos Aires: Ediciones Cooperativas.
- ETCHEVEHERE, Luis (2018). Palabras de apertura. *Todo lo que querías saber sobre edición génica y no te animabas a preguntar*. Centro Cultural de la Ciencia, Buenos Aires, 04 de diciembre.
- EVITT, Niklaus; MASCHARAK, Shamik y ALTMAN, Russ (2015). Human Germline CRISPR-Cas Modification: Toward a Regulatory Framework. *The American Journal of Bioethics*, 15(12): 25-29. DOI: 10.1080/15265161.2015.1104160
- EYAL, Gil (2012). Spaces between fields, en GORSKI, Philip (Comp.). *Bourdieu and historical analysis*. Estados Unidos: Duke University Press.
- FEDEROVISKY, Sergio (2014). *Argentina, de espaldas a la ecología. Apuntes para una política ambiental*. Argentina: Capital Intelectual.
- FEINGOLD, Sergio (2018). Una nueva herramienta para el mejoramiento vegetal. Ponencia presentada en *Todo lo que querías saber sobre edición génica y no te animabas a preguntar*, Centro Cultural de la Ciencia, Buenos Aires, 04 de diciembre.
- FEINGOLD, Sergio; BONNECARRÉRE, Victoria; NEPOMUCENO, Alexandre; HINRICHSEN, Patricio; CARDOZO TELLEZ, Lourdes; MOLINARI, Hugo; BARBA, Paola; EYHERABIDE, Guillermo; CERETTA, Sergio y DUJACK, Christian (2018). Edición génica: una oportunidad para la región. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*. Consultado en línea el 21/01/2019. Disponible en: <http://ria.inta.gob.ar/printpdf/616>
- FELD, Adriana (2015). *Ciencia y política(s) en la Argentina, 1943-1983*. Bernal: Universidad Nacional de Quilmes.
- FELD, Adriana (2019). Organización disciplinaria, asistencia extranjera y agendas de investigación en la física argentina de los “años dorados”. *Pasado Abierto*, (10): 64-102.

- FERNÁNDEZ DE LUCIO, Ignacio; VEGA JURADO, Jaider y GUTIÉRREZ GRACIA, Antonio (2011). Ciencia e innovación: una relación compleja y evolutiva. *ARBOR Ciencia, Pensamiento y Cultura*, 187(752): 1077-1089. DOI: 10.3989/arbor.2011.752n6005
- FERNÁNDEZ LAMARRA, Norberto y COPPOLA, Natalia (2008). La evaluación de la docencia universitaria en Argentina. Situación, problemas y perspectivas. *Revista Iberoamericana de Evaluación Educativa*, 1(3): 96-123.
- FOUCAULT, Michel (2012). *Nacimiento de la biopolítica*. Buenos Aires: FCE.
- FRESSOLI, Mariano y THOMAS, Hernán (2008). Antes y después de Dolly. Trayectoria de la clonación de mamíferos en Argentina y Brasil (1985-2004). Trabajo presentado en *VII Jornada Latinoamericana de Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología (ESOCITE)*, Universidade Federal de Rio de Janeiro. Recuperado de: www.necso.ufrj.br/esocite2008/trabalhos/35949.doc
- FREYTES, Carlos y O'FARRELL, Juan (2017). Conflictos distributivos en la agricultura de exportación en la Argentina reciente (2003-2015). *Desarrollo económico*, 57(221): 181-196.
- FUMAGALLI, Andrea (2010). *Bioeconomía y capitalismo cognitivo*. Madrid: Traficantes de Sueños.
- FUNTOWICZ, Silvio (2020), en Ministerio de Ciencia y Tecnología (3 de diciembre de 2020). *Ciencia Posnormal en acción* [video]. Youtube. https://www.youtube.com/watch?v=I_1nW_wwP2Y Consultado el 08/09/2021.
- FUNTOWICZ, Silvio y RAVETZ, Jerome (1993). *La ciencia posnormal. Ciencia con la gente*. Buenos Aires: Centro Editor de América Latina.
- GARCÍA DE FANELLI, Ana y MOGUILLANSKY, Marina (2014). La docencia universitaria en Argentina Obstáculos en la carrera académica. *Education Policy Analysis Archives / Archivos Analíticos de Políticas Educativas*, 22(47): 1-18.
- GENOVESI, Mariano y BASSO, Santiago (2016). *Documento de diagnóstico: Propiedad intelectual y biotecnología*. Buenos Aires: Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva.

- GERCHUNOFF, Pablo (2006). Requiem para el stop and go... ¿Requiem para el stop and go? Trabajo presentado en el seminario *Una Estrategia de Desarrollo para la Argentina*, EPFUNSAM y GESE-IAE-Universidad Austral.
- GERCHUNOFF, Pablo y LLACH, Lucas (2005). *El ciclo de la ilusión y el desencanto. Un siglo de políticas económicas argentinas*. Buenos Aires: Ariel.
- GIDDENS, Anthony (2004). *Consecuencias de la modernidad*. Madrid: Alianza.
- GLICK, Thomas (1996). Science in twentieth century Latin America, en BETHELL, Leslie (Ed.). *Ideas and ideologies in twentieth century Latin America*. Estados Unidos: Cambridge University Press.
- GODIN, Benoît (2006). The Linear Model of Innovation: The Historical Construction of an Analytical Framework. *Science, Technology, & Human Values*, 31(6): 639-667. DOI: 10.1177/0162243906291865
- GONZÁLEZ, Roberto (2011). Biotecnología, Historia y Desarrollo: Situación Actual en Nicaragua. *II Congreso Multidisciplinario e Internacional de Agrobiotecnología*.
- GRAS, Carla y HERNÁNDEZ, Valeria (2009). El fenómeno sojero en perspectiva: dimensiones productivas, sociales y simbólicas de la globalización agrorural en la Argentina, en GRAS, Carla y HERNÁNDEZ, Valeria (Coord.): *La Argentina rural: De la agricultura familiar a los agronegocios*. Buenos Aires: Biblos.
- GRAS, Carla y HERNANDEZ, Valeria (2016). Hegemony, Technological Innovation and Corporate Identities: 50 Years of Agricultural Revolutions in Argentina. *Journal of Agrarian Change*, 16(4): 675-683. DOI: 10.1111/joac.12162
- GRAU LÓPEZ, Jaume (2014). Convenio sobre la Diversidad Biológica: la última oportunidad de evitar la tragedia, acorralada. *Ecología Política*, (46): 25-35.
- GROBSTEIN, Clifford (1977). Debate sobre el ADN recombinante. *Investigación y ciencia*, (12): 6-19.
- GUTMAN, Graciela y LAVARELLO, Pablo (2014a). Biopharmaceuticals and firm organisation in Argentina: opportunities and challenges. *International Journal of Technology and Globalisation*, 7(3):159-178. DOI: 10.1504/IJTG.2014.064740

- GUTMAN, Graciela y LAVARELLO, Pablo (2014b). *Biotecnología industrial en Argentina: estrategias empresariales frente al nuevo paradigma*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Gran Aldea Editores.
- GUTMAN, Graciela; LAVARELLO, Pablo y CAJAL GROSSI, Julia (2006). La biotecnología y las industrias de ingredientes alimentarios en Argentina. *Journal of Technology Management & Innovation*, 1(3): 121-130.
- HABERMAS, Jürgen (1997). *Ciencia y técnica como "ideología"*. Madrid: Tecnos.
- HABERMAS, Jürgen (2001). *The Postnational Constellation. Political Essays*. Cambridge: MIT Press.
- HABERMAS, Jürgen (2002). *El futuro de la naturaleza humana ¿hacia una eugenesia liberal?*. España: Paidós.
- HAGSTROM, Warren (1975). *The Scientific Community*. Nueva York: Basic Books.
- HAMBURGER, David (2019). Comparative Analysis: The Regulation of Plants Derived from Genome Editing in Argentina, Australia, Canada, the European Union, Japan and the United States, en DEDERER, Hans-Georg y HAMBURGER, David (Eds): *Regulation of Genome Editing in Plant Biotechnology A Comparative Analysis of Regulatory Frameworks of Selected Countries and the EU*. Suiza: Springer Nature.
- HEREDIA, Mariana (2015). *Cuando los economistas alcanzaron el poder (o cómo se gestó la confianza en los expertos)*. Buenos Aires: Siglo XXI.
- HERNÁNDEZ, Valeria (2005). Agenda para una antropología del conocimiento en el mundo contemporáneo, en HERNÁNDEZ, Valeria; HIDALGO, Cecilia y STAGNARO, Adriana (comps.): *Etnografías globalizadas*. Buenos Aires: Sociedad Argentina de Antropología.
- HERNANDEZ, Valeria (2007). El fenómeno económico y cultural del boom de la soja y el empresariado innovador. *Desarrollo Económico*, 47(187): 331-365.
- HERNÁNDEZ, Valeria; FOSSA RIGLOS, María Florencia y MUZI, María Eugenia (2013). Agrociudades pampeanas: Usos del territorio, en GRAS, Carla y HERNÁNDEZ, Valeria (Coord): *El agro como negocio: producción, sociedad y territorios en la globalización*. Buenos Aires: Biblos.
- HILGARTNER, Stephen y BOSK, Charles (1988). The Rise and Fall of Social Problems: A Public Arenas Model. *American Journal of Sociology*, 94(1): 53-78.

- HOLLIMAN, Richard (2004). Media coverage of cloning: a study of media content, production and reception. *Public Understanding of Science*, (13): 107-130. DOI: 10.1177/0963662504043862
- HORA, Roy (2018). *¿Cómo pensaron el campo los argentinos? Y cómo pensarlo hoy, cuando ese campo ya no existe*. Buenos Aires: Siglo XXI.
- HURTADO, Diego (2010). *La ciencia argentina. Un proyecto inconcluso: 1930-2000*. Buenos Aires: Edhasa.
- HURTADO, Diego y BUSALA, Analía (2006). De la “movilización industrial” a la “Argentina científica”: la organización de la ciencia durante el peronismo (1946-1955). *Revista Da SBHC*, 4(1): 17-33.
- HURTADO, Diego y FELD, Adriana (2010). La revista Mundo Atómico y la “nueva Argentina científica”, en PANELLA, Claudio y KORN, Guillermo (eds.): *Ideas y debates para la Nueva Argentina. Revistas culturales y políticas del peronismo (1946-1955)*. La Plata: Editorial de la Universidad Nacional de La Plata.
- HUXFORD, John (2000). Framing the Future: science fiction frames and the press coverage of cloning. *Continuum: Journal of Media & Cultural Studies*, 14(2), 187-199. DOI: 10.1080/713657706
- IRIARTE, Claudio y SCALISE, Sergio (2008). Perón y la ciencia (el CONITYC, primera experiencia de planeamiento de estructuras científicas y tecnológicas del estado argentino), en *I Congreso de Estudios sobre el Peronismo*. Mar del Plata, 6-7 de noviembre. Consultado en línea el 17/08/2020. Disponible en: <https://bit.ly/3BLkRNH>
- ISHINO, Yoshizumi; KRUPOVIC, Mart y FORTERREA, Patrick (2018). History of CRISPR-Cas from Encounter with a Mysterious Repeated Sequence to Genome Editing Technology. *Journal of Bacteriology*, 200 (7). DOI: 10.1128/JB.00580-17
- ISHINO, Yoshizumi; SHINAGAWA, Hideo; MAKINO, Kozo; AMEMURA, Mitsuko y NAKATA, Atsuo (1987). Nucleotide sequence of the iap gene, responsible for alkaline phosphatase isozyme conversion in Escherichia coli, and identification of the gene product. *Journal of Bacteriology*, 169 (12): 5429-5433. DOI: 10.1128/jb.169.12.5429-5433.1987

- JAIT, Alelí y DÍAZ, Sergio (2013). Cyborgización y virtualización: problemas de lectura para las artes vivas. *Ciencias Sociales*, (83), 12-15.
- JENSEN, Eric (2014). *The Therapeutic Cloning Debate: Global Science and Journalism in the Public Sphere*. Reino Unido: Ashgate Publishing.
- JIANG, Lijing y STEVENS, Hallam (2015) Chinese biotech versus international ethics? Accounting for the China–America CRISPR ethical divide. *BioSocieties*, 10: 483-488. DOI: 10.1057/biosoc.2015.34
- JOHNSON, Björn y LUNDVALL, Bengt-Åke (1994). Sistemas Nacionales de Innovación y Aprendizaje Institucional. *Comercio Exterior*, 44(8), 695-704.
- JUEZ PÉREZ, Miriam (2016). Aspectos jurídicos y éticos de la edición genética de embriones humanos a través de la técnica CRISPR. *XXIII Congreso Nacional de Derecho Sanitario*. Madrid, 20-22 de octubre. Consultado en línea el 24/05/2020. Disponible en: <https://bit.ly/3yQaGWu>
- KLEICHE-DRAY, Mina y VILLAVICENCIO, Daniel (coords.) (2014). *Cooperación, colaboración científica y movilidad internacional en América*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: CLACSO.
- KLEIDERMAN, Erika y OGBOGU, Ubaka (2019). Realigning gene editing with clinical research ethics: What the “CRISPR Twins” debacle means for Chinese and international research ethics governance. *Accountability in Research*, 26(4): 257-264. DOI: 10.1080/08989621.2019.1617138
- KLUG, Aaron (1968). Rosalind Franklin and the Discovery of the Structure of DNA. *Nature*, 219(5156), 808-810. DOI: 10.1038/219808a0
- KOLATA, Gina (1998). *Hello, Dolly. El nacimiento del primer clon*. Buenos Aires: Planeta.
- KREIMER, Pablo (2006). ¿DEPENDIENTES O INTEGRADOS? La ciencia latinoamericana y la nueva división internacional del trabajo. *Nómadas*, (24): 199-212.
- KREIMER, Pablo (2010a). *Ciencia y periferia. Nacimiento, muerte y resurrección de la biología molecular en la Argentina*. Buenos Aires: Eudeba.
- KREIMER, Pablo (2010b). Internacionalización de la ciencia argentina: dimensiones internacionales y relaciones centro-periferia, en LUGONES, Gustavo y FLORES, Jorge (Comp.): *Intérpretes e interpretaciones de la Argentina en el Bicentenario*. Bernal: Universidad Nacional de Quilmes.

- KREIMER, Pablo y FELD, Adriana (2019). Scientific Co-operation and Centre-Periphery Relations. Attitudes and Interests of European and Latin American scientists. *Tapuya: Latin American Science, Technology and Society*, 2(1): 149-175. DOI: 10.1080/25729861.2019.1636620
- KREIMER, Pablo y THOMAS, Hernán (2004). Un poco de reflexividad o ¿de dónde venimos? Estudios sociales de la ciencia y la tecnología en América Latina, en KREIMER, Pablo; THOMAS, Hernán; ROSSINI, Pablo y LALOUF, Alberto (Eds.): *Producción y uso social de conocimiento. Estudios de sociología de la ciencia y la tecnología en América Latina*. Bernal: Universidad Nacional de Quilmes.
- KUZMA, Jennifer (2018). Regulating Gene-Edited Crops. *Issues in Science and Technology*, XXXV(1): 80-85.
- LACHMAN, Jeremías; BISANG, Roberto; DE OBSCHATKO, Edith y TRIGO, Eduardo (2020). *Bioeconomía: una estrategia de desarrollo para la Argentina del siglo XXI*. Argentina: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).
- LAMPREA BERMÚDEZ, Natalia y LIZARAZO-CORTÉS, Óscar (2016). Técnica de edición de genes CRISPR/Cas9. Retos jurídicos para su regulación y uso en Colombia. *Revista La Propiedad Inmaterial*, (21): 79-110. DOI: 10.18601/16571959.n21.04
- LANDER, Eric (2015). Brave New Genome. *The New England Journal of Medicine*, 373(1): 5-8. DOI: 10.1056/NEJMp1506446
- LAPEGNA, Pablo (2019). *La argentina transgénica. De la resistencia a la adaptación, una etnografía de las poblaciones campesinas*. Buenos Aires: Siglo XXI.
- LARRIÓN CARTUJO, José (2013). Erradicar el hambre con biotecnología. Promesas, inquietudes y nuevos desafíos en un mundo globalizado. *Aposta Revista de Ciencias Sociales*, (59): 1-35.
- LATOUR, Bruno (2008). *Reensamblar lo social. Una introducción a la teoría del actor-red*. Buenos Aires: Manantial.
- LAVARELLO, Pablo (2018). Financierización, promesas (latentes) de la biotecnología y nuevas barreras a la entrada: Algunas lecciones para los países semi-industrializados. *Revista Estado y Políticas Públicas*, (10): 61-79.

- LAVARELLO, Pablo; GOLDSTEIN, Evelyn y PITA, Juan José (2017). Sustitución de Importaciones en la Industria Biofarmacéutica Argentina: Una Estrategia con Blanco Móvil. *Journal of Technology Management & Innovation*, 12(1): 84-92. DOI: 10.4067/S0718-27242017000100009
- LAVARELLO, Pablo; GUTMAN, Graciela y SZTULWARK, Sebastián (2018). *Explorando el camino de la imitación creativa: La industria biofarmacéutica argentina en los 2000*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: PuntoLibro.
- LAVARELLO, Pablo; MINERVINI, Mariana y ROBERT, Verónica (2017). De la transferencia de tecnología al desarrollo de clusters de ciencia y tecnología. El caso de la Universidad Nacional de San Martín en Argentina. *Revista Brasileira de Inovação*, 16: 299-324.
- LEBERT, Didier y VERCELLONE, Carlo (2006). El rol del conocimiento en la dinámica de largo plazo del capitalismo: la hipótesis del capitalismo cognitivo, en VERCELLONE, Carlo (2011): *Capitalismo cognitivo. Renta, saber y valor en la época posfordista*. Buenos Aires: Prometeo.
- LEMA, Martín (2019). Regulatory aspects of gene editing in Argentina. *Transgenic Research*, (28): 147-150. DOI: 10.1007/s11248-019-00145-2
- LENGYEL, Miguel (Coord.) (2014). *Asociatividad para la innovación con alto impacto sectorial: congruencia de objetivos entre las áreas programática y operativa de los Fondos Sectoriales*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: CIECTI.
- LIANG, Puping; XU, Yanwen; ZHANG, Xiya, DING, Chenhui; HUANG, Rui; ZHANG, Zhen; LV, Jie; XIE, Xiaowei; CHEN, Yuxi; LI, Yujing; SUN, Ying; BAI, Yaofu; SONGYANG, Zhou; MA, Wenbin; ZHOU, Canquan y HUANG, Junjiu (2015). CRISPR/Cas9-mediated gene editing in human triprounuclear zygotes. *Protein Cell*, 6(5): 363-372. DOI: 10.1007/s13238-015-0153-5
- LIAUDAT, María Dolores; LÓPEZ CASTRO, Natalia y MORENO, Manuela (2021). Agroquímicos, discursos y actores agropecuarios en la pampa argentina. Un estudio a través de grupos focales en Junín (Buenos Aires). *La Rivada*, 9(16): 149-176.
- LODISH, Harvey; BERK, Arnold; KAISER, Chris; KRIEGER, Monty; BRETSCHER, Anthony; PLOEGH, Hidde; AMON, Angelika y MARTIN,

- Kesley (2016). *Molecular cell biology*. Octava edición. Nueva York: Macmillan Learning.
- LÓPEZ, Andrés (2002). Industrialización sustitutiva de importaciones y sistema nacional de innovación: un análisis del caso argentino. *Redes*, 10(19): 43-85.
- LÓPEZ, María Paz (2016). Políticas públicas e internacionalización de la ciencia y la tecnología en Argentina (2003-2015). *Revista Temas y Debates*, (31): 65-79.
- LÓPEZ MORALES, Adrián (2018). *La patente biotecnológica: una mirada jurídica al futuro*. Tesis de maestría. Madrid: Universidad Internacional de La Rioja.
- LÓPEZ RAMÍREZ, Oscar (1998). El paradigma de la complejidad en Edgar Morin. *NOOS: Revista del Departamento de Ciencias*, (7): 98-115.
- LORAY, Romina (2016). *La Política Científica, Tecnológica e Innovación de Argentina: Una lectura a partir de la implementación del Fondo Argentino Sectorial en 2009*. Tesis de maestría. Buenos Aires: UNQ.
- LOVE, Joseph (1996). Economic ideas and ideologies in Latin America since 1930, en BETHELL, Leslie (Ed.). *Ideas and ideologies in twentieth century Latin America*. Estados Unidos: Cambridge University Press.
- LUNA, Florencia (2019). Edición genética y responsabilidad. *Revista de Bioética y Derecho*, (47): 43-54. DOI: 10.1344/rbd2019.0.28604
- LUNDVALL, Bengt-Åke (2007). National innovation systems-analytical concept and development tool. *Industry and innovation* 14(1): 95-119. DOI: 10.1080/13662710601130863
- LUNDVALL, Bengt-Åke (2009). *Sistemas Nacionales de Innovación. Hacia una teoría de la innovación y el aprendizaje por interacción*. San Martín: UNSAM Edita.
- MADOERY, Oscar (2017). *Los desarrollos latinoamericanos y sus controversias*. Ushuaia: Universidad Nacional de Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur (UNTDF).
- MARCHANT, Gary y ALLENBY, Brad (2017). Soft law: New tools for governing emerging technologies. *Bulletin of the Atomic Scientists*. DOI: 10.1080/00963402.2017.1288447
- MARKS, Leonie; KALAITZANDONAKES, Nicholas; WILKINS, Lee y ZAKHAROVA, Ludmila (2007). Mass media framing of biotechnology news. *Public Understanding of Science*, 16(2): 183-203.

- MARTÍNEZ, Stella Maris (2003). Aprendiendo de un incidente olvidado: El episodio de Azul. *Revista Médica de Rosario*, 69(3): 49-52.
- MASSARA, Gisela (2013). Arte y nuevas tecnologías, lo experimental en el bioarte. *Cuadernos del Centro de Estudios en Diseño y Comunicación*, (45), 27-37.
- MATHARAN, Gabriel (2016). La dinámica centro–periferia en el estudio de la ciencia en América Latina: notas para una reflexión historiográfica sobre la Argentina. *El hilo de la fábula. Revista anual del Centro de Estudios Comparados* (16), 33-47. DOI: 10.14409/hf.v0i16.6279
- MAXMEN, Amy (2017). Gene-edited animals face US regulatory crackdown. *Nature News*, 19 de enero de 2017. DOI: 10.1038/nature.2017.21331
- MAYER, Mariano (2017). Editorial, en *Capital Emprendedor*. Ministerio de Producción, Presidencia de la Nación.
- MAZZUCATO, Mariana (2019). *El estado emprendedor*. RBA: Barcelona.
- MEDINA, Edith (2007). Bioarte: una nueva fórmula de expresión artística. *Revista Digital Universitaria*, 8(1).
- MERLINSKY, Gabriela (2013a)(Comp.). *Cartografías del conflicto ambiental en Argentina*. CLACSO/CICCUS: Buenos Aires.
- MERLINSKY, Gabriela (2013b). La espiral del conflicto. Una propuesta metodológica para realizar estudios de caso en el análisis de conflictos ambientales, en MERLINSKY, Gabriela (Comp.): *Cartografías del conflicto ambiental en Argentina*. CLACSO/CICCUS: Buenos Aires.
- MERLINSKY, Gabriela (2021). *Toda ecología es política. Las luchas por el derecho al ambiente en busca de alternativas de mundos*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Siglo XXI.
- MÍGUEZ, Pablo (2013). Del General Intellect a las tesis del “capitalismo cognitivo”: aportes para el estudio del capitalismo del siglo XXI. *Bajo el Volcán*, 13(21): 27-57.
- MÖHLE, Elisabeth y SCHTEINGART, Daniel (2021a). Diez ideas para construir un desarrollismo ambientalista, en KERN, Alejandra; SOSA, Nahuel; ESCRIBAL, Federico y PATROUILLEAU, Mercedes (Comps.): *Libro abierto del Futuro*. Presidencia de la Nación.
- MÖHLE, Elisabeth y SCHTEINGART, Daniel (2021b). Hacia un ecodesarrollismo latinoamericano. *Nueva Sociedad*, (295): 42-56.

- MONTENEGRO, Maywa (2016). Opinion: CRISPR is coming to agriculture — with big implications for food, farmers, consumers and nature. *Ensia*, University of Minnesota. Consultado el 19/05/2021 en <https://bit.ly/2X12JAH>.
- MONTENEGRO DE WIT, Maywa (2019). Gene driving the farm: who decides, who owns, and who benefits? *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 43(9): 1054-1074. DOI: 10.1080/21683565.2019.1591566
- MORENO MUÑOZ, Miguel (1996). *El debate sobre las implicaciones científicas, éticas y legales del Proyecto Genoma Humano. Aportaciones epistemológicas*. Tesis de doctorado. España: Universidad de Granada.
- MUCCI, Nicolás (2018). Producción animal y su alcance en salud humana. Ponencia presentada en *Todo lo que querías saber sobre edición génica y no te animabas a preguntar*, Centro Cultural de la Ciencia, Buenos Aires, 04 de diciembre.
- MUCCI, Nicolás; MUTTO, Adrián y KAISER, Germán (2011). El primer bovino bitransgénico del mundo. *RIA. Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 37(2): 112-117.
- MUNICOY, Mariano y GODOY LUQUE, Manuel (2019). Patentes de Invención en Biotecnología y la gestión de innovación en Argentina: casos de transferencia ciega de conocimiento. *I Congreso Internacional de Ingeniería Aplicada a la Innovación y Educación y Asamblea General de ISTEAC 2019*, Ciudad de Córdoba, 20 a 22 de noviembre: 328-338. Consultado en: <https://bit.ly/3kDYK58>
- NATURE (2017). Gene editing in legal limbo in Europe. *Nature*, 542(392). DOI: 10.1038/542392a
- NELSON, Richard (1993). *National Innovation Systems: a Comparative Study*. Nueva York: Oxford University Press.
- NOUGUÉS, Tomás (2020). Entre la deuda y la inclusión social. Un análisis de la financiarización de la política asistencial argentina (1983-2019). *Diálogos*, 21(2): 109-139. DOI: 10.15517/dre.v21i2.39511
- NOUGUÉS, Tomás y SALERNO, Agustín (2022). El Estado micro-emprendedor. El onegeismo, la vocación de ayuda y el espíritu emprendedor en la gestión de Cambiemos de la Secretaría de Economía Social de la Nación. *Astrolabio*, (28): 250-275.

- ORSI, Fabienne y CORIAT, Benjamin (2018). 8.5. Droits de propriété intellectuelle, marchés financiers et innovation: Une configuration soutenable?, en BOYER, Robert (Ed.): *La Théorie de la Régulation au fil du temps: Suivre l'évolution d'un paradigme au gré des transformations des capitalismes contemporains*. Éditions des maisons des sciences de l'homme associées. Extraído de <http://books.openedition.org/emsha/350>
- OSZLAK, Oscar (2000). El mito del Estado mínimo: una década de reforma estatal en la Argentina. Trabajo presentado en el *IV Congreso Internacional del CLAD sobre Reforma del Estado y en la Administración Pública*, Santo Domingo.
- OSZLAK, Oscar y O'DONNELL, Guillermo (1995). Estado y políticas estatales en América Latina: hacia una estrategia de investigación. *Redes*, 2(4): 99-128.
- OTTAVIANO, Mercedes; DOMINGO SÁNCHEZ, Florencia; PORTILLO, Lucila; GALVÁN, Mayra y SENRA, Narella (2021). *Sectores productivos: relevancia y proyección*. Red Internacional de Educación para el Trabajo (RIET). Consultado el 03/01/2021 en <https://bit.ly/3JDsUkI>
- PALLITTO, Nahuel y FOLGUERA, Guillermo (2020). Una alarma nada excepcional: CRISPR/Cas9 y la edición de la línea germinal en seres humanos. *Bioethics Update*. DOI: 10.1016/j.bioet.2019.12.002
- PEIRANO, Fernando (2011). El FONTAR y la promoción de la innovación en empresas entre 2006 y 2010, en PORTA, Fernando y LUGONES, Gustavo (dirs.): *Investigación científica e innovación tecnológica en Argentina. Impacto de los fondos de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica*. Bernal: Universidad Nacional de Quilmes.
- PEIRE, Matías (s/f). *El desafío de crear empresas de base científica*. Mimeo.
- PELLEGRINI, Pablo (2013). Del campo al laboratorio: la institucionalización de la biología molecular en Argentina. *Scientiae Studia*, 11(3): 531-556. DOI: 10.1590/S1678-31662013000300005
- PELLEGRINI, Pablo (2014). *Transgénicos: ciencia, agricultura y controversias en la Argentina*. Bernal: Universidad Nacional de Quilmes.
- PELLEGRINI, Pablo (2019). *La verdad fragmentada: Conflictos y certezas en el conocimiento*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Editorial Argonauta.

- PEÑA, Ignacio (2021). *Tecnolatinas 2021: the LAC startup ecosystem comes of age*. Banco Interamericano de Desarrollo. Consultado el 07/09/2021 en <https://bit.ly/3DVRp9P>
- PEÑA RAMÍREZ, Yuri (2014). Edición de genomas con nucleasas sitio dirigidas. Presentado en *Ciclo de conferencias sobre nuevos métodos de modificación genética*, CIBIOGEM, México, Agosto.
- PERELMUTER, Tamara (2017). Ley de semillas en Argentina: avatares de una reforma que (aún) no fue. *Revista Interdisciplinaria de Estudios Agrarios*, (47): 75-110.
- PEREYRA, Elsa (2018). La burocracia nacional en el campo de la ciencia y la tecnología: Continuidad y especialización. Ponencia presentada en el *XIII Congreso Nacional y VI Internacional sobre democracia*, Universidad Nacional de Rosario, 11, 12 y 13 de septiembre.
- PÉREZ, Carlota (2010). Technological revolutions and techno-economic paradigms. *Cambridge Journal of Economics*, 34(1): 185-202. DOI: 10.1093/cje/bep05
- PÉREZ ALMANZI, Bruno (2016). Política científica y tecnológica en la posconvertibilidad (2002-2010). *Realidad Económica*, (306): 130-154.
- PETRACCA, Yanina; VAN EENENNAAM, Alison Louise y LEMA, Martín (2016) Gene Editing: Do not forget about Animal Agriculture. *Journal of Advanced Research in Biotechnology*, 1(1). DOI: 10.15226/2475-4714/1/3/00109
- PINCH, Trevor y BIJKER, Wiebe (1984). La construcción social de hechos y artefactos: o acerca de cómo la sociología de la ciencia y la tecnología pueden beneficiarse mutuamente, en THOMAS, Hernán y BUCH, Alfonso (Coords.) (2013). *Actos, actores y artefactos. Sociología de la Tecnología*. Bernal: Universidad Nacional de Quilmes.
- POLCZ, Sarah y LEWIS, Anna (2016). CRISPR-Cas9 and the non-germline non-controversy. *Journal of Law and the Biosciences*, 3(2): 1-13. DOI: 10.1093/jlb/lsw016
- POTH, Carla (2013). Reconstruyendo la institucionalidad del modelo biotecnológico agrario. Un enfoque sobre la Comisión Nacional de Biotecnología Agropecuaria, en GRAS, Carla y HERNÁNDEZ, Valeria (Coords.): *El agro como negocio: producción, sociedad y territorios en la globalización*. Buenos Aires: Biblos.

- PUGLIA, María de las Nieves (2021). *Sexo y semillas: una sociología sobre mercancías disputadas en Argentina (2011-2019)*. Tesis de doctorado. Buenos Aires. IDAES-UNSAM.
- RABINOVICH, Gabriel y GEFNER, Javier (2021). Facing up to the COVID-19 pandemic in Argentina. *Nature Immunology*, 22: 264-265. DOI: 10.1038/s41590-021-00873-w
- RAPOPORT, Mario (2003). *Historia económica, política y social de la Argentina (1880-2000)*. Buenos Aires: Ediciones Macchi.
- RAPOPORT, Mario (2011). Una revisión histórica de la inflación argentina y de sus causas”, en VÁZQUEZ BLANCO, Juan Manuel y FRANCHINA, Santiago (Comp.): *Aportes de la Economía Política en el Bicentenario*. Buenos Aires: Prometeo: 135-165.
- REBORATTI, Carlos (2012). Socio-environmental Conflict in Argentina. *Journal of Latin American Geography*, 11(2): 3-20. DOI: 10.1353/lag.2012.0033
- RIBEIRO, Jackson Silva (2021). *O BRICS E SEU LUGAR NA GOVERNANÇA GLOBAL: Análise de suas instituições financeiras de uma perspectiva brasileira*. Tesis de maestría. San Pablo: Universidade Federal do ABC.
- RIES, Eric (2011). *The Lean Startup. How Today's Entrepreneurs Use Continuous Innovation to Create Radically Successful Businesses*. Estados Unidos: Crown Business.
- ROCHA, Pedro y VILLALOBOS, Victor (Coords.) (2012). *Estudio comparativo entre el cultivo de soja genéticamente modificada y el convencional en Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay*. Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).
- RODRÍGUEZ, Eduardo (2016). Ethical Issues in Genome Editing using Crispr/Cas9 System. *Journal of Clinical Research & Bioethics*, 7(2). DOI: 10.4172/2155-9627.1000266
- ROIG, Alexandre (2008). El desarrollo como conflicto institucionalizado. *Realidad Económica*, (237): 80-92.
- ROMERO, Fernando Gabriel (2014). Los agroquímicos: concentración y dependencia en la Argentina (1976-2014). *Revista Interdisciplinaria de Estudios Agrarios*, (41): 59-101.

- ROSSO GROSSMAN, Margaret (2019). Genetic Engineering in the United States: Regulation of Crops and Their Food Products, en DEDERER, Hans-Georg y HAMBURGER, David (Eds.): *Regulation of Genome Editing in Plant Biotechnology A Comparative Analysis of Regulatory Frameworks of Selected Countries and the EU*. Suiza: Springer.
- RUSSO, Luciano Ángel y CHARA, Ana Laura (2018). Comercio Chino-Argentino: Un análisis de la composición de la canasta exportadora/importadora. *XIII Jornadas de Investigación FCE/UNL*, 25 y 26 de octubre de 2018.
- SABATO, Jorge y BOTANA, Natalio (2011). La ciencia y la tecnología en el desarrollo futuro de América Latina, en SABATO, Jorge (comp.): *El pensamiento latinoamericano en la problemática ciencia-tecnología-desarrollo-dependencia*. Buenos Aires: Ediciones Biblioteca Nacional.
- SAID, Edward (2004). *Orientalismo*. Buenos Aires: Libertarias.
- SALOMON, Jean-Jacques (1997). La ciencia y la tecnología modernas, en SALOMON, Jean-Jacques; SAGASTI, Francisco y SACHS, Céline (comps.): *La búsqueda incierta: Ciencia, tecnología, desarrollo*. México: Fondo de Cultura Económica.
- SANTALÓ PEDRO, Josep (2017). Edición genómica. La hora de la reflexión. *Revista de Bioética y Derecho*, (40): 157-165.
- SANTARCÁNGELO, Juan (2017). La reforma financiera de 1977 como pilar del endeudamiento externo. *Voces en el Fénix*, (64): 112-119.
- SCHMUCLER, Héctor (2001). La industria de lo humano. *Artefacto. Pensamientos sobre la Técnica*, (4).
- SCHTEINGART, Daniel (2016). Estructura productivo-tecnológica, inserción internacional y desarrollo: hacia una tipología de senderos nacionales de desarrollo. *Desarrollo económico. Revista de Ciencias Sociales*, 56(218), 131-157.
- SCHTEINGART, Daniel y COATZ, Diego (2015). ¿Qué modelo de desarrollo para la Argentina? *Techint; Boletín Informativo*; (349): 49-88.
- SERENI, Cristina y BURTON, Bárbara (2020). Acercamiento crítico a la pregunta por la emocionalidad en el emprendedurismo high-tech: ¿una gestión tecnicista? *Pensando – Revista de Filosofía*, 11(23): 79-90.

- SERFATI, Claude (2003). Le capitalisme financier au coeur des rapports de production contemporains, en VERCELLONE, Carlo (ed.): *Sommes-nous sortis du capitalisme industriel?* Paris: La dispute.
- SHERKOW, Jacob (2018). The CRISPR patent landscape: past present, and future. *The CRISPR Journal*, 1(1): 1-5. DOI: 10.1089/crispr.2017.0013
- SIBILIA, Paula (2013). *El hombre postorgánico. Cuerpo, subjetividad y tecnologías digitales*. Buenos Aires: FCE.
- SINGH, Vijai; BRADDICK, Darren y DHAR, Pawan (2016). Exploring the potential of genome editing CRISPR-Cas9 technology. *Gene*, (599). DOI: 10.1016/j.gene.2016.11.008
- SKILL, Karin y GRINBERG, Ezequiel (2013). Controversias sociotécnicas en torno a las fumigaciones con glifosato en Argentina. Una mirada desde la construcción social del riesgo, en MERLINSKY, Gabriela (Comp.), *Cartografías del conflicto ambiental en Argentina*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Fundación CICCUS.
- SOUZA CASADINHO, Javier (2009). La problemática del uso de plaguicidas en Argentina. Modelos productivos e impacto en el ambiente. *XXVII Congreso de la Asociación Latinoamericana de Sociología. VIII Jornadas de Sociología de la Universidad de Buenos Aires*. Buenos Aires: Asociación Latinoamericana de Sociología. Recuperado de: <https://www.aacademica.org/000-062/354>
- SOUZA CASADINHO, Javier (2019). *Informe sobre los Plaguicidas Altamente Peligrosos en Argentina*. Buenos Aires: Rapal e IPES.
- SPIVAK L'HOSTE, Ana y HUBERT, Matthieu (2012). Movilidad científica y reflexividad. De cómo los desplazamientos de los investigadores modelan modos de producir conocimientos. *Redes*, 18(34), 85-111.
- SPRINK, Thorben; ERIKSSON, Dennis; SCHIEMANN, Joachim. y HARTUNG, Frank (2016). Regulatory hurdles for genome editing: process- vs. product-based approaches in different regulatory contexts. *Plant Cell Report*, (35): 1493-1506. DOI: 10.1007/s00299-016-1990-2
- STEFANI, Fernando (2017). *Evolución del presupuesto del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (MINCYT), y de la función Ciencia y Técnica del presupuesto nacional*. Consultado el 23/03/2020 en <https://bit.ly/3zY4VqT>

- STEFANI, Fernando (2018). *Rol actual y futuro de la ciencia en la innovación industrial y el crecimiento económico en Argentina. Recomendaciones para impulsar crecimiento económico sustentable en el mundo actual*. Consultado el 21/03/2021 en <https://bit.ly/3jTpM9e>
- STRAUSS, Anselm y CORBIN, Juliet (2002). *Bases de la investigación cualitativa. Técnicas y procedimientos para desarrollar la teoría fundamentada*. Colombia: Editorial Universidad de Antioquia.
- SVAMPA, Maristella (2013). «Consenso de los Commodities» y lenguajes de valoración en América Latina. *Nueva Sociedad*, (244): 30-46.
- SVAMPA, Maristella y SOLA ALVAREZ, Marian (2010). Modelo minero, resistencias sociales y estilos de desarrollo: los marcos de la discusión en la Argentina. *ECUADOR Debate*, (79): 105-126.
- SZTULWARK, Sebastián (2020). La condición periférica en el nuevo capitalismo. *Problemas del Desarrollo. Revista Latinoamericana de Economía*, 51(200): 3-24. DOI: 10.22201/iiec.20078951e.2020.200.68283
- SZTULWARK, Sebastián y GIRARD, Melisa (2020). La edición génica y la estructura económica de la agrobiotecnología mundial. Una mirada desde los países adoptantes. *Revista CTS*, 15(44): 11-41.
- SZTULWARK, Sebastián y MÍGUEZ, Pablo (2012). Conocimiento y valorización en el nuevo capitalismo. *Realidad Económica*, (270): 11-32.
- TAMBORNINI, Ezequiel (2003). *Bioteología: la otra guerra*. Buenos Aires: FCE.
- THOMAS, Hernán; FRESSOLI, Mariano y GIANELLA, Carlos (2011). ¿Ventanas de oportunidad en biotecnología? Dinámicas de investigación y desarrollo en el Mercosur: el caso de la clonación animal (Brasil-Argentina, 1990-2005), en ROZENWURCEL, Guillermo; THOMAS, Hernán; BEZCHINSKY, Gabriel y GIANELLA, Carlos (comps.): *Tecnología + recursos naturales: innovación a escala Mercosur 2.0*. Recuperado de: <https://bit.ly/3zXWN9V>
- THOMAS, Hernán; SANTOS, Guillermo y FRESSOLI, Mariano (Comps.) (2013). *Innovar en Argentina. Seis trayectorias empresariales basadas en estrategias intensivas en conocimiento*. Carapachay: Lenguaje Claro Editora.
- TORRES MARTÍNEZ, Santiago y NAVARRO MARTÍNEZ, María del Mar (2016). Desafíos éticos y jurídicos de las técnicas de edición del genoma. *Ius et scientia*, 2 (2): 186-192.

- TUBIO, María Gabriela. (2019). *Debate sobre la toxicidad del herbicida Glifosato en Argentina. Análisis de un Diferendo*. Tesis de doctorado. Buenos Aires: UNQ. Recuperada de <http://ridaa.unq.edu.ar/handle/20.500.11807/1303>
- VACCAREZZA, Leonardo (2015). Incertidumbre, ambivalencia y confianza. Percepción social del riesgo de contaminación por agroquímicos. *Redes*, 21(40): 15-40.
- VACCAREZZA, Leonardo y ZABALA, Juan Pablo (2002). *La construcción de la utilidad social de la ciencia. Investigadores en Biotecnología frente al mercado*. Bernal: Universidad Nacional de Quilmes.
- VADELL, Javier (2019). La iniciativa BRICS y China: entre la emergencia y la irrelevancia. *Nova Economia*, 29(2): 401-428. DOI: 10.1590/0103-6351/5410
- VAN ZWANENBERG, Patrick; ELY, Adrian; SMITH, Adrian; CHUANBO, Chen; SHIJUN, Ding; FAZIO, María Eugenia y GOLDBERG, Laura (2011). Regulatory harmonization and agricultural biotechnology in Argentina and China: Critical assessment of state-centered and decentered approaches. *Regulation & Governance*, (5): 166-186. DOI: 10.1111/j.1748-5991.2010.01096.x
- VANOLI, Hernán y GALLIANO, Alejandro (2017). *Los dueños del futuro. Vida y obra, secretos y mentiras de los empresarios del siglo XXI*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Planeta.
- VARA, Ana María (2004). Transgénicos en Argentina: más allá del boom de la soja. *Revista CTS*, 1(3): 101-129.
- VARA, Ana María; PIAZ, Agustín y ARANCIBIA, Florencia (2012). Biotecnología agrícola y “sojización” en la Argentina: controversia pública, construcción de consenso y ampliación del marco regulatorio. *Política & Sociedade*, 11(20), 135-170.
- VARISCO, Humberto Javier (2014). *Patentabilidad de las invenciones biotecnológicas*. Consultado el 08/09/2021 en <https://bit.ly/3tqHTqa>
- VERCELLONE, Carlo (2003). *Sommes-nous sortis du capitalisme industriel?* Paris: La dispute.
- VERCELLONE, Carlo (2011). *Capitalismo cognitivo. Renta, saber y valor en la época posfordista*. Buenos Aires: Prometeo libros.

- VERRE, Vladimiro (2018). *Asociación ciencia-industria en I+D en el sector biofarmacéutico argentino: los beneficios para la parte pública y la difusión del conocimiento*. Tesis de doctorado. Buenos Aires: FLACSO.
- VERRE, Vladimiro; MILESI, Darío y PETELSKI, Natalia (2020). Cooperación ciencia-industria: ¿puede aprender también la parte pública? *Revista CTS*, 15(43): 11-33.
- VERSINO, Mariana (2000). Las incubadoras universitarias de empresas en la Argentina: reflexiones a partir de algunas experiencias recientes. *Redes*, 7(15): 151-181.
- VERSINO, Mariana y ROCA, Alejandra (2009). La política de ciencia y tecnología en la Argentina democrática. Análisis de los discursos de gestión (1983-2008). Trabajo presentado en el *XXVII Congreso de la Asociación Latinoamericana de Sociología*. Asociación Latinoamericana de Sociología. Buenos Aires.
- VERZEÑASSI, Damián (2014). Agroindustria, salud y soberanía. El modelo agrosojero y su impacto en nuestras vidas, en MELÓN, Daiana (coord.): *La Patria Sojera. El modelo agrosojero en el Cono Sur*. Buenos Aires: El Colectivo.
- VESSURI, Hebe (1996). La ciencia académica en América Latina en el siglo XX. *Redes*, 1(2), 41-76.
- VESSURI, Hebe (2007). *O inventamos o erramos. La ciencia como idea-fuerza en América Latina*. Bernal: Universidad Nacional de Quilmes.
- VOGEL, Gretchen (2015). Embryo engineering alarm. Researchers call for restraint in genome editing. *Science*, 347(6228): 1301. DOI: 10.1126/science.347.6228.1301
- WAGNER, Lucrecia (2016). Problemas ambientales y conflicto social en Argentina. Movimientos socioambientales en Mendoza. La defensa del agua y el rechazo a la megaminería en los inicios del Siglo XXI. Tesis de posgrado. Buenos Aires: UNQ. Recuperada de: <http://ridaa.unq.edu.ar/handle/20.500.11807/192>
- WAGNER, Lucrecia (2020). Movimiento ambiental (Argentina, 1980-2020), en *Diccionario del Agro Iberoamericano*. Buenos Aires: Teseo.
- WATSON, James y CRICK, Francis (1953). Molecular structure of nucleic acids; a structure for deoxyribose nucleic acid. *Nature* 171(4356): 737-738. DOI: 10.1038/171737a0

- WEINSTOCK, Ana Mariel (2006). No todo lo que (brilla) vale es oro. El caso del “No a la mina” de Esquel. *Argumentos*, (7): 1-22.
- WHELAN, Agustina y LEMA, Martín (2015). Regulatory framework for gene editing and other new breeding techniques (NBTs) in Argentina. *GM Crops & Food*, 6(4): 253-265. DOI: 10.1080/21645698.2015.1114698
- WHELAN, Agustina y LEMA, Martín (2017). *GM Crops & Food*, 8(1): 74-83. DOI: 10.1080/21645698.2016.1271856
- WHELAN, Agustina y LEMA, Martín (2019). Regulation of Genome Editing in Plant Biotechnology: Argentina, en DEDERER, Hans-Georg y HAMBURGER, David (eds.): *Regulation of Genome Editing in Plant Biotechnology A Comparative Analysis of Regulatory Frameworks of Selected Countries and the EU*. Suiza: Springer.
- WILMUT, Ian; SCHNIEKE, Angelika; MCWHIR, Jim; KIND, Alexander y CAMPBELL, Keith (1997). Viable offspring derived from fetal and adult mammalian cells. *Nature*, (385): 810-813. DOI: 10.1038/385810a0
- WINNER, Langdon (1980). Do artifacts have politics? *Daedalus*, 109(1): 121-136.
- WRIGHT, Susan (1997). Coping with Dolly: Scenes from the National Bioethics Advisory Commission. *Politics and the Life Sciences*, 16(2), 299-303.
- ZABALA, Juan Pablo (2004). La utilidad social de los conocimientos científicos como problema sociológico, en KREIMER, Pablo; THOMAS, Hernán; ROSSINI, Patricia y LALOUF, Alberto (eds.): *Producción y uso social de conocimiento. Estudios de sociología de la ciencia y la tecnología en América Latina*. Bernal: Universidad Nacional de Quilmes.
- ZEBALLOS, José Luis (2003). *Argentina: efectos sociosanitarios de la crisis 2001-2003*. Buenos Aires: Organización Panamericana de la Salud.
- ZHAI, Xiaomei; NG, Vincent y LIE Reidar (2016). No ethical divide between china and the west in human embryo research. *Developing World Bioethics*, 16(2):116-120. DOI: 10.1111/dewb.12108
- ZHANG, Di y LIE, Reidar (2018). Ethical issues in human germline gene editing: a perspective from China. *Monash Bioethics Review*, (36): 23-35. DOI: 10.1007/s40592-018-0091-0

FUENTES

Documentos e informes

- Agencia Argentina de Inversiones y Comercio Internacional (2020). Informe país China Agosto 2020. Consultado el 20/02/2022 en <https://bit.ly/3v3WM4T>
- ANPCyT (s/f). *Proyectos de Investigación Científica y Tecnológica Start UP (PICT Start Up)*. Consultado el 24/03/2020 en <https://bit.ly/3kZEATe>
- ANPCyT (2015). *Informe de Gestión 2014*. Consultado el 30/12/2020 en <https://bit.ly/2X6pHqg>
- ARCAP (2019). *Estudio de la industria de capital privado, emprendedor y semilla en Argentina 2016-2018*. Consultado el 04/11/2020 en <https://bit.ly/3jWKDbG>
- ARCAP (2020a). *1º SEMESTRE 2020. Estudio de la Industria de Capital Privado, Emprendedor y Semilla en Argentina*. Consultado el 06/11/2020 en <https://bit.ly/3DVAwfz>
- ARCAP (2020b). *El impacto del Capital Emprendedor como dinamizador de la Economía*. Enero. Consultado el 04/11/2020 en <https://bit.ly/3hccUJS>
- BANCO MUNDIAL (2021). *Panorama General*. Consultado el 03/01/2022 en <https://www.bancomundial.org/es/country/argentina/overview#1>
- CÁMARA ARGENTINO-CHINA (2022). *Agronegocios. «Alimentos para el mayor mercado del mundo»*. Recuperado de <https://bit.ly/3s6wtsN> el 21/02/2022.
- CARTA ABIERTA DE CIENTÍFICOS/AS ARGENTINOS/AS AL GOBIERNO NACIONAL SOBRE EL TRIGO TRANSGÉNICO (2020). Consultada el 21/09/2021 en <https://acortar.link/69KPi9>
- CECTE (2004). *Informe y recomendaciones sobre clonación humana*. Argentina.
- CEPXXI (2021). *El comercio exterior de Argentina: una radiografía de las exportaciones de bienes en el siglo XXI*. Centro de Estudios para la Producción del Ministerio de Desarrollo Productivo. Recuperado de <https://bit.ly/3sPES2Y>
- CLINTON, William (1997a) Letter to National Bioethics Advisory Commission Chair Harold Shapiro on Cloning Technology Issues, en *The American Presidency Project*, 24 de febrero. Consultado el 27/03/2019 en <https://bit.ly/3tr3aA3>

- CLINTON, William (1997b). Memorandum on the Prohibition on Federal Funding for Cloning of Human Beings, en *The American Presidency Project*, 4 de marzo. Consultado el 27/03/2019 en <https://bit.ly/3zVm7gM>
- CLINTON, William (1997c). Remarks Announcing the Prohibition on Federal Funding for Cloning of Human Beings and an Exchange With Reporters, en *The American Presidency Project*, 4 de marzo. Consultado el 27/03/2019 en <https://bit.ly/3DWPRfH>
- CONEAU (2020) *Guía de posgrados acreditados: edición 2020*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: CONEAU.
- CONICET (2019). *Criterios de evaluación para el concurso de ingresos a la C.I.C.YT. 2019 - Convocatoria General*.
- DECLARACIÓN INTERNACIONAL SOBRE APLICACIONES AGRÍCOLAS DE LA BIOTECNOLOGÍA DE PRECISIÓN (2018). *Comunicación de Argentina ante el Comité de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias de la Organización Mundial del Comercio*. G/SPS/GEN/1658, N° 18-6699, 25 de octubre.
- DIRECCIÓN NACIONAL DE INFORMACIÓN CIENTÍFICA (s/f). *Encuesta I+D del sector empresario*. Consultado el 04/03/2020 en <https://bit.ly/2X4SLOM>
- FLACSO (01 de octubre de 2021). *Ambiente vs producción: El debate / VI Congreso EyPP* [Video]. Youtube. <https://bit.ly/3uVL2it> Consultado el 01/10/2021.
- FOLEC-CLACSO (2020). *Para una transformación de la evaluación de la ciencia en América Latina y el Caribe*. Recuperado de: <https://bit.ly/311IKeq>
- GACTEC (1997a). Documento n° 5: “Programa de Biotecnología” en *Plan Nacional Plurianual de Ciencia y Tecnología 1998-2000*. Argentina.
- GACTEC (1997b). *Plan Nacional Plurianual de Ciencia y Tecnología 1998-2000*. Argentina.
- GACTEC (1998). *Plan Nacional Plurianual de Ciencia y Tecnología 1999-2001*. Argentina.
- GACTEC (1999). *Plan Nacional Plurianual de Ciencia y Tecnología 2000-2002*. Argentina.
- IDAES (04 de octubre de 2021). *Desarrollismo y ambientalismo: ¿contradicción insuperable o compromiso posible?* [Video]. Facebook. <https://fb.watch/8v-Ts0M5QK/> Consultado el 04/02/2022.

- IDEAS DE PIE (05 de agosto de 2021). *Seminario de Desarrollo Sostenible - 1er. Encuentro 05/08/2021* [Video]. Youtube. <https://bit.ly/3BCX7LM> Consultado el 03/09/2021.
- IDEAS DE PIE (12 de agosto de 2021). *Segundo Encuentro 12/08/2021 - Seminario de Desarrollo Sostenible* [Video]. Youtube. <https://bit.ly/3DHDLHc> Consultado el 03/09/2021.
- IDEAS DE PIE (19 de agosto de 2021). *Tercer encuentro: Energía y crisis climática - 19/08/21 | Seminario de Desarrollo Sostenible* [Video]. Youtube. <https://bit.ly/3DJspm6> Consultado el 03/09/2021.
- IDEAS DE PIE (26 de agosto de 2021). *Cuarto Encuentro: El mar argentino - 26/08/2021 - Seminario de Desarrollo sostenible* [Video]. Youtube. <https://bit.ly/3yCNM4R> Consultado el 03/09/2021.
- INDEC (2021). Incidencia de la pobreza y la indigencia en 31 aglomerados urbanos. Primer semestre de 2021, en *Informes técnicos*, 5(182).
- INDEC (2022). Intercambio comercial argentino Cifras estimadas de diciembre de 2021, en *Informes técnicos*, 6(12).
- MAGyP (s/f). *Biotecnología agrícola. Cultivos Genéticamente Modificados*. Recuperado de: <https://bit.ly/3Lm8r4t> el 08/02/20.
- MINCYT (2010). *Boletín Estadístico Tecnológico: Biotecnología*, N°4, diciembre-marzo. Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, Argentina.
- MINCYT (2014). *ENCUESTA NACIONAL DE GRUPOS DE INVESTIGACIÓN EN BIOTECNOLOGÍA - Documento de Trabajo N°1 - Resultados generales*. Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, Secretaría de Planeamiento y Políticas, Argentina.
- Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (2020) *ARGENTINA INNOVADORA 2020: PLAN NACIONAL DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN. Lineamientos estratégicos 2012-2015*.
- Ministerio de Economía y Finanzas Públicas (2011). *Complejo Oleaginoso. Serie Producción Regional por Complejos Productivos*. Buenos Aires: Direcciones de Información y Análisis Regional y Sectorial.
- NACIONES UNIDAS (2021). *Framework Convention on Climate Change. Advance Version*. FCCC/PA/CMA/2021/L.16 Recuperado de <https://bit.ly/3IawiCs> el 23/02/2022.

- NATIONAL ACADEMIES OF SCIENCES, ENGINEERING AND MEDICINE (2015). *International Summit on Human Gene Editing: A Global Discussion*. Washington, DC: The National Academies Press.
- OCTS-OEI (2020). AgTech, el nuevo paquete tecnológico del sector agropecuario. *Papeles del Observatorio*, (13). Recuperado de <https://bit.ly/3kG7rwq>
- SAGPyA (2004). *Plan Estratégico 2005-2015 para el Desarrollo de la Biotecnología Agropecuaria*. Argentina.
- Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva y Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología (2005). *Bases para un Plan Estratégico de Mediano Plazo en Ciencia, Tecnología e Innovación*. Buenos Aires: Artes Gráficas Integradas.
- Secretaría de Planeamiento y Políticas en Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (2017). *Lineamientos para una política en investigación fundamental*.
- SECyT (2006). *Plan Estratégico Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación “Bicentenario” (2006-2010)*. Argentina.
- SPU (2010). *Anuario de Estadísticas Universitarias - Argentina*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Secretaría de Políticas Universitarias.
- STARTUPBLINK (2021). *Global Startup Ecosystem Index 2021*. Disponible en: <https://www.startupblink.com/startupecosystemreport.pdf>
- THE PRESIDENT’S COUNCIL ON BIOETHICS (2002). *Human cloning and human dignity: An ethical inquiry*. Washington DC.
- UNESCO (1997). *Declaración Universal sobre el Genoma Humano y los Derechos Humanos*.
- UNESCO (2016). *UNESCO SCIENCE REPORT. Towards 2030*.

Notas periodísticas

- AGROFY NEWS (23 de enero de 2020). La historia de Michroma: el emprendimiento que puede revolucionar la industria de los alimentos, en *Agrofy News*. Consultado el 03/11/2020 en <https://cutt.ly/3EdYn0s>

AGROFY NEWS (29 de enero de 2020). 4 de cada 10 dólares exportados por Argentina en 2019 fueron generados por maíz, trigo y soja, en *Agrofy News*. Consultado el 03/08/2020 en <https://bit.ly/3j4SAvb>

ALLENDE, Jesús (22 de febrero de 2020) Del laboratorio a la empresa: los científicos se ponen el traje de emprendedores, en *La Nación*. Consultado el 15/01/2021 en <https://bit.ly/3ApFLlk>

ARGENTINA.GOB.AR (09 de enero de 2018). Caballos clonados con genes editados, otra hazaña de científicos argentinos”, en *Argentina.gob.ar*. Consultado el 09/01/2020 en <https://bit.ly/39mq0je>

ARGENTINA.GOB.AR (25 de octubre de 2018). Misión de capacitación en biotecnología y bioseguridad al Reino de Bután, en *Argentina.gob.ar*. Consultado el 11/08/2020 en <https://bit.ly/3gmY8iP>

ARGENTINA.GOB.AR (20 de enero de 2020). El INTA siembra las primeras papas que no se oxidan, en *Argentina.gob.ar*. Consultado en 24/08/2020, disponible en <https://bit.ly/3hLkOdp>

ARGENTINA.GOB.AR (27 de mayo de 2021). ANMAT aprobó una solución de inactivación de muestras y preparación para la detección del SARS-CoV-2, en *Argentina.gob.ar*. Consultada el 05/08/2021 en <https://bit.ly/3gfa6uJ>

ARGENTINA.GOB.AR (14 de junio de 2021). La Unidad Coronavirus destinará 60 millones de pesos para terminar la fase preclínica de la vacuna “ARVAC Cecilia Grierson”, en *Argentina.gob*. Consultada el 19/08/2021 en <https://bit.ly/3kzit7j>

ARTHUR, Clarke (24 de febrero de 1997). First cloned lamb paves way for life by production line, en *The Independent*. Consultado el 21/05/2020 en <https://bit.ly/3y2RsfW>

BÄR, Nora (20 de octubre 2010). Lograron clonar un caballo criollo, en *La Nación*. Consultado el 07/04/2020 en <https://bit.ly/3kqz8tx>

BÄR, Nora (08 de mayo de 2019). ‘Lo que yo hice no es una solución’, dijo la bióloga del Conicet premiada en TV, en *La Nación*. Consultado el 14/04/2020 en <https://bit.ly/3hPPzhm>

BICHOS DE CAMPO (05 de diciembre de 2018). *Agustina Whelan - Lic. en Biotecnología de la Secretaría de Agroindustria* [Video]. Youtube. Consultado el 05/01/2020 en <https://bit.ly/2UzjXEa>

- BICHOS DE CAMPO (05 de diciembre de 2018). *Lino Barañao - Secretario de Ciencia y Tecnología de la Nación* [Video]. Youtube. Consultado el 01/04/2021 en <https://bit.ly/3Et7e86>
- BICHOS DE CAMPO (18 de diciembre de 2018). Sergio Feingold, del INTA: “La edición génica no es como hacer cerveza artesanal”, en *Bichos de Campo*. Consultado el 20/09/2021 en <https://bit.ly/3szR7Qu>
- BROCCO, Marcela (16 de enero de 2015). Epigenética: el mecanismo por el cual el medio ambiente influye sobre los genes, en *CONICET*. Consultado el 09/06/2021 en <https://bit.ly/3mjWGS1>
- CENTENERA, Mar (10 de febrero de 2019). Argentina evalúa ser el primer país del mundo con trigo transgénico, en *El País*. Consultado el 31/08/2020 en <https://bit.ly/3zaF8eQ>
- CONICET (08 de octubre de 2020). El MINCYT, el CONICET y la Universidad Nacional del Litoral anunciaron la aprobación del trigo HB4® en Argentina, en *CONICET*. Consultado el 09/10/2020 en <https://bit.ly/3AZKIBq>
- DIAMANTE, Sofía (26 de marzo de 2020). Coronavirus. Son argentinos y trabajan a contrarreloj para crear un test que provea diagnósticos en 60 minutos, en *La Nación*. Consultado el 30/03/2020 en <https://bit.ly/3Awdvxo>
- DOMÍNGUEZ, Nuño (25 de julio de 2018). La justicia europea pone trabas a la edición genética en plantas, en *El País*. Consultado el 10/08/2020 en https://elpais.com/elpais/2018/07/25/ciencia/1532534799_094982.html
- EL CONFIDENCIAL (04 de diciembre de 2019). Las gemelas chinas modificadas genéticamente podrían sufrir mutaciones, en *El Confidencial*. Consultado el 25/05/2020 en <https://bit.ly/3z9nsjU>
- EL REFERENTE (15 de mayo de 2017). Diferencias entre aceleradora, incubadora y venture builder, en *El Referente*. Consultado el 28/10/2020 en <https://bit.ly/2XKyw9y>
- ESTENSSORO, María Eugenia (13 de octubre de 2019). ¿Patentar o no patentar? La protección de los descubrimientos, un debate que se renueva en la Argentina, en *La Nación*. Consultada el 25/01/2021 en <https://acortar.link/DYsls>.
- FAIGÓN, Miguel (13 de diciembre de 2018). Ingeniería genética de precisión, en *CONICET*. Consultado el 01/07/2021 en <https://bit.ly/3tWd3Gi>

FAIGÓN, Miguel (10 de enero de 2019). La papa resistente al PVY lista para salir al mercado, en *CONICET*. Consultado el 13/05/2020 en <https://bit.ly/3B1Wzyy>

FEDERACIÓN DE ACOPIADORES (10 de noviembre de 2020). Los Acopiadores van a la Justicia para evitar la liberación del trigo OGM, *Acopiadores.com*. Consultado el 03/12/2020 en <https://bit.ly/3k4WwLB>

GARABETYAN, Enrique (01 de marzo de 2019). Habla la científica que desarrolló el ‘polémico’ trigo anti-sequía, en *Perfil*. Consultado el 03/09/2020 en <https://bit.ly/3mblFXT>

GARABETYAN, Enrique (16 de junio de 2019). Científicos argentinos logran editar el genoma de bovinos para producir más y mejor carne, en *Perfil*. Consultado el 10/11/2020 en <https://bit.ly/2VWATVX>

GASALLA, Juan (26 de enero de 2020). La Argentina cumple un año con una inflación por encima del 50% anual, en *Infobae*. Consultado el 25/06/2021 en <https://bit.ly/2VYKz2c>

GENOUD, Diego (30 de marzo de 2021). Habla el investigador del INTA que trabaja en un desarrollo para reducir el uso del glifosato: "La biotecnología no es socia de los agrotóxicos", en *ElDiarioAR*. Recuperado de <https://bit.ly/3HWxAkJ>

GRASA, Juan Carlos (19 de diciembre de 2018). “Argentina es el primer país del mundo que tiene regulación para la Edición Génica” Martín Lema, en *Horizonte A*. Consultado el 5/01/2020 en <https://bit.ly/382TWjE>

INFOBAE (17 de noviembre de 2019). Nalbandian compró una yegua clonada, en *Infobae*. Consultado el 09/01/2020 en <https://cutt.ly/1EdYJLB>

LA NACIÓN CAMPO (03 de mayo de 2019). El INTA impulsa la edición génica en la alfalfa para potenciar su productividad, en *La Nación*. Consultado en 24/08/2020 en <https://bit.ly/3AqzGoI>

LA NACIÓN CAMPO (18 de junio de 2019). Cría de precisión: alianza entre una firma local y una de EE.UU. por la edición génica, en *La Nación*. Consultado el 10/11/2020 en <https://bit.ly/3zre9Lh>

LOBATO, Andrés (16 de agosto de 2021). La campaña de trigo 21/22 aportaría un ingreso récord de divisas, en *BAEnegocios*. Consultado el 17/08/2021 en <https://acortar.link/13266G>

- LOMBARDI, Vanina (19 de julio de 2019). ¿Quién gana con las patentes?, en *TSS*. Consultada el 25/01/2021 en <https://www.unsam.edu.ar/tss/quien-gana-con-las-patentes/>.
- MAGyP (02 de noviembre de 2018). Argentina presentó ante la Organización Mundial del Comercio una Declaración sobre Biotecnologías de Precisión aplicadas al sector, en *MAGyP*. Consultado el 19/06/2021 en https://magyp.gob.ar/sitio/areas/prensa/?accion=noticia&id_info=181102094553
- MARTIN, Hugo (11 de febrero de 2020). Son argentinos y crearon un método para detectar el coronavirus en apenas 60 minutos que despertó el interés mundial, en *Infobae*. Consultado el 10/03/2020 en <https://cutt.ly/QEdTYiN>
- MCKIE, Robin (23 de febrero de 1997). Scientists clone adult sheep, en *The Guardian*. Consultado el 21/05/2020 en <https://bit.ly/3zuvFOW>
- MIRANDA, Alejo (14 de diciembre de 2019). Abierto de Palermo: La Dolfina y Ellerstina son opuestos hasta en el tema clonación, en *La Nación*. Consultado el 10/11/2020 en <https://bit.ly/2W6GVCU>
- MIT TECHNOLOGY REVIEW (26 de febrero de 2019) Cronología: todo lo que ha pasado con las bebés CRISPR de China, en *MIT Technology Review*. Consultado el 25/05/2020 en <https://bit.ly/3y89Kw6>
- MÖHLE, Elisabeth (s/f). Un desarrollo sostenible para el 99%, en *Le Monde Diplomatique*. Consultado el 04/08/2021 en <https://bit.ly/3IIHXya>
- MURÚA, Hernán (15 de septiembre de 2018). Financiamiento a los emprendedores. Las 10 mejores incubadoras de “startups”, en *Clarín*. Consultado el 13/03/2020 en <https://cutt.ly/JEdTssV>
- NACIONES UNIDAS (28 Septiembre 2021). El mundo desperdicia el 17% de los alimentos mientras 811 millones de personas sufren hambre, en *Naciones Unidas*. Consultado el 07/10/2021 en <https://bit.ly/3AxEoR3>
- NARDONE, Noel (28 de julio de 2021). Startup rosarina, con sede en EEUU, planea duplicar personal para pasar del laboratorio a las góndolas, *ECOS365*. Consultado el 20/08/2021 en <https://bit.ly/3gmeMzf>
- NATANSON, José (s/f). Economía y ambiente: ¿hay diálogo posible?, en *Revista Anfibia*. Consultado el 16/09/2021 en <https://bit.ly/3hHpFvY>

NHGRI (14 de abril de 2003). Consorcio Internacional Completa el Proyecto Genoma Humano, en *NHGRI*. Consultado el 04/06/2021 en: <https://bit.ly/3z565QV>

PATEL, Neil (16 de enero de 2015). 90% Of Startups Fail: Here's What You Need To Know About The 10% en *Forbes*. Consultado el 05/03/2020 en <https://cutt.ly/LEdR7e9>

PRESENTE (13 de noviembre de 2020). Chemtest: cuando la ciencia y la tecnología se aplican a la salud, en *Presente*. Consultado el 25/11/2020 en <https://bit.ly/3k3npzL>

QUESADA, Ricardo (07 de octubre de 2019). El mayor fondo de biotecnología del mundo a la caza de unicornios argentinos, en *El Cronista*. Consultado el 10/08/2021 en <https://bit.ly/3iYBFuj>

RADFORD, Tim (24 de febrero de 1997). Scientists scorn sci-fi fears over sheep clone, en *The Guardian*. Consultado el 22/05/2020 en <https://bit.ly/3j1KnYH>

REGALADO, Antonio (25 de febrero de 2019). La edición genética de las gemelas CRISPR podría hacerlas más inteligentes, en *MIT Technology Review*. Consultado el 20/06/2020 en <https://bit.ly/3zjrpmD>

REVISTA RIA (29 de septiembre de 2017). INTA y Maimónides inauguran centro para la producción de ovinos genéticamente modificados, en *Revista de Investigaciones Agropecuarias*. Consultado el 28/09/2020 en <https://bit.ly/3Cs5Tg4>

ROMÁN, Valeria (17 de Agosto de 2017). Edición genética en Argentina: cómo se usa para beneficiar a pacientes, mascotas y productores agropecuarios, en *Infobae*. Consultado el 15/01/2020 en <https://bit.ly/3hRcBEk>

SANTORO, Sonia (11 de junio de 2012). Rosita, la de la leche maternizada, en *Página/12*. Consultado el 14/05/2020 en <https://bit.ly/3hTH0IB>

SCHRAUF, Gustavo (24 de abril de 2019). Qué se discute cuando se habla de ley de semillas, en *Infocampo*. Consultada el 19/02/2022 en <https://bit.ly/3GY66t7>

SINAY, Javier (16 de diciembre de 2019). Cómo el polo argentino se convirtió en un juego de caballos clonado, en *Redacción*. Consultado el 19/01/2020 en <https://bit.ly/3CzGD7w>

- TATLOW, Didi Kirsten (29 de junio de 2015). A Scientific Ethical Divide Between China and West”, en *The New York Times*. Consultado el 08/06/2021 en <https://nyti.ms/2WdTJHD>
- TÉLAM (17 de agosto de 2021). Una vacuna argentina contra el coronavirus se probaría en humanos el año próximo, en *TÉLAM*. Consultada el 19/08/2021 en <https://bit.ly/2XHz7Zi>
- THE HE LAB (s/f). *About Lulu and Nana: Twin Girls Born Healthy After Gene Surgery As Single-Cell Embryos* [Video]. Youtube. Consultado el 25/05/2020 en <https://bit.ly/3ks9hRK>
- THE INDEPENDENT (28 de febrero de 1997) Leading article: Cloning presents an opportunity, not a threat, en *The Independent*. Consultado el 21/05/2020 en <https://bit.ly/3szIQMt>
- THE NOBEL PRIZE (07 de octubre de 2020). Press release: The Nobel Prize in Chemistry 2020, en *The Nobel Prize*. Consultado el 28/11/2020 en <https://bit.ly/3zcnk2M>
- TRIBUNAL DE JUSTICIA DE LA UNIÓN EUROPEA (25 de julio de 2018). *Comunicado de prensa N° 111/18*. Consultado el 10/08/2020 en <https://bit.ly/3mjr1Ah>
- UNIVERSIDAD AUSTRAL ROSARIO (26 de septiembre de 2019). *De una idea a una startup en 7 meses* [Video]. Youtube. Consultado el 03/11/2020 en <https://www.youtube.com/watch?v=RriK1qhbKSM>
- USDA (28 de marzo de 2018). Secretary Perdue Issues USDA Statement on Plant Breeding Innovation, en *USDA Press*. Consultado el 09/08/2020 en <https://bit.ly/3mq1k1b>
- VENCIUS, Miguel (12 de octubre de 2020). Trigo HB4 resistente a sequía, entre elogios y cuestionamientos, en *El ABC Rural*. Consultado el 03/12/2020 en <https://bit.ly/2XIu4Id>
- ZAMPONI, Alejandro (25 de julio de 2018) Un proyecto liderado por investigadores del CONICET y la UNSAM obtuvo financiación del sector privado, en *Noticias UNSAM*. Consultado el 01/07/2021 en <https://bit.ly/3nRi4yQ>
- ZAMPONI, Alejandro (23 de junio de 2021). Científicos de CHEMTEST y UNSAM desarrollarán el primer test de antígenos 100% argentino, en *Noticias UNSAM*. Consultado el 19/08/2021 en <https://bit.ly/3mhTjeG>

ZHAI, Xiaomei; LEI, Ruipeng; ZHU, Wei y QIU, Renzong (7 de febrero de 2019). Chinese Bioethicists Respond to the Case of He Jiankui, en *The Hastings Center*. Consultado el 11/06/2021 en <https://bit.ly/3kaLoNm>

Legislación

- Código Civil y Comercial de la Nación (2014).
- Convenio del Consejo de Europa para la protección de los derechos humanos y la dignidad del ser humano respecto de las aplicaciones de la biología y la medicina - ETS No.164
- Decreto DNU³²¹ N° 200/1997 – P.E.N.³²² *BORA*³²³ N° 28.604, 12 de marzo de 1997.³²⁴
- Decreto N° 10.936 – P.E.N. *BORA* N° 16.661, 07 de junio de 1950.
- Decreto N° 1660/96 – P.E.N. *BORA* N° 28.564, 15 de enero de 1997.
- Decreto N° 174/2018 – P.E.N. *BORA* N° 33.824, 05 de marzo de 2018.
- Decreto/Ley N° 1291/1958 – P.E.N. *BORA* N° 18.587, 19 de febrero de 1958.
- Ley Nacional N° 14.297 – HCNA³²⁵. *BORA* N° 17.567, 18 de enero de 1954.
- Ley Nacional N° 17.011– P.E.N. *BORA* N° 21.068, 17 de noviembre de 1966.
- Ley Nacional N° 20.247 – P.E.N. *BORA* N° 22.648, 16 de abril de 1973.
- Ley Nacional N° 20.464 – P.E.N. *BORA* N° 22.689, 18 de junio de 1973.
- Ley Nacional N° 22.195 – P.E.N. *BORA* N° 24.389, 1 de abril de 1980.
- Ley Nacional N° 23.877 – HCNA. *BORA* N° 27.001, 1 de noviembre de 1990.
- Ley Nacional N° 24.425 – HCNA. *BORA* N° 28.054, 5 de enero de 1995.
- Ley Nacional N° 24.481 – HCNA. *BORA* N° 28.232, 20 de septiembre de 1995.
- Ley Nacional N° 24.521 – HCNA. *BORA* N° 28.204, 10 de agosto de 1995.
- Ley Nacional N° 25.922 – HCNA. *BORA* N° 30.481, 09 de septiembre de 2004.

³²¹ Abreviatura Decreto Nacional de Urgencia.

³²² Abreviatura de Poder Ejecutivo Nacional.

³²³ Abreviatura de *Boletín Oficial de la República Argentina*.

³²⁴ Toda la información sobre fecha y número de publicación en el Boletín Oficial fue obtenida de Infoleg, una base de datos legislativos nacionales, de acceso libre y gratuito, administrada por la Dirección Nacional del Sistema Argentino de Información Jurídica del Ministerio de Justicia y Derechos Humanos de la Nación. Disponible en: <http://www.infoleg.gob.ar/>

³²⁵ Abreviatura de *Honorable Congreso de la Nación Argentina*.

- Ley Nacional N° 26.270 – HCNA. *BORA* N° 31.205, 27 de julio de 2007.
- Ley Nacional N° 26.421 – HCNA. *BORA* N° 31.532, 14 de noviembre de 2008.
- Ley Nacional N° 27.349 – HCNA. *BORA* N° 33.604, 12 de abril de 2017.
- Ley Nacional N° 27.570 – HCNA. *BORA* N° 34.505, 26 de octubre de 2020.
- Reglamento (CE) N° 258/97 del Parlamento Europeo y del Consejo. *Diario Oficial de la Unión Europea*, L 43, 14 de febrero de 1997.
- Resolución N° 1093/2007 de CONICET, 18 de mayo de 2007. Consultada el 21/09/2021 en <https://bit.ly/39ppNMd>
- Resolución N° 1216/2019 del Ministerio de Educación, Cultura, Ciencia y Tecnología. *BORA* N° 34.108, 7 de mayo de 2019.
- Resolución N° 1637-E/2017– Ministerio de Educación y Deportes. *BORA* N° 33602, 10 de abril de 2017.
- Resolución N° 167/96 – SAGyPA. *BORA* N° 28.368, 03 de abril de 1996.
- Resolución N° 17/2013 – SAGyP, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. *BORA* N° 32.803, 10 de enero de 2014.
- Resolución N° 173/2015 – SAGyP, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. *BORA* N° 33.131, 18 de mayo de 2015.
- Resolución N° 2249/14 – CONICET, 25 de junio de 2014. Disponible en: https://idh.unc.edu.ar/files/CCSH_-RD-20140625-2249.pdf Consultada en línea 29/12/2020.
- Resolución N° 226/1997– SAGyPA. *BORA* N° 28.627, 16 de abril de 1997.
- Resolución N° 241/2012– SAGyP, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. *BORA* N° 32.410, 4 de junio de 2012.
- Resolución N° 3/2014– SAGyP, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. *BORA* N° 32.810, 21 de enero de 2014.
- Resolución N° 318/2013 – SAGyP, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. *BORA* N° 32.699, 12 de agosto de 2013.
- Resolución N° 36/2019 – Secretaria de Alimentos y Bioeconomía, Ministerio de Producción y Trabajo. *BORA* N° 34.145, 01 de julio de 2019.
- Resolución N° 39/2003 – SAGPyA, Ministerio de Economía y Producción. *BORA* N° 30.193, 17 de julio de 2003.

- Resolución N° 399/2015 – Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. *BORA* N° 33.229, 06 de octubre de 2015.
- Resolución N° 41/2020 de la Secretaria de Alimentos Bioeconomía y Desarrollo Regional – Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. . *BORA* N° 34.493, 9 de octubre de 2020.
- Resolución N° 44/2019 – Secretaria de Alimentos y Bioeconomía, Ministerio de Producción y Trabajo. *BORA* N° 34.146, 02 de julio de 2019.
- Resolución N° 46/2004 – SAGPyA, Ministerio de Economía y Producción. *BORA* N° 30.327, 28 de enero de 2004.
- Resolución N° 60/2007 – SAGyP, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. *BORA* N° 31.091, 8 de febrero de 2007.
- Resolución N° 640/2005 – SAGPyA, Ministerio de Economía y Producción. *BORA* N° 30.724, 25 de agosto de 2005.
- Resolución N° 65/2018 – Ministerio de Agroindustria. *BORA* N° 33.928, 08 de agosto de 2018.
- Resolución N° 701/2011 – SAGyP, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. *BORA* N° 32.268, 2 de noviembre de 2011.
- Resolución N° 763/2011 – Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. *BORA* N° 32.218, 23 de agosto de 2011.
- Resolución N° 855/2009 – Ministerio de Educación. *BORA* N° 31.671, 10 de junio de 2009.

Páginas web

- Aapresid: www.aapresid.org.ar
- Academia Nacional de Ciencias, Ingeniería y Medicina (EEUU): www.nationalacademies.org
- Aceleradora del litoral: www.aceleradoralitoral.com.ar
- Agencia: www.argentina.gob.ar/ciencia/agencia
- Amazon: www.amazon.com
- Banco Nación: www.bna.com.ar
- Chemtest: www.chemtest.net

- Base de datos del CONICET: <https://cifras.conicet.gov.ar/publica/>
- Cites: www.cites-gss.com
- Comisión Asesora de Terapias Celulares y Medicina Regenerativa: www.celulasmadre.mincyt.gov.ar/marcolegal.php
- CONICET: www.conicet.gov.ar
- Consejo Europeo: www.coe.int/en/web/portal/home
- Ensayos Clínicos (EEUU): www.clinicaltrials.gov/ct2/home
- FDA (EEUU): www.fda.gov
- Fundación Konex: www.fundacionkonex.org
- GPS emprendedor: <https://ecosistema.produccion.gob.ar/>
- GridExponential: www.gridexponential.com
- INDEC: <https://www.indec.gob.ar/>
- Consultas del Comercio Exterior de Bienes de INDEC: <https://comex.indec.gov.ar/#/>
- Instituto Nacional de Investigación del Genoma Humano (NHGRI): www.genome.gov
- Instituto Nacional de la Propiedad Industrial: www.argentina.gob.ar/inpi
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria: www.argentina.gob.ar/inta
- Librería Nacional de Medicina de EEUU: www.pubmed.ncbi.nlm.nih.gov
- LinkedIn: www.linkedin.com
- Michroma: www.michroma.co
- Ministerio de Desarrollo Productivo: <https://www.argentina.gob.ar/produccion>
- National Institutes of Health (NIH): www.nih.gov
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura: <https://en.unesco.org/>
- Organización Mundial de la Propiedad Intelectual: www.wipo.int/portal/es
- Portal oficial del Estado argentino: www.argentina.gob.ar
- Revista Nature: www.nature.com
- SPU: www.argentina.gob.ar/educacion/secretaria-politicas-universitarias
- Sistema de Consulta de Estadísticas Universitarias: estadisticasuniversitarias.me.gov.ar/#/home/1
- StartUp Blink: www.startupblink.com
- Universidad Austral: www.austral.edu.ar

- Universidad de Buenos Aires: www.uba.ar/#
- Universidad Nacional de La Plata: www.unlp.edu.ar
- Universidad Nacional de Quilmes: www.unq.edu.ar
- Universidad Nacional de San Martín: www.unsam.edu.ar
- USDA (EEUU): www.aphis.usda.gov/aphis/home
- Vinculación tecnológica de CONICET: www.vinculacion.conicet.gov.ar

Filmografía

BAY, Michael (Director y Productor) (2005). *The Island [La isla]* [Película]. DreamWorks Pictures.

FONG, Joss y GORDON, Claire (escritores). (23 de mayo de 2018). Designed DNA (Temporada 1, Episodio 2) [Episodio de serie de televisión], en POSNER, Joe y KLEIN, Ezra (creadores). *Explained [En pocas palabras]*. Netflix y Vox Media.

NATALI, Vincenzo (Director) (2009). *Splice [Splice: Experimento mortal]* [Película]. Copperheart Entertainment; Gaumont Film Company; Dark Castle Entertainment; Senator Entertainment & Telefilm Canada.

NICCOL, Andrew (Director y Guionista) (1997). *Gattaca [Gattaca: experimento genético]* [Película]. Columbia Pictures.

Redes sociales

CASPR BIOTECH [@casprbio]. (25 de abril de 2020). *Meet the team!* [Imagen adjunta] [Tweet]. Twitter. Recuperada el 19/07/2021 de <https://bit.ly/2XIBWcT>

FEDERACIÓN CENTROS Y ENTIDADES GREMIALES DE ACOPIADORES DE CEREALES [@acopiadores] (9 de octubre de 2020). *"La aprobación comercial del trigo HB4 es una invención científica nacional y un riesgo económico extraordinario". Así lo expresan 16* [Imagen adjunta] [Tweet]. Recuperado el 03/12/2020 de <https://bit.ly/3tULo8J>

MICHROMA (26 de agosto de 2020). *Back in the lab!* [Imagen adjunta] [Facebook]. Recuperada el 15/01/2021 de <https://cutt.ly/TEdYYNe>