

Aportes al análisis de las condiciones de posibilidad para la innovación biotecnológica: la respuesta del sistema científico-tecnológico argentino frente a la pandemia

Gisele Bilañski*

Resumen

Durante la pandemia de COVID-19, diversos proyectos de investigación y desarrollo (I+D) buscaron dar pronta respuesta a problemas novedosos. Constituyó así un escenario único para observar en acción las estrategias desplegadas por los actores para elaborar bienes y servicios innovadores. Este trabajo reconstruye brevemente la historia de algunos de estos proyectos de I+D+i basados en biotecnologías, con el objetivo de comprender los límites y potencialidades del sistema científico-tecnológico nacional. Para ello, partimos de una serie de dificultades y virtudes para trabajar con biotecnología de vanguardia en Argentina, identificadas en una investigación previa sobre nuevas técnicas de edición genética. A partir de los relatos de los científicos-investigadores que participaron y de diversas fuentes secundarias, veremos cómo las (escuetas) condiciones favorables que existen en el país lograron articularse positivamente para sortear los obstáculos y producir tratamientos y productos para afrontar la pandemia.

Palabras clave: investigación y desarrollo, innovación tecnológica, biotecnología, pandemia

CONTRIBUTIONS TO THE ANALYSIS OF THE CONDITIONS OF POSSIBILITY FOR BIOTECHNOLOGICAL INNOVATION: THE RESPONSE OF THE ARGENTINE SCIENTIFIC-TECHNOLOGICAL SYSTEM TO THE PANDEMIC

Abstract

During the COVID-19 pandemic, several research and development (R&D) projects sought to provide a prompt response to novel problems. Thus, it constituted a unique scenario to observe in action the strategies deployed by the actors to produce innovative goods and services. This paper briefly reconstructs the history of some of these biotechnology-based R+D+i projects, with the aim of understanding the limits and potential of the national scientific-technological system. To do this, we start from a series of difficulties and virtues of working with cutting-edge biotechnology in Argentina, which we identified in a previous investigation on new gene editing techniques. Based on the testimonies of the participating scientists-researchers and other secondary sources, we will see how the (short) favorable conditions that exist in the country managed to articulate positively to overcome the obstacles and produce treatments and products to face the pandemic.

Keywords: Research and Development, Technological Innovation, Biotechnology, Pandemic

Fecha de recepción: 7 de diciembre de 2022

Fecha de aprobación: 25 de junio 2023

* Becaria Posdoctoral Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (Escuela Interdisciplinaria de Altos Estudios Sociales-Universidad de San Martín)-Universidad de La Matanza. Contacto: giselebilanski@yahoo.com.ar

Introducción

Mientras al comienzo de la pandemia de COVID-19 que asoló al mundo desde el 2020 se afirmaba que la única respuesta posible a los problemas globales de salud era colectiva, con los meses primó el “sálvese quien pueda” y los Estados adoptaron medidas egoístas, dejando a la deriva a los países más empobrecidos (Herrero y Belardo, 2021). Alrededor del mundo, los expertos denunciaban la concentración de las vacunas en los países de altos. Con las restricciones a la circulación establecidas en todo el mundo, los ingresos materiales y el comercio internacional se dificultaron, cuando no bloquearon. En ese escenario, el acceso a los desarrollos tecnológicos comenzó a depender no solo de la posibilidad de costearlos; sino también de la voluntad de los países productores de ponerlos a disposición (normalmente, luego de haber satisfecho su demanda interna); y de una serie de avatares logísticos para su transporte.

Como nunca antes, las capacidades locales para hacer investigación científica y desarrollo tecnológico quedaron bajo el escrutinio social y cobraron centralidad como agentes del orden público: la vida y la libertad dependían de la capacidad de producir, adquirir y gestionar recursos e insumos para los laboratorios.

Argentina fue uno de los pocos países Latinoamericanos que pudo dar cierta respuesta endógena a la pandemia, desarrollando vacunas, tratamientos, herramientas de diagnóstico, procedimientos y estrategias para el traslado de pacientes, minimizando los riesgos de contagio y la eficiencia del aislamiento de los casos positivos. Estos desarrollos no estuvieron exentos de obstáculos, algunos vinculados a la novedad e incertidumbre de la situación y las decisiones políticas de gobierno, y otros más previsibles, explicados por características del sistema científico-tecnológico nacional y de trabajar con tecnologías de vanguardia.

Estudiando cómo se realiza investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) con nuevas técnicas de edición genética (especialmente CRISPR-cas9),¹ identificamos una serie de dificultades para trabajar con biotecnología de vanguardia en Argentina, pero también de ventajas, que explicaban la proliferación de proyectos con estas nuevas técnicas (Bilański, 2022).² Los primeros dos apartados de este artículo presentan brevemente esos problemas y virtudes. Esta recomposición surge de una serie de entrevistas semiestructuradas realizadas a investigadores, vinculadores y emprendedores con ingeniería genética entre marzo y diciembre de 2019.

A poco de finalizar ese trabajo de campo, la pandemia de COVID-19 constituyó un escenario único para observar en acción cómo se llevan adelante estos proyectos innovadores. Para ello, analizamos el testimonio de los

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 asocia, variará su función y su potencial uso (Caplan, et al, 2015, p. 1421). En 2013, se descubrió que, asociada a Cas9, CRISPR permite editar el genoma, y de un modo más accesible, eficiente, económico, específico, versátil y fácil de usar que las técnicas previas de edición, como TALEN o ZFN (Bilański, 2022; Santaló-Pedro, 2017). Eliminó así algunas de las barreras de entrada a la edición genómica (Polcz y Lewis, 2016).

2 El detalle de las líneas de investigación con edición genética en curso puede consultarse en Bilański (2022, 2023b).

científicos que trabajaron en proyectos vinculados al COVID-19, presentados en una serie de encuentros realizados durante 2020 y 2021 en el marco del Círculo de Estudios sobre Ciencia y Periferia de la Escuela IDAES de la Universidad Nacional de San Martín (UNSAM). Recurriendo también a diversas fuentes secundarias, como las páginas web de los organismos científico-tecnológicos (CyT), las convocatorias y resultados de las políticas de fomento, y notas de prensa y divulgación, el tercer apartado reconstruye la trayectoria de algunos de los proyectos que generaron conocimientos, tratamientos y productos para responder a la pandemia.

Así, mostramos cómo las (escuetas) condiciones favorables (capacidades tecnológicas, no tecnológicas, normativa y política CyT) lograron articularse para sortear los obstáculos que encuentra la I+D biotecnológica en el país, y elaborar bienes y servicios que dieran respuestas a los problemas suscitados por la pandemia en un escenario de excepcionalidad único.

Dificultades para la innovación biotecnológica en Argentina

Si bien muchos de los problemas para hacer I+D en Argentina 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 factores que afectan los modos de diseñar y realizar las investigaciones y que, entre los científicos entrevistados, aparecieron recurrentemente como motivo de angustia, preocupación e incertidumbre sobre la posibilidad de continuar su trabajo (Bilański, 2022). Muchos alcanzan a todos los campos y sectores, mientras que otros resultan más específicos de quienes se desempeñan en laboratorios públicos y/o en el campo de las biotecnologías en general y la ingeniería genética en particular.

El principal problema es de larga data y lo constituye la baja inversión (Albornoz, 2004). Como bien señala Stefani, el sector científico-tecnológico históricamente “ha sido obstaculizado por períodos de fuerte *desfinanciamiento* en prácticamente todas las instituciones” (2018, p. 33). A esta dificultad se añaden otras que agravan la situación. Uno de ellos es el constante *incremento en el precio del dólar*, que diluye los presupuestos y dificulta la adquisición de bienes críticos, acrecentando la incertidumbre sobre el destino de los proyectos de I+D. Según los datos históricos del Banco de la Nación,³ a comienzos del 2018 cada dólar cotizaba casi \$19 pesos argentinos, valor que ascendió a \$39 en diciembre de ese año, duplicando su valor durante 2018. 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. Por ello, en los últimos años, la *exponencial inflación* acrecentó los costos de las investigaciones y redujo significativamente el poder adquisitivo de los presupuestos (Córdoba y Azcurra, 2021). Según el Índice de Precios al Consumidor (IPC) del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC), la variación acumulada anual fue del 53,8% en diciembre de 2019, cerró en 36,1% en 2020, llegó a 50,9% en 2021 y escaló al 94,8% en 2022.

Un problema asociado lo constituyen las *demoras de los organismos CyT* para distribuir los recursos una vez asignados. Los entrevistados señalan que el dinero concursado a través de distintas convocatorias de financia-

3 Según el precio de venta del Banco Nación.

ción, se percibe entre uno y dos años después de la adjudicación (Bilański, 2022). Dadas las particularidades de la economía argentina, el poder adquisitivo del mismo acaba reducido al menos a la mitad. Los *procedimientos burocráticos para la asignación de fondos públicos*, en un país donde el sector público representa alrededor de tres cuartos del total de la inversión en I+D (Britto y Lugones, 2020), explican las demoras. El dinero “público” se concursa y pasa por extensos procesos de revisión, evaluación y aprobación que demandan tiempo, para adjudicarse de modo imparcial y objetivo. La financiación privada, en cambio, suele conseguirse mucho más rápido, porque no debe atravesar estas instancias burocráticas y la vinculación es más directa entre proveedor y destinatario, implica menos rendiciones de cuentas y justificaciones de gastos, y no necesita cumplir estrictamente un presupuesto pre-establecido. Pero no solo para la financiación los trámites pueden ser engorrosos. Algunas cuestiones administrativas demoran tanto que pierden sentido, como ocurre con la autorización para ingresar al país ratas y otros animales destinados a la experimentación. Muchos murieron de hambre y estrés en los depósitos de los aeropuertos antes de que los organismos reguladores autoricen a los investigadores a retirarlos.

Otro problema es que usualmente las líneas de financiación disponibles no contemplan *gastos de infraestructura y mantenimiento*. Por ejemplo, solo el 0,9% del presupuesto de las Universidades Nacionales se destinó a ese ítem (Doberti, Gabay y Levy, 2020). Por tanto, los gastos necesarios para limpiar, reparar, ajustar y calibrar los equipos quedan a cuenta de la institución que alberga los grupos de investigación, y solo se realizan cuando aparece una partida presupuestaria especial que permita costearlos. Esta falta de mantenimiento puede afectar la calidad de los resultados de una investigación, y constituye una diferencia clara respecto de quienes obtienen financiamiento privado. Un médico que investiga en una Fundación sin fines de lucro afirmaba sobre este punto:

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 [...] no tengo que andar rompiéndome la cabeza contra los ordenanza de la facultad que no te quieren venir a instalar un tomacorriente (investigador clínico del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas –CONICET–, comunicación personal, 10 de junio de 2019).

Además, trabajar con técnicas novedosas implica problemas específicos, más aún con seres vivos, porque no hay precedentes sobre cómo y qué evaluar, cómo puede reaccionar o qué efectos producir en situaciones en las que aún no ha sido probada, por lo que los procedimientos de autorización suelen ser cautelosos y, en consecuencia, extensos y caros. Al momento de la 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 (Bilański, 2022).

Algunas disciplinas, como la biotecnología, son particularmente *dependientes de insumos importados*. Aunque muchos podrían producirse en Argentina, esto no ocurre, porque no se consigue inversión, no hay un mercado de consumo significativo, o no se logra alcanzar costos de producción competitivos (*idem*). No es una cuestión de incapacidad técnica sino de desinterés. Una encuesta del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (MINCyT) identifica 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” (2014, p. 32). Es que la necesidad de importar se torna un problema cuando se conjuga con los de precios, presupuestos y demoras. Los formularios y trámites que hay que presentar para poder trasladar determinadas sustancias, tejidos y animales de un país a otro, lleva a tener que esperar alrededor de tres meses para conseguir algo que, según los entrevistados, se recibe en el día en otros países. Muchas veces, cuando llega, ya no sirve:

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 en una Universidad Pública, comunicación personal, 28 de marzo de 2019).

Otra dificultad aparece cuando se recurre a vías informales para evitar estas trabas. Es común escuchar que los científicos traen insumos en sus valijas cuando regresan del extranjero, pero estas prácticas causan otros inconvenientes en el largo plazo, ya que atentan contra cualquier posible *trazabilidad*. Lo mismo ocurre con los “préstamos” que muchas veces se realizan entre colegas (Córdoba y Azcurra, 2021, p. 6): no se sabe o no es posible dar garantías respecto de la proveniencia y composición de los insumos utilizados. Si bien estos insumos sirven en una primera instancia de investigación, más experimental, los problemas aparecen cuando hay que reiterar el procedimiento para testear los resultados.

La fórmula generalizada para evitar estos inconvenientes es cumplir con las Buenas Prácticas de Manufactura (GMP, *Good Manufacturing Practices*), un sistema capaz de garantizar que los productos se elaboren y controlen de forma coherente, uniforme y cumpliendo *estándares de calidad*. Pero estos procedimientos, imprescindibles para la elaboración de productos comerciales (como los farmacéuticos y alimenticios) también elevan los costos, porque requieren de una buena mantención de los equipos, de personas que supervisen y controlen los procedimientos, y la elaboración de documentos y certificaciones. En consecuencia, en Argentina son escasos los laboratorios que siguen las condiciones GMP, que no son obligatorios para las investigaciones, y normalmente no pueden pagarlas. Esto imposibilita la trazabilidad y conocer las características exactas del producto, minimizando las posibilidades de resultados estables y homogéneos, y generando científicos que desconocen cuáles son y cómo cumplir con estas buenas prácticas.

Finalmente, como el valor de cambio del conocimiento se vincula con la capacidad de limitar su difusión libre (Sztulwark y Míguez, 2012, pp. 26-27), una cuestión central para la I+D+i es la *normativa sobre patentamiento*. Esta constituye una herramienta que busca proteger los derechos de uso y comercialización sobre las invenciones que resulten de la I+D. En Argentina, una patente de invención puede tardar hasta cinco años y, una vez obtenida, deben pagarse anualidades para su mantenimiento hasta su caducidad. Esto 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. Además, la protección que brinda la patente es nacional, por lo que debe presentarse la solicitud de la patente en cada país donde interese proteger la invención, observando las distintas legislaciones vigentes. Si bien hay tratados internacionales para simplificar estos procedimientos, Argentina no adhirió a ellos. Por esto muchos entrevistados hablan de la necesidad de hacer un “doble patentamiento”, que implica patentar en Argentina, pero también en otro país que sea miembro del Tratado de Cooperación en materia de Patentes. 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.

Para las biotecnologías, el patentamiento tiene complicaciones específicas, vinculadas a la definición respecto de qué es o no patentable. Argentina tiene una política restrictiva, en tanto no son patentables “la totalidad del material biológico y genético existente en la naturaleza o su réplica” (Artículo 7, Ley N° 24.481). Quienes reclaman flexibilizar la política de patentamiento, 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, p. 67; Varisco, 2014, noviembre, p. 8). 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 sintonía, Municoy y Godoy Luque encuentran que en Argentina aún es escasa la utilización de la propiedad intelectual (2019, noviembre, p. 328). Codner, Becerra y Díaz aseveran que “las universidades latinoamericanas desarrollan conocimientos con potencial aplicación industrial pero baja posibilidad de apropiación local” (2012, p. 168), desinterés por el que los conocimientos quedan “liberados” para su apropiación por empresas extranjeras, sin pagos ni reconocimientos. Recientemente Zukerfeld et al (2022) encontraron evidencia de esta “apropiación cognitiva”, por la que las invenciones patentables originadas en el financiamiento público del sistema de ciencia, tecnología e innovación argentino son apropiadas por titulares extranjeros, en especial del sector privado. Para la biotecnología nacional, esto implica una “transferencia tecnológica ciega” que refuerza la asimetría de las relaciones centro-periferia (Codner, Becerra y Díaz, 2012, p. 168).

Hacer de la necesidad virtud: las condiciones favorables

Pese a estos problemas, Argentina ha desarrollado biotecnología de vanguardia. Fue el noveno país del mundo en clonar un bovino en 2002, y el primero en obtener un ejemplar vivo “doblemente transgénico” en 2011 (Bilański, 2017). También el segundo país en contar con empresas dedicadas a la clonación de equinos y uno de los pioneros en incorporar CRISPR, la revolucionaria técnica de edición genética (Bilański, 2022). Recientemente, se convirtió en uno de los pocos países que avanzó con ensayos en vacunas para el COVID, además de haber producido algunos tratamientos para esta enfermedad, como el suero equino hiperinmune (Córdoba et al, 2022).

En ese contexto, cabe preguntarse cuáles son las *condiciones favorables* que hacen posible la innovación biotecnológica en Argentina pese a tantas dificultades. Investigaciones recientes identificaron algunas de ellas: las capacidades científico-tecnológicas (como las líneas de investigación, la estructura organizacional, los recursos humanos y el conocimiento experto); las no-tecnológicas (como aprovechar oportunidades de mercado, colaborar con otras organizaciones y mantener vínculos con diferentes actores del sector público y privado); las políticas públicas de fomento y el marco normativo (Bilański, 2022; O’Farrell et al, 2022; Stubrin, 2019).

Política científico-tecnológica

En Argentina, las principales instituciones y dispositivos de intervención científico-tecnológica (CyT) se crearon entre los cincuentas y sesentas, impulsadas 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). Las políticas para el sector pasaron de un modelo lineal centrado en la oferta de conocimiento a otro enfocado en estimular la demanda empresarial (Castaño, 2019), y en los 90’s a concentrarse en el proceso de innovación (Albornoz, 2007), impulsando la proliferación de oficinas de financiamiento público para el apoyo a las empresas, como la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCyT). Así, la política pública pasó de apuntar al desarrollo industrial a centrarse en el mercado, para finalmente adoptar un enfoque de carácter sistémico (Crespi y Dutrénit, 2013), entendiendo que algún tipo de sistema (nacional o local) “expresa la trama de relaciones sociales que dan por fruto los procesos innovadores” (Albornoz, 2007, p. 61).

Con una historia marcada por la coexistencia de una persistente inestabilidad económica y una relativa estabilidad estructural, junto con la centralidad que la contribución al desarrollo tiene entre los objetivos de la política CyT (Bilański, 2022), las biotecnologías se afianzaron como un componente clave y estratégico para el país. Esto se evidencia en la temprana elaboración de planes para el sector, que datan de los años 80’s, como el *Programa Nacional de Biotecnología de 1982-1991*. Además de su continuidad –con el *Programa Nacional Prioritario de Biotecnología (1992-1996)*, el *Programa de Biotecnología de 1997 (GACTEC, 1997b)*, entre otros–, destaca la firma de programas de cooperación con otros países como Brasil (Bilański, 2017). Se extendía la convicción de que era posible hacer innovación biotecnológica en el país, porque contaba con los recursos y la infraestructura necesaria, y

tenía capacidades técnicas cercanas a las de los países avanzados, de forma “que el *gap* tecnológico, infranqueable en otras oportunidades, aquí no lo es” (GACTEC, 1997a, p. 199).

A pesar del entusiasmo, ya el balance del Plan 2000-2002 reconoció que las restricciones presupuestarias y de recursos humanos habían impedido alcanzar los objetivos propuestos hasta entonces (GACTEC, 1999). Con ello, el *Plan Estratégico 2005-2015 para el Desarrollo de la Biotecnología Agropecuaria* planteó la necesidad de “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, p. 5). De este modo, la política CyT revela un posicionamiento estatal positivo y constante frente a las biotecnologías, sin importar la orientación de gobierno, y también la centralidad que tuvo y tendrá en ella la cuestión normativa, como veremos a continuación. Es que existe cierta ambigüedad en la política de fomento a la I+D biotecnológica: pese a la explícita postura favorable, la falta de articulación entre las distintas líneas de financiamiento puestas a disposición desde entonces (Bilański, 2022; Castaño, 2019) y una sucesión de restricciones presupuestarias (Córdoba y Azcurra, 2021; Stefani, 2017), revelaron que el apoyo político resultaba insuficiente.

Marco normativo

Ante el diagnóstico de los objetivos incumplidos, pronto se visibilizó la importancia de garantizar un “entorno favorable” que brinde previsibilidad a los actores, y este lo constituyó fundamentalmente el marco legal. De acuerdo con Poth (2013), fueron las empresas privadas las que demandaron al Estado su conformación, por los riesgos que implicaba emprender sin contar con respaldo legal. Así comenzaron a crearse una serie de instituciones que pasaron a estar a cargo de la evaluación, aprobación y control de las investigaciones biotecnológicas como también de la liberación, utilización y/o comercialización de los productos obtenidos por esas técnicas. En consecuencia, Argentina elaboró un marco normativo para las biotecnologías que denominamos flexible, en tanto se conforma de un conjunto de Resoluciones y Decretos elaborados por el Poder Ejecutivo y sus dependencias, por lo que su modificación no depende de los debates y plazos que supondría pasar por el Legislativo (Bilański, 2020).

Entendemos que este marco normativo constituye la principal estrategia de intervención estatal para fomentar la I+D y la comercialización de las innovaciones biotecnológicas en el país.⁴ O’Farrell et al, señalan que una “fortaleza del marco regulatorio argentino es el elevado grado de cumplimiento de los estándares promovidos por organismos y reglas internacionales” (2022, p. 27), que facilita e incentiva la inversión y aprobación de Organismos Genéticamente Modificados (OGM) por parte de empresas multinacionales con negocios globales (ídem). De este modo, la normativa permitió que Argentina cumpliera con los requisitos fijados internacionalmente para desarrollar y exportar sus productos biotecnológicos.

4 Esta estrategia encuentra limitaciones, vinculadas a cuestiones geopolíticas y de comercio internacional. Para más sobre este punto ver Bilański (2022; 2023a).

Pero muchas veces la norma operó en detrimento de los intereses locales. Aunque parezca contradictorio, un caso paradigmático es justamente el de la normativa sobre OGM: las distintas evaluaciones necesarias para autorizar su comercialización volvieron al proceso tan extenso y costoso que solo unas pocas empresas multinacionales pueden llevarlos adelante (Pellegrini, 2014). Así, la incorporación del “paquete tecnológico” que permitió la expansión sin precedentes del sector agropecuario, significó un cambio cualitativo y cuantitativo en el uso de insumos y servicios externos (Perelmuter, 2017, p. 82). La creciente concentración de las empresas proveedoras 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, p. 61).

A conciencia de este problema, el Estado aprovechó las escasas oportunidades que tuvo para utilizar la normativa en beneficio de los productores locales. Por ejemplo, con la Resolución N° 71 de 2006, que permitió a los productores argentinos aprobar productos sobre los que Monsanto y Syngenta tenían derechos, pero sin pagarlos, pudiendo comercializándolos a menor precio (Pellegrini, 2014, p. 189); o conservando la Ley 20.247 de Semillas y Creaciones Fitogenéticas de 1973, que preserva el derecho de los agricultores a reutilizar semillas sin pagar regalías al proveedor, pese a la constante presión de las multinacionales semilleras para que sea reformada (Perelmuter, 2017; Puglia, 2021).

Creemos que esto mismo está ocurriendo en torno a los organismos editados genéticamente. Argentina fue el primer país del mundo en “desregularlos” (Dederer y Hamburger, 2019, p. 3). Esto se apoya en una distinción técnica por la que los organismos editados, al no tener ADN exógeno (de otra especie), no difieren sustantivamente de un organismo que pudo haberse obtenido por técnicas convencionales de cría o cultivo que no se consideran OGM (Duensing et al, 2018) y, por tanto, no deberían estar alcanzados por su normativa. Dicha distinción permite a los laboratorios locales llegar al mercado comercial sin tener que atravesar las onerosas instancias evaluatorias que deben sortear los OGM y aprovechar la “ventana de oportunidad” que habilitan las nuevas técnicas de edición genética como CRISPR-cas9 (Sztulwark y Girard, 2020).

Capacidades tecnológicas

Las capacidades tecnológicas son los recursos que las empresas adquieren o acumulan para poder gestionar y administrar el cambio tecnológico, e “involucran un conjunto específico de acciones tales como tareas de investigación y desarrollo (I+D), capacitación del personal o adquisición de nueva maquinaria” (Stubrin, 2019, p. 11). Muchos de estos recursos están a disposición de las empresas tanto públicas como privadas en nuestro país.

Para ello, por ejemplo, en los últimos años Argentina incrementó la oferta de estudios superiores en biotecnología y genética (con al menos 14 y 3 universidades brindando estas carreras de grado respectivamente), y diversificó su oferta de especialización en posgrados (Bilański, 2022, pp. 376-377). Por el lado de la demanda, políticas como el Programa Nacional Becas Bicentenario otorgan becas a estudiantes de “carreras consideradas estratégicas para el desarrollo económico, productivo y tecnológico del

país” (Resolución N° 855/2009), para fomentar la inscripción. En cuanto a los conocimientos, la extensión y la profundidad de los contenidos, la gran inserción internacional de los científicos-investigadores argentinos y “la capacidad acumulada por la investigación académica de excelencia” (Albornoz y Barrere, 2021, p. 11), revela que estos están altamente capacitados para llevar adelante desarrollos por imitación, pero también para hacer investigación de vanguardia e innovación tecnológica.

Como apunta Stefani, Argentina mantiene un sistema universitario y científico con nivel de excelencia, por lo que son ciertas deficiencias organizativas y presupuestarias las que limitan su competitividad internacional (2018, p. 33). Más del 90% del presupuesto de CONICET y de las Universidades Nacionales se destina únicamente al pago de salarios y estipendios (Doberetti, Gabay y Levy, 2020, p. 39). Por tanto, la compra de los insumos básicos para llevar adelante las investigaciones, proviene de diferentes líneas de financiación, por las que los científicos deben competir. Muchas las ofrece la ANPCyT, a través de una serie de instrumentos de promoción orientados a distintas temáticas, sectores y beneficiarios.

Pero la financiación es reducida e inestable, ya que ingresa de a tandas, y descansa en la capacidad de los investigadores para agenciar estos recursos. Los espacios de trabajo, maquinarias y equipamientos básicos suele aportarlos la institución en que radican los científicos. A pesar de ser imprescindibles, solo alrededor del 5% del presupuesto del CONICET y las Universidades Nacionales se destinan a este rubro (Bilański, 2022). Además, estas erogaciones no suelen tener asignaciones fijas, sino que aparecen esporádicamente en partidas presupuestarias extraordinarias (Bilański, 2022). Ello disminuye el atractivo de investigar en el sector público y estimula a que cada vez más científicos pasen a trabajar al sector privado, o incluso se animen a emprender, por ejemplo, creando *startups* biotecnológicas.

Desde la pionera investigación en transgénicos de Mentaberry y Hopp (Kreimer, 2010; Pellegrini, 2014) a la extensa trayectoria de los escasos equipos de investigación en clonación animal con referentes como Baraño y Salamone, se evidencia una acumulación significativa de conocimientos y capacidades (Thomas, Fressoli y Gianella, 2011). Al regresar de sus estudios en el exterior, una constante entre los investigadores prestigiosos hasta los setenta (Kreimer, 2006, p. 202), estos formaron a muchos de quienes hoy trabajan con ingeniería genética. Desde entonces, creció exponencialmente la cantidad de estudiantes que realizan su formación doctoral en el país, lo que permite inferir “un *desplazamiento* de la emigración científica *a partir del postdoctorado*” (Kreimer, 2006, p. 204). Esto es claro en el campo de la ingeniería genética, donde muchos de los entrevistados realizaron instancias de formación posdoctoral en el extranjero (España, Japón, Estados Unidos, Suiza y Canadá, entre otros). El interés por CRISPR en Argentina comenzó justamente entre equipos que trabajaban con genómica y tenían un perfil “internacionalizado”, esto es, en términos de Beigel (2018), eran miembros de CONICET con participación en organismos y proyectos internacionales.

También constatamos la existencia de redes de trabajo y colaboraciones conjuntas entre institutos públicos argentinos y de otros países. Por ello, el problema de Argentina no es formar investigadores sino mantenerlos, siendo que las recompensas materiales y la valorización simbólica es gene-

ralmente baja (Bilański, 2022, pp. 188-189). En palabras de Vessuri, “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, p. 196). Pero como afirma Kreimer, la emigración de científicos no siempre ha de ser interpretada como una “fuga de talentos”, enfatizando en la pérdida de recursos humanos y capacidades; sino que también constituye una “diáspora” que permitiría capitalizar la internacionalización de los científicos locales emigrados (2006, p. 204). Córdoba y Hernández señalan que “las políticas de vinculación con la diáspora científica fomentadas por los Estados no necesariamente persiguen la repatriación, sino que priorizan el valor agregado que la residencia en el exterior les brinda” (2013, p. 86).

En cualquier caso, desde 2008, el Estado argentino repatrió alrededor de 800 investigadores mediante el Programa Raíces (Red de Argentinos Investigadores y Científicos en el Exterior). Si bien para el período 2009-2011 Córdoba y Hernández (2013) encuentran que 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 esos argentinos que se encuentran en el extranjero o retornaron al país tienen para la trayectoria de las empresas nacionales del sector. Muchos de los desarrollos para el COVID estuvieron a cargo de investigadores con este perfil. Como contracara, estas estrategias de inserción global pueden debilitar “las posibilidades para negociar mejor las estrategias de investigación —y de integración internacional— de los científicos locales” (Kreimer, 2013, p. 451) y subordinar “las actividades científicas tecnológicas regionales a las agendas internacionales” (Thomas, Fressoli y Gianella, 2011, p. 152).

Capacidades no-tecnológicas

Pero hacen falta otras condiciones o aptitudes para que los nuevos bienes o servicios tecnológicos logren llegar al mercado comercial y generar utilidades. Estas son las que Stubrin llama capacidades no tecnológicas, y contemplan los conocimientos y recursos necesarios para “crear mercados para nuevas soluciones tecnológicas, fijar precios a nuevos productos, establecer las condiciones para que se produzcan las transacciones de mercado y otras reglas de juego en un sentido amplio” (2019, p. 11). La principal cualidad para la innovación biotecnológica argentina identificada en este punto, descansa en el modo en que se articulan los recursos materiales y humanos. Esto porque “desarrollar capacidades que le permitan a las firmas colaborar e intercambiar recursos y conocimiento con terceros es crucial en el mundo de la biotecnología” (ibíd., p. 20), porque “la base de conocimiento en que se asienta la biotecnología es cada vez más amplia y compleja, lo que hace que sea muy difícil que todo el conocimiento se concentre bajo ‘un mismo techo’” (ídem) y porque “la velocidad del cambio técnico se produce a un ritmo vertiginoso” (ídem).

Algunas modalidades de articulación suelen ser *formales*, esto es, estipularse contractualmente y por un período determinado, como la interacción entre organismos de investigación públicos y empresas. Observando las motivaciones, Arza tipificó 4 modos de vinculación: las 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 (2010, p. 476).

En un contexto de escasez de recursos, la colaboración con una empresa permite a los científicos del sector público “sumar un antecedente”, es decir, que su aporte redunde en un *paper*, una patente, una ponencia o cualquier otro resultado positivamente valorado para su trayectoria profesional. Otras veces, los actores colaboran porque necesitan mutuamente del conocimiento experto de otros profesionales (dada la creciente especialización de las ciencias); de las instalaciones de otras instituciones –como, por ejemplo, quirófanos adaptados para equinos, o que cumplen con normas GMP– o sus recursos –pueden aportar insumos, reactivos y otras materias primas indispensables, o poseen bancos de muestras o bioterios–. 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 o un laboratorio. Dadas las limitaciones presupuestarias, colaborar es la única forma posible de producir conocimiento y desarrollos biotecnológicos en un país con las características de Argentina.

En este sentido, encontramos una tendencia creciente a la articulación entre diversos actores del sector público y privado, que no siempre resulta de una orientación o política pública deliberada del Estado y sus organismos CyT, sino más bien de las estrategias que despliegan los actores para poder resolver los obstáculos cotidianos que enfrentan en su trabajo (Bilański, 2022). Así, encontramos que en el campo de la ingeniería genética existe una incipiente red de colaboraciones entre instituciones públicas y privadas de I+D+I, que muchas veces se dan de modo *informal*, incluso eludiendo o infringiendo las reglamentaciones del CONICET o las instituciones de pertenencia, haciendo virtud de la necesidad (ídem).

Los vínculos son profesionales, pero también personales, emergen de lazos amistosos o familiares con ex compañeros de estudio o trabajos previos. Quienes se animan a crear *startups*, no rompen la relación con sus instituciones de base a las que normalmente se ven obligados a renunciar, sino que, por el contrario, recurren a ellas en pos de un beneficio mutuo que suele ir desde la contratación para tareas específicas hasta el diseño de proyectos conjuntos. Así, la “salida” de estos recursos humanos desde centros públicos de investigación a los emprendimientos privados, de modo análogo a lo que ocurre con las diásporas internacionales, supone una pérdida, pero también la apertura de un nuevo canal de diálogo por el que los laboratorios reciben recursos y propuestas.

Los biotecnólogos no solo circulan entre instituciones de I+D sino también hacia y desde las oficinas del Estado, participando de los organismos reguladores como CONABIA, SENASA, ANMAT. 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. Asimismo, el saliente Ministro de Ciencia, Tecnología e Innovación de Argentina (2007–2018) Lino Barañao, investigador del CONICET, dirigió el equipo que en 2002 logró el nacimiento de la

primera ternera clonada de Iberoamérica, genéticamente modificada para que produzca la hormona de crecimiento humana en su leche. Así, los vínculos personales e institucionales también sirven para relacionarse con los organismos reguladores, 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, las investigaciones aplicadas a la agroganadería acercan a científicos y funcionarios que forman lazos estrechos y directos. Un investigador y empresario nos decía: “yo me escribo por whatsapp con el Director de CONABIA” (comunicación personal, 10 de julio de 2019).

Lo reducido del universo de la ingeniería genética aplicada a la agroganadería 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” (comunicación personal, 11 de junio de 2019).

De este modo, una característica clave del sistema científico-tecnológico en general y del “ecosistema innovador” en biotecnología en particular es la conformación de una extensa red de contactos que permiten obtener y optimizar los insumos y conocimientos necesarios, como también cierta *expertise* en trabajo colaborativo y obtención de patentes, en los intercambios con los organismos de control; y en el establecimiento de convenios con otras instituciones de Argentina y el exterior (Bilañski, 2022). Veremos que estos vínculos fueron imprescindibles para los desarrollos en el marco de la pandemia.

La rápida reorientación de la I+D para atender los problemas de la pandemia

En ese complejo escenario en que se desenvolvía la I+D, se añade que en marzo de 2020 el gobierno nacional impuso una cuarentena obligatoria en todo el territorio argentino, para frenar la propagación del COVID-19. Si la dependencia de insumos y biosimilares importados era un problema, se volvió crítico cuando las fronteras se cerraron, la demanda se incrementó y comenzaron a escasear. Ya costosos para los presupuestos nacionales, la competencia para adquirirlos y la volatilidad del mercado amenazaba con dejarnos sin productos clave para afrontar la pandemia.

La imposibilidad de acceder a los laboratorios y de trabajar a distancia forzó la detención de muchas investigaciones, pero impuso la urgencia de generar conocimiento sobre lo que estábamos enfrentando y cómo abordarlo. Como señalan Albornoz y Barrere, “la comunidad científica fue llamada a dar respuesta a problemas locales, a asesorar en las decisiones de políticas públicas y a traducir el conocimiento técnico al público en general. Se trató de una importante revalorización de la actividad científica” (2021, p. 8). Pronto pudo notarse que

Las restricciones en la inversión en I+D no impidieron un aumento en la calidad de la ciencia latinoamericana (...) Esto permitió que, ante el desafío del COVID-19, la región pudiera movilizar recursos humanos y líneas de investigación que han alcanzado una productividad destacable (ídem.).

Las restricciones incluso operaron de estímulo para una especie de sustitución de importaciones forzada. Los proyectos que buscaron responder a la pandemia fueron posibles gracias a la intervención de una gran cantidad de actores, y a la interacción de algunas de las condiciones “virtuosas” que identificamos. A la vez, las iluminan a la perfección: hubo una fuerte iniciativa estatal en política CyT, que se montó sobre preexistentes capacidades (tecnológicas o no) como el equipamiento y la *expertise*. Mientras, los vínculos previos entre científicos, funcionarios y empresarios viabilizaron el diseño de los proyectos de I+D y permitieron sortear obstáculos como la escasa adhesión a las normas GMP y las demoras en los procedimientos regulatorios.

En los albores de la detección de casos, el MINCYT, la ANPCyT y el CONICET conformaron la “Unidad Coronavirus COVID-19”, para poner a disposición recursos humanos, infraestructura y equipamiento para el diagnóstico y la investigación sobre coronavirus. Esta Unidad apoyó más de 100 iniciativas orientadas a objetivos críticos, como la creación de kits de diagnóstico, enfoques terapéuticos y plataformas epidemiológicas (Rabinovich y Geffner, 2021, p. 264).⁵ Para acceder a este respaldo, los científicos debían conformar un equipo de investigación y plasmar sus propuestas en un proyecto, para concursar por los recursos. El desafío era cómo encarar un problema desconocido, especialmente en un contexto donde las vías convencionales de contacto, intercambio, diálogo y experimentación estaban vedadas. Los entrevistados destacaron la comunicación personal vía aplicaciones como *Whatsapp* y *Zoom* como el canal privilegiado para la elaboración de las propuestas. Mientras, los funcionarios públicos cambiaron sus ventanillas por herramientas remotas digitales para intentar dar continuidad a los trámites (Arcidiácono y Perelmiter, 2021). Por ello, durante la cuarentena, las relaciones preexistentes y la experiencia adquirida por los científicos y los organismos reguladores compensaron la ausencia de espacios de intercambio presencial.

Así, movilizados por las ganas de volver a sus laboratorios y contribuir a la búsqueda de soluciones, muchos investigadores encontraron la forma de adaptar sus trabajos previos y áreas de *expertise*. La mayoría de la I+D vinculada al COVID-19 surgió de la articulación entre actores del sector público y el privado. En muchos casos fueron desarrollados directamente por consorcios público-privados, pero otros lo hicieron a través de convenios, cierta división del trabajo o mediante *startups*, con claro anclaje en universidades públicas.

Pero no solo se necesitaban los recursos humanos, sino también los materiales. Como constaron Albornoz et al, el “esfuerzo científico mundial se apoyó en los recursos de investigación ya instalados en los distintos países, poniendo en valor esa acumulación de capacidades en una situación tan crítica” (2021, p. 130), y permitiendo optimizar los recursos disponibles para adecuar lo que se tenía y sabía, a lo que se debía y podía realizar. A continuación, examinaremos una serie de casos donde puede observarse cómo las condiciones favorables se articulan positivamente para que Argentina

5 Más detalle sobre las convocatorias de ANPCyT en torno al COVID-19 entre 2020 y 2021, como los proyectos seleccionados, montos otorgados y sus principales resultados, puede consultarse en Córdoba et al (2022).

sortee los obstáculos y logre desarrollar proyectos de I+D+i en biotecnología. En la tabla 1 se encuentran los proyectos seleccionados y su objetivo, como también la línea de investigación en que trabajaban antes de la pandemia, sobre la que se basan.

Tabla 1. Responsable del desarrollo por objetivo de investigación antes (2019-2020) y durante (2020-2021) la pandemia de COVID-19

PROYECTO/EMPRESA RESPONSABLE	OBJETIVO DE INVESTIGACIÓN	
	Prepandemia	Pandemia
<i>CASPR Biotech</i>	Kit diagnóstico (dengue y chagas)	Kit diagnóstico (COVID)
<i>Chemtest</i>		
<i>Equipo UBA, dirigido por Kornblihtt</i>	Función Biológica de una molécula de ARN en plantas	Solución para inactivación, transporte y preparación de muestras para diagnóstico (INACTIVAR)
<i>INMUNOVA</i>	Suero equino para SUH	Suero equino hiperinmune para COVID-19
<i>Equipo UNSAM, dirigido por Cassataro</i>	Vacunas de administración oral	Vacuna para COVID-19 (ARVAC Cecilia Grierson)

Fuente: Elaboración propia.

CASPR BIOTECH – Kit diagnóstico

CASPR Biotech es una *startup* argentina que utiliza CRISPR para elaborar kits para el diagnóstico de enfermedades en formato de tira reactiva. Este podría adaptarse para detectar diversas enfermedades, como dengue y COVID-19 –dos en las que han trabajado– y permitiría un diagnóstico más rápido, económico y portable, accesible para poblaciones alejadas de los centros urbanos.

La idea surgió entre investigadores y becarios del CONICET, en un Hospital de la Ciudad de Buenos Aires, donde el equipo trabajaba en la búsqueda de potenciales tratamientos para la diabetes con técnicas de edición. Al poco tiempo, leyeron que era posible utilizar CRISPR como una herramienta de diagnóstico, y decidieron probar esa línea. También usaron edición genética para apagar o prender los genes (epigenética) de una célula de la piel humana y convertirla en productora de insulina, propuesta con la que se presentaron al concurso INNOVAR 2015. Aunque no ganaron, allí conocieron a la directora de Investigación y Desarrollo de Grupo INSUD –de extensa trayectoria en cargos de vinculación científico-tecnológica en el sector público y privado–, quien les sugirió presentar su idea a una *company building*.⁶ Así, el equipo de investigación comenzó a participar de una instancia de “formación” de tres meses en GridX.⁷ Allí conocieron e incorporaron a su equipo a un economista que con solo 24 años ya tenía experiencia como emprendedor. Hasta entonces los miembros del equipo eran todos del ámbito científico. Al finalizar, obtuvieron una inversión inicial de GridX y constituyeron formalmente la *startup*.

Por intermedio de GridX, fueron invitados a una instancia de formación intensiva en San Francisco, Estados Unidos. Estuvieron cinco meses en la aceleradora de empresas IndieBio, reconocida como “el mayor fondo de biotecnología a nivel mundial” (Stubrin, 2022, p. 69). Relatan que, aunque 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: recibían en el día lo que en Argentina tarda más de un mes. Finalizada la instancia en IndieBio, esa aceleradora invirtió 250.000 dólares en la empresa.

Para diciembre de 2019, cuando los entrevistamos, los integrantes de CASPR estaban en Argentina avanzando en el desarrollo del producto. Dialogaban con ingenieros y evaluaban si convenía fabricar o importar el hardware, entre otros aspectos técnicos del proyecto. El laboratorio y las oficinas se encontraban en un espacio para empresas incubadas de la Universidad de Buenos Aires (UBA), cuyo laboratorio pudieron equipar con los fondos de la *startup* y donde trabajaban quienes aún se desempeñaban como miembros del CONICET.

En febrero de 2020, cuando se detectaban los primeros casos de coronavirus en el país, CASPR anunció que su kit, que venían probando

6 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.

7 GridX es una *company building* de proyectos biotecnológicos. Selecciona proyectos científicos a los que ofrece este período de formación y capacitación, que también oficia de entrevista. Al finalizar, algunos proyectos reciben una financiación del fondo de inversión de GridX, conformado por algunas de las principales empresas del rubro, como Grupo INSUD, Bagó, GADOR, Vicentín, Bioceres y SINERGIUM Biotech.

para diagnosticar dengue, podría utilizarse para COVID-19 (Martin, 11 de febrero de 2020). La necesidad de optimizar las herramientas de diagnóstico y las facilidades que podría ofrecer el kit, los ubicó en el centro de la atención y el apoyo estatal. Miembros de la startup, junto con otros científicos contratados especialmente para trabajar de manera exclusiva e intensiva con ellos durante dos meses, fueron trasladados a la sede de IndieBio en Estados Unidos por un vuelo “repatriación” de la aerolínea de bandera. Esperaban optimizar el producto, lograr su producción a escala y las validaciones de las distintas autoridades clínicas, como la aprobación de la *Food and Drug Administration* (FDA) y ANMAT.

A menos de un año de nuestras entrevistas, CASPR había pasado de sus cuatro miembros originales a un equipo de trabajo integrado por 27 personas, en Argentina y Estados Unidos, ilustrando la versatilidad del producto que esta startup tenía entre manos como la velocidad con la que este tipo de empresas puede adaptarse ante escenarios cambiantes. Fueron sus capacidades tecnológicas junto a las no tecnológicas acumuladas, principalmente la relación con actores del sector privado nacional e internacional, y los organismos regulatorios con los que venían trabajando, lo que permitió la organización, traslado y adaptación de esta línea de I+D a la urgencia sanitaria.

CHEMTEST – Kit diagnóstico

En este sentido, Chemtest es una clara muestra de que una política CyT puede ser exitosa incluso cuando parece “fracasar”, esto es, del modo en que los instrumentos 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 ANPCyT creó el Fondo Argentino Sectorial (FONARSEC), que buscaba reunir investigadores del sector académico y empresario local 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 Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), de la UNSAM y una serie de empresas, con la idea de hacer sistemas portátiles 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., p. 311).

Como señala Diego Comerci, director de Chemtest, si bien 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 diagnóstico en salud humana y animal, y se vincularon con empresas del sector biológico, como Biochemiq, una PyME de productos biológicos veterinarios. En 2013, al capital que aportó el dueño de Biochemiq, sumaron financiación del programa EMPRETECNO, un convenio entre Argentina y el Banco Mundial para llevar al sector productivo estos desarrollos que surgían en el sistema

académico. Así, Comerci y otros 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.

La empresa se dedica a fabricar, entre otras cosas, test para detectar dengue y mal de Chagas. Al igual que CASPR, decidió adaptarse para ayudar a afrontar la pandemia de COVID-19, y pudo desarrollar el kit para la detección del virus SARS-CoV-2 basado en amplificación isotérmica y detección rápida por tiras reactivas, que 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), y utilizado en al menos 35 Centros de Salud de todo el país.

Además, recibieron 12,5 millones de pesos en financiamiento de la ANPCyT para desarrollar un kit “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” (Zamponi, 23 de junio de 2021). Afirmaron que sería “el primer test antigénico para COVID-19 de diseño y manufactura íntegramente nacional” (ídem). En formato tarjeta, ya se vende el CHEMSTRIP COVID-19 IgM/IgG, un test inmunocromatográfico para la detección rápida y cualitativa de anticuerpos IgM e IgG de SARS-CoV2 en muestras de suero, plasma, sangre entera venosa y capilar.

Este desarrollo contó con la colaboración del Instituto de Investigaciones Biotecnológicas 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”, por los que distintas empresas privadas se harán cargo del escalado y la producción masiva de estos hallazgos.⁸ Esto evidencia la centralidad de las capacidades preexistentes, como destaca Comerci:

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 (en Chemtest: cuando la ciencia y la tecnología se aplican a la salud, 13 de noviembre de 2020).

INACTIVAR – Inactivación de muestras para diagnóstico

En el Instituto de Fisiología, Biología Molecular y Neurociencias (IFIBYNE) del CONICET y la UBA, un grupo de investigadores que estudiaba la función biológica de la molécula de ARN en plantas (Córdoba et al, 2022), notó que esta molécula también era la base del SARS-CoV-2. Confiando en que “todas las técnicas y todos los métodos que empleamos

⁸ 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 su escalado y preparación de exportación. El otro a Wiener Laboratorios SAIC para la Producción en planta industrial de kits de biología molecular, quienes comercializan el test de diagnóstico WGen SARS-CoV-2 RT Detection (ANPCyT, 2021).

en el día a día tranquilamente podríamos volcarlos y darles uso para este agente etiológico del COVID-19” (investigador del proyecto, comunicación personal, 14 de mayo de 2021), reorientaron sus investigaciones para simplificar los métodos de detección de ARN viral.

En el marco de la convocatoria extraordinaria “Ideas Proyecto COVID-19” (en adelante IP COVID-19), Alberto Kornblihtt dirigió la investigación que produjo un protocolo completo de inactivación de muestras y preparación de ARN total para la detección de SARS-CoV-2. Obtuvieron un método de PCR que permite inactivar las muestras clínicas en el lugar de su obtención, habilitando que su análisis pueda realizarse en cualquier laboratorio de investigación, y no solo en aquellos que tienen la capacidad de inactivar el virus de las muestras que recibe. Así, se multiplican los espacios disponibles para realizar la diagnosis y se abaratan los costos. De esto resultó una solución “para la inactivación, transporte y preparación directa de Ácidos Nucleicos a partir de muestras biológicas” llamada INACTIVAR, producida por el Laboratorio Lemos SRL. El investigador a cargo del proyecto señaló que sin la aprobación de ANMAT y el apoyo de la empresa hubiera sido imposible que estos hallazgos se convirtieran en un producto de distribución masiva (Alberto Kornblihtt, comunicación personal, 14 de mayo de 2021).

La colaboración fue extensa. Del trabajo participó también el Instituto de Investigaciones Biomédicas en Retrovirus y SIDA (INBIRS); el Instituto de Química Biológica de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (IQUIBICEN); la Administración Nacional de Laboratorios e Institutos de Salud (ANLIS-Malbrán) y la UNSAM. El producto final resultó de un consorcio integrado por otras dos iniciativas. Por un lado, el proyecto a cargo de 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). El investigador a cargo del proyecto explicó que el dinero que obtuvieron de la ANPCyT alcanzó perfectamente para cubrir la investigación que se habían propuesto, pero porque no debieron adquirir ningún equipo: lo más costoso, ya lo tenían (comunicación personal, 14 de mayo de 2021). Señaló que, de haber tenido que comprarlo, no solo se hubieran incrementado los montos, sino que además se hubiera retrasado mucho el proyecto, porque las restricciones a la circulación afectaban el intercambio comercial, a lo que se sumaba que cada país priorizaba su abastecimiento interno antes que la exportación.

INMUNOVA – Suero equino hiperimmune

INMUNOVA es una articulación público-privada creada 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 el Grupo INSUD. Desde 2016 su sede está en la Fundación Argentina de Nanotecnología, emplazada en la UNSAM y dependiente del MINCYT. Allí hace años investigan una macromolécula que los llevó a diseñar una terapia pasiva para el Síndrome

Gráfico 5. Distribución de magnitudes de distrito en Argentina y América Latina

Urémico Hemolítico (SUH). Esta consiste en utilizar esa molécula para inmunizar a un equino, extraer los anticuerpos que el animal genera y usarlos como un principio activo para tratamientos en humanos (Córdoba et al, 2022, p. 97). El procedimiento se utiliza hace más de treinta años, por lo que su seguridad se encuentra probada, minimizando las instancias regulatorias que debe atravesar el producto terapéutico para salir al mercado (ídem).

La terapia para el SUH se encontraba en fase II/III de ensayo cuando debió detenerse por la cuarentena. Como relata la directora del proyecto, en ese momento tenían un equipo formado en la elaboración de inmunógenos, 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 (Vanesa Zylberman, comunicación personal, 24 de noviembre de 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 contra el COVID. La investigadora cuenta que se reorganizaron rápidamente para, ya en abril y de modo remoto, revisar la escasa bibliografía sobre el tema. La misma sugería que necesitaban una molécula, que podía obtenerse de la espiga RBD (de dominio de unión al receptor, por la que el SARS-COV-2 ingresa al organismo), para armar una antitoxina en su contra y que sea anti-SARS-COV-2 (ídem). Así, a partir de equinos, podrían obtenerse anticuerpos policlonales para desarrollar una inmunoterapia pasiva a los fines de tratar a los pacientes con COVID-19.

Convocaron a grupos de trabajo con experiencia en la obtención de estas células, y redirigieron su investigación a la obtención de una antitoxina para el SARS-CoV-2. Los lotes de RBD con que se inmunizan los equinos los produce la empresa MAbxience del Grupo INSUD, que cuenta con los recursos e instalaciones necesarios para cumplir con las normas GMP y producir los inmunógenos en condiciones controladas. Esta capacidad es la que permitió a MAbxience conseguir un acuerdo con AstraZeneca para producir el principio activo de su vacuna contra la COVID-19 en Latinoamérica. Por otra parte, el Instituto Biológico Argentino (BIOL) comenzó a ocuparse del proceso que va desde la extracción del suero del animal a la elaboración del producto final.

A mediados de 2021, el “suero equino hiperinmune terapéutico contra COVID-19” comenzó a ser utilizado para el tratamiento clínico de pacientes hospitalizados por coronavirus. Incluyendo a quienes se desempeñaban en los laboratorios y hospitales que participaron de la fase clínica, los investigadores estiman que aproximadamente unas 300 personas trabajaron en este proyecto (Córdoba et al, 2022, p. 97).

ARVAC “CECILIA GRIERSON” - Vacuna

Juliana Cassataro es inmunóloga e investigadora del CONICET en la UNSAM. Se doctoró trabajando en vacunas basadas en proteínas recombinantes, y luego se abocó al desarrollo de vacunas que puedan administrarse por vía oral (Africano, 21 de noviembre de 2016). En marzo de 2020, fue convocada por el MINCyT, junto a otros científicos, para pensar cómo afrontar la pandemia. En el marco de un proyecto IP COVID, comenzaron a trabajar en el desarrollo de una vacuna para el COVID, basada en la tecnología de

proteínas recombinantes. Esta hace que las vacunas sean más estables y menos dependientes de la cadena de frío, por lo tanto, más económicas y fáciles de producir y distribuir que las realizadas con otras técnicas (La Unidad Coronavirus destinará 60 millones de pesos para terminar la fase preclínica de la vacuna “ARVAC Cecilia Grierson”, 14 de junio de 2021). Luego de unos meses, lograron resultados promisorios en sus experimentos con ratones y salieron a buscar respaldo y financiación para avanzar con las pruebas en humanos. Así se asociaron con el Laboratorio Pablo Cassará, que además de invertir se encarga de producir los antígenos seleccionados para las formulaciones vacunales bajo normas GMP, junto a un grupo de investigadores del INBIRS y el CONICET (ídem).

La investigación recibió diversas líneas de financiamiento estatal, entre las que destacan los 60 millones de pesos que les entregó ANPCyT para terminar la fase preclínica de la vacuna ARVAC. Cassataro sostiene que, con la supervisión y acompañamiento de ANMAT, se avanzó ágilmente en los estudios de investigación de farmacología clínica durante todo el proceso de la Fase 1 (Vizzotti y Filmus analizaron los avances en el desarrollo de la vacuna nacional contra la Covid-19, 04 de agosto de 2022). Asimismo, en agosto de 2022 se reunió con los Ministros de Salud y de Ciencia, Tecnología e Innovación para avanzar en los detalles de la Fase 2/3.

Reflexiones finales

Entre las dificultades para hacer innovación biotecnológica que identificamos los meses previos a la pandemia, la dependencia de insumos importados fue la que primero mostró su gravedad frente a la emergencia sanitaria global. La altísima demanda y las restricciones a la circulación y el comercio amenazaban con dejar a Argentina sin insumos clave para la I+D, pero principalmente sin los bienes que no producía. Lejos de ser una estocada fatal, esta falencia operó como un estímulo para sustituir importaciones, decisión que además se tomó rápidamente, estimulada por experiencias previas de escasez de insumos vividas por los investigadores en momentos como el aumento del precio dólar (Córdoba et al, 2022). La determinación fue que prescindir de bienes básicos en contexto de pandemia era inadmisibles, y se actuó en consecuencia.

Un poco por la centralidad de las investigaciones sobre COVID-19, otro tanto por su exclusividad, dado que los protocolos sanitarios aún impedían al resto de los científicos continuar normalmente con su labor, los problemas asociados a la burocracia del sistema CyT amainaron. Pese a la falta de atención presencial en las oficinas del Estado, los concursos se resolvieron rápidamente y la asignación de los fondos llegó de inmediato, evitando la devaluación de los presupuestos. Luego, los vínculos previos entre investigadores y organismos reguladores fueron clave para la continuidad de los proyectos de I+D, y permitieron cumplir con las evaluaciones destinadas a garantizar la seguridad de los bienes y servicios, con la celeridad que ameritaba la pandemia y pese a su novedad.

Finalmente, los lazos con actores del sector privado y el mundo empresario fueron determinantes para la “salida al mercado” de las innovaciones. Como señalamos, la mayoría de los laboratorios no tienen infraestructura para cumplir las normas GMP ni para producir a gran escala, como sí tienen

algunas pocas empresas. Las relaciones existentes entre los actores involucrados, estimuladas por la necesidad mutua de optimizar los recursos materiales y humanos a partir de la colaboración, facilitó las negociaciones y alianzas entre quienes investigan, desarrollan, evalúan y financian.

De este modo, la pandemia transparentó el potencial de la ciencia y la tecnología local. Como afirmaba una investigadora vinculada al estudio de la vacuna, “esto permitió que la sociedad vea que estamos y que podemos responder” (comunicación personal, 20 de agosto de 2021). A la vez, dejó algunas lecciones sobre lo que se podría hacer con pequeños ajustes en los procedimientos burocráticos y regulatorios, sin grandes sacrificios, y fomentando “desde arriba” la colaboración entre múltiples actores (científicos, inversores, empresas, hospitales, funcionarios, vinculadores), cuyo aporte de expertise (en patentes, evaluaciones comerciales, ensayos clínicos, diseño de dispositivos, marketing, comercio), espacios y recursos, se reveló como una condición de posibilidad clave para el desarrollo innovador.

Bibliografía

- Africano, L. (21 de noviembre de 2016). Innovadores 2016: las vacunas por vía oral. *Sociedad Argentina de Biología*. <https://www.biología.org.ar/innovadores-2016-las-vacunas-via-oral/>
- Albornoz, M. (2004). La política científica y tecnológica en Argentina. En OEI-CTS (Ed.), *Temas de Iberoamérica: Globalización, Ciencia y Tecnología, volumen 2* (pp. 81-92). Madrid: OEI y Corporación Escenarios.
- Albornoz, M. (2007). Los problemas de la ciencia y el poder. *Revista CTS*, 3(8), 47-65.
- Albornoz, M. y Barrere, R. (2021). La ciencia latinoamericana en la época del COVID-19. *Ciencia, tecnología y política*, 4(7), 1-14. <https://doi.org/10.24215/26183188e060>
- Albornoz, M., Barrere, R., Osorio, L. y Sokil, J. (2021). La respuesta de la ciencia ante la crisis del COVID-19. En RICYT, *El Estado de la Ciencia 2020. Principales Indicadores de Ciencia y Tecnología Iberoamericanos / Interamericanos 2020* (115-133). UNESCO. http://www.ricyt.org/wp-content/uploads/2020/11/edlc_2020_3_1_LaRespuestaDeLaCienciaAnteLaCrisisDelCovid19.pdf
- ANPCyT (2021). *Ventanilla para Escalamiento y Preparación de Exportación – Tramo inicial KITS COVID-19 y otros. Comisión I - Anexo Proyectos Financiados*. <http://www.agencia.mincyt.gob.ar/upload/Res146-2021%20-%20KITS%20COVID-19%20-%20Comision%20%20-%20Anexo%20Proyectos%20Financiados.pdf>
- Arcidiácono, P. y Perelmiter, L. (2021). Asistir sin ventanillas: el trabajo estatal de trinchera en tiempos de COVID-19. *Estudios Sociales Del Estado*, 7(13). <https://doi.org/10.35305/ese.v7i13.255>
- Arza, V. (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. <https://doi.org/10.3152/030234210X511990>
- Beigel, F. (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. <https://nuso.org/articulo/las-relaciones-de-poder-en-la-ciencia-mundial/>
- Bilański, G. (2017). *La clonación fuera del laboratorio: un análisis de los eventos, regulaciones y debates en Argentina y Reino Unido* (tesis inédita de maestría). Universidad Nacional de San Martín, San Martín, Argentina. <https://ri.unsam.edu.ar/handle/123456789/256>
- Bilański, G. (2020). Clonación de mamíferos: regulación y participación pública en Argentina y Reino Unido. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, 15(44), 43-70. <http://ojs.revistacts.net/index.php/CTS/article/view/158>
- Bilański, G. (2022). *Entre las promesas de desarrollo y las prácticas con edición genética: la innovación biotecnológica en la periferia* (tesis inédita de doctorado). Universidad Nacional de San Martín, San Martín, Argentina. <https://ri.unsam.edu.ar/handle/123456789/2035>
- Bilański, G. (2023a). El marco normativo como fomento a la I+D+i científico-tecnológica en Argentina: la edición genética en el campo agropecuario y su regulación geopolítica. *Arbor*, 199(809), a712. <https://doi.org/10.3989/arbor.2023.809001>
- Bilański, G. (2023b). La apuesta por el desarrollo con nuevas técnicas de edición genética en Argentina. *Mundo Agrario*, 24(55). DOI: <https://doi.org/10.24215/15155994e203>
- Britto, F. y Lugones, G. (2020). *Bases y determinantes para una colaboración exitosa entre ciencia y producción*. Ciudad de Buenos Aires: CIECTI.
- Caplan, A., Parent, B., Shen, M. y Plunkett, C. (2015). No time to waste—the ethical challenges created by CRISPR. *EMBO Report*, 16(11), 1421-1426. <https://doi.org/10.15252/embr.201541337>
- Castaño, J. (2019). *Explorando el MINCyT: Estado, desarrollo y políticas de CTI entre 2008 y 2015 en Argentina* (tesis inédita de maestría). Universidad Nacional de San Martín, San Martín, Argentina. <https://ri.unsam.edu.ar/handle/123456789/1104>
- Chemtest: cuando la ciencia y la tecnología se aplican a la salud (13 de noviembre de 2020). *Presente*. <https://presente.com/chemtest-cuando-la-ciencia-y-la-tecnologia-se-aplican-a-la-salud/>
- Codner, D., Becerra, P. y Díaz, A. (2012). La transferencia tecnológica ciega: desafíos para la apropiación del conocimiento desde la universidad. *Redes*, 18(35), 161-171. <http://ridaa.unq.edu.ar/handle/20.500.11807/688>
- Córdoba, M. S. y Azcurra, K. (2021). Ciencia tomada. Estrategias frente al desfinanciamiento 2016-2019. *Ciencia, Tecnología y Política*, (7), 1-10. <https://doi.org/10.24215/26183188e063>
- Córdoba, M. S. y Hernández, V. (2013). Impactos de la diáspora científica y técnica en el sector biotecnológico argentino. *REDES*, 19(37), 77-109. <http://ridaa.unq.edu.ar/handle/20.500.11807/602>

- Córdoba, M. S., Ferroni, L., Hurtado De Mendoza, M. S., Azcurra, K., Smal, C., Munaretto, P., Bilański, G., Diez, M. y Smulski, M. (2022). Atravesar el "valle" entre el laboratorio y la sociedad: Experiencias de transferencia científico-tecnológica en Argentina durante la pandemia por COVID-19. *Ucronías*, (5), 85-111. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.6727181>
- Crespi, G. y Dutrénit, G. (2013). *Políticas de ciencia, tecnología e innovación para el desarrollo. La experiencia latinoamericana*. México: FCCyT.
- Dederer, H-G. y Hamburger, D. (2019). *Regulation of Genome Editing in Plant Biotechnology. A Comparative Analysis of Regulatory Frameworks of Selected Countries and the EU*. Suiza: Springer Nature.
- Doberti, J., Gabay, G. y Levy, M. (2020). El presupuesto universitario en la Argentina: ¿cuánto, cómo, dónde y a quiénes? *Cuadernos del INAP*, año 1, (7). <http://181.209.22.118/index.php/CUINAP/article/view/182/149>
- Duensing, N., Sprink, T., Parrott, W., Fedorova, M., Lema, M., Wolt, J. y Bartsch, D. (2018). Novel Features and Considerations for ERA and Regulation of Crops Produced by Genome Editing. *Frontiers in bioengineering and biotechnology*, 6, 1-16. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2018.00079>
- GACTEC (1997a). *Plan Nacional Plurianual de Ciencia y Tecnología 1998-2000*. Argentina: Presidencia de la Nación.
- GACTEC (1997b). Programa de Biotecnología. En *Plan Nacional Plurianual de Ciencia y Tecnología 1998-2000*. Argentina: Presidencia de la Nación.
- GACTEC (1999). *Plan Nacional Plurianual de Ciencia y Tecnología 2000-2002*. Argentina: Presidencia de la Nación.
- Herrero, M. y Belardo, M. (2021). Diplomacia sanitaria y geopolítica: la guerra mundial por las vacunas. *Debate Público. Reflexión de Trabajo Social*, (21), 51-63. http://trabajosocial.sociales.uba.ar/wp-content/uploads/sites/13/2021/08/10_Herrero.pdf
- Kreimer, P. (2006). ¿DEPENDIENTES O INTEGRADOS? La ciencia latinoamericana y la nueva división internacional del trabajo. *Nómadas*, (24), 199-212. <https://www.redalyc.org/pdf/1051/105116598017.pdf>
- Kreimer, P. (2010). *Ciencia y periferia. Nacimiento, muerte y resurrección de la biología molecular en la Argentina*. Buenos Aires: Eudeba.
- Kreimer, P. (2013). Internacionalización y tensiones para un uso social de la ciencia latinoamericana. Del siglo XIX al XXI. En O. Restrepo Forero (edit.), *Ensamblando estados* (pp. 437-452). Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- La Unidad Coronavirus destinará 60 millones de pesos para terminar la fase preclínica de la vacuna "ARVAC Cecilia Grierson" (14 de junio de 2021). *Argentina.gob.ar*. <https://www.argentina.gob.ar/noticias/la-unidad-coronavirus-destinara-60-millones-de-pesos-para-terminar-la-fase-preclinica-de-la>
- Lavarello, P., Minervini, M. y Robert, V. (2017). De las redes de colaboración para la innovación al desarrollo de clusters de ciencia y tecnología. Dos casos de estudio en la Universidad Nacional de San Martín en Argentina. *Revista Brasileira de Inovação*, 16(2), 299-324. <http://dx.doi.org/10.20396/rbi.v16i2.8650113>
- Ley Nacional N° 24.481 Patentes de Invención y Modelos de Utilidad. *Boletín Oficial de la República Argentina*. Argentina, 20 de septiembre de 1995.
- López Morales, A. (2018). *La patente biotecnológica: una mirada jurídica al futuro* (tesis inédita de maestría). Universidad Internacional de La Rioja, Madrid, España. <https://reunir.unir.net/handle/123456789/7175>
- Martín, H. (11 de febrero de 2020). Son argentinos y crearon un método para detectar el coronavirus en apenas 60 minutos que despertó el interés mundial. *Infobae*. <https://www.infobae.com/sociedad/2020/02/11/son-argentinos-y-crearon-un-metodo-para-detectar-el-coronavirus-en-apenas-60-minutos-que-desperto-el-interes-mundial/>
- MINCYT (2014). *ENCUESTA NACIONAL DE GRUPOS DE INVESTIGACIÓN EN BIOTECNOLOGÍA - Documento de Trabajo N°1 - Resultados generales*. Argentina: Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, Secretaría de Planeamiento y Políticas. Recuperado de https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/encuesta_grupos_bio_final.pdf
- Municoy, M. y Godoy Luque, M. (2019, noviembre). *Patentes de Invención en Biotecnología y la gestión de innovación en Argentina: casos de transferencia ciega de conocimiento*. Ponencia presentada en I Congreso Internacional de Ingeniería Aplicada a la Innovación y Educación y Asamblea General de ISTEAC 2019, Córdoba, Argentina. http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/97905/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- O'Farrell, J., Pizzo, F., Freytes, C., Aneise, A. J. y Demeco, L. (2022). *Pilares de la innovación en la biotecnología agrícola argentina. Pensar los recursos naturales como motor de la innovación*. Buenos Aires: Fundar. https://fund.ar/wp-content/uploads/2022/06/Fundar_Pilares-de-la-innovacion-en-biotecnologia-agricola.pdf
- Pellegrini, P. (2014). *Transgénicos: ciencia, agricultura y controversias en la Argentina*. Bernal: UNQ.
- Perelmuter, T. (2017). Ley de semillas en Argentina: avatares de una reforma que (aún) no fue. *Revista Interdisciplinaria de Estudios Agrarios*, (47), 75-110. <http://hdl.handle.net/11336/76292>
- Pereyra, E. (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, Rosario, Argentina.
- Polcz, S. y Lewis, A. (2016). CRISPR-Cas9 and the non-germline non-controversy. *Journal of Law and the Biosciences*, 3(2), 1-13. <https://doi.org/10.1093/jlb/lsw016>
- Puglia, M. de las N. (2021). *Sexo y semillas: una sociología sobre mercancías disputadas en Argentina (2011-2019)* (tesis inédita de doctorado). Universidad Nacional de San Martín, San Martín, Argentina. <http://ri.unsam.edu.ar/handle/123456789/1691>
- Rabinovich, G. y Geffner, J. (2021). Facing up to the COVID-19 pandemic in Argentina. *Nature Immunology*, 22, 264-265. <https://doi.org/10.1038/s41590-021-00873-w>
- Resolución N° 855/2009 del Ministerio de Educación. *Boletín Oficial de la República Argentina*. Argentina, 10 de junio de 2009.
- Romero, F. (2014). Los agroquímicos: concentración y dependencia en la Argentina (1976-2014). *Revista Interdisciplinaria de Estudios Agrarios*, (41), 59-101. <https://www.ciea.com.ar/web/wp-content/uploads/2016/11/RIEA-41-03.pdf>
- SAGPyA (2004). *Plan Estratégico 2005-2015 para el Desarrollo de la Biotecnología Agropecuaria*. Argentina: Ministerio de Economía y Producción.
- Santaló-Pedro, J. (2017). Edición genómica. La hora de la reflexión. *Revista de Bioética y Derecho*, (40), 157-165. <https://scielo.isciii.es/pdf/bioetica/n40/1886-5887-bioetica-40-00157.pdf>
- Stefani, F. (2017). *Evolución del presupuesto del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (MINTYT), y de la función Ciencia y Técnica del presupuesto nacional*. <https://cibion.conicet.gov.ar/wp-content/uploads/sites/22/2017/10/Evolucion-de-presupuesto-MINTYT-y-f-CyT.pdf>
- Stefani, F. (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*. https://www.biologia.org.ar/wp-content/uploads/2018/10/Stefani-2018_Rol-actual-y-futuro-de-la-ciencia-en-la-innovacion-industrial-en-Argentina.pdf
- Stubrin, L. (2019). Evolución, capacidades y perspectivas futuras de las empresas biotecnológicas argentinas. En P. Pellegrini (Comp.), *Biotecnología y emprendimientos: herramientas, perspectivas y desafíos* (pp. 10-28). Bernal: UNQ.
- Stubrin, L. (2022). Un análisis del crecimiento de la actividad biotecnológica en la Argentina en clave sistémica (1982-2022). *Desarrollo Económico. Revista de Ciencias Sociales*, 62(236), 50-78. <https://ojs.ides.org.ar/index.php/desarrollo-economico/article/view/418>
- Sztulwark, S. y Girard, M. (2020). La edición génica y la estructura económica de la agrobiotecnología mundial. Una mirada desde los países adoptantes. *Revista CTS*, 15(44), 11-41. <http://ojs.revistacts.net/index.php/CTS/article/view/157>
- Sztulwark, S. y Míguez, P. (2012). Conocimiento y valorización en el nuevo capitalismo. *Realidad Económica*, (270), 11-32. <http://proglocode.unam.mx/system/files/Sztulwark%20Miguez%20Realidad%20Economic.pdf>
- Thomas, H., Fressoli, M. y Gianella, C. (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 G. Rozenwurcel, H. Thomas, G. Bezchinsky y C. Gianella (comps.), *Tecnología + recursos naturales: innovación a escala Mercosur 2.0* (pp. 113-163). <https://www.unsam.edu.ar/escuelas/politica/ideas/pdf/TRN%20Digital.pdf>
- Varisco, H. (2014, noviembre). *Patentabilidad de las invenciones biotecnológicas*. Ponencia presentada en V Jornadas académicas de la RedVitec, Córdoba, Argentina. <http://hdl.handle.net/11086/2497>
- Vessuri, H. (2007). *O inventamos o erramos. La ciencia como idea-fuerza en América Latina*. Bernal: UNQ.

- Vizzotti y Filmus analizaron los avances en el desarrollo de la vacuna nacional contra la Covid-19 (04 de agosto de 2022). *Argentina.gob.ar*. <https://www.argentina.gob.ar/noticias/vizzotti-y-filmus-analizaron-los-avances-en-el-desarrollo-de-la-vacuna-nacional-contra-la>
- Zamponi, A. (23 de junio de 2021). Científicos de CHEMTEST y UNSAM desarrollarán el primer test de antígenos 100% argentino. *Noticias UNSAM*. <https://noticias.unsam.edu.ar/2021/06/23/cientificos-de-chemtest-y-un-sam-desarrollaran-el-primer-test-de-antigenos-100-argentino/>
- Zuckerfeld, M., Liaudat, S., Britto, F., Pereira, M. y Lerena, O. (2022). El financiamiento es de nosotros, las patentes son ajenas: Evidencia sobre la apropiación cognitiva de las invenciones del sistema CTI argentino por parte de titulares privados y extranjeros. *Desarrollo Económico. Revista De Ciencias Sociales*, 61(235), 255-284. <https://ojs.ides.org.ar/index.php/desarrollo-economico/article/view/222>