

Biotecnología argentina al año 2030:

Llave estratégica para
un modelo de desarrollo
tecno-productivo.

Noviembre de 2016

Guillermo Anlló
Maria Cristina Añon
Santiago Bassó
Rodolfo Bellinzoni
Roberto Bisang
Sabrina Cardillo
Valentina Carricarte
Eduardo Cassullo
Graciela Ciccía

Esteban Corley
Mariana Fuchs
Mariano Genovesi
Miguel Angel Gutierrez
Ivette Ortiz
Eduardo Pagano
Beatriz Plata
Eduardo Trigo
Marcelo Regunaga

Biotecnología argentina al año 2030:

Llave estratégica para
un modelo de desarrollo
tecno-productivo¹

Noviembre de 2016

1. Este documento ha sido preparado como parte del Proyecto Prospectiva Biotecnología Argentina 2030, desarrollado por UBATEC S.A. y Cámara Argentina de Biotecnología [CAB], por encargo del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, MINCYT [Proyecto BIRF 7599/AR].

Biotecnología argentina al año 2030 : llave estratégica para un modelo de desarrollo tecno-productivo / Guillermo Anlló ... [et al.] ; contribuciones de Ricardo Carri ... [et al.] ; coordinación general de Alicia Balbina Recalde ; dirigido por Crisólogo Martín Villanueva ; Gustavo Arber. - 1a ed . - Buenos Aires : Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, 2016. Libro digital, PDF - (Biotecnología argentina al año 2030 ; 1)

Archivo Digital: descarga y online
ISBN 978-987-1632-67-1

1. Biotecnología. 2. Estudios. I. Anlló, Guillermo II. Carri, Ricardo, colab. III. Recalde, Alicia Balbina, coord. IV. Villanueva, Crisólogo Martín, dir. V. Arber, Gustavo, dir. CDD 660.6

Copyright © 2016 Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva
Godoy Cruz 2320 (C1425FQD) Buenos Aires

Queda hecho el depósito que previene la Ley 11.723
Impreso en la Argentina

Todos los derechos reservados. Ninguna parte de esta obra puede ser reproducida o transmitida en cualquier forma o por cualquier medio electrónico o mecánico, incluyendo fotocopiado, grabación o cualquier otro sistema de archivo y recuperación de información, sin el previo permiso por escrito del editor.

ISBN 978-987-1632-67-1

AUTORIDADES

PRESIDENTE DE LA NACIÓN

Ing. Mauricio Macri

MINISTRO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN
PRODUCTIVA DE LA NACIÓN

Dr. Lino Barañao

SECRETARIO DE PLANEAMIENTO Y POLÍTICAS EN
CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN PRODUCTIVA

Dr. Miguel Ángel Blesa

SUBSECRETARIO DE ESTUDIOS Y PROSPECTIVA

Lic. Jorge Robbio

DIRECTOR NACIONAL DE ESTUDIOS

Dr. Ing. Martín Villanueva

DIRECTOR NACIONAL DE INFORMACIÓN CIENTÍFICA

Lic. Gustavo Arber

RECONOCIMIENTOS

La dirección de los trabajos por parte del MINCyT estuvo a cargo de la Dirección Nacional de Estudios, Dr. Ing. Martín Villanueva y de la Dirección Nacional de Información Científica, Lic. Gustavo Arber.

La coordinación y supervisión de las actividades del proyecto por parte del MINCyT estuvo a cargo del equipo de trabajo de las Direcciones Nacionales de Estudios y de Información Científica: Lic. Alicia Recalde, Lic. Ricardo Carri, Lic. Manuel Marí, Ing. Miguel Guagliano, AE Adriana Sánchez Rico, Dr. Nicolás Hermida, Dra. Vanesa Lowenstein, Dra. Elisa Herrera, Lic. Sergio Rodríguez, Lic. Virginia De Moori Koenig, Ailen Galante y Melani Mandl.

Se agradece a los actores del sector gubernamental, del sistema científico-tecnológico y del sector productivo que han apoyado y participado de las distintas acciones para la elaboración del presente estudio, contribuyendo con su invaluable conocimiento y experiencia a los múltiples contenidos del mismo. No habría sido posible elaborar este documento sin la construcción colectiva de conocimientos.

Por consultas y/o sugerencias, por favor dirigirse a dne@mincyt.gob.ar o dnic@mincyt.gob.ar.

El presente documento constituye una Síntesis Ejecutiva del Informe Final del proyecto “Estudio de consultoría Sector Biotecnología”, desarrollado bajo el contrato de servicios de consultoría firmado entre el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (MINCyT), y el consorcio formado por la empresa UBATEC S. A. y la Cámara Argentina de Biotecnología - CAB, Préstamo BIRF 7599/AR. El Proyecto fue desarrollado entre junio de 2015 y abril de 2016.

INDICE

1. Introducción.	11
2. El mundo de 2030 como marco general.	13
3. “Hacia una sociedad ‘biológica’”, como base de la inserción de la Argentina en el mundo de 2030.	14
4. La situación actual como punto de partida.	21
5. Componentes principales de la agenda de trabajo.	30
6. La estrategia de implementación.	44
Bibliografía.	46
Anexo I. Objetivo, metodología y actividades desarrolladas como parte del Proyecto Prospectiva Biotecnología Argentina 2030.	47

1. INTRODUCCIÓN

La actualidad es el resultado de las decisiones del pasado, y el futuro se construye a partir de acciones que se planean, ejecutan y desarrollan hoy. ¿Qué matriz productiva requiere Argentina para que, en las próximas décadas, el proceso económico sea dinámicamente inclusivo?; ¿Cómo integrar esa matriz productiva a las oportunidades que plantea el mundo globalizado?; ¿Cuál es el aporte que potencialmente pueden efectuar las producciones de origen biológico potenciadas por el desarrollo local y el uso generalizado de la biotecnología?

En vista de tales planteos, el presente trabajo es una reflexión prospectiva, desarrollado en el marco del proyecto “Estudio de Consultoría Sector Biotecnología” implementado por UBATEC S.A. y la Cámara Argentina de Biotecnología (CAB), por encargo del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (MinCyT), con el objetivo de identificar, con horizonte al año 2030, los principales desafíos, oportunidades y posibles líneas de acción para la biotecnología argentina. En el Anexo I, se presenta una descripción de los objetivos, metodología y actividades desarrolladas como parte de este proyecto.

En general, existe un amplio consenso sobre el rol de la tecnología –en particular la biotecnología– como llave maestra para el desarrollo, especialmente para aquellas sociedades como la argentina, que tienen a los recursos naturales renovables como vórtice de sus economías. El escenario internacional augura tanto oportunidades como amenazas que requieren contar con una “carta de navegación” tentativa, a fin de potenciar sus actuales capacidades, construir otras y reinsertarse en base a una estrategia propia en un mundo crecientemente interrelacionado y cambiante. Argentina no puede pensarse a futuro aislada del mundo y menos aún en las actividades de origen biológico y sus tecnologías asociadas.

El año 2030 anticipa un mundo de fuertes contrastes y cambios de escenarios. Superpoblación; récords de presión sobre los recursos naturales y, en algunos casos, su agotamiento; cambio climático e inseguridad alimentaria y energética, que dan lugar a escenarios de potenciales conflictos. Por otro lado, los avances de la ciencia y la convergencia tecnológica y su potente retroalimentación entre sus distintas ramas, preanuncian posibilidades de nuevos equilibrios, hasta hoy impensados. La biotecnología es, de manera crecientemente generalizada, un factor crítico; y su desarrollo es una clave estratégica ya que puede aportar algo de cordura y equilibrio ante tantas amenazas, suavizando la transición hacia un nuevo paradigma y ofreciendo un sendero sustentable de desarrollo –siempre y cuando sea bien aplicada–.

La dinámica de los cambios se apoya en tendencias motrices que han devenido en exponenciales: la aceleración de la historia, expresada principalmente en la producción de conocimientos; la constitución de una nueva infraestructura digital para todas las actividades humanas; la paulatina obsolescencia de instituciones y formatos organizacionales previos frente a las sinergias y demandas asociadas a estas transformaciones. Incrementalmente, comienzan a converger y retroalimentarse las tecnologías electrónicas con las biotecnológicas, en un escenario altamente dinámico, cambiante y con múltiples “ventanas de oportunidades”.

Frente a ese escenario, el punto de partida de la sociedad local habilita al optimismo. La presencia de amplias plataformas de recursos naturales (biomasa); la “construcción” casi centenaria de capacidades de los recursos humanos en biología y microbiología, bioquímica, ciencias agrarias y pecuarias, biomedicina y otras asociadas; el desarrollo genético previo (adaptado a condiciones locales); la presencia de una base empresaria con capacidades productivas, comerciales y de rutinas de funcionamiento, entre otros elementos, tienden a conformar una base inicial sólida.

A partir de ello, Argentina ingresó, tempranamente, al selecto grupo de países con capacidades científicas, tecnológicas y productivas en biotecnología. A diferencia de lo ocurrido en el pasado con otras actividades, en materia de biotecnología la sociedad local opera, desde hace varias décadas, con un escaso rezago científico-productivo respecto de las mejores prácticas internacionales. Aún sin estar plenamente en las fronteras internacionales en la materia, los desarrollos científicos tempranos (con íconos como los nobeles Houssay, Leloir y Milstein), tecnológicos (el dominio de las técnicas de clonación de plantas y animales) y productivos (cultivos transgénicos, interferón, EPO, anticuerpos monoclonales, etc.) dan cuenta de una escasa brecha competitiva internacional y abren las puertas a enfatizar un mayor desarrollo en esa dirección.

Con este contexto global, dado el posicionamiento actual y la potencialidad existente, Argentina enfrenta un marco de disyuntivas bastante claras. Un camino plantea como posibilidad la continuidad de un pasado que ha sido insuficiente para el pleno desarrollo económico y social del país, basado en la integración al mundo como proveedor de materias primas y poco valor agregado local. Frente a esa alternativa, se abre la oportunidad de ser un actor potente en un mundo donde lo biológico, y su interfaz y convergencia con otras tecnologías, replantean el valor de los recursos naturales renovables y la forma en que su aprovechamiento se transforma en bienestar para sociedades que optan por crecer en mejor armonía con el medioambiente. La vía es “industrializar” lo biológico en una amplia gama de actividades.

El país cuenta con interesantes capacidades y fortalezas para potenciar esa oportunidad y esa visión. Con este escenario, una Argentina industrial-biológica integrada a otras actividades preexistentes no sólo es deseable: **es objetivamente posible**. La “ventana de oportunidad” está ahí, pero no será eterna y su aprovechamiento depende de acciones proactivas que articulen las políticas públicas con estrategias privadas a fin de establecer las bases de nuevos senderos productivos. En el marco de esta visión, la biotecnología es un componente estratégico central.

Este documento resume la naturaleza de los posibles escenarios venideros, analiza las fortalezas y debilidades que definen el punto de partida y delinea una propuesta de agenda de trabajo para encaminar la dirección futura a fin de promover el desarrollo económico y social sustentable del país. En este sentido, en la segunda sección se desarrollan los principales aspectos del escenario prospectivo global al año 2030; a continuación, en la tercera sección se describen, sucintamente, posibles escenarios para el desarrollo del sector biotecnológico en el país, y aquel seleccionado en particular como el más deseable; en la cuarta sección se presenta la situación actual de las capacidades existentes como punto de partida para el desarrollo de las respuestas a los futuros posibles. Finalmente, en las secciones quinta y sexta se avanza sobre los componentes de la agenda de trabajo para los próximos años –sectores de I+D+i a enfatizar, ejes de acción para las políticas públicas en los planos: científico–tecnológico, productivo, regulatorio y político-institucional; y algunos de los componentes de una posible estrategia de implementación– que de realizarse contribuirán a alcanzar el escenario deseable.

2. EL MUNDO DE 2030 COMO MARCO GENERAL

Si bien son pocos los años que nos separan del horizonte fijado para el estudio, el mundo en 2030 tendrá muy poco que ver con nuestra realidad actual. Las tendencias ya instaladas y evidentes, son de una diversidad, magnitud y aceleración tal que se pueden anticipar cambios comparables o más profundos a todos aquellos operados durante los dos siglos anteriores hasta el presente.

El mundo del 2030 estará caracterizado por:

- Estar superpoblado, urbanizado, envejecido, polarizado y en constante movimiento.
- Tener una demanda creciente de alimentos, servicios esenciales (agua, saneamiento, salud, educación, vivienda), trabajo y entretenimiento.
- Estar más cerca de los límites en cuanto a uso de recursos, ya sea por agotamiento de algunos, o por agotamiento de la capacidad de resiliencia para restablecer el equilibrio entre bienes naturales, consumo y recuperación del capital natural.
- La consolidación del conocimiento como factor determinante de los procesos productivos y, en consecuencia, del desarrollo sustentable, como resultado de múltiples factores entre los que se destacan: (i) los estudios del cerebro humano, que exceden su fisiología para penetrar en lo que hace al desarrollo de las inteligencias, incluyendo desde los mecanismos profundos de la conducta hasta el desarrollo de la inteligencia artificial y de sistemas informáticos; (ii) una biología que trasciende lo humano, con la pretensión de modificar la naturaleza y aún las propias especies vegetales, animales y la humana; (iii) la convergencia científica y tecnológica (biología, biotecnología, nanotecnologías, TIC, ingenierías, entre otras) que amplía constantemente los dominios y alcances de las tecnologías en todas las manifestaciones de la actividad humana; y (iv) la generalización del uso de mecanismos de inteligencia artificial, la robótica, los sistemas autocomandados (autos, aviones, barcos, drones), los sensores electrónicos y biológicos, la realidad virtual y la aumentada, y la “internet de las cosas”, que establecerán un mundo interconectado e inteligente, entre otros procesos.

Estos cambios suponen romper con las rutinas lineales de pensamiento, acción y consumo en una economía basada en gran cantidad de materiales baratos, de fácil acceso y de una energía no renovable; con un modelo que está alcanzando sus límites físicos y que nos plantea a la circularidad y a la bioeconomía como estrategias para recuperar equilibrios y enfrentar algunos de los desafíos que se presentan.

La economía circular, reparadora y regenerativa por diseño, emerge como la apuesta para continuar creciendo y permite mantener los productos, componentes y materiales en su más alta utilidad y valor, en todo momento, distinguiendo entre los ciclos técnicos y biológicos. Es un ciclo de desarrollo positivo y continuo que preserva y mejora el capital natural, optimiza el rendimiento de los recursos, funciona de manera efectiva a todas las escalas, y reduce al mínimo los riesgos del sistema mediante la gestión de las existencias finitas y los flujos renovables. La bioeconomía, sostenida y potenciada por la creciente disponibilidad de biotecnologías resultantes de la mayor difusión de los conocimientos, la disponibilidad de equipos y la globalización, se consolida como el componente biológico de la nueva economía circular. En este enfoque la biotecnología aplicada es el factor crítico; su desarrollo y control es clave para el posterior proceso de desarrollo.

3. “HACIA UNA SOCIEDAD ‘BIOLÓGICA’”, COMO BASE DE LA INSERCIÓN DE LA ARGENTINA EN EL MUNDO DE 2030

La realidad de Argentina en ese horizonte al año 2030, según lo descrito, puede resultar en múltiples escenarios. El diseño de escenarios prospectivos no tiene como finalidad probar su capacidad de predicción, sino que su función es brindar un panorama sugestivo del futuro. Para estimular el pensamiento sobre nuestros futuros probables, posibles, queridos; y para contribuir a pensar más allá del desarrollo lineal de tendencias, viendo un rango de alternativas, no como algo ya predeterminado por las restricciones y los condicionantes actuales.

El conjunto de escenarios alternativos debe interpretarse como un sistema que combina escenarios descriptivos (tendenciales), plausibles y preferibles (normativos). En otros términos, los dos primeros operan como riesgos y el preferible como “objetivo”. Donde la capacidad de interconexión (impacto en cascada) que amplifica el espacio de cambios emergentes, y la diversa velocidad que presentan las diferentes variables consideradas, operan como un conjunto de amenazas y oportunidades, configurando desafíos a alcanzar.

A modo de ejercicio, aquí se plantean tres opciones que buscan reflejar qué sucedería si las políticas locales no se revisaran y continuaran el sendero actual –con un escenario conservador “*business as usual*” –; qué sucedería si se prescindiera de las mismas y se entendiera que la mejor planificación es la que puede realizar el mercado para modernizar la estructura socioproductiva –un escenario modernizante de desarrollo tecnológico, fragmentario y dependiente–; y por último, cuál sería un escenario deseable de arribo para el país en ese nuevo mundo del 2030 –el más creativo y autonomizante de “biologización de la sociedad”, asociado a una integración global estratégica e inteligente, con previsión y planificación de objetivos claros de desarrollo nacional y vinculación internacional–.

A continuación, se resume cada uno de los escenarios planteados.

“Atrapados en los *commodities*”

Este escenario puede caracterizarse como un futuro usado: donde el futuro queda mediatizado por lo inmediato y lo tendencial, repitiendo el pasado. Copia, básicamente, lo que fue la forma de inserción de Argentina en la economía mundial de fines del siglo XIX y principios del siglo XX: mediante “cadenas de valor cortas”, donde la agricultura local aportaba materias primas a las cadenas globales, con reducido agregado de valor en servicios financieros, transporte local e internacional, poco desarrollo aguas arriba o abajo, y mucha eficiencia en la etapa primaria –ya que la ganancia, al no dominar ninguna de las otras etapas, depende fundamentalmente de los incrementos marginales de productividad en la producción agropecuaria–. Dentro de este escenario los avances fruto de las TIC siguen llegando con retraso al país, lo que nos mantiene aislados de los avances en supercomputadoras en el uso intensivo de las oportunidades de “*big data*” (manejo de grandes volúmenes de información); resulta en un déficit de formación en bioinformática –la nueva biotecnología requiere expertos en diseño de bases de datos y en lenguajes de codificación–; y nos deja casi exclusivamente relegados a un rol de consumidores, con una participación marginal en la producción de conocimientos y aplicación a productos y servicios en esta área.

El suelo continúa revalorizándose, pero esta vez mayormente como consecuencia de la urbanización y expansión de las ciudades, de la disminución de las áreas cultivables, y de la pérdida de la riqueza de los suelos. La superficie de tierra a utilizar para la producción animal no necesita crecer, pero, como consecuencia de la reducción total, compite en mayor cuantía que en el pasado con la producción de granos. En producción animal la tendencia es hacia sistemas intensivos, pero sustentables. La posibilidad de cultivos adaptables a suelos más pobres lleva a establecer un inventario de recursos naturales para determinar zonas aptas para explotación de minerales, radicación de industrias y producción de alimentos. La mayor presión sobre suelos y ambientes tiende a deteriorar el recurso natural; en definitiva, se refuerza la tendencia a exportar nutrientes y agua sin mayor reposición.

Con el objetivo principal de lograr la “seguridad o inocuidad alimentaria”, se generalizan los sistemas de control de alimentos conforme a la regulación del comercio internacional y los estándares internacionales para dichos bienes. Los productores locales perciben a estas regulaciones como restricciones para arancelarias, que buscan excluirlos de los mercados más sofisticados.

Las iniciativas en biosalud –incluyendo lo relativo a la bioseguridad– son *drivers* exclusivos de los países de alto desarrollo que solo pueden trasladarse localmente a estamentos poblacionales de mayor ingreso; el resto sólo accede a nichos como los de las enfermedades de la pobreza, las tropicales desatendidas y las extendidas que requieren tratamientos de bajo costo. Para la producción animal aumenta la investigación en biogénesis y nutrición, apuntando a incrementar la cantidad y calidad de terneros al nacer y la sanidad de los toros. Argentina continúa desarrollando algunas cuestiones puntuales en la materia relativa a salud animal –con una cobertura regional–, y sigue en la búsqueda por lograr posicionarse en algún nicho en lo relativo a salud humana –con algunos desarrollos incipientes en las enfermedades huérfanas de Sudamérica–.

La biotecnología sigue desempeñando un papel importante dentro del sistema científico, con ciertos desarrollos locales destacables, pero con una fuerte dependencia de tecnologías originadas en el extranjero y escasos correlatos productivos locales –así como hubo alguna empresa en informática de incidencia internacional, también existen las chances de que un par de iniciativas biotecnológicas locales alcancen los mercados globales–, pero sin que ello configure un sector con efecto sistémico sobre el resto del aparato productivo. Los desarrollos biotecnológicos continúan generando controversias entre los consumidores de alimentos y deben enfrentar un déficit en la red de proveedores de insumos locales para satisfacer las potencialidades biotecnológicas del país. Gran parte del material genético que se consume es importado.

La biotecnología argentina no se ha articulado con las grandes corporaciones globales, las que transfieren sólo tecnologías para procesos que incrementan su rentabilidad, sin grandes aportes a la economía local –salvo en aquellas áreas en las que precisan acceder eficientemente a determinados insumos–.

Los déficits crónicos en materia de financiamiento de inversiones a mediano y largo plazo conforman un obstáculo considerable para generar estrategias y políticas de desarrollo económico sustentables. La inversión en ciencia y tecnología (CyT) es principalmente pública, los esfuerzos privados son marginales comparados con los de los países desarrollados. Hay algunas experiencias público-privadas, pero fragmentarias y poco consolidadas. La falta de una base de datos centralizada de proyectos de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) en biotecnología, actualizada permanentemente y abierta al público, limita la cooperación público-privada, e inclusive entre los actores del sistema público.

No se han generado nuevos modelos de negocios que incorporen a las jóvenes generaciones, ni para apoyar a los emprendedores. Si bien hay grupos de investigación de alcance internacional en biotecnología en universidades públicas, el CONICET y otros organismos públicos y privados no logran conformar una red o un sistema coordinado con impacto en la fase productiva. La dificultad en formular políticas de Estado para retener a los investigadores jóvenes, genera una nueva corriente de fuga de cerebros, lo que contribuye tanto a la dificultad de implementar el proceso de escalado, como en el déficit de capacidad de evaluar proyectos de investigación interdisciplinarios.

Las oportunidades de innovación han quedado limitadas por un sistema regulatorio restrictivo en materia de bioseguridad, que condiciona las opciones tecnológicas en sectores claves, existiendo desarrollos locales exclusivamente en *commodities* agrícolas –donde pueden competir por costo en los mercados internacionales– o en biogénicos, dependientes del vencimiento de las patentes.

La falta de resultados concretos –aplicaciones productivas y prácticas de la biotecnología– comienza a despertar cuestionamientos sobre la validez de seguir invirtiendo en el sector, y a pesar de lo exiguo, según los estándares internacionales de los montos aportados, el Estado continúa aportando el grueso de los fondos destinados a I+D.

Los sistemas de protección de la propiedad intelectual sufren también la “commoditización” de la economía. Las regulaciones son fragmentarias, desajustadas de la realidad, y desatienden los intereses de todos los sectores como consecuencia de su obsolescencia. Existen incluso bajos niveles de acatamiento en algunos sectores (semillas, principalmente). La regulación de la propiedad intelectual es, de tal modo, una herramienta que no es utilizada con ninguna orientación práctica dirigida por una política de Estado.

“Modernización socioproductiva por innovación tecnológica importada”

La concentración de la riqueza es cada vez mayor y la brecha entre las naciones, y entre ricos y pobres, continúa ampliándose, más allá de que el producto total también se incrementó y casi no queda gente en el mundo que viva con menos de un dólar diario. En Argentina, el crecimiento económico sin creación de empleo emerge como la nueva norma, porque el retorno de la inversión en capital y tecnología es muy superior al que deja la inversión en mano de obra. Aun así, las tecnologías futuras pueden reemplazar gran parte del trabajo humano. El desempleo estructural a largo plazo es un pronóstico inevitable si se continúa con los “negocios como de costumbre”. Todo esto impulsa un desarrollo fragmentario, que puede caracterizarse como neo dependencia. La apertura indiscriminada hacia las inversiones externas en pos de modernizar el parque productivo y la sociedad, garantizando el acceso del país a la frontera tecnológica, trae aparejados nuevos complejos productivos intensivos en conocimiento y bienes de capital, que sólo generan demanda de laboral calificada. Si bien la producción gana en competitividad en varios sectores, la creación de empleo se encuentra estancada, lo que consolida una brecha social desplazando a un amplio sector de la sociedad. Los excedentes generados por el sector moderno no son suficientes para sostener condiciones de vida digna en el resto de la sociedad.

La revolución de la bioeconomía hace posible la democratización en el acceso a muchas innovaciones, incorporando nuevos actores, procedimientos e instituciones, y superando la necesidad de equipos caros de rápida obsolescencia. Sin embargo, esto no impide el control cartelizado de los mercados globalizados por las grandes corporaciones, que dominan el comercio de derechos de propiedad de los nuevos desarrollos. Frente a ello, las estrategias de los países periféricos se limitan a concentrar a los científicos y técnicos especializados en una región y a promover un ecosistema autosustentable de pequeñas empresas emergentes que cooperen entre sí. Los ejes de innovación se concentran en estrategias alternativas basadas en las nuevas técnicas de mejoramiento (NBT, por sus siglas en inglés). El eje de este escenario radica en la consolidación de la convergencia tecnológica (biología, nuevos materiales, TIC, ingenierías).

El comercio internacional y la inversión son los motores del crecimiento económico. La dimensión y organización de la economía mundial se transformó dramáticamente al comenzar la tercera década del milenio. En tanto, Argentina plantea un Estado más prescindente, promotor de inversiones extranjeras, con una política económica que procura favorecer los mecanismos de mercado y reducir al mínimo los espacios de intervención; pero aún debe enfrentar el desafío de incorporarse al nuevo marco regulatorio para explotar todo el potencial de la biotecnología.

El déficit comunicacional no resuelve las reservas de aceptación en áreas estratégicas como la agricultura y la alimentación, lo que actúa como restricción para las inversiones en biotecnología. En los mercados de *commodities*, los organismos genéticamente modificados (OGM) continúan siendo un componente

importante –esencialmente en los productos de primera generación (HT, Bt, virus, soja, maíz, algodón) –. En tanto no llegan a los mercados OGM en trigo, arroz y papas (cultivos integrantes de las dietas populares) –aunque hay innovaciones disponibles–.

A nivel global se consolidan regulaciones para mercados no transgénicos, con muchas de las multinacionales de alimentos ofreciendo opciones “saludables” con trazabilidad ambiental y libres de OGM. Estas tienen una fuerte presencia, con inversiones en biotecnología, principalmente para actividades de comercialización local, con búsqueda de producción y explotación en producciones primarias.

Los sistemas de protección de la propiedad intelectual replican las regulaciones de los países más industrializados, sin atender las necesidades de desarrollo local, retroalimentando la neo dependencia.

Los acuerdos macrorregionales, como el *TransPacific Partnership* (TPP) restringen las flexibilidades regulatorias internas, confieren exclusividad respecto a los datos en medicinas biológicas, con protecciones excesivas a la propiedad intelectual y dejan los mecanismos de resolución de controversias y arbitraje en manos de las grandes corporaciones, que dominan los mercados globales.

Hay un marco de Propiedad Intelectual (PI) en el área de la ingeniería genética vegetal ajustado a los requerimientos del mercado internacional, y un mercado de semillas más transparente y consolidado que permite la recuperación de las inversiones. Los desarrollos en las áreas de salud, ambiente e industria son más dinámicos y la biotecnología –incluida la ingeniería genética y los OGM– son el patrón del mercado. En este escenario, las empresas de capital nacional del sector se convierten en meros comercializadores (en el mejor de los casos, a nivel regional, en el MERCOSUR).

Las innovaciones se concentran en pocas empresas multinacionales, con iniciativas locales participando en nichos específicos del mercado nacional y con exportaciones a mercados emergentes. Pocas empresas locales, dentro de esos nichos, logran convertirse en actores globales, bajo el riesgo de ser adquiridas o fusionarse.

De manera semejante, dentro del ya de por sí fragmentado mercado de la salud, y en el marco de las nuevas tendencias, las proveedoras privadas de salud son adquiridas o se fusionan con aseguradoras de salud internacionales. Por otra parte, los avances en investigación asociados a las virtudes del análisis de grandes bases de datos, más el desarrollo de todas las nuevas aplicaciones electrónicas y de software que aceleran la telemedicina, dan lugar, a nivel global, al surgimiento de nuevas megaempresas de salud, fruto de la alianza entre proveedores tradicionales del mercado de la salud con grandes compañías tecnológicas y de diseño de software. Como resultado de este nuevo escenario, existen en el país proveedores de los servicios de salud más avanzados, pero sólo para unos pocos –aquellos que los pueden pagar–. Las obras sociales y la salud pública son vistas cada vez más como sistemas de atención a los pobres, con todas las tensiones sociales que esto provoca.

La inversión en Ciencia y Tecnología proviene principalmente de fondos públicos, aunque con algunas iniciativas público-privadas –locales y de transnacionales–, cubriendo no sólo los sectores tradicionales (agricultura, nichos en salud, etc.), sino también otros sectores como los productos y procesos de las economías regionales, aplicaciones en la salud personalizada, industriales y en saneamiento ambiental. Los departamentos de Investigación y Desarrollo de las empresas nacionales se concentran en las actividades centrales de las empresas con vacancias en materia de información, pronósticos tecnológicos y anticipación.

“Hacia una sociedad biológica”

La “inteligencia biológica” –el entendimiento de cómo los seres vivos funcionan y han resuelto sus problemas de adaptación a los desafíos que el medioambiente los ha expuesto a lo largo del tiempo–, se transforma en el eje central de la organización de la sociedad y de la economía local. La biotecnología ha tenido

un papel central en el mejoramiento de la producción. También se constituyó en una eficaz interface con otras disciplinas como la informática, la bioinformática, la *big data*, la nanotecnología, la electrónica y la impresión 3D y 4D. El acceso a la ingeniería de detalle y a las biotecnologías permitió aprovechar esos conocimientos para el desarrollo de nuevos productos y servicios; y también de nuevas formas de organización económica y social en una mayor armonía con el ambiente. Argentina encabeza un consorcio junto a España y Cuba para los avances en el plano de la medicina personalizada en todo Iberoamérica. Dado que dentro de la medicina personalizada la información genética de cada paciente determinará la conducta médica a tener y permitirá ajustar tipos de medicamentos y sus dosis en un formato “a medida”, y gracias a los genotipos similares que componen sus poblaciones, se supone que pronto se podrán alcanzar plataformas y protocolos comunes que brindarán las bases para la solución de enfermedades características. El sistema de salud nacional se reorganiza en base a esta visión, reorientando la gran cantidad de recursos que se destinan al sector de una manera más eficiente y no tan fragmentada –donde el Estado se hace cargo concentrando sus esfuerzos de investigación en aquellas porciones de la población de menores recursos–. La nueva Ley del Sistema de Salud lleva a que los hospitales públicos se transformen mayoritariamente en grandes laboratorios públicos, varios de ellos avanzando hacia la medicina traslacional. La mayoría de las empresas farmacéuticas nacionales se pliegan a la iniciativa y se fortalecen en la región, ocupando los espacios que no son atendidos por las grandes transnacionales.

En el área de salud se ha consolidado el trabajo en red de los laboratorios integrantes de las 10 plataformas tecnológicas promovidas oportunamente por el MINCYT al que se han sumado empresas de base tecnológica conformando el consorcio público-privado más relevante de Sudamérica. Este consorcio explora nuevos métodos de diagnóstico moleculares, tratamiento con células madres, regeneración de tejidos combinando con impresiones 3D, diferentes terapias génicas, y genética sintética, augurando terapias accesibles a enfermedades de larga data tales como diabetes, Parkinson y algunos tipos de cáncer.

No obstante, estos avances despiertan desde temprano fuertes resquemores –algunos contenidos por falsas creencias, pero otros ciertamente atendibles–, que se llegan a plasmar en ataques a laboratorios y largas manifestaciones sociales. En atención a estos movimientos, el gobierno decide conformar una Comisión de Bioética Bicameral Plenipotenciaria, para el seguimiento y aprobación de los distintos desarrollos y líneas de investigación que se lleven a cabo en el territorio. Se teme que su reglamentación –pendiente aún de ser presentada al Poder Ejecutivo–, pueda llegar a obstaculizar los avances alcanzados y retrase al país en el desarrollo de la nueva industria de la salud (la que todavía no necesariamente está dominada por las grandes empresas y abrió lugar a pequeños emprendimientos locales).

Para aprovechar las oportunidades de escala regional y mundial, su capacidad como productor de biomasa, y el capital intelectual y empresario que posee, Argentina da inicio a la tercera etapa de su estrategia en bioeconomía, estableciendo una agencia moderna y flexible para coordinar las iniciativas en la materia en los distintos niveles: gubernamental, territorial y sectorial, con gestores especializados en transferencia de ciencia a tecnologías y con proyectos pilotos de procesos y productos. Se han fortalecido los emprendimientos mirando más allá del mercado local. El Estado aplica su capacidad de compra para beneficiar el desarrollo de productos locales de calidad.

Argentina aprovecha sus ventajas comparativas, integrando nuevas cadenas de mayor valor agregado: desde la producción de cultivos hasta el procesamiento de residuos agrícolas, industriales y urbanos. La biomasa es un componente esencial de la producción de energía, combustibles, insumos industriales y materiales de distinto tipo. Esto contribuye a una diversificación de la matriz energética con un mayor grado de descentralización (biorefinerías locales), aumentando la competitividad del medio rural en términos de localización industrial.

Asimismo, en el marco de la estrategia país, el programa de compras públicas de los desarrollos biotecnológicos locales, la iniciativa global de formación integral de recursos humanos (en todos los niveles educativos), la agencia de etiquetado y normalización de productos biológicos, el sistema coordinado y planificado de investigación interdisciplinario en biotecnología –principalmente, para evitar desacompañamientos futuros que obstaculicen el desarrollo del conjunto del sector–, han evolucionado hasta

converger en iniciativas acompañadas de una misma estrategia. Los sectores que producen bienes y servicios a partir de recursos, procesos e inteligencia biológica, se consolidan como un eje del desarrollo de la economía, tanto local como global, donde conviven grandes transnacionales junto a iniciativas locales de diverso tamaño, distribuidas por todo el territorio. Argentina tiene fuerte presencia en la producción mundial de biomateriales. Y lo hace desde complejos integrados desde la biomasa hasta los productos finales con destino mundial.

Frente a un mercado local y global creciente, muy diversificado de productos y servicios biotecnológicos en alimentación, energía, “química verde”, salud y protección del medio ambiente, las empresas locales consolidan su perfil exportador en sectores estratégicos, contribuyendo significativamente al crecimiento de la economía. La “circularidad”, las tecnologías y procesos en cascada, y “residuos cero” se transforman en principios generalizados y centrales en todos los sectores de la economía, penetrando en la conducta de los agentes y modificando a la sociedad y a la cultura. Un aspecto relevante de los nuevos conceptos con capacidad disruptiva es la focalización en la reducción del tiempo de los procesos investigación+desarrollo+mercado de nuevos productos y soluciones tecnológicas. La bioeconomía –conceptos generales y temas específicos como la huella de carbono y del agua en el comercio internacional– se integra a las negociaciones y acuerdos internacionales. Mención especial merecen las nuevas iniciativas de reconfiguración de los códigos urbanos, acordes con la noción de circularidad y la arquitectura amigable con el entorno. Las ciudades intermedias poco a poco se vuelven sustentables, marcando que el programa lanzado en el año 2020 para su reconversión fue una buena iniciativa.

La disminución creciente de los costos de genotipado permite su aplicación masiva, con gran impacto en el mejoramiento genético animal y vegetal. Apoyado en programas nacionales de mejoramiento genético, se logra que la mayor parte del stock animal sea muy resistente a enfermedades, lo que tiene un alto impacto en la propia biotecnología. Otro desarrollo con impacto de relevancia en la biotecnología argentina es la opción por nuevas técnicas de mejoramiento (NTB), en reemplazo a la transgénesis, para desarrollar materiales genéticos que mejoran la eficacia de uso de los recursos naturales y la calidad de los alimentos. Asimismo, el empleo extendido de edición genética ha abierto destacados avances en el tratamiento de enfermedades, en el aumento de la productividad y en la calidad de medicamentos.

El desarrollo de las tecnologías ómicas y el manejo e interpretación de gran cantidad de datos promueve un rápido avance de la “*foodomica*”, permitiendo contar con información precisa sobre la bioactividad de los componentes alimentarios y sus mecanismos de acción, promoviendo el consumo de alimentos funcionales. El desarrollo de la nutrigenómica –particularmente focalizada en ganadería vacuna– y la aplicación de tecnologías genómicas para la producción de alimentos funcionales permite avanzar hacia una nutrición personalizada. El conocimiento de los genes causales de enfermedades y su incidencia en los alimentos sobre la microbiota intestinal permiten contar con una nutrición acorde a las necesidades de cada individuo y hace posible que los consumidores cuenten con una dieta personalizada acorde a su carga genética.

Un consorcio de los mejores centros argentinos colidiera con su contraparte asiática la codificación del microbioma humano (lo que se conoce como la fase 2 del genoma humano). Los avances ya realizados permiten aseverar que el proyecto provocará un nuevo sisma en el campo de la salud.

Los biosensores, los sensores ambientales y los sistemas de diagnóstico portátil han facilitado el diagnóstico preventivo de enfermedades y el desarrollo de nuevos productos y servicios, mediante asociaciones público-privadas con la participación de firmas locales.

La adopción de políticas y estrategias conjuntas en la región MERCOSUR para enfrentar los desafíos de la nueva relación tecnología-trabajo en el año 2030 (robotización del agro, la industria y los servicios, con efectos sobre el empleo), permite cubrir la demanda de nuevas capacidades para un mundo crecientemente tecnológico. Se establecen acuerdos con otros países y empresas transnacionales para el desarrollo de ciertos sectores claves. Para ello se crean o fortalecen grandes laboratorios de investigación, localizados en función de las características más destacadas de su territorio, especializados en problemáticas

específicas vinculadas a la realidad regional, tales como: un núcleo azucarero/papelero en el Noroeste; un centro bioforestal en el Nordeste; un centro sobre biotecnología marina en la costa atlántica patagónica, entre otros.

Las experiencias en volcar el conocimiento de los microbiomas en cultivos, con manejo con especies genéticamente modificadas, genera un cambio de paradigma en la producción agrícola basada en la revalorización del recurso suelo en función de la producción, con ventajas económicas aportadas desde la biotecnología e incidiendo en toda la cadena (del sector primario al industrial).

Se fortalecen las redes de investigación entre centros locales que investigan problemáticas afines, y con centros de excelencia del exterior –para ello se aprovechan los investigadores argentinos que trabajan en el exterior–, mediante la generación de “centros de amigos de” las respectivas universidades nacionales donde desarrollaron sus estudios. Todo esto favorece la concreción de un extenso programa de vinculación de talentos *senior* y *junior* con los centros de investigación y desarrollo locales, con la apertura recíproca a graduados para realizar posgrados y doctorados en el exterior, que concretan un salto de calidad de la capacidad científica nacional en el área biotecnológica.

La focalización en la articulación público-privada, como llave para generar competitividad y facilitar la transferencia de la ciencia básica a la aplicada, genera nuevos grupos de investigación con coordinación y federalización de sus capacidades. De igual modo, la articulación de las PyME biotecnológicas a las empresas nacionales de mayor tamaño, fortalece redes y/o *clusters* empresarios.

Se establece una red nacional de bioinformática, para lo que se realizan fuertes inversiones de infraestructura –en especial en plataformas tecnológicas de uso compartido– y en programas flexibles de formación y adiestramiento, la que funciona como base para el desarrollo de las nuevas biotecnologías locales.

Las nuevas oportunidades de mercado (descentralizado en lo interno; diversificado en lo externo), se reflejan en nuevas demandas de investigación y se generan nuevos modelos de negocios dirigidos a aprovechar las oportunidades. Hay una mayor participación privada en I+D+i, con multiplicación de iniciativas público-privadas. Se desarrollan iniciativas regionales como la promoción de plataformas comunes de información y evaluación tecnológica para diversos sistemas de innovación y nuevas estrategias y modelos de negocios.

Los desarrollos originados en los laboratorios públicos avanzan al plano productivo y son la base de múltiples iniciativas en una gran variedad de sectores (salud, agroalimentos, biocombustibles, bioplásticos, construcción, etc.). La creación de productos financieros originales para inversiones locales de medio y largo plazo en proyectos de empresas de conocimiento abre oportunidades para generar emprendimientos. También se financian grandes proyectos interdisciplinarios de plataformas biotecnológicas, orientados a obtener soluciones o productos determinados.

Nuevas tecnologías blandas sirven a la dinámica empresarial. “*Brokers* del conocimiento” basados en el “*crowdsourcing*” se especializan en la identificación de descubrimientos científicos con alto potencial de desarrollo de nuevos productos, articulando con áreas de I+D+i de empresas locales y globales. Asimismo, se establecen al menos seis aceleradoras de empresas de base científica que finalmente dan lugar a nuevas PyME donde convergen las biotecnologías, nanotecnologías y TIC entre otras.

Se establece un marco regulatorio –de aprobación de eventos y productos, así como también de propiedad intelectual– ágil, flexible y a término –es decir, con revisiones periódicas y regulaciones segmentadas acorde al grado de desarrollo local de cada etapa–.

Específicamente en materia de propiedad intelectual, a nivel internacional se despliegan excelentes negociaciones internacionales, que permiten la inserción del país en otros mercados sin desguarnecer las industrias locales. A nivel nacional, se mantiene un sistema de propiedad intelectual balanceado en el sector biofarmacéutico, asegurando la continuidad de las reglas que permitieron su desarrollo. A su vez,

se actualiza el régimen de propiedad intelectual en el sector de agroalimentos, permitiendo subsanar las falencias que tiene en la actualidad, en aras de incrementar sus potencialidades.

El sistema desarrollado al finalizar la segunda década del siglo para financiar estas iniciativas no sólo logra establecerse como una herramienta adecuada, sino que contribuye a fortalecer el siempre débil mercado financiero argentino, poniéndolo a la vanguardia de los nuevos derivados y otros instrumentos de financiamiento para las iniciativas de base biológica.

El desarrollo e integración en redes especializadas en patentamiento y propiedad intelectual completa el espectro de nuevos servicios que fortalecen la articulación de la biotecnología con el Internet de la Cosas y la industria 4.0.

La creación de la Comisión Interparlamentaria de Futuros en el Congreso de la Nación permite legislar con una visión integral y a largo plazo, dando a la biotecnología carácter de política de Estado.

Alcanzar este escenario demanda una política estatal coordinada con las estrategias privadas que reconozca las fortalezas y debilidades del actual punto de partida, especialmente en el plano biotecnológico.

4. LA SITUACIÓN ACTUAL COMO PUNTO DE PARTIDA²

Los escenarios analizados para las próximas décadas muestran una demanda mundial creciente de alimentos de calidad, de energía, de otros bienes de consumo y de servicios para la prevención y remediación de la salud (humana, vegetal, animal) y el ambiente. Estas demandas deberán ser satisfechas de modo sustentable, evitando y/o mitigando los efectos negativos sobre el ambiente y los recursos naturales que ha tenido el desarrollo económico del siglo XX, basado en la economía del petróleo. El calentamiento global y el deterioro sistemático de los recursos naturales aparecen como nuevos desafíos a tener en cuenta en las futuras estrategias de desarrollo económico y social. Mayores demandas sobre los recursos ubican a la tecnología como un factor crítico para los desarrollos futuros.

En este sentido, la biotecnología y otras tecnologías complementarias pueden contribuir de una manera eficiente a la producción sustentable de bienes y servicios de alta calidad y valor agregado en las distintas ramas de la economía, a partir de un nuevo sendero de crecimiento basado en el conocimiento aplicado a la producción de biomasa, a su transformación en productos agroindustriales y al procesamiento de los residuos con un enfoque de economía circular.

Algunos aspectos cuantitativos de las capacidades existentes

Frente a este contexto global, Argentina cuenta, tempranamente, con interesantes capacidades científico-tecnológicas, empresariales y en materia de recursos naturales para aprovechar las oportunidades que

2. La situación actual que se presenta en esta sección se resume a partir de la información obtenida en los siguientes trabajos realizados como parte de la presente Consultoría: Diagnóstico del Sector Biotecnológico, Diagnóstico de la Propiedad Intelectual y Estudios de cadena.

brindan los mercados locales e internacionales, definiendo una nueva estrategia de desarrollo económico y social sustentable basada en la bioeconomía.

El **Cuadro 1** resume la información disponible en cuanto a las capacidades científico-tecnológicas existentes, en base a encuestas realizadas recientemente a nivel nacional y en las principales provincias sobre los grupos de investigación, los investigadores involucrados y los proyectos de investigación identificados y relevados.

Cuadro 1. Relevamiento de grupos y proyectos de investigación en Biotecnología.

Cobertura	Encuesta Nacional a Grupos I+D*	Encuestas Provinciales**				
		Proyectos relevados	Investigadores relevados	Proyectos identificados	Investigadores totales estimados	Proyectos totales estimados
Nacional	185					
Prov. Buenos Aires	69	163	138	292	2.000	600
Prov. Córdoba	9	99	99	259	500	259
Prov. Santa Fe	28	75	75	192	450	192

Nota: En varios casos los directores dirigen más de un proyecto y los investigadores participan de más de un proyecto.
Fuentes: *MINCYT; **Lozano [2013], Stubrin [2012].

El complejo institucional se encuentra predominantemente localizado en las provincias de mayor tamaño: Buenos Aires, Santa Fe y Córdoba, con un estimado de más de 2.950 investigadores y 1.051 proyectos. La mayor parte de los mismos corresponde al sistema universitario y de institutos del CONICET; si se les agrega el INTA (especialmente los Centros de Castelar, que realizan biotecnología), termina representado el 80% de los recursos del sistema³.

En cuanto a las áreas de aplicación, el área de salud humana concentra el 54% de los esfuerzos, seguidos por aplicaciones en biotecnología agropecuaria (37%); en salud animal (35%); en Bioinformática (29%); en Ambiente (23%) y en Procesamiento industrial (18%). Con un pequeño porcentaje también se identifican algunas aplicaciones dirigidas a la creación de herramientas y metodologías para desarrollar actividades de I+D.

Las publicaciones relevadas en SCOPUS para los 86 centros identificados que realizaron I+D en biociencias y biotecnología para el período 2012-2015 permitieron verificar que la producción científico-tecnológica de los mismos correspondió en 19,3% a biociencias; 35,0% a ingeniería y otras ciencias básicas (química, física, etc.); 19,9% a producción agropecuaria; 13,7% a salud humana; 7,1% a bioindustria y temas ambientales; 2,0% a salud animal; y 3,1% a otras disciplinas; es decir que una alta proporción de las publicaciones correspondió a las disciplinas básicas y en menor medida a sus aplicaciones. Es interesante notar la intensa vinculación de los investigadores de dichos centros con investigadores de universidades y centros internacionales: más de 4.250 publicaciones relevadas involucraron autores de terceros países. En cambio, las publicaciones con vinculaciones con el sector privado fueron sustancialmente menores, e involucraron a unas 302 empresas/entidades privadas locales e internacionales.

3. Relevamientos complementarios realizados en el marco del proyecto en 2015/16 permitieron identificar que 86 centros realizan I+D en biociencias y biotecnología. 30,2% de los mismos estaban en el Área Metropolitana; 12,8% en La Plata; 14,0% en otras ciudades de la Provincia de Buenos Aires; 17,4% en las provincias del Centro del país [Córdoba, San Luis y Mendoza]; 12,8% en el Litoral [Santa Fe, Entre Ríos y Corrientes]; 8,1% en las provincias del NOA y NEA [Tucumán, Salta y Chaco]; y 4,7% en la Patagonia.

Las capacidades antes mencionadas son el fruto de varias décadas de esfuerzos en I+D tanto en materia de biología avanzada, de biomedicina, como de ciencias agrarias, veterinarias y otras relacionadas con los recursos naturales. Argentina desarrolló, desde los inicios del actual sistema nacional de innovación, tempranas capacidades científicas que fueron un excelente punto de partida de los desarrollos biotecnológicos recientes.

Como resultado de ello, a mediados de los años ochenta comenzaron a aparecer en el mercado los primeros productos biotecnológicos de producción nacional aplicados a la salud humana y a la genética vegetal. La producción de enzimas microbianas, las semillas transgénicas de soja y maíz, la micropropagación de cultivos, los reactivos de diagnóstico y el interferón fueron los primeros productos lanzados al mercado por empresas locales, casi simultáneamente con lo ocurrido en Estados Unidos y Europa. En otros términos, a diferencia de lo ocurrido en otros desarrollos industriales “tardíos”, en materia de producción de biotecnológicos, Argentina ingresó tempranamente al conjunto de países líderes. Y actualmente lo hace en el mercado de los biosimilares.

Con tales antecedentes, tres décadas más tarde, en 2014, Argentina contaba con una base empresaria de cierta magnitud, integrada por más de 200 empresas productoras locales de biotecnológicos (**Cuadro 2**). En su conjunto facturan poco más de 17 mil millones de pesos (equivalentes a unos 2.100 millones de dólares), exportan unos 400 millones de dólares e invierten en I+D más de 1.600 millones de pesos (unos 90 millones de dólares anuales), a la vez que emplean alrededor de 1.100 investigadores.

Cuadro 2. Panorama general de las empresas de biotecnología en Argentina.

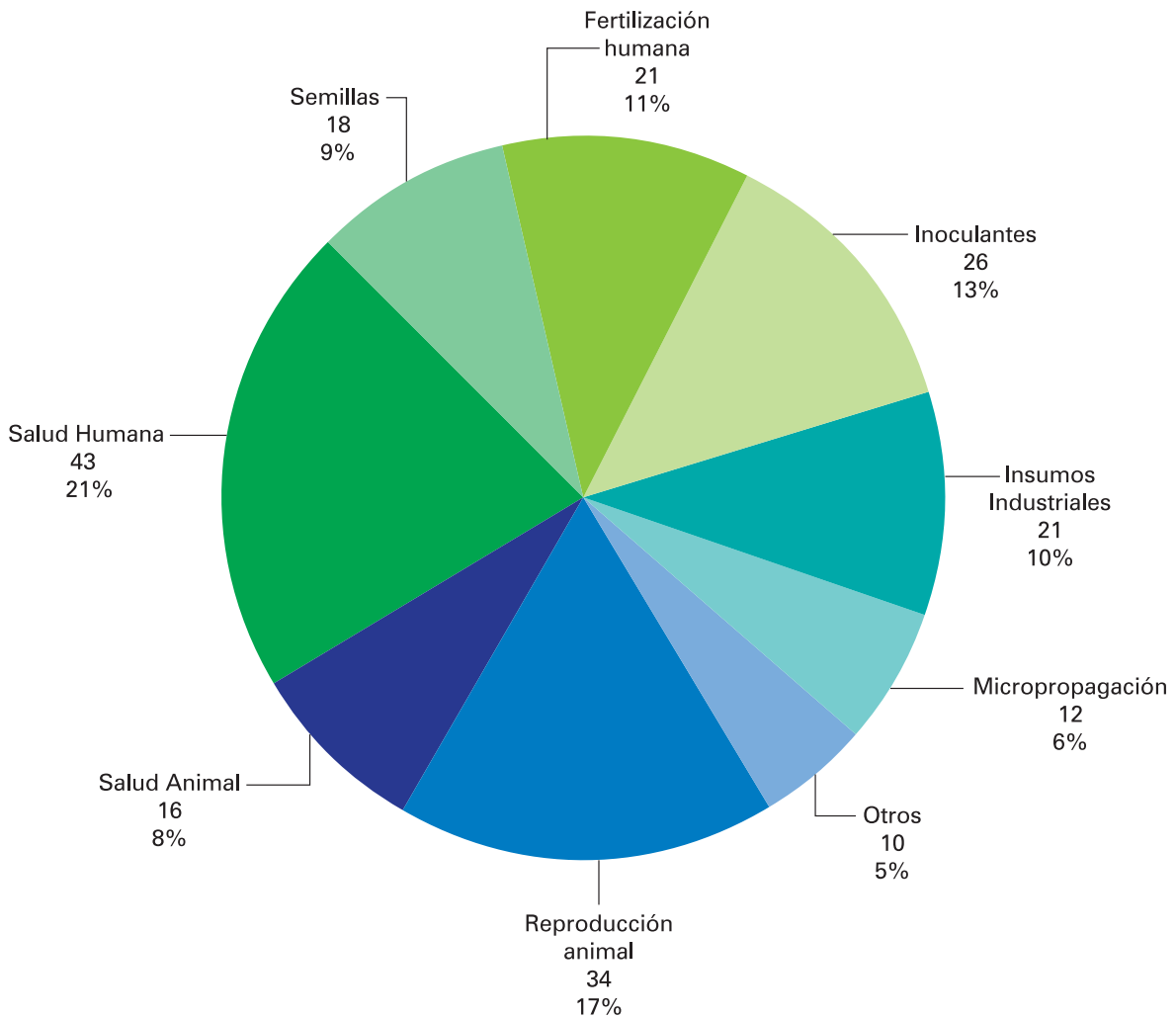
Sector	Empresas	Ventas totales (millones \$)	Ventas BIO (millones \$)	Exportaciones BIO (miles US\$)	Empleo en el sector de I+D BIO (personas)
Fertilización humana	21	263	54	-	34
Inoculantes	26	1.426	667	884	109
Insumos industriales	21	27.088	1.070	4.053	59
Micropropagación	12	3.219	102	-	67
Otros	10	100	4	-	14
Reproducción animal	34	551	107	36	55
Salud animal	16	1.891	965	80	50
Salud humana	43	8.871	2.110	120.084	280
Semillas	18	77.627	12.182	278.342	432
Total general	201	121.036	17.262	403.480	1.099

Fuente: Reemplazar por: Encuesta Nacional de Empresas de Biotecnología [DNIC - MINCYT, 2015]⁴.

Las áreas de salud humana, reproducción animal, inoculantes, insumos industriales, semillas y salud animal son las de mayor magnitud en cuanto a número de empresas, aunque otros sectores como el de fertilización humana y micropropagación también registran fuertes presencias productivas (**Cuadro 3**).

4. MINCYT (2016) Las Empresas de Biotecnología en Argentina 2016. MINCYT Buenos Aires, 2016.

Cuadro 3: Empresas de biotecnología en Argentina



Fuente: Elaboración propia en base a MINCYT (2016).

Se trata de empresas mayormente de capital nacional, de tamaños variados (desde firmas pertenecientes a compañías multinacionales, a otras que son partes de grandes grupos empresarios nacionales pasando por un variado universo de PyME). Se trata de una actividad con cierto dinamismo empresarial a punto tal que alrededor de dos tercios de ellas surgieron en los últimos diez años.

Dicho número de firmas ubica a la Argentina entre los 20 primeros países del mundo en número de empresas. Si bien dicho guarismo está alejado de los cinco líderes mundiales, la cantidad de empresas locales es similar a la existente en varios países desarrollados cuyo producto por habitante supera largamente al argentino.

Cuadro 4. Número de empresas de biotecnología en Argentina y el mundo (2015).

País	Cantidad de empresas de biotecnología	País	Cantidad de empresas de biotecnología
EE.UU.	11.367	Argentina	201
España	2.831	Noruega	200
Francia	1.950	Finlandia	157
Corea	939	Brasil	151
Alemania	709	Dinamarca	134
Reino Unido	614	Portugal	134
Japón	552	Austria	128
México	406	Polonia	122
Nueva Zelanda	369	República Checa	115
Bélgica	350	Suecia	102
Italia	300	Estonia	42
Holanda	262	Eslovenia	36
Irlanda	237	Sudáfrica	30

Fuente: [OECD, 2015]⁵

“Estas capacidades productivas locales pueden potenciarse por medio de la cooperación regional e internacional para el desarrollo científico y tecnológico del área; para ello existen voluntad y posibilidades, dado el crecimiento de la inversión a nivel mundial y regional en I+D+i y la existencia de alternativas disponibles para el desarrollo de alianzas estratégicas con empresas de la región y de otros países”.

Principales fortalezas y debilidades de la situación actual

En el diagnóstico realizado en el marco del presente estudio se identificaron las principales fortalezas a partir de las cuales se puede construir esta estrategia de desarrollo económico y social. También se detectaron las debilidades o vacancias que son necesarias tener en cuenta y subsanar para asegurar el éxito de la misma. Como base cabe recordar la dotación local favorable de biomasa y el desarrollo temprano de la biotecnología, lo que le otorga una indudable ventaja competitiva a nivel mundial. A continuación se efectúa una síntesis de las estas fortalezas y debilidades.

Entre las fortalezas debe destacarse la alta prioridad política asignada a la biotecnología por parte del MINCYT y de otras áreas gubernamentales, que se ha evidenciado en:

- Su priorización en el Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación “Argentina Innovadora 2020”.

5. OECD [2015], Key Biotechnology Indicators, <http://oe.cd/kbi>, July 2015.

- Los programas de apoyo al sector científico biotecnológico correspondientes a instituciones de diversos ministerios e instituciones gubernamentales: la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCyT), el CONICET, las Universidades Nacionales, el INTI, el INTA, la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres y otras dependencias provinciales. Es de notar el gran crecimiento registrado en la última década en el número de grupos que realizan actividades de investigación en biociencias y biotecnología, los mayores presupuestos operativos y las inversiones en infraestructura.
- La amplia gama de instrumentos de promoción desarrollados en la última década por la ANPCyT dirigidos a la cooperación público-privada para innovación en biotecnología (Aportes No Reembolsables y líneas de crédito del Fondo Tecnológico Argentino (FONTAR) y el Fondo Argentino Sectorial (FONARSEC)).
- Los proyectos de cooperación internacional en biotecnología del MINCYT (Biotecsur / Séptimo Programa Marco y Horizonte 2020 de la UE; Centro Argentino Brasileiro de Biotecnología).
- Los programas del MINCYT de apoyo a la formación de recursos humanos en el sistema científico y en las empresas; y el desarrollo de carreras de grado y posgrado en biotecnología en diversas universidades.
- Las recientes iniciativas concurrentes para el desarrollo de la biotecnología en los Ministerios de Agroindustria, Producción y Salud.

Asimismo, otra fortaleza es el buen grado de desarrollo de los centros de I+D en biociencias y biotecnología y las incipientes redes de centros promovidas con proyectos del MINCYT. En este sentido, Argentina cuenta con:

- Recursos humanos calificados en ciencias básicas e ingeniería, que investigan en un amplio espectro de ramas de las biociencias y en alguna medida en biotecnologías.
- Equipamiento básico disponible para investigaciones en los principales centros de I+D dedicados a la biotecnología.

En forma complementaria Argentina tiene una base empresaria consolidada, dedicada a la producción de bienes y servicios de biotecnología. Al respecto cabe destacar que:

- Hay una fuerte presencia de empresas de capital nacional, muchas de las cuales son PyME, aunque en los últimos años se observa un interés creciente de algunas empresas (y/o grupos empresarios) argentinas de mayores dimensiones, tanto en el sector de salud humana como en el sector agropecuario. Por otra parte, operan en el país las principales firmas multinacionales de los dos sectores mencionados.
- Los desarrollos genéticos, vegetales y animales, así como los correspondientes a la biomedicina, tienen ya larga data en el país; ello fue la base para primigenios desarrollos locales con escaso rezago con la frontera técnica internacional. Ellos son el resultado de las capacidades científicas acumuladas a lo largo de las décadas previas en biociencias y otras disciplinas conexas a la moderna biotecnología (agronomía, veterinaria, microbiología), complementadas con rutinas empresarias en actividades biológicas que han sido básicas para el desarrollo de las actividades biotecnológicas.

Otras fortalezas que se pueden mencionar son:

- Se aprobó una Legislación Nacional que contempla exenciones impositivas parciales para la I+D+i, que son asignadas anualmente por el MINCYT.
- El Ministerio de Producción de la Nación y diversas provincias han instrumentado programas de crédito fiscal para las PyME.
- En el sector de la salud humana los desarrollos biotecnológicos tienen imagen positiva. A diferencia

de lo que acontece en algunos países –de la Unión Europea, de África y de Asia– en Argentina los desarrollos biotecnológicos en el sector agroalimentario se consideran positivos.

- El uso intensivo de las llamadas “flexibilidades” previstas en el Acuerdo sobre los Aspectos de los Derechos de Propiedad Intelectual relacionados con el Comercio (ADPIC), de la Organización Mundial del Comercio (OMC), en patentes de invención preservó y potenció el desarrollo de industrias nacionales en el área de la biotecnología, principalmente en el sector de salud humana y animal. Para el futuro, la continuación de esa política coadyuvará al desarrollo del sector.

Como contrapartida de las fortalezas sintetizadas previamente, en el estudio se identificaron algunas debilidades que será necesario considerar. Entre ellas merecen señalarse las siguientes:

- Las prioridades del sector científico no están mayormente orientadas a la producción de innovaciones con uso comercial definido. A pesar de los avances recientes en el desarrollo de instrumentos tendientes a la cooperación público-privada, los sistemas de promoción profesional en el sector científico-tecnológico a partir de las publicaciones en revistas con referato son aún los principales inductores temáticos. Se observa escasa inducción hacia lo tecnológico y aún predominan los criterios burocráticos para la evaluación de los proyectos de I+D, más que los resultados concretos en innovaciones. Las encuestas destacan las dificultades existentes para incorporar las necesidades/estrategias privadas a las agendas temáticas de los investigadores.
- En la última década creció el número de grupos de I+D que hacen biotecnología, pero en general se trata de grupos de tamaño relativamente pequeño y con dispersión operativa (proyectos pequeños). Esto es una limitación importante en esta materia, dado que para el desarrollo económico basado en la biotecnología, se requieren masas críticas mínimas de RRHH especializados en diversas especialidades. La revisión de los programas y proyectos de apoyo a la I+D existentes muestra una gran amplitud temática, pero a baja escala. Se observa la carencia de un plan maestro ordenador de iniciativas individuales y parciales, que contribuya a una mayor coordinación y una visión integral del desarrollo sectorial.
- Se han identificado otras limitaciones para una mayor producción de innovaciones. Entre ellas se constata que falta equipamiento para las etapas de escalado, tanto en los centros de I+D que hacen biotecnología como en las empresas. Además, no se instrumentan incentivos específicos para que el sistema científico-tecnológico brinde servicios de apoyo a las empresas en las etapas de escalado, por lo que los científicos no priorizan estas actividades en sus carreras profesionales. Otro aspecto limitante para una cooperación más eficiente del sector científico y las empresas, especialmente en el caso de salud, es la falta de aplicación de protocolos de buenas prácticas de laboratorio (GLP, por sus siglas en inglés) en la mayoría de los centros de I+D.
- La mayor parte de las firmas locales son pequeñas. El número de empresas argentinas de dimensiones relevantes en el sector de las biotecnologías es aún limitado. Las características y exigencias de la producción y comercialización de productos biotecnológicos, que involucran grandes proyectos de inversión de largo plazo, llevan a afirmar que la capacidad productiva para implementar tales desarrollos potenciales es pasible de importantes mejoras. Así, por ejemplo, los altos costos de desregulación global de los eventos transgénicos originan barreras a la entrada a las empresas pequeñas.
- Se ha observado el limitado conocimiento por parte de las empresas de las potencialidades y áreas de especialización del sistema científico del sector. Si bien se han registrado algunos progresos en los últimos años, persiste una limitada vinculación del sector científico con el sector empresarial. La carencia de una base de datos centralizada de proyectos de I+D en biotecnología, de actualización permanente y de acceso público, limita la cooperación público-privada, e inclusive entre los actores del sistema público. Dichas circunstancias se agravan porque la mayor parte de las empresas de biotecnología no prioriza las inversiones en I+D dentro de sus estrategias globales de inversión privada; tienden a realizar este tipo de inversiones con el apoyo de los programas y capacidades de las instituciones públicas (son limitados los casos de empresas que cuentan con biotecnólogos *senior*).

El crecimiento de la base empresarial sectorial no ha mostrado un dinamismo acorde con las capacidades científicas y tecnológicas en las últimas décadas, debido a un conjunto de factores, entre los que se pueden mencionar los siguientes:

- Las iniciativas existentes en materia de incubadoras y polos tecnológicos no son de gran significación y han tenido impactos limitados en la creación y desarrollo de empresas.
- Inexistencia de capital de riesgo para *starters* biotecnológicos.
- Se han desarrollado pocos "*clusters*"; salvo en el sector de semillas de cultivos anuales (granos), existen escasas iniciativas y varios "*protoclusters*", que requieren mayor coordinación y un refuerzo del impulso oficial para su consolidación en distintas regiones y temas.
- Existen dificultades para acceder a créditos de largo plazo del sistema financiero institucional para I+D+i por parte de las empresas, especialmente las PyME, que sean consistentes con los plazos de maduración de los proyectos biotecnológicos. Esta restricción ha sido compensada sólo parcialmente por los créditos del MINCYT, cuyos plazos y alcances también suelen ser insuficientes.
- Carencia de programas de compras gubernamentales para productos y servicios biotecnológicos desarrollados en Argentina por las empresas locales.
- Contexto macroeconómico inestable, que limita los incentivos para los proyectos de largo plazo de I+D de alta tecnología.

Las debilidades mencionadas llevan a pensar en la necesidad de contar con una política de Estado, que se concrete en un programa integral y abarcativo de políticas de promoción de la I+D+i para empresas, que contemple todas las etapas desde la investigación hasta la comercialización de las innovaciones. Ello implicaría una mayor coordinación entre las acciones de los ministerios nacionales de Ciencia, Agroindustria, Salud y Producción. Con este enfoque surge la necesidad de contar con una unidad específica que coordine la promoción de la biotecnología, que integre la oferta actual del MINCYT y otras agencias, y que contemple la inducción y el seguimiento a las empresas ("*coaching*").

En cuanto a la propiedad intelectual, se advierte que el marco regulatorio de Argentina data de los años 90 con la puesta en funcionamiento de la Organización Mundial de Comercio y la entrada en vigor del Acuerdo sobre los ADPIC. Como consecuencia de ello, en Argentina se sancionó una nueva ley de patentes, se ratificó el Convenio UPOV 1978, se reglamentó la ley de derechos de obtentor, y se sancionó la ley 24.766 de confidencialidad. Argentina realizó un aprovechamiento intensivo de las flexibilidades del marco internacional, sin suscribir tratados de libre comercio (TLC) con reglas más rigurosas que el Acuerdo sobre los ADPIC (reglas "ADPIC-Plus"). En particular:

- En patentes, la ley argentina, evalúa los requisitos de patentabilidad con rigor, adopta exclusiones de patentabilidad amplias, regula excepciones amplias a los derechos conferidos por las patentes y contiene un sistema de medidas cautelares balanceadas.
- En materia de derecho de obtentor, la ley argentina se adaptó al modelo UPOV 78, sin doble protección, con derechos limitados y excepciones amplias.
- En materia de información confidencial, la ley argentina no otorga ninguna exclusividad para datos de prueba, permitiendo aprobaciones sanitarias por similitud.

En el sector biofarmacéutico, el modelo de negocios utiliza la propiedad intelectual de modo excluyente. Por ello, el marco regulatorio argentino, y sus flexibilidades, permitieron el desarrollo de una industria biofarmacéutica con posibilidades de competir rápidamente en el mercado con productos de calidad.

En el sector de agroalimentos, el modelo de negocios es de licenciamiento abierto y existe un sector de

capitales nacionales muy dinámicos dedicado al desarrollo de nuevas variedades vegetales, cuya fortaleza principal es el germoplasma. En este sector, el marco regulatorio aplicable no ha atendido ciertos asuntos que hubieran potenciado su desarrollo, principalmente por las dificultades en materia de observancias, la amplitud de las excepciones al derecho de obtentor, y la inexistencia de excepciones a las patentes a favor de los fitomejoradores.

Además de los aspectos mencionados, en la discusión de estrategias futuras es necesario también tener en cuenta que:

- Se observan limitadas patentes y publicaciones a nivel internacional de los científicos y empresas argentinas del sector.
- No se ha reglamentado aun la Ley de Promoción de la Biotecnología Moderna, aprobada en 2007. Esto plantea asimetrías con otros países que cuentan con este tipo de incentivos fiscales.
- En el sector de la alimentación existen barreras comerciales en algunos países relevantes para las importaciones y para la producción de alimentos transgénicos. Algunas empresas de este sector no asumen ser vinculadas a la biotecnología por los riesgos de imagen.

Otro aspecto a considerar en el análisis de fortalezas y debilidades, y que puede ser importante en términos de las futuras capacidades del sistema, tiene que ver con algunas tendencias que se observan en cuanto a la dinámica reciente de dónde y cómo se instrumenta la capacitación de los recursos humanos, particularmente a nivel de posgrado. Aunque no existen datos que permitan una estimación precisa de la magnitud cuantitativa del fenómeno, existe un alto nivel de acuerdo entre los especialistas consultados, acerca de que, desde mediados/fines de la década de 1990 en adelante se redujo notablemente la capacitación de posgrado y los posdoctorados en el extranjero, la cual pasó, mayoritariamente, a universidades locales. En parte, esto se debe a la menor disponibilidad de recursos de financiamiento, pero también es atribuible al incremento de la oferta de programas que se dio en el país en esta época.

Esta tendencia puede llegar a ser un factor negativo en el futuro, en la medida de que la realización de estudios de posgrado y posdoctorados en universidades extranjeras ha sido –y es– un camino importante en cuanto a la inserción de los investigadores locales en la agenda global de investigación, y para el establecimiento de redes de trabajo a nivel global con centros internacionales de excelencia, como lo muestra claramente el activo ritmo de publicaciones con coautores extranjeros que existe en la actualidad. Este presente, es el reflejo de lo que ocurrió en términos de capacitación hace dos o tres décadas atrás; y los cambios que se están produciendo en los lugares donde los investigadores hacen sus estudios se reflejarán en los próximos quince o veinte años.

Dada la importancia que tiene la formación sistemática de postgrado y los posdoctorados en la construcción de las capacidades, y la velocidad con que se anticipa que estará cambiando la frontera de los conocimientos a nivel global en las disciplinas de mayor importancia para el país, se considera necesario tener en cuenta las reflexiones previas en el diseño de las políticas futuras (tanto en materia de formación como de reinserción en el sistema local).

5. COMPONENTES PRINCIPALES DE LA AGENDA DE TRABAJO

El carácter multidisciplinario y multisectorial de los desarrollos biotecnológicos, así como los antecedentes previos en materia de capacidades científicas y empresarias en áreas clave, dan lugar a la identificación de una diversidad de sectores económicos y áreas críticas que pueden contribuir a la estrategia de desarrollo planteada previamente. Entre ellos merecen señalarse la salud humana, la producción de alimentos, la producción de biomasa, las alternativas de agregado de valor a la biomasa mediante las diversas opciones que brindan las biorefinerías, y la preservación y mejora del ambiente. Por otra parte, se han identificado otras disciplinas de carácter transversal que tendrán una importancia estratégica creciente para potenciar los impactos de la biotecnología, tales como la bioinformática y el almacenamiento y manejo de grandes volúmenes de información (*"big data"* en el sector de las TIC).

Los estudios realizados en el marco del proyecto permitieron identificar los principales inductores (*"drivers"*) biotecnológicos para cada una de las áreas/sectores seleccionadas, que se indican a continuación.⁶

a) Salud humana. La biotecnología brinda enormes oportunidades para esta área. En particular puede contribuir tanto con el sistema convencional de prestación de servicios de salud, como con el nuevo modelo de remediación de la salud a partir de una estrategia de tratamiento de la enfermedad basada en la corrección de genes defectuosos o en la modificación de sus expresiones. En relación a estos modelos la biotecnología permite:

- la producción de nuevos insumos, medicamentos (tales como los biosimilares) y vacunas.
- la obtención de medicamentos por síntesis química *"asistida"* por técnicas biotecnológicas, y el desarrollo de *"rutas de producción"* radicalmente nuevas que permitan la sustitución de reactores de síntesis por la producción biológica de principios bioactivos de interés.
- la predicción y diagnóstico temprano de enfermedades, mediante el reemplazo de análisis tradicionales por el desarrollo de sistemas de diagnóstico obtenidos por técnicas biotecnológicas, más rápidos y precisos. Además, la convergencia de la biotecnología con otras disciplinas como la nanotecnología y la informática, dará lugar al desarrollo de nuevos dispositivos para diagnóstico que reemplazarán equipos tradicionales como los endoscopios.
- la asistencia a la reproducción humana, desde la salud materna, la salud fetal, la corrección de anomalías durante el embarazo y la reproducción asistida.
- el tránsito/avance hacia una medicina personalizada y regenerativa basada en el uso de las terapias génicas, la ingeniería de tejidos y la utilización de células madres.

Todas estas oportunidades tienen un enorme impacto para la atención de la salud en enfermedades críticas y de otros aspectos de importancia social, como es el caso de la reproducción, y pueden ser aportes de relevancia en la medicina traslacional.

6. Los *"drivers"* que se presentan en cada una de las áreas a continuación resultan de los temas que fueron surgiendo como relevantes a lo largo de la ejecución de las actividades de la presente Consultoría, particularmente del análisis de cadenas, los paneles preprospectivos y prospectivos, y los resultados de la encuesta prospectiva.

b) Producción de alimentos. La biotecnología constituye uno de los instrumentos clave para atender a una demanda mundial sostenida de alimentos en términos de cantidad y calidad. Se han identificado diversos inductores biotecnológicos que pueden contribuir en forma sustantiva en aspectos referidos a la biotecnología del suelo, así como diversas técnicas de mejoramiento genético de plantas y animales que incluyen el uso de marcadores moleculares con equipos de alta capacidad analítica: –la transgénesis, la cisgénesis, la edición genética, etc., –que actualmente enfrentan menores costos regulatorios y menores barreras en los principales mercados–, así como la secuenciación genética, la micropropagación, y el clonado de plantas y animales.

Como aportes sustanciales de la biotecnología a esta área se destacan:

- el aumento de producción de materias primas provenientes del agro, en un contexto global de limitaciones crecientes en la disponibilidad de recursos naturales (agua, suelos), y frente a la necesidad de desarrollar sistemas amigables con el medio ambiente, que permitan mitigar el impacto ambiental.
- la mejora de la producción primaria de alimentos de origen vegetal y animal mediante el uso de microorganismos promotores de crecimiento (bacterias y hongos), nuevos inoculantes y otros insumos biotecnológicos, control de plagas y enfermedades, el uso de bacterias para el mantenimiento de forrajes y granos almacenados en silos bolsa; así como el uso de la microbiómica para implementar mejoras en la eficiencia alimenticia de los animales y los sistemas de identificación animal con marcadores moleculares.
- la utilización de subproductos, residuos y efluentes de las industrias alimentarias como fuente de nuevos componentes bioactivos, materiales para envases, compuestos químicos, con el consiguiente impacto en el incremento de valor y reducción de la contaminación ambiental.
- el desarrollo de alimentos funcionales basados en la identificación de nuevos componentes bioactivos, conocimientos de sus mecanismos de acción y actividades fisiológicas, a lo que debe sumarse el efecto de los componentes de los alimentos sobre la microbiota intestinal y su incidencia en la salud del consumidor.

Esta área tiene un alto impacto social ligado al desarrollo y bienestar de la población en términos de salud y desarrollo cognitivo, así como una fuerte incidencia en la economía del país y en su desarrollo regional.

c) Producción de biomasa. Argentina tiene un enorme potencial de producción de biomasa renovable en la mayor parte de su territorio. Parte de la misma se destina a la producción de alimentos y en menor medida a la producción de biocombustibles y otras bioenergías. La mayor parte de la producción de biomasa, en particular la correspondiente a la oferta potencial, se encuentra subutilizada, especialmente la que se puede obtener de: los recursos forestales y de otros cultivos perennes/ anuales, de los subproductos de los cultivos agrícolas y de las producciones ganaderas, y de los residuos sólidos urbanos.

Las técnicas de mejoramiento genético con el apoyo de la biotecnología, mencionadas previamente para la producción de alimentos, pueden hacerse extensivas a la producción de biomasa con diversos destinos; en este sentido la biotecnología puede hacer aportes sustanciales relacionados con:

- el incremento de los destinos potenciales de la producción de los cultivos y el ganado: producción de biomasa no limitada a la producción de alimentos, sino también a la producción de energía y otros procesos industriales en biorefinerías. Una alternativa de mejoramiento genético emergente es el uso de cultivos C4 (de mayor eficiencia en el uso del CO₂ y que se adaptan mejor al stress abiótico), en lugar de las plantas que corresponden a la fotosíntesis C3 que son más susceptibles.
- el aumento de la producción de biomasa específica en zonas marginales o tierras no utilizadas.

Estos desarrollos potenciales tienen importancia estratégica para el futuro desarrollo económico y social de Argentina, por lo que merecen recibir una alta prioridad. En primer lugar, por las oportunidades que una mayor producción de biomasa pueden brindar al agregado de valor aguas abajo mediante las biorefinerías y, con ello, la estructuración de un sistema industrial que integre la producción de biomasa con las manufacturas de origen industrial basadas en los combustibles fósiles. En segundo lugar, por la importancia que tiene este tipo de industrialización en el desarrollo territorial, dado que por sus características (la biomasa tiene una relación precio-volumen baja) buena parte de dichos procesos deberán ser de carácter regional y por lo tanto contribuirá a una mejor distribución regional del ingreso nacional.

d) Biorefinerías. La opción de agregar valor a la producción primaria puede darse por diferentes opciones de procesamiento de los productos, así como de los rastrojos y de los residuos. En este caso la biotecnología puede aportar a:

- la mejora en la eficiencia en los procesos fermentativos para la obtención de biocombustibles y para los otros productos industriales que se pueden obtener a partir de las biorefinerías.
- la producción en nuevas biorefinerías de una amplia gama de bioproductos derivados de los dendrocombustibles, del complejo oleaginoso, de la producción de cereales y otras forrajeras, y de los correspondientes a los forestales. Entre los posibles bioproductos pueden mencionarse los bioplásticos, los compuestos químicos, etc.

Esta es un área crítica de gran potencial de agregado de valor y con una amplia cobertura territorial, donde debe incrementarse la utilización de técnicas biotecnológicas. A pesar de ello, hasta el presente la inversión pública y privada en esta área ha sido limitada; la capacidad de recursos humanos, equipos de I+D+i y los desarrollos empresarios son significativamente menores a los correspondientes a otras áreas tales como salud humana, salud animal y alimentos. Ello plantea la necesidad de incrementar en el futuro los recursos destinados a esta área estratégica.

e) Preservación y mejora del ambiente. Tanto en la etapa de producción primaria como en la producción industrial, la biotecnología puede realizar contribuciones sustantivas a la preservación del ambiente. Entre ellas puede mencionarse:

- el agregado de valor a los desperdicios y efluentes provenientes de las actividades agropecuarias, haciendo uso de enzimas, bacterias, levaduras y otros insumos tecnológicos, dando lugar a la producción de energía (biogas-syngas) y fertilizantes.
- la mitigación de los impactos ambientales negativos de los residuos derivados de las actividades agropecuarias, aportando agregado de valor de carácter ambiental. Este es un aspecto muy importante para el agregado de valor en cultivos tales como la caña de azúcar y para el procesamiento de residuos en feedlots y otras producciones ganaderas intensivas, en tambos y en las actividades industriales correspondientes.

f) Otras tecnologías transversales. Tal como se ha destacado previamente, será necesario, además, asignar alta prioridad a diversas disciplinas de carácter transversal, que tienen una importancia estratégica creciente para potenciar los impactos de la biotecnología. Entre ellas cabe señalar a la bioinformática y el almacenamiento y manejo de grandes volúmenes de información ("*big data*"). En forma similar a lo mencionado en el ítem e) se trata de áreas críticas, que hasta el presente han recibido menor prioridad, por lo que será necesario aumentarla en el futuro.

Hacia la construcción de una política de Estado en materia de biotecnología

En una construcción social como la planteada y requerida para alcanzar el escenario elegido como “apuesta”, interactúan tres planos de acciones propositivas: ciencia y tecnología, desarrollo productivo y comercial, y políticas públicas e instituciones. Dinámicamente las acciones planteadas en cada uno de estos planos/áreas deberán instrumentarse sincronizadamente, en el marco de una política de Estado de mediano y largo plazo, asentada a su vez en condiciones institucionales y macroeconómicas estables y predecibles.⁷ La centralidad de tales acciones radica en los aspectos productivos y comerciales (y sus consecuentes impactos sociales), a los cuales serán concurrentes las estrategias de políticas públicas/institucionales y los servicios aportados desde el sistema nacional de innovación (**ver figura 1**).

Figura 1: Ámbitos e interacciones en la construcción de una política de Estado para la biotecnología



Fuente: Los autores, elaboración propia.

7. LSe da por sentado que reglas macroeconómicas estables, equilibrios fiscales consistentes con pautas monetarias predecibles, mercados [internos y externos] sujetos a reglas competitivas y una balanceada apertura a los mercados externos son condiciones necesarias para estos procesos. En los planteos que siguen, específicos para la biotecnología, se esbozan las condiciones suficientes para el desarrollo/consolidación del tercero de los escenarios propuestos.

Ámbito: políticas públicas e institucionales

El logro de una estructura productiva con una fuerte impronta bioeconómica no es un proceso automático e instantáneo, sino más bien una apuesta de construcción deliberada, que integre políticas públicas con estrategias privadas, proyectadas ambas a un espacio global con múltiples interrelaciones.

Se trata del diseño e implementación de una serie de acciones estratégicas que, por una parte, coordinen y fortalezcan las múltiples iniciativas estatales vigentes, tanto en las diversas instancias nacionales como en los ámbitos provinciales y/o municipales; y, por otra parte, se deben establecer directrices estratégicas para nuevas acciones de fortalecimiento. Su cobertura no sólo apunta a los diseños regulatorios, sino también al fortalecimiento de la institucionalidad de aplicación y el desarrollo de instancias de prospectiva atento a la disruptividad intrínseca de estas actividades. Ellas se sintetizan en la **Tabla 1**.

Tabla 1: Objetivos, estrategias y acciones específicas a implementar en el ámbito institucional y de las políticas públicas referidas a la biotecnología.

Objetivos	Estrategias	Acciones
<p>1. Establecer un marco estratégico para el desarrollo de la biotecnología moderna en Argentina.</p>	<p>1. Contar con un marco ordenador que englobe los lineamientos de las políticas públicas, articulado con las estrategias privadas. Definición de objetivos nacionales en materia de desarrollo y aplicación de la moderna biotecnología en el marco de una política de Estado.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de un Plan Nacional de Desarrollo de Biotecnología. • Reglamentación y aplicación de la Ley de Promoción de la Moderna Biotecnología. • Desarrollo de otras normas jurídicas complementarias al Plan Nacional de Desarrollo y Aplicación de la Biotecnología. • Implementación de un ámbito interministerial destinado a la aplicación del Plan Nacional de Desarrollo de la Biotecnología. • Observatorio Nacional de Biotecnología para la implementación y seguimiento del Plan Nacional de Desarrollo de la Biotecnología. • Diseño del Plan Operativo y de las acciones específicas. • Fortalecimiento del Programa Mesas de Biotecnología. • Identificación de las principales plataformas biotecnológicas, sus senderos de desarrollo y uso productivo como objetivos estratégicos.

<p>2. Diseño e implementación de políticas integrales de derechos de protección intelectual que fortalezcan el desarrollo de las capacidades productivas locales.</p>	<p>1. Fortalecer los derechos de propiedad intelectual para genética vegetal y animal.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Revisión de los derechos de obtentores vegetales y patentes aplicados a agroalimentos. • En particular, sin ingresar a UPOV 91, incorporar la variedad esencialmente derivada. • Asimismo, regular la excepción del agricultor en forma equilibrada e incorporar en la ley de patentes las excepciones del fitomejorador y del agricultor. Habilitar un sistema mixto de percepción de regalías y regular y controlar los contratos de comercialización.
	<p>2. Mantener un sistema de propiedad intelectual balanceado, con espacios para la adopción de políticas públicas que posibiliten el desarrollo del sector en un contexto internacional más proteccionista de la propiedad intelectual en materia de medicamentos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Posicionamiento frente a acuerdos de libre comercio (Unión Europea, TPP, etc.), reafirmando los principios establecidos en el Acuerdo sobre los ADPIC (OMC) y resguardando los intereses de desarrollo nacional. • Ratificación y sostenimiento de los criterios de evaluación de los requisitos de patentabilidad para invenciones farmacéuticas y biotecnológicas. • Revisión de la ley de patentes con el objeto de profundizar la regulación balanceada, simplificando el otorgamiento de licencias obligatorias, ampliando las excepciones al derecho a la patente e incorporando la declaración de nulidad de patentes en sede administrativa.
	<p>3. Fortalecer desde el punto de vista institucional los entes públicos de regulación y control en materia de propiedad intelectual.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Fortalecimiento institucional de los organismos INASE, ANMAT, INPI y otros similares en lo que respecta al ámbito biotecnológico de aplicación. • Programa de fortalecimiento de las capacidades de los recursos humanos especializados en biotecnología dentro de tales instituciones. • Desarrollo y aplicación de un sistema de información entre tales organismos y el Observatorio Nacional de Biotecnología. • Programa de seguimiento de los cambios operados en la materia en las principales instituciones homónimas a nivel internacional.

<p>3. Fortalecimiento de la demanda interna de productos biotecnológicos.</p>	<p>1. Inducir el desarrollo de la demanda interna de productos biotecnológicos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Programas de compras públicas de alimentos funcionales desarrollados localmente en relación con planes sociales y/o campañas sanitarias. • Programas de compras públicas para medicamentos bio-genéricos desarrollados localmente (Obras sociales provinciales, PAMI y otras instituciones y/o programas). • Programas de Desarrollo de Plataformas productivas bajo reservas de mercado de los productos finales. • Programa de Monitoreo de importaciones de productos biotecnológicos (con el objetivo de prevenir competencias desleales).
	<p>2. Mejorar la educación y concientización a la ciudadanía sobre la calidad e inocuidad de productos biotecnológicos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Programa de esclarecimiento público sobre las bondades y riesgos de los productos biotecnológicos (alimentos, medicamentos y otros). • Programa de estudio y esclarecimiento del impacto de la aplicación de la biotecnología sobre el medio ambiente. • Programa de información acerca de contenidos y usos posibles de la biotecnología en las currículas primarias y secundarias. • Monitoreo regular de la percepción pública del uso de productos biotecnológicos en los diversos mercados.
<p>4. Mejora de los estándares de calidad de procesos, productos y servicios biotecnológicos.</p>	<p>1. Establecer/reforzar/mantener los procedimientos para estándares internacionales de productos y de procesos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Programa de certificación de estándares de calidad, inocuidad y otros atributos para productos biotecnológicos. • Programa de certificación de estándares de calidad, inocuidad y otros atributos para servicios biotecnológicos. • Programas regulares de capacitación en normas internacionales de calidad en los diversos procesos de investigación y desarrollo de productos biotecnológicos. • Programa de inducción a la revisión de contenidos de las carreras de biotecnología, introduciendo estas temáticas a nivel curricular.

5. Programa nacional de coordinación sobre información estratégica y diseño/implementación/ evaluación de políticas de desarrollo de la biotecnología.	1. Contar con un sistema interconectado de información entre decisores estatales sobre biotecnología.	<ul style="list-style-type: none"> • Programa de información crítica para el desarrollo de negociaciones internacionales. • Programa de coordinación de diversas iniciativas nacionales provinciales y municipales en materia biotecnológica. • Foro Periódico de Decisores sobre biotecnología (a nivel nacional y con los decisores provinciales y municipales).
	2. Desarrollar un sistema de observación de tendencias internacionales de utilidad pública y privada.	<ul style="list-style-type: none"> • Diseño e implementación de un observatorio de tendencias internacionales en materia de áreas de investigación y desarrollo de la biotecnología. • Sistema de difusión de información de dicho observatorio. • Ídem sobre tendencias legislativas en materia de biotecnología.
	3. Desarrollar un esquema de captura de información y recursos de diversas agencias internacionales (estatales, ONG, y similares), aplicables al desarrollo y fortalecimiento de la biotecnología.	<ul style="list-style-type: none"> • Ámbito de coordinación intragubernamental para representación externa, captura y desarrollo de iniciativas y seguimiento de programas. • Programa de consolidación y diseminación de información.

Ámbito: Producción y Comercialización

En el marco de una apuesta a una estructura productiva sustentable y equilibrada, la sociedad local cuenta, como punto de partida, con desarrollos científicos en áreas claves (biología, genética, biomedicina, agronomía, veterinaria), dotación de biomasa, biotecnologías (experimentales y/o probadas), capacidades productivas (en los sectores usuarios), rutinas de negocios empresarios, una mínima cantidad de activos complementarios para valorizar los desarrollos biotecnológicos (canales comerciales, marcas, etc.) y una batería de políticas públicas (mejorables).

A partir de ello, es necesario potenciar sustantivamente los aspectos productivos y comerciales, de modo tal que permitan capturar y poner en valor comercial las capacidades científicas y tecnológicas (actuales y futuras). En la **Tabla 2** se sintetizan los principales objetivos y estrategias.

Tabla 2: Objetivos, estrategias y acciones a implementar referidas al ámbito de la producción y la comercialización de la biotecnología.

Objetivos	Estrategias	Acciones
<p>1. Fortalecimiento de las capacidades industriales de escalado industrial.</p>	<p>1. Desarrollar/fortalecer facilidades productivas de escalado industrial y provisión de otros servicios para la producción de bienes biotecnológicos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Financiamiento para plantas y/o laboratorios de escalado (comunes y/o individuales). • Diseño de mecanismo de incentivos para la oferta de estos servicios por parte del sector público y demanda por parte del sector privado. • Desgravación impositiva y tratamiento de subsidio idéntico a las actividades de I+D tradicionales. • Registro público actualizado de la oferta de capacidades de escalado industrial y aprovisionamiento de servicios biotecnológicos.
<p>2. Estrategia de Internacionalización de Empresas de biotecnología.</p>	<p>1. Fortalecer/desarrollar exportaciones de productos y servicios biotecnológicos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Mecanismos de promoción de exportaciones de bienes biotecnológicos (reembolsos, reintegros, etc.). • Negociaciones para acceso a nuevos mercados y resguardo ante acuerdos de comercio ampliados. • Financiamiento de la patentabilidad ampliada a terceros espacios de uso • Apoyo del desarrollo/apertura de nuevos mercados externos (misiones comerciales, sistemas registrales, fortalecimiento de marcas, etc.). • Programa de desarrollo específico para nuevos exportadores.
	<p>2. Desarrollar una estrategia de internacionalización de empresas vía inversiones directas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Programa crediticio de inversiones externas (modelo BNDS de Brasil (aplicado a programa de inversiones para el mercado de biogenéricos, BICE). • Sistema de apoyo de gestión para tales emprendimientos en los nuevos espacios económicos (agregadurías comerciales y otros)

3. Desarrollo de PyME de insumos y servicios biotecnológicos.	1. Desarrollar una estrategia de desarrollo sectorial de capacidades físicas para la producción de insumos y servicios biotecnológicos.	<ul style="list-style-type: none"> • Instrumentos promocionales para inversiones en bienes de capital. • Instrumentos promocionales para inversiones en intangibles.
	2. Desarrollar una estrategia de acompañamiento/fortalecimiento tecnológico de insumos y servicios.	<ul style="list-style-type: none"> • Programa de normatización de insumos y servicios. • Programa de difusión y control de normas internacionales.
	3. Desarrollar una estrategia de fomento a la apertura de nuevos mercados.	<ul style="list-style-type: none"> • Programa de apoyo a la apertura de nuevos mercados para biogénéricos. • Programa de fomento a las producciones de genética vegetal de contraestación. • Programa de apoyo a la exportación de alta genética (vegetal y animal). • Programa de exportación de servicios biotecnológicos (salud y otros).
4. Desarrollo de capacidades productivas.	1. Realizar inversiones en capacidades productivas a gran escala.	<ul style="list-style-type: none"> • Diseño, desarrollo y actualización de un mapa (nacional y regional) de biomasa (con sus respectivas aplicaciones). • Programa de inversiones para mercado de biogénéricos. • Programa de desarrollo industrial para nuevas producciones. • Otros.

	<p>2. Realizar inversiones en capacidades productivas a mediana y baja escala.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Programa de inversiones de capacidades productivas a mediana escala (BICE). • Programa de emprendedorismo biotecnológico. • Mapeo de parques industriales, distritos industriales, incubadoras y otras iniciativas centralizando la información de existencia de empresas micropyme biotecnológicas. • Diseño de un programa de acompañamiento al desarrollo de tales microempresas (SEPYME). • Programa de capital de riesgo (liderado por la banca pública). • Programa de desarrollo de <i>clusters</i> biotecnológicos (en base a <i>protoclusters</i> relevados).
<p>5. Construcción de intangibles comerciales.</p>	<p>1. Desarrollar una estrategia de valorización de los activos intangibles de las empresas de biotecnología.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Certificación. • Desarrollos de denominación de origen, certificaciones de producción sustentable, bonos de carbono y otras iniciativas. • Diseño y seguimiento de un sistema de monitoreo de biodiversidad y sanidad de los servicios ecosistémicos.
<p>6. Estrategia de integración de recursos tecnológicos.</p>	<p>1. Concentrar recursos biotecnológicos aplicados al desarrollo regional.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Programas pilotos regionales que apliquen en forma conjunta múltiples herramientas e instrumentos biotecnológicos para la resolución de problemas ambientales, recuperación del capital natural, mejoramiento y diversificación de la producción.

Ámbito científico–tecnológico

El fortalecimiento de estas actividades es el motor básico de desarrollo a mediano y largo plazo. Las especificidades de “lo biológico” como materia prima de producción otorgan a los avances científicos una manifiesta centralidad, a punto tal que el aprovisionamiento de nuevos productos en la fase productiva solamente puede desarrollarse en la medida en que se verifiquen avances científicos y tecnológicos; pero, complementariamente, el propio escalado y la producción de bienes y servicios biotecnológicos demandan constantes ajustes (“la materia viva aprende”) de fuerte connotación científica. En la Tabla 3 se sintetizan los principales objetivos y estrategias.

Tabla 3: Objetivos, estrategias y acciones a implementar en el ámbito científico y tecnológico referido a la biotecnología.

Objetivos	Estrategias	Acciones
<p>1. Fortalecimiento de la capacidad de los recursos humanos en I+D.</p>	<p>1. Implementar estrategias de formación y visualización de capacidades científicas y tecnológicas en biotecnología.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Becas para formación de recursos humanos en áreas de vacancia para disciplinas identificadas como críticas. • Sistema de incentivos monetarios centrado en relacionar performance científica con resultados tecnológicos concretos en institutos abocados a la biotecnología. • Otros.
<p>2. Mejorar la eficiencia social de las actividades de I+D.</p>	<p>1. Desarrollar una estrategia de gestión de la información científica y tecnológica.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Construcción, actualización y difusión de una base de datos de tesis de grado, maestría, doctorado y trabajos similares emergentes del complejo de carreras de grado y postgrado en materia de biotecnología y/o disciplinas concurrentes. • Base de datos centralizada para el subsistema de biotecnología (instituciones, proyectos, temáticas, resultados esperados, RRHH, equipos, infraestructura, etc.). • Sistema de difusión/circulación para el trabajo colaborativo entre grupos de investigación y entre equipos de investigación y eventuales usuarios (sector público y/o privado). • Relevamiento y desarrollo de una base de datos con los principales proyectos de desarrollos privados.

	<p>2. Implementar una estrategia de verificación (ex ante) de uso potencial de desarrollos en CyT.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema de consulta de bases de proyectos a potenciales usuarios (empresas, instituciones u organismos públicos). • Revisión de criterios de evaluación (de los diversos programas públicos) en base a posibilidades concretas de uso a nivel productivo los proyectos de I+D. • Base de datos de patentes disponible para uso de investigadores y evaluadores de proyectos; ídem base de datos de proyectos locales e internacionales en marcha. • Otros.
	<p>3. Desarrollar estrategias de focalización de proyectos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema de incentivos para desarrollo de un número acotado de proyectos de alto impacto, con masa crítica adecuada. • Sistema de incentivos hacia grupos interdisciplinarios locales e internacionales; ídem para proyectos compartidos con el sector privado; ampliación de la posibilidad de investigadores de desempeñarse temporalmente en el ámbito privado. • Sistema de incentivos para focalizar los temas de investigación y desarrollo identificados como críticos en el presente estudio.
	<p>4. Implementar una estrategia de identificación y conocimiento del estado del arte internacional (especialmente a nivel tecnológico y productivo).</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Antena tecnológica y otras iniciativas concurrentes. • Programa de asistencias focalizadas a seminarios y congresos internacionales claves a nivel de usuarios de las biotecnologías. • Programa de visita de científicos a empresas internacionales líderes en biotecnología e iniciativas similares.

<p>3. Financiamiento de las actividades de ciencia, tecnología e innovación (incluyendo el escalado industrial).</p>	<p>1. Implementar un programa de financiamiento de infraestructura.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Fondos tributarios específicos a actividades beneficiadas por la biotecnología para el desarrollo de grandes proyectos (plataformas completas, etc.). • Estrategia para el desarrollo de una cantidad de proyectos con masa crítica mínima. • Mejoramiento de la estructura de servicios y equipamiento de manera que asegure el acceso a insumos, equipos especiales, análisis complejos, etc. • Rediseño de mecanismos impositivos que incentiven las inversiones en investigación y desarrollo a nivel empresario (desgravación de ganancia como inversión plena; tratamiento de IVA, etc.). • Otros.
<p>4. Temas de desarrollo nodos biotecnológicos críticos.</p>	<p>1. Implementar una estrategia de desarrollo de temas críticos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Observatorio internacional para detectar/acceder a nuevos temas de investigación. • Programa para el desarrollo de temas críticos o apuestas tecnológicas a futuro. • Otros.
<p>5. Infraestructura (equipamiento edificios y otras facilidades).</p>	<p>1. Crear un programa nacional de fortalecimiento de infraestructura.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Seguimiento/fortalecimiento del plan actual de desarrollo de infraestructura. • Programa específico de mantenimiento de edificios y equipos.

6. LA ESTRATEGIA DE IMPLEMENTACIÓN

La posibilidad de que el país pueda conformar un sistema decisional de alta complejidad que vincule los sistemas científico-tecnológico, productivo-empresarial, económicos y financieros con la decisión política, requiere que el mismo se construya sobre bases participativas y de información y conocimiento.

La comprensión del panorama científico-tecnológico-empresarial actual es una tarea de enormes proporciones. Los productos son cada vez más complicados y personalizados, mientras que el tiempo de comercialización se reduce constantemente y los ciclos de vida del producto se contraen. En este contexto, la mejor planificación de la tecnología puede ayudar a afrontar este entorno cada vez más competitivo. Es por ello que se propone complementar las acciones propuestas en el campo de las políticas públicas con la construcción de un mapa de ruta tecnológico, de manera de poder anticipar el desarrollo de los descubrimientos científicos y sus encadenamientos tecnológicos, y asegurar que las decisiones a nivel institucional y político sean convergentes –en tiempo e intensidad– con los mismos.

Un enfoque de este tipo ayudará a generar un consenso sobre un conjunto de necesidades y las tecnologías necesarias para satisfacerlas, y proporciona un mecanismo para ayudar a los expertos a planificar y coordinar los desarrollos tecnológicos, tanto dentro de una empresa como para toda una industria. En este sentido, proporciona información para ayudar a tomar mejores decisiones de inversión en tecnología, a través de la coordinación de las actividades de investigación, y permite identificar las tecnologías críticas o las brechas tecnológicas que deben ser llenadas para cumplir con los objetivos en los distintos sectores.

Tanto a nivel de empresa individual, de una industria, o del Estado, las hojas de ruta tecnológicas tienen varios usos potenciales y beneficios resultantes. Desde la perspectiva de una empresa implica poner en práctica los procesos de planificación y revisión de la tecnología. La hoja de ruta integra planes de tecnología de la empresa, al tiempo que proporciona un sistema de pesos y contrapesos para eliminar errores de juicio y sorpresas de mercado a través de una vinculación de los planes tecnológicos a las estrategias de negocio y planes de producto. Desde la perspectiva país, para un sector de la tecnología el proceso es más complejo ya que implica definir visiones, objetivos y metas para cada sector, pero al mismo tiempo resalta con precisión las brechas de recursos –de conocimientos, infraestructura, financiamiento, regulaciones – que las políticas públicas deben atender, y los tiempos en que los instrumentos deben estar disponibles, todo lo cual contribuye a mejores decisiones de inversión y un mayor impacto de los recursos invertidos.

En este marco, el proceso debe contemplar, al menos, los siguientes aspectos:

- i. identificar las futuras oportunidades y amenazas para la producción innovativa y sus posibilidades de evolución tecnológica,
- ii. identificar los principales *stakeholders*, liderazgo/patrocinos,
- iii. definir el alcance y abordar el desarrollo de las hojas de ruta tecnológicas (tecnologías, sectores, etc.)⁸,
- iv. identificar las brechas de recursos y político /institucionales existentes,
- v. sincronizar los tiempos de la hoja de ruta tecnológica con los recursos y los aspectos político/institucionales,
- vi. establecer los mecanismos de evaluación, seguimiento y retroalimentación del proceso.

6. El desarrollo de la hoja de ruta tecnológica incluye:

[1] Identificar el/los procesos/productos que serán el tema central de la hoja de ruta.

[2] Identificar los requisitos críticos del sistema y sus objetivos.

[3] Especificar las principales áreas de la tecnología.

En referencia a este último componente de seguimiento y retroalimentación, dentro del marco del proyecto se ha trabajado –como se indicó en la introducción– en el diseño y puesta en marcha de una Antena de Biotecnología, dentro del marco del Sistema de Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva que tiene el MINCYT. Este instrumento está pensado como una herramienta para que todos los actores involucrados puedan conocer, de manera independiente y ajustada a sus propias necesidades e intereses, la evolución de lo que esté ocurriendo tanto en lo que hace a la I+D y las políticas para el sector, como en los mercados nacionales e internacionales de los productos de la biotecnología.

Un aspecto importante de la estrategia de implementación consiste en la necesidad de dar a la biotecnología una identidad institucional propia, que integre y conduzca todos los componentes científicos, tecnológicos, institucionales y de políticas que se han presentado como parte de esta agenda de trabajo, incluyendo el de actuar como autoridad de aplicación de la Ley 26.270 de Promoción de la Biotecnología.

En este sentido, la magnitud de las oportunidades implícitas en el escenario futuro adoptado como el más deseable para el país y la centralidad de la biotecnología como instrumento para asegurar el aprovechamiento de las mismas, así como su carácter transversal a los distintos sectores de la sociedad argentina, abogan para que la responsabilidad de la implementación de esta agenda de trabajo se refleje en un planteo institucional acorde a la naturaleza y magnitud del desafío a enfrentar.

Este marco institucional debería, al menos, contemplar los siguientes aspectos:

- a) un esquema de coordinación interministerial que integre los puntos de vista y esfuerzos de los distintos ministerios con intereses y responsabilidades en la implementación de la agenda de trabajo, y asegure la coherencia conceptual y temporal de las acciones propuestas,
- b) un claro reconocimiento del carácter territorial del esfuerzo a realizar y de la necesidad de integrar al mismo a los poderes administrativos con responsabilidades de gestión a ese nivel,
- c) un esquema de financiamiento (políticas, instrumentos, niveles) congruente con la magnitud de las oportunidades y naturaleza de las actividades a impulsar.

En lo operativo esto se debería reflejar en el marco estratégico para la biotecnología moderna en la Argentina, como un esquema ordenador que englobe los lineamientos de las políticas públicas, articulado con las estrategias privadas, a partir de una clara definición de los objetivos nacionales en materia de desarrollo y aplicación de la biotecnología en el contexto de los escenarios planteados. Este marco estratégico es el primer paso en la construcción de una política de Estado biotecnológica, por lo que debe incluir los énfasis relativos y la secuencia de implementación entre las diferentes estrategias y acciones propuestas en la agenda de trabajo.

[4] Especificar los *drivers* de tecnología y sus objetivos.

[5] Identificar las alternativas tecnológicas y sus líneas de tiempo.

[6] Recomendar las alternativas tecnológicas que se deben adoptar.

[7] Crear el informe de hoja de ruta tecnológica.

BIBLIOGRAFÍA

MINCYT (2016) Las empresas de Biotecnología en Argentina 2016. MINCYT, Buenos Aires, 2016.

MINCYT, 2015, Plataformas Tecnológicas, Buenos Aires, Argentina, <http://www.mincyt.gob.ar/adjuntos/archivos/000/036/0000036437.pdf>

OECD (2015), *Key Biotechnology Indicators*, <http://oe.cd/kbi>, July 2015.

Schartz, Peter, *"The art of the long View"*, New York, Doubleday Business.

Schultz, Wendy *"Manoa: The future is not binary"*, APF Compass, April 2015, en <http://www.slideshare.net/wendyinfutures/schultz-manoa2015q2apf-compassfinal>

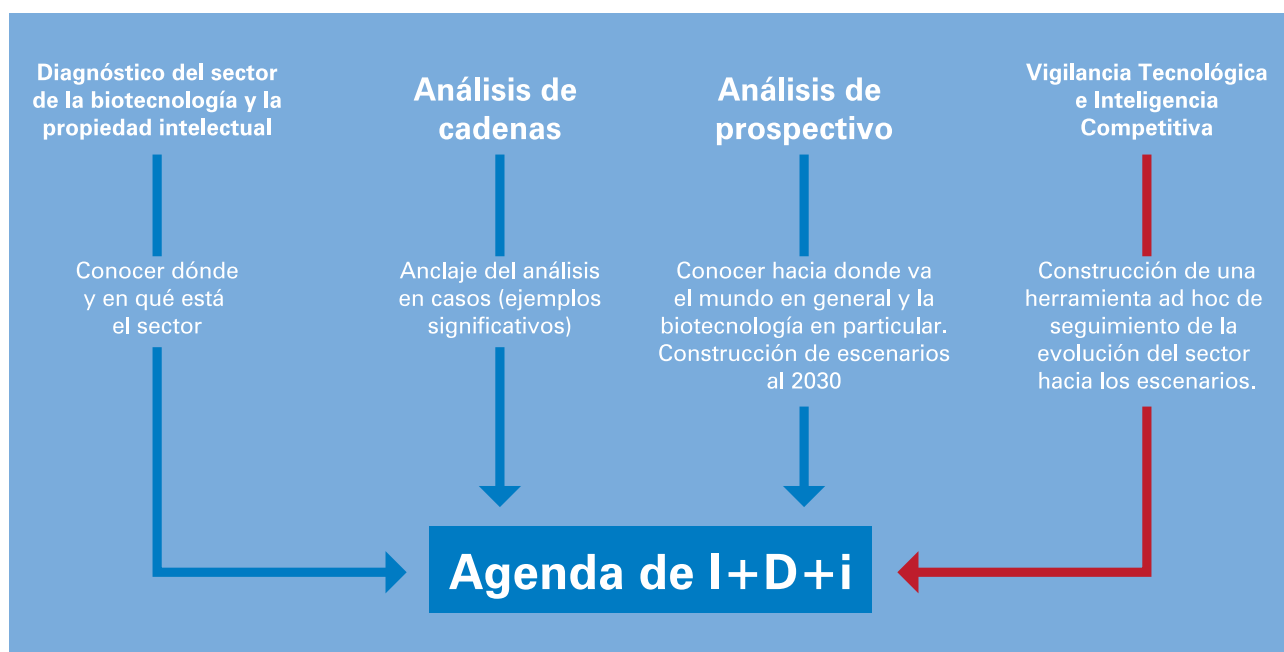
ANEXO I

OBJETIVO, METODOLOGÍA Y ACTIVIDADES DESARROLLADAS COMO PARTE DEL PROYECTO PROSPECTIVA BIOTECNOLOGÍA ARGENTINA 2030 (PROYECTO BIRF 7599/AR)

El objetivo de este proyecto fue “identificar y analizar el desarrollo tecnológico y productivo de la biotecnología y sus implicancias en las áreas estratégicas del país en el presente y su posible desarrollo futuro hasta el año 2030, a partir de un diagnóstico de la situación actual y del análisis de las capacidades científicas, tecnológicas e innovativas existentes; realizando un análisis prospectivo de las tendencias tecnológicas a nivel mundial, y estableciendo un sistema específico de Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva”.

El enfoque metodológico propuesto, en lo general, se organizó de acuerdo a cuatro componentes centrales: el diagnóstico (sobre las capacidades nacionales y los sistemas de propiedad intelectual), el análisis prospectivo, y el diseño y puesta en marcha de un sistema de Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva (VTelC). De manera transversal a estos tres ejes se abordó también el análisis de cadenas de valor prioritarias del sector biotecnológico. Estos productos tuvieron por finalidad construir la información de base para el desarrollo de una agenda de investigación, desarrollo e innovación (Ag. I+D+i) que, dado el escenario descrito en el diagnóstico, permita aprovechar las oportunidades de los escenarios resultantes del componente prospectivo. Por su parte, el sistema de VTelC es un mecanismo de acompañamiento a las políticas a implementar y como generador de información para la realización de los ajustes requeridos según la evolución de los escenarios identificados (Ver Figura A.1).

Figura A.1: Componentes principales y esquema de trabajo del Proyecto Prospectiva Biotecnología Argentina 2030



El **diagnóstico del sector** aborda los principales aspectos de la situación de la biotecnología en general y hace especial referencia a sus aplicaciones en las cadenas de valor correspondientes a la salud humana, a la salud animal, a los cultivos extensivos de ciclo anual y a la producción de carne vacuna y productos lácteos. La estrategia metodológica se basó en fuentes primarias y secundarias, y en un abordaje analítico, crítico e integral de la información. Las fuentes de información consultadas contemplaron: i) la revisión de información secundaria disponible en estudios previos realizados sobre el sector y sectores afines; ii) la revisión de informaciones generales y particulares de la biotecnología disponibles en la web del MINCYT y de otras áreas de gobierno, en particular las referidas a los programas y políticas públicas para el sector; iii) talleres realizados con referentes del sector científico-tecnológico y del sector empresario; iv) talleres con miembros del equipo consultor y con otros informantes clave integrantes de la Cámara Argentina de Biotecnología; v) encuestas a empresas (las disponibles previamente y su actualización en el marco del presente proyecto, que consistió en la actualización de la información relevada en 2014 a 201 empresas biotecnológicas) y a especialistas del sector público y privado de Argentina y de otros países; vi) entrevistas y consultas complementarias efectuadas a informantes clave no alcanzados en los puntos iii, iv y v); vii) identificación de los principales centros de I+D en biotecnología en Argentina (se relevaron 86 centros) y estimación de los recursos humanos con los que cuentan; viii) revisión de la producción de dichos centros en las distintas disciplinas durante el período 2012-2015 a partir de las publicaciones registradas en Scopus.⁹

El **diagnóstico de propiedad intelectual**, en cambio, estuvo centrado en el análisis del sistema institucional de propiedad intelectual en el sector biotecnológico. Para esto se procedió a un relevamiento exhaustivo de la regulación legal de la propiedad intelectual en biotecnología, tanto en el orden nacional como en el global y regional, con énfasis en los principales socios comerciales de Argentina. Se analizó cada uno de los derechos de propiedad intelectual con mayor impacto en el ámbito de la biotecnología: patentes de invención, derecho de obtentor, secretos industriales y protección de datos de prueba. En cada caso, se profundizó sobre: (i) requisitos de protección; (ii) alcance de la protección; (iii) excepciones; y (iv) las principales tendencias regulatorias en materia de propiedad intelectual y biotecnología en los acuerdos comerciales bilaterales y regionales celebrados y en curso de negociación por los Estados Unidos, la Unión Europea y los países de la región. Para completar la información de este informe se celebró un panel de propiedad intelectual con énfasis en cultivos del que participaron representantes del sector público y privado.

El **análisis de las cadenas** tuvo el propósito de identificar y analizar los impulsores (*drivers*) tecnológicos en los cuales la biotecnología puede realizar contribuciones significativas en cada una de las cadenas seleccionadas. Estos antecedentes sirvieron de base para orientar las actividades a desarrollar en los estudios de prospectiva, vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva en las cadenas seleccionadas de los sectores de la salud humana y la agroalimentación (que incluye también el componente de salud animal). Para la identificación de las tecnologías de mayor importancia para cada uno de los nodos en los cuales se aplica biotecnología en las cadenas analizadas se realizó la siguiente secuencia de actividades: i) Revisión de antecedentes (se contempló la revisión de información secundaria sobre los principales aportes teóricos locales e internacionales para el análisis de las cadenas; así como los estudios realizados en Argentina en los últimos 5 años); ii) Elaboración de un documento sintético preliminar con la definición de la estructura y participantes relevantes de cada cadena; la identificación de los principales nodos tecnológicos para las distintas etapas/pilares en los que se aplica la biotecnología y la validación preliminar de los impulsores identificados con especialistas del equipo consultor y con informantes calificados del sector privado y académico; iii) Análisis de los impulsores tecnológicos identificados en las instancias previas para cada una de las cadenas seleccionadas, con paneles de expertos del sector científico y empresario (esta actividad se realizó conjuntamente con el equipo de estudios prospectivos); iv) validación con la CAE del enfoque para el análisis; v) elaboración de la propuesta metodológica definitiva para el análisis de las cadenas; vi) relevamientos de información secundaria y paneles de expertos de cada cadena; vii)

6. Cabe destacar que parte de la información utilizada en la elaboración del diagnóstico se corresponde con actividades vinculadas a otros componentes de la presente Consultoría. Se hace referencia en particular a los talleres preprospectivos y prospectivos, y a las encuestas y entrevistas complementarias realizadas a expertos de sector académico y empresario, coorganizadas por los respectivos integrantes del equipo consultor.

validación y profundización de los estudios preliminares en una segunda etapa de consultas a expertos del sector científico y empresarial de cada cadena, para analizar con mayor nivel de detalle los principales nodos impulsores tecnológicos; y viii) a posteriori de dichos paneles, para cada nodo en particular los estudios se complementaron con el análisis de los desarrollos científicos y tecnológicos en curso en las principales instituciones temáticamente relacionadas sobre la base de entrevistas individuales a investigadores, directores de centros de I+D y empresarios, y la revisión de estudios preexistentes.

El **análisis prospectivo 2030**, tuvo por finalidad la definición de escenarios futuros, oportunidades y amenazas en áreas biotecnológicas estratégicas. Éste tuvo dos etapas: Preprospectiva (referida a la preparación y a la focalización previa) y prospectiva (orientada a la consulta de futuros propiamente dicha: instancia de mayor especificidad).

A continuación, se detallan particularidades de las actividades asignadas a cada una de las etapas seguidas por el análisis prospectivo:

Etapa preprospectiva

1. Revisión de la literatura: el relevamiento permitió una sistematización de datos, estimaciones, juicios en los estudios prospectivos globales y en pronósticos sociales, económicos, políticos, tecnológicos, que conforman la literatura especializada. Una serie de talleres internos promovió el intercambio de ideas sobre los elementos más destacados de la revisión y la elaboración de una matriz de posibles tendencias globales y sectoriales. Se compiló toda la bibliografía consultada (se contabilizan en total 389 referencias bibliográficas de las cuales 273 corresponden a la etapa preprospectiva y 116 a la prospectiva, la totalidad organizada y disponible en formato digital).
2. Determinación de tendencias: el objetivo de esta actividad fue identificar las principales tendencias mundiales. Se realizaron talleres de trabajo a partir de la discusión de los resúmenes de lectura, analizando consistencia y relevancia de las tendencias identificadas. Consensuada una primera lista de tendencias con su correspondiente definición se determinaron diversos conjuntos de variables. Se confeccionaron informes parciales y uno final de síntesis e integración de tendencias alcanzando casi 50 de alcance global.
3. Análisis estructural a partir de la Matriz de Impactos Cruzados: el objetivo de esta actividad fue identificar las variables clave de las tendencias mundiales para la biotecnología argentina hacia 2030 con énfasis en los sectores estudiados. Con los resultados de la aplicación de esta técnica de análisis y selección de variables se elaboró un informe que visualiza cómo el equipo de trabajo percibe la realidad. Datos que puestos en plano de influencia-dependencia agrupan las variables y dimensionan una mayor elección de aquellas consideradas "clave" para la prospectiva del sector.
4. Realización de paneles preprospectivos: el objetivo de estos paneles fue complementar el documento de "Tendencias" para realizar el ejercicio de "Análisis estructural". El ciclo de paneles contó con la participación de científicos, desarrolladores, empresarios y funcionarios relevantes de los diversos sectores considerados en el estudio para requerir su opinión sobre la problemática nacional y regional en vinculación con los marcos globales. El desarrollo de los paneles tuvo en total siete sesiones realizadas en UBATEC, entre el 20/08/2015 y el 27/10/2015. Un panel preprospectivo y un panel prospectivo para cada sector: a. Salud humana y salud animal; b. Sector agroalimentario (cultivos de ciclo agrícola anual) y, c. Sector agroalimentario (cadenas de carne vacuna y productos lácteos). Asimismo, se concluyeron las sesiones con el panel de propiedad intelectual con énfasis en cultivos.
5. Construcción de escenarios provisorios: el objetivo de esta actividad fue identificar espacios de oportunidad para el desarrollo de la biotecnología argentina hacia el año 2030. Se produjo un texto de set de escenarios: a) probable b) posible c) deseado; los cuales sirvieron como marco de referencia para la encuesta y para la elaboración final de escenarios prospectivos después de la evaluación de la consulta. Los mismos integran diversas tendencias de carácter global, tecnológico, sociopolítico y económico con las tendencias biotecnológicas más específicas.

Etapa prospectiva

6. Paneles prospectivos: junto con los paneles preprospectivos, estos tuvieron la finalidad de aportar información primaria para la elaboración de las hipótesis de futuro (ítem 7). El ciclo de paneles contó con la participación de científicos, desarrolladores, empresarios y funcionarios relevantes de los diversos sectores considerados en el estudio para requerir su opinión sobre la problemática nacional y regional en vinculación con los marcos globales. Se celebraron tres paneles prospectivos.
7. Construcción de hipótesis de futuro: el objetivo de esta actividad fue servir de base para la elaboración de la encuesta, como la representación de un sistema de anticipación y marco de referencia del potencial desarrollo de la biotecnología argentina y su capacidad para conformar la columna vertebral de la bioeconomía hacia 2030. Se orientó a proponer hipótesis de futuros en relación con los ámbitos globales: ambiental; ciencia y tecnología; social; político; económico; del mismo modo que en los ámbitos bioagro; biosalud; bioalimentos; biotecnología industrial, y bioinformática.
8. Diseño y ejecución de la encuesta: el objetivo de la encuesta fue consultar y valorar cualitativa y cuantitativamente la opinión de expertos locales e internacionales como instrumentos para confirmar, modificar o rechazar ideas sobre cambios estructurales que conduzcan a consolidar la biotecnología argentina en el horizonte al año 2030 y a desarrollar sus componentes fundamentales por parte de investigadores, desarrolladores, empresas, agencias gubernamentales y de otros actores sociales. La encuesta se distribuyó a 251 participantes (todos los nombres propuestos corresponden a especialistas de primer nivel en el sector biotecnológico y prospectivo nacional e internacional, con amplia diversidad de pertenencia institucional e integrantes de reconocida trayectoria e injerencia en el empresariado nacional e internacional). Fueron completados, total o parcialmente, 51 formularios lo que representa el 20% del universo a encuestar (el porcentaje de respuesta esperado en este tipo de formularios es del 5%).
9. Diseño de escenarios: el resultado de la encuesta se usó para validar, modificar e incorporar nuevos elementos a los escenarios previamente elaborados conformando ejes para la formulación de políticas, estrategias, e imaginación de acciones tendientes a alcanzar los objetivos previstos en cada uno de ellos. Estos últimos conforman los nodos centrales para determinar la hoja de ruta. El resultado fue un documento de escenarios que resumen las variables y tendencias más relevantes del mundo que se puede imaginar en el año 2030 y su impacto en el desarrollo de la biotecnología argentina. Se resume en 3 escenarios para 2030: 1) "Atrapados en los commodities"; 2) "Modernización socioproductiva vía convergencia tecnológica importada", y 3) "Hacia una sociedad biológica". Cabe destacar que la validez de estos escenarios no reside en su potencial acierto, sino en su capacidad de generar ideas y orientar estrategias y acciones que puedan informar el proceso de toma de decisión.

La **Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva** estuvo dividida en dos segmentos: construcción de modelos y el establecimiento del sistema de vigilancia tecnológica (VT o Antena). Para la construcción de los modelos bioagricultura; bioproducción animal; biosalud y biotecnología se procedió a: i) realizar una revisión bibliográfica de las temáticas; ii) elaboración del Modelo; iii) validación y corrección del Modelo a través de la consulta a los expertos; y iv) validación de los modelos e identificación de las palabras clave. Luego de concluida la construcción de los modelos conceptuales, se procedió a iniciar la etapa de establecimiento del sistema de VT; para esto se procedió a: i) la búsqueda de fuentes de consulta; ii) la validación de las fuentes con un grupo de expertos; iii) el diseño gráfico del portal; iv) la parametrización de VIGIALE®; y v) el diseño de boletines. La incorporación de la biotecnología en la Antena Tecnológica permite acceder a los actores (públicos y privados) del sector biotecnológico a los productos y servicios: boletines electrónicos de novedades con contenidos referidos a aspectos tecnológicos, científicos, comerciales, normativos y legislativos a nivel mundial; noticias y oportunidades de financiamiento; así como también a una biblioteca de documentos relevantes y estudios panorámicos anuales. Se acordó la elaboración de cuatro boletines: 1) **Biotecnología**. Industria, Ambiente y Alimentos; 2) **BIO Salud**. Humana y animal; 3) **BIO Agricultura**. Transgénicos, marcadores moleculares y nuevas técnicas de mejoramiento; y 4) **BIO Producción animal**. Mejoramiento genético, reproducción y alimentación.

ISBN 978-987-1632-67-1



9 789871 632671



ARGENTINA
200 AÑOS DE
INDEPENDENCIA



Ministerio de Ciencia,
Tecnología e Innovación Productiva
Presidencia de la Nación