



ADE

INSTITUTO ARGENTINO PARA EL
DESARROLLO ECONOMICO

 **realidad
económica**

POLÍTICA INDUSTRIAL EN LA INDUSTRIA BIOFARMACÉUTICA: NUEVOS (Y RENOVADOS) DESAFÍOS FRENTE COVID 19

Graciela Gutman*, Pablo Lavarello** y Juan José Pita***

Especial para sitio IADE-Realidad Económica

13-05-2020

“El desafío del COVID 19 abre la posibilidad, impulsada por la crisis sanitaria, de generar capacidades en desarrollo y manufactura de medicamentos de alto costo estratégicos para el sistema de salud pública”.

**Investigadora Principal CONICET. Coordinadora de la Línea de Economía Industrial y de la Innovación del CEUR-CONICET.*

***Investigador Independiente CONICET. Director del CEUR-CONICET y miembro de la Maestría en Desarrollo Económico IDAES-UNSAM.*

**** Economista UBA. Becario CEUR-CONICET.*

Con la irrupción de la pandemia COVID 2019 se asiste aceleradamente a un cambio de foco de la política industrial. Después de décadas de ausencia, la política industrial había reaparecido en la agenda de política de los países desarrollados con posterioridad a la crisis de 2007-2008. Ante la dificultad de estas economías de aumentar la productividad de la industria manufacturera, y la creciente rivalidad entre Estados Unidos y China por el control de las nuevas tecnologías digitales, surgen las iniciativas orientadas a impulsar las denominadas Industrias 4.0. Desde estas iniciativas, que no son otra cosa que un nuevo impulso a la difusión de las TIC en la manufactura, en razón de semanas la discusión de política muta ahora a una estrategia orientada al gran desafío de carácter complejo, sistémico y urgente como es el de generar en forma acelerada test de diagnósticos, vacunas y tratamientos para el nuevo coronavirus.

Una primera conclusión de la epidemia COVID 19, que excede el alcance de esta nota, es que el enfoque neoclásico, soporte teórico del neoliberalismo, ha fallado. Además de su visión dogmática sobre los determinantes de las crisis económicas, que hace que sea particularmente incapaz de formular políticas económicas para superar las mismas, su propuesta de privatizar los sistemas de salud pública -ya sea directa o indirectamente, fragmentándolos, creando competencia entre sus segmentos - es un claro ejemplo de esta falla teórica, con enormes costos humanos. En materia de política industrial, que es el tema que nos ocupa, la visión según la cual la producción debe quedar librada al mercado y los instrumentos deben ser básicamente horizontales, muestra límites evidentes. Librada al direccionamiento elegido por el “mercado”, la mayor parte de la investigación y desarrollo se orientó hacia costosos tratamientos para las enfermedades más taquilleras para las empresas multinacionales (los denominados *blockbusters*), descuidando los desarrollos orientados a vacunas, antibióticos intra-hospitalarios, test de diagnósticos, y toda una gama de terapéuticos para enfermedades negadas u olvidadas. El resultado es que los gobiernos no están adecuadamente preparados para hacer frente a crisis como Covid-19.

Uno de los campos en donde puede requerirse una orientación sectorial de la política industrial hacia el sector salud es el de la industria biofarmacéutica. Al ser una industria basada en la ciencia, no solo favorece el desarrollo de medicamentos, sino que amplía la gama de aplicaciones en otras industrias usuarias desde la agro-biotecnológica hasta la de nuevos materiales. La industria biofarmacéutica es una “industria de industrias” en tanto genera posibilidades de diversificación y articulación intersectorial. Frente a la crisis sanitaria provocada por el COVID 19, la biotecnología ofrece oportunidades para el desarrollo de múltiples tratamientos tanto en la fase de exploración como de desarrollos farmacéuticos¹.

En materia de desarrollo de productos biotecnológicos, la biotecnología contempla tres segmentos principales de desarrollos para el Covid-19: tratamientos terapéuticos, vacunas, y test de diagnóstico.

¹En términos exploratorios, la biotecnología ofrece técnicas que permiten identificar candidatos para tratamientos futuros. Este es el caso de técnicas que mapean la interacción del virus con distintas moléculas, sean biológicas o de síntesis química. Ver <https://www.genengnews.com/insights/sars-cov-2-protein-interaction-map-reveals-drug-targets/>

En el caso de los tratamientos, en la actualidad existen numerosas drogas que se están testeando en pruebas clínicas para el COVID 19, dieciséis de las cuales son biotecnológicas (ver cuadro 1), principalmente anticuerpos monoclonales (AMC), interferones y proteínas de fusión recombinante. También se están probando biológicos extractivos donde la Argentina cuenta con capacidades, por ejemplo en los derivados plasmáticos. En la mayoría de los casos se trata de drogas previamente aprobadas para otras indicaciones, como el interferón alfa 2B utilizado para el tratamiento de la hepatitis C, el tolicizumab y el sarilumab, ambos antiinflamatorios para tratar la artritis reumatoide o el bevacizumab en oncología - cuyo biosimilar se produce en la Argentina- o bien de drogas que se estaban probando contra otras patologías y ahora se ensayan en COVID-19.

Cuadro 1. Tratamientos biotecnológicos en pruebas clínicas para Covid-19(*)

Tipo de molécula	Principio activo/ Denominación	Fase de pruebas clínicas	Desarrolladores	Origen desarrollador	¿Aprobación con otras indicaciones?
Interferones	Interferon alfa 2b	Fase II	Varios	Varios	Si
	Interferon alfa 1b	Fase III	Shanghai Jiao Tong University School of Medicine	China	Si
	Peginterferón Lambda-1a	Fase II	Stanford University /Bristol-Myers Squibb	EEUU	SI
Anticuerpos Monoclonales (AMC)	Tocilizumab	Fase III b	Roche	Suiza	Si
	Sarilumab	Fase II	Sanofi y Regeneron	Francia y EEUU	Si
	Bevacizumab	Fase II/III	Qilu Hospital of Shandong University	China	Si
	Eculizumab	Uso compasivo	Alexion Pharmaceuticals	EEUU	Si
	IFX-1	Fase II/III	InflaRx GmbH	Alemania	No
	Clazakizumab	Fase II	New York University / Bristol-Myers Squibb / Alder Biopharma	EEUU	No
	TJ003234	Fase I/II	I-Mab Biopharma Co. Ltd.	China	No
	Nivolumab	Fase II	Centre Leon Berard	Francia	Si
	Emapalumab y Anakinra (recombinante)	Fase II/III	Swedish Orphan Biovitrum	Suecia	Si
	Meplazumab	Fase I/II	Pacific Meinokue	China	No
Proteína fusión recombinante	CD24Fc	Fase III	OncoImmune	EEUU	No
	DAS181	Fase III	Ansun Biopharma	EEUU	No
Terapia celular génica	NK cells,IL15-NK cells,NKG2D CAR-NK cells,ACE2 CAR-NK cells,NKG2D-ACE2 CAR-NK cells	Fase I/II	Chongqing Sidemu Biotechnology Technology	China	No

Derivados plasmáticos (Biológicos extractivos)	Plasma convaleciente	Fase I/Uso compasivo	Varios	Varios (China, EEUU, Europa, Argentina)	No
	Globulina hiperinmune (H-IG) policlonal	Fase I	Takeda	Japón	Si

(*) **Datos al 15/04/2020.** Se incluyen pruebas clínicas activas que hayan comenzado el reclutamiento de participantes.

Fuente: Elaboración propia en base a ClinicalTrials.gov (Biblioteca Nacional de Medicina de EEUU).

El segundo gran segmento es el de las vacunas. La OMS (2020) estima que existen unas 70 vacunas en investigación, de las cuales -según un relevamiento propio- ya se encuentran en fase clínica (ver cuadro 2), todas biotecnológicas y con técnicas de última generación, algunas en base a plataformas que aún no registran productos aprobados -por ejemplo plataforma de ARN- (Le, Tung, 2020).

Cuadro 2. Desarrollos de vacunas biotecnológicas en pruebas clínicas (*).

Denominación/Principio activo	Plataforma	Fase de pruebas clínicas	Desarrollador	Origen desarrollador	Aprobación previa?
Vacuna Recombinante (Adenovirus Type 5 Vector)	Vector viral no replicante	Fase I/II	Academia Militar de Cs. Médicas de China / CanSino Biologics Inc	China	No
mRNA-1273 (ARNm en nanocápsula)	ARN	Fase I	ModernaTX/NIH	EEUU	No
ChAdOx1 nCoV-19 (Adenovirus con RNA modificado)	Vector viral no replicante	Fase I/II	University of Oxford/Vaccitech (Spin out de AstraZeneca)	Reino Unido	No
INO-4800 (ADN sintético)	ADN	Fase I	INOVIO	EEUU	No
LV-SMENP-DC (Lentiviral Minigene Vaccine / DC - antigen specific CTLs)	Vector viral no replicante	Fase I/II	Shenzhen Geno-Immune Medical Institute	China	No
Covid-19/aAPC (Lentiviral Minigene Vaccine / Pathogen-specific aAPC)	Vector viral no replicante	Fase I/II	Shenzhen Geno-Immune Medical Institute	China	No

(*) **Datos al 15/04/2020.** Se incluyen pruebas clínicas activas que hayan comenzado el reclutamiento de participantes.

Fuente: Elaboración propia en base a ClinicalTrials.gov (Biblioteca Nacional de Medicina de EEUU), OMS (2020) y al Registro Chino de Ensayos Clínicos.

En el tercer segmento, el de los test de diagnóstico, existe un conjunto de plataformas biotecnológicas en uso y en validación para COVID-19, principalmente los llamados test de retrotranscripción seguida por la reacción en cadena de la polimerasa (RT-PCR), que detectan en forma directa el ARN viral, y los llamados test serológicos que detectan los anticuerpos que se producen en el cuerpo humano contra el coronavirus. En Argentina ya existen investigaciones avanzadas para el desarrollo local de test serológicos, y además se encuentra en validación

una novedosa plataforma tecnológica de detección directa del ARN viral utilizando la técnica CRISPR de edición génica.

Paradójicamente es la crisis sanitaria, y no una planificación del desarrollo, la que abre entonces una ventana de oportunidad para una política industrial en países como en Argentina. Cualquier política industrial en este contexto requiere una respuesta inicial en el corto plazo, que pueda sentar las bases para el desarrollo de capacidades tecnológicas y de cambio estructural con efectos de largo plazo. A fin de diseñar una política industrial es necesario tener en cuenta las especificidades de un país en desarrollo, que si bien cuenta con una base mínima de aprendizajes en bioprocesos y de infraestructura de CyT, su mercado interno es principalmente provisionado por empresas multinacionales. En ese marco, la literatura reciente sobre política industrial ha buscado recuperar las enseñanzas de las experiencias de desarrollo de capacidades infantiles en un contexto de nuevos paradigmas tecnológicos (Cimoli, et al, 2006; Abeles, et al, 2017).

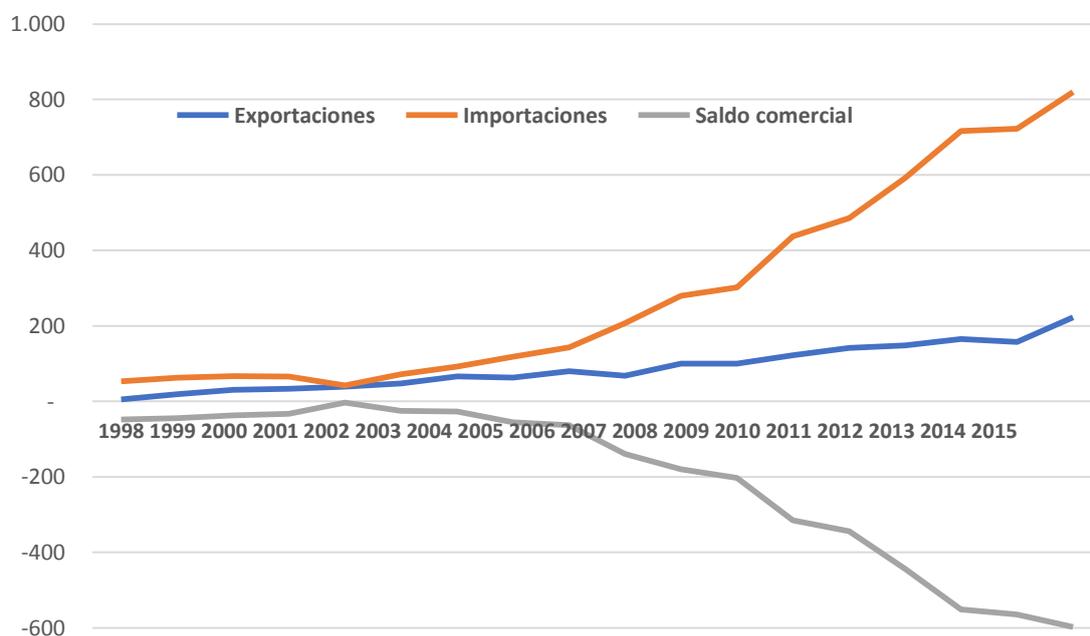
En un contexto de instalación de nuevos paradigmas tecnológicos, cuando los umbrales de escala mínima y de aprendizajes aún no son inalcanzables para un país semi-industrializado, existen oportunidades transitorias de entrada (Perez y Soete, 1988). No obstante, para que ello sea posible es necesario un umbral mínimo de infraestructura de Ciencia y Tecnología. Si bien la Argentina no cuenta con la inversión en Investigación y desarrollo de los países desarrollados, su infraestructura de CyT ha tenido una orientación temprana hacia la biología molecular. No es causal que un investigador argentino, Cesar Milstein sea quien realizó los avances iniciales en el conocimiento de los anticuerpos monoclonales. Las disciplinas vinculadas a la salud se encuentran entre las principales disciplinas en número de investigadores (el 13,3% de los investigadores) y en número de publicaciones (el 22% de las publicaciones), RICYT, 2019).

Esta capacidad en la infraestructura de CyT no se traduce muchas veces en desarrollos comerciales y se encuentra sujeta a procesos de apropiación de conocimientos por parte de empresas multinacionales. Por ello es necesario contar con capacidades empresariales nacionales que posibiliten absorber estas oportunidades y orientarlas a desarrollos locales. Aún si la industria biofarmacéutica argentina dista de la existente en los países desarrollados, cuenta con una base empresarial relativamente importante para un país en desarrollo. Esto se explica por la entrada temprana de un conjunto acotado de firmas locales como imitadoras en la manufactura de drogas biotecnológicas. Hoy hay unas 60 empresas biofarmacéuticas, 49 de ellas de capitales nacionales (Gutman y Lavarello, 2017; Lavarello, et al, 2018). Solo cuatro de ellas producen principios activos biotecnológicos para drogas terapéuticas de la primera generación de biofármacos (interferones, EPO, insulina) y dos de ellas ya han incursionado en la producción de principios activos de segunda generación (anticuerpos monoclonales, proteínas de fusión recombinante). También hay una empresa formuladora de vacunas recombinantes a partir de un esquema de transferencia tecnológica con multinacionales, y empresas de diagnósticos in-vitro con reactivos biotecnológicos.

Pese a estos desarrollos, Argentina presenta una situación paradójica. Por un lado, existe una base empresarial nacional, aún acotada e incipiente, con capacidad de

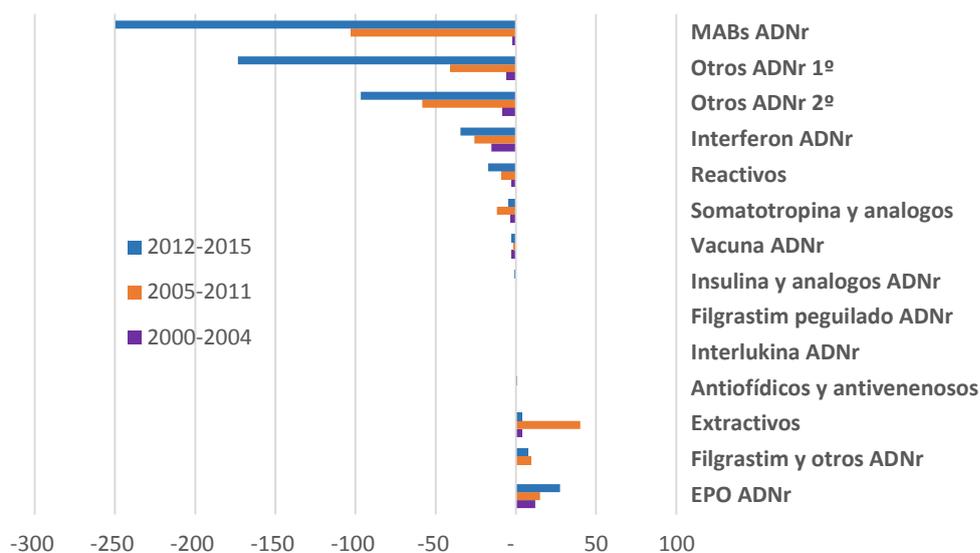
exportar terapéuticos, kits de diagnóstico y vacunas, y por el otro enfrenta un fuerte (y creciente) déficit comercial en biotecnológicos (ver gráfico 1), segmento que cada vez explica una parte más grande del déficit total del sector farmacéutico. Paradoja que se explica por el hecho de que a medida que se logran aprendizajes locales en drogas de primera generación, surgen nuevas generaciones de biofarmacéuticos cuya producción es controlada por empresas multinacionales que importan el producto final (ver gráfico 2). La crisis de COVID 19 pone en tensión esta dinámica, evidenciando la prioridad de contar con capacidades para responder a pandemias que no pueden ser abastecidas mediante cadenas de suministro global. La ruptura de estas cadenas coloca en el centro de la escena el problema de soberanía sanitaria, requiriendo acciones de política industrial sobre una base nacional o regional.

Gráfico 1. Comercio exterior de productos biofarmacéuticos. En millones de dólares.



Fuente: elaboración propia en base a datos de aduana y Lavarello et al. (2017).

Gráfico 2: Comercio exterior de productos biofarmacéuticos, por categoría de producto. En millones de dólares.



Fuente: elaboración propia en base a datos de Aduana y Lavarello et al. (2017).

Respuestas de política industrial. Propuestas e interrogantes preliminares

Una de las cuestiones centrales de una respuesta de política industrial para el sector salud es que la misma requiere un conjunto de políticas e instituciones complementarias vitales para que tenga éxito. Es evidente la complementariedad entre la política industrial y el acceso de la población al sistema de salud. El ejemplo cubano de desarrollos farmacéuticos ilustra esta complementariedad, a partir de la articulación entre la industria y el sistema de salud para el análisis clínico (López Mola et al, 2006; Castillo et al, 2013).

En el marco del análisis de la experiencia internacional de política industrial para el sector biofarmacéutico en países en desarrollo, es importante plantearse una serie de áreas de intervención en el marco de un “proyecto estructurante” que combine el apoyo a las oportunidades y capacidades tecnológicas con un marco de incentivos y protección que posibilite los aprendizajes acelerados en materia tecnológica y regulatoria. En particular, entre los aspectos a señalar cabe destacar:

- (i) A nivel de la *generación de oportunidades científicas y tecnológicas* una vez más se evidencia la falsa antinomia ciencia básica versus ciencia aplicada. Aún para un país desarrollado, el desafío del COVID 19 en materia de ciencia básica es una tarea ciclópea imposible de realizar sobre una base nacional. En este sentido es auspicioso que la Argentina no solo cuente con un umbral de conocimientos orientados a salud humana, sino que cerca de la mitad de las publicaciones de científicos del país son realizadas en conjunto con científicos radicados en el extranjero. El descubrimiento de vacunas y tratamientos requerirá una coordinación internacional en una gran red global de cooperación entre laboratorios, ejemplificada por el trabajo de la Coalición para las innovaciones en preparación para epidemias (CEPI)² y de la *Global Initiative on Sharing All Influenza Data* (GISAID). Es de

² https://cepi.net/news_cepi/cepi-launches-new-call-for-proposals-to-develop-vaccines-against-novel-coronavirus-2019-ncov/

destacar que los investigadores del Instituto Malbrán se articulan en la red GISAID; estos investigadores lograron secuenciar los genomas completos de tres pacientes argentinos con coronavirus SARS-COV-2, y el GISAID aprobó el estudio de forma inmediata.

(ii) Una vez identificado el blanco sobre el que operará la molécula en los tratamientos terapéuticos o las vacunas, son imprescindibles los aprendizajes en la producción en estrecha interacción con las autoridades regulatorias que determinan si las moléculas son eficaces y seguras desde la fase de laboratorio a la planta, y que sea viable en términos de costos. Luego, la segunda área de intervención que es crucial es la *generación acelerada de capacidades de bioprocesamiento* de las vacunas, tratamientos terapéuticos y kits de diagnósticos. Aquí es necesario realizar dos comentarios:

- La Agencia Nacional de Políticas Científicas y Tecnológicas había avanzado hasta el año 2015 en importantes aprendizajes institucionales desde instrumentos horizontales a partir del FONTAR a instrumentos verticales y sistémicos que articulaban centros de investigación públicos, hospitales y empresas en consorcios en el marco del FONARSEC. Estos fondos se desfinanciaron fuertemente desde el 2016.
- No todas las firmas cuentan con las capacidades para iniciar el proceso de escalado industrial y de innovación de proceso, por lo que se requiere la provisión de ciertas capacidades públicas (“industrial commons”) como es el caso del laboratorio de I+D en biotecnología del INTI creado durante el primer lustro de los años 2000, que no llegó a ser aprovechado plenamente.

(iii) Un aspecto crucial es cómo este tipo de iniciativas requiere no solo impulsar las oportunidades CyT y las capacidades *sino también un abordaje estratégico en materia de propiedad intelectual y regulación*. Esto es fundamental. Una iniciativa de política industrial en un país en desarrollo debe enmarcarse en una estrategia de *apoyo de las capacidades infantiles* de la industria. El uso de licencias compulsivas de los desarrollos de vacunas es un recurso que es habilitado por una pandemia como el COVID 19³, el establecimiento de flexibilidades en la OMC en cuestiones como el “trabajo temprano” (*early working*) para que puedan hacerse ensayos clínicos antes de la caída una patente de una droga que sirva para el tratamiento, el establecimiento de una altura inventiva lo suficientemente elevada que evite la proliferación de patentes o evite el patentamiento de segundo uso, son todas cuestiones centrales que deben ser tenidas en cuenta. Es de destacar que tratándose de innovaciones que requieren la colaboración de múltiples desarrollos complementarios, los derechos de propiedad intelectual dan lugar a la denominada tragedia de los “anti-commons”, en

³ Es de destacar que el contexto internacional es favorable a este tipo de acciones. Por ejemplo, el gobierno israelí habilitó una licencia compulsiva para realizar un desarrollo imitativo de la droga antiviral Kaletra (Lopinavir/ritonavir), uno de los tratamientos potenciales para el COVID 19, lo que trajo como reacción que AbbVie, la empresa que cuenta con la patente, dejara caer sus derechos de propiedad voluntariamente. <https://www.ft.com/content/5a364eb0-780c-11ea-bd25-7fd923850377>. En Argentina Incluso antes del advenimiento de la pandemia, la “Ley de Solidaridad” N° 27.541/19 sancionada en diciembre de 2019 declara la emergencia sanitaria y en su artículo 70 faculta la aplicación de licencias compulsivas u obligatorias en medicamentos.

donde al limitar las licencias se bloquea no solo la imitación sino también la innovación⁴.

- (iv) Un cuarto tipo de acción que es muy importante a la hora de implementar una política industrial de proyectos estructurantes es la compra gubernamental. Existen experiencias en nuestro país de transferencia de tecnología desde empresas multinacionales a empresas locales en el caso de la vacuna H1N1, que permitieron generar capacidades locales. Por su parte, recientemente se ha avanzado en la sanción e implementación de la ley 27.437/18 de Compra argentino y Desarrollo de Proveedores. Esta herramienta, en forma complementaria a la posibilidad de centralización de las compras en ciertos ministerios, podría llegar a generar, en caso de aplicarse, el traccionamiento de la industria nacional a partir de una estrategia por misión como las implementadas en países industrializados. No obstante, esta estrategia fue diseñada para industrias en las que es posible descomponer los productos en distintos componentes, como en el caso de la metalmecánica, generando ventajas a aquellos que cuenten con mayor componente nacional. En el caso de los productos biotecnológicos esta “descomposición” no es tan evidente.
- (v) Un quinto aspecto, es que países como la Argentina enfrentan un déficit comercial creciente en materia de productos farmacéuticos, explicado en forma creciente por el alto precio de los biofármacos importados por las filiales de las Big Pharma (empresas multinacionales). Las únicas actividades de I&D que hacen en el país estas empresas es la fase necesaria para la aprobación regulatoria y, en el mejor de los casos, parte de sus estudios clínicos. La transferencia de tecnología desde empresas multinacionales a empresas locales requiere una reglamentación y un análisis de distintos instrumentos que consideren la cuestión de generación de capacidades y de acceso a los medicamentos. El apoyo a la producción nacional en términos de compra gubernamental, propiedad intelectual y subsidios se justificaría en la medida que esto se traduzca en menores precios que no solo garanticen el acceso al sistema de salud sino también el ahorro de divisas.
- (vi) Por último, y este es un punto esencial que puede plantearse como interrogante. ¿No será necesario pensar la producción pública de medicamentos biotecnológicos o biológicos? En ese caso surgen nuevas preguntas ¿Esta debería ser complementaria y articulada con el sector privado? ¿debería focalizarse solo en tratamientos o vacunas a enfermedades “negadas” u “olvidadas” o también a tratamientos rentables de alto costo? ¿apoyarse en actores ya existentes, o apuntar a la creación de un nuevo agente que articule las capacidades existentes (por ejemplo, la creación de una empresa estatal biotecnológica)? La ANLAP creada en el 2015 es una iniciativa importante. La existencia en nuestro país de laboratorios públicos, y en particular uno como el Laboratorio de Hemoderivados de la Universidad Nacional de Córdoba que produce

⁴ Frente a esta barrera a la innovación, surgen nuevos espacios de rivalidad inter-sectorial. Una coalición de grandes grupos están disputando el control de la propiedad intelectual a la industria farmacéutica promoviendo pools y plataformas que faciliten los acuerdos de licencias. Entre ellas cabe destacar el “Open COVID Pledge” impulsado por INTEL, Facebook, Amazon, IBM y grandes empresas de servicios de salud buscando disputar el control de las rentas de los grandes grupos farmacéuticos (<https://opencovidpledge.org>).

biológicos extractivos y tiene potencial de desarrollo de proteínas recombinantes, puede llegar a ser una herramienta importante.

En resumen, el desafío del COVID 19 abre la posibilidad (impulsada por la crisis sanitaria), de generar capacidades en desarrollo y manufactura de medicamentos de alto costo estratégicos para el sistema de salud pública. Por ello es necesario articular estas acciones e instrumentos ya existentes en “proyectos estructurantes” de forma más o menos centralizada, a partir de una instancia interministerial o con jerarquía supra ministerial, en donde, a diferencia de esquemas como el denominado “Green New Deal” pensado para países desarrollados frente a la cuestión ambiental, se asegure la generación de capacidades infantiles y la soberanía sanitaria en forma acelerada. Se trata de aprovechar la ventana de oportunidad que se abre con el Covid-19 para desarrollar e implementar respuestas en el corto y mediano plazo orientadas a generar acciones iniciales y asimismo capacidades asociadas a objetivos estratégicos de largo plazo.

Bibliografía:

Abeles, M., Cimoli, M., & Lavarello, P. J. (2017). Manufactura y cambio estructural: aportes para pensar la política industrial en la Argentina. CEPAL.

Castillo A., Caballero I., Triana J. (2013) ·Economic-financial management modeling for biotechnology enterprises in Cuba”, *Biotecnología Aplicada* 2013;30:290-298

Cimoli, M., Dosi, G., Nelson, R. R., & Stiglitz, J. (2006). Institutions and policies shaping industrial development: an introductory note (No. 2006/02). Lem Working paper series.

Gutman, G. E., & Lavarello, P. J. (2017). El sector biofarmacéutico: desafíos de política para una industria basada en la ciencia. En Abeles, M., Cimoli, M., & Lavarello, P. J. Manufactura y cambio estructural: aportes para pensar la política industrial en la Argentina. Santiago: CEPAL, 2017. p. 243-281.

Lavarello P., Gutman G y Sztulwark S, (2018) Explorando el camino de la imitación creativa. La industria biofarmacéutica argentina en los 2000, Ed Punto Libro. CEUR-CONICET, Buenos Aires

Lavarello P., Goldstein E., Pita J.J. (2017). “Sustitución de Importaciones en la Industria Biofarmacéutica Argentina: Una Estrategia con Blanco Móvil”. Journal of Technology Management & Innovation.

López Mola E.; Silva R, , Acevedo B., Buxadó J. , Aguilera A., y Herrera L (2006) “Biotechnology in Cuba: 20 years of scientific, social and economic progress”, *Journal of Commercial Biotechnology* (2006) 13, 1 – 11

Le, Tung. (2020). “The COVID-19 vaccine development landscape”. *Nature Reviews Drug Discovery*. DOI 10.1038/d41573-020-00073-5.

OMS (2020). "DRAFT landscape of COVID-19 candidate vaccines – 11 April 2020". Organización Mundial de la Salud.

Perez, C y Soete, L.(1988), "Catching up in technology: entry barriers and windows of opportunity", en Dosi, G., Freeman, C., Nelson, R., Silverberg, G., & Soete, L. (1988). Technical change and economic theory. Laboratory of Economics and Management (LEM), Sant'Anna School of Advanced Studies, Pisa, Italy.

RICyT (2019). Red de indicadores de Ciencia y Tecnología Interamericana e Iberoamericana. <http://www.ricyt.org/category/indicadores/>
Consultada en abril 2019.