

Gabinete Productivo

# Cadena de biotecnología y nanotecnología

---

Fase 1 - Noviembre de 2009

## **Grupo técnico**

Dr. Gianfranco Grompone (Instituto Pasteur de Montevideo) - Coordinador

Dr. Álvaro W. Mombrú (Polo Tecnológico de Pando)

Ing. Quím. Alejandro Vieira (MIEM)

Ec. Mónica Barriola (MIEM)

Cra. Alejandra Campot (MIEM)

Ec. Liliana Paglianno (OPP)

Q. F. Adriana Fernández (DNPI-MIEM)

Ec. Cecilia Pérez Peña (PACPYMES)

Ec. Ignacio Pereira (MIEM)

# Índice

---

<b>I. Resumen ejecutivo</b>	15
<b>II. Informe</b>	16
<b>1. Análisis de la cadena</b>	16
1.1. Estructura de la cadena	16
<b>2. Análisis de los actores</b>	16
2.1. Actores biotecnológicos	16
2.2. Actores nanotecnológicos	21
<b>3. Características de la oferta y la demanda nacional</b>	22
3.1. Situación de solicitudes de patente biotecnológicas en Uruguay	25
<b>4. Entorno regional y mundial</b>	27
4.1. Entorno regional	27
4.2. Entorno mundial	29
<b>5. Potencialidades y restricciones</b>	30
5.1. Potencialidades en biotecnología	30
5.2. Restricciones en biotecnología	31
5.3. Potencialidades en nanotecnología	32
5.4. Restricciones en nanotecnología	33
<b>6. Conclusiones</b>	34

# I. Resumen ejecutivo

---

La primera fase del trabajo del Gabinete Productivo en los sectores biotecnología y nanotecnología se caracterizó por la integración de pluridisciplinaridades y competencias científico-técnicas-económicas para conformar un equipo y un ámbito de reflexión fértil sobre cómo proyectar estos sectores y su impacto en las otras cadenas productivas en un horizonte 2020 en nuestro país.

En este marco, nos animó la posibilidad de constituir un conjunto de medidas concretas con un desafío ambicioso pero habiendo integrado, evaluado y ponderado anteriormente las potencialidades y restricciones de la biotecnología y la nanotecnología como sectores muy particulares, que serán presentadas en un próximo informe.

Si bien el trabajo de proyección se realizó a partir de un profundo diagnóstico actualizado sobre la base de los trabajos anteriores generados por otros organismos (PNUD, OPP, DINACYT, entre otros), muy rápidamente, nos planteamos el ejercicio intelectual de ubicarnos en el futuro y de considerar el desarrollo de la biotecnología y nanotecnología desde allí. De esta manera, la construcción de medidas para fomentar el desarrollo de estos sectores transversales obedeció a metas ambiciosas pero con indicadores de éxito reales, cuantificables y gradualmente evaluables en el tiempo. El resultado obtenido propone una hoja de ruta a seguir para traducir innovaciones bio y nanotecnológicas en impactos en números de la economía real. Por otra parte, consideramos que este es el punto de partida para poder comunicar este trabajo a nivel de todo el territorio nacional.

Uruguay vive hoy un momento «bisagra» en la bio y nanotecnología: comienza a posicionarse como un país con plataformas científico-tecnológicas con infraestructura de última generación capaces de brindar conocimiento científico de estándar internacional a costos muy competitivos, encara esta apuesta de infraestructura en el largo plazo, ya que propone una masa crítica inicial de investigadores y tecnólogos formados en el país o reinsertados desde el exterior que está siendo categorizada y ordenada (SNI) y además empieza a jugar un rol interesante de punto de entrada neutral para la inserción al mercado regional (MERCOSUR). El desafío que nos planteamos hoy es hacia dónde potenciar el salto cualitativo y cuantitativo para la bio y nanotecnología. Nos parece cada vez más claro que en la búsqueda y en la identificación de nichos biotecnológicos que puedan entrar en cadenas productivas e impactar y aumentar el valor agregado en los sectores productivos tradicionales está la clave para este salto. Por ejemplo en la articulación de la transversalidad y pluridisciplinaridad del conocimiento científico como integrador de soluciones para que puedan verse reflejadas en negocios bio y nanotecnológicos.

De la etapa de reflexión activa, que a integró diversos actores del sector, nos encontramos ahora en el comienzo de una fase dinámica de acción para la puesta a punto y seguimiento del conjunto de medidas presentadas, así como para la comunicación de este trabajo a diferentes niveles (desde los técnicos hasta la sociedad en su conjunto).

Participar en la inserción del Uruguay como un actor entero, válido y competitivo en el mercado global y cambiante de las bio y nanotecnologías constituye hoy una premisa indiscutible para el desarrollo de un futuro basado en la economía del conocimiento. ¡Seamos parte de la aventura!

## II. Informe

---

### 1. Análisis de la cadena

#### 1.1. Estructura de la cadena

En las últimas décadas se ha desarrollado una tecnología transversal que tiene aplicaciones en distintos sectores de la economía: la biotecnología. La definición más global y aceptada por los organismos internacionales que se puede brindar de la biotecnología es: «cualquier aplicación tecnológica que usa sistemas biológicos, organismos vivos o derivados para generar o modificar productos y procesos para usos específicos» (Convenio sobre la Diversidad Biológica, Río de Janeiro, 1992). La base científica de las innovaciones biotecnológicas cubre un amplio rango: microbiología, bioquímica, cultivos de células y fermentaciones, biología molecular, ingeniería genética, inmunología, virología, biología celular y cultivo de tejidos. La biotecnología implica un conjunto de aplicaciones de conocimientos procedentes de distintas áreas de las ciencias y la ingeniería, por este motivo se dice que es una ciencia transversal.

Por su parte, la nanotecnología es la rama de la tecnología que se basa en los procesos que se pueden realizar sobre la materia a escala nanométrica (millonésima parte del milímetro). En este campo se definen tanto los productos de encapsulado para productos activos de fármacos como para nutrientes, aromatizantes o saborizantes, así como también para plaguicidas o productos sanitarios para animales. Asimismo, se considera dentro de la nanotecnología a toda aplicación que contenga nanopartículas, nanotubos o clusters moleculares ensamblados en forma cristalina o polimérica y al estudio de nanosistemas naturales, en los que se utilicen modelos inversos que permita avanzar en el entendimiento de la escala nanométrica, acercando así la posibilidad de futuras aplicaciones.

### 2. Análisis de los actores

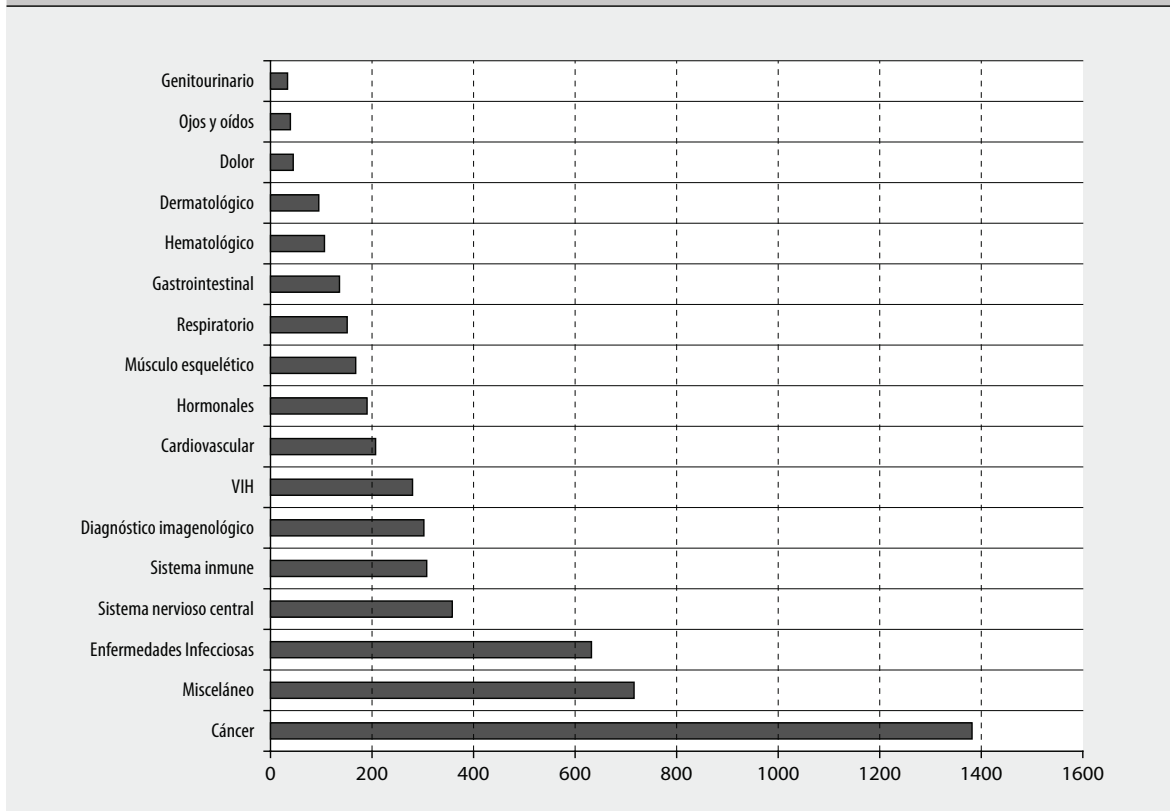
#### 2.1. Actores biotecnológicos

Sobre la base del Plan Estratégico Nacional en Ciencia, Tecnología e Innovación en el Área Biotecnológica se priorizaron tres grandes áreas de actuación de la biotecnología que son: biofarmacología, biotecnología agroindustrial y biotecnología en la salud, donde se focalizan los temas relevantes a nivel mundial y nacional.

##### **Biofarmacología**

A nivel internacional la industria biofarmacéutica para uso humano está tendiendo a satisfacer la demanda por biofármacos. Los productos biotecnológicos en desarrollo en el mundo apuntan a 17 blancos terapéuticos potenciales, como se puede observar en el siguiente cuadro.

**Gráfico 1. Blancos terapéuticos potenciales.**



Fuente: Nature Biotech, 2008.

Respecto al mercado farmacéutico en Uruguay, está representado en su mayoría por dos grupos de asociaciones: la Asociación de Laboratorios Nacionales (ALN), que representa a los laboratorios nacionales y binacionales, y la Cámara de Especialidades Farmacéuticas y Afines (CEFA), que representa a los laboratorios multinacionales.

El valor bruto de producción del sector representa aproximadamente el 3% del valor bruto total de la industria manufacturera, lo que refleja su importancia. Este sector, a su vez, emplea a más de 2.000 trabajadores en forma directa, ocupa principalmente a profesionales y proporciona niveles de remuneración que están muy por encima del promedio de la industria manufacturera.

### **Biotecnología agroindustrial**

En el mundo las aplicaciones de biotecnología agroindustrial han estado determinadas por un pequeño número de innovaciones en materia de incorporación de genes en diferentes cultivos por vía de la ingeniería genética. Si bien el volumen de ventas alcanzado por los cultivos genéticamente modificados es mayor a 44.000 millones de dólares, la difusión de estos productos derivados de la ingeniería genética aplicada a las plantas no ha contribuido a extender la visión de la biotecnología como vía tecnológica para el desarrollo sostenible de la agricultura.

Entre las áreas de I+D vinculadas con bioprocesos orientados al desarrollo de esta nueva generación de productos y procesos agroindustriales de alto valor se observa:

- ingeniería metabólica,
- desarrollo de nuevos procesos de producción de polímeros por medio de procesos químicos,

- producción eficiente y rentable de plásticos y materiales biodegradables en microorganismos y plantas,
- desarrollo de materiales de recubrimiento a través de métodos biotecnológicos,
- desarrollo de nanofibras para textiles,
- procesamiento de enzimas industriales a través de tecnologías de alto rendimiento, y
- aplicaciones tecnológicas derivadas del conocimiento sobre la organización y funcionamiento del genoma de múltiples microorganismos de interés industrial.

A nivel nacional, las empresas agropecuarias y el sector industrial de base agrobiológico se han enfrentado a crecientes desafíos, tanto en términos de productividad, almacenamiento, logística, así como en términos de inocuidad alimentaria, valorización comercial de productos de mayor valor agregado.

El sector agrícola y agroalimentario es el sector de mayor antigüedad en el uso de la biotecnología, el que ofrece más diversificación —desde la selección y producción de semillas hasta la transformación de alimentos— y es, a la vez, el que necesita mayor difusión y diálogo entre los actores sociales, científicos, empresarios y consumidores.

Considerando la inserción de las agrobiotecnologías en sistemas productivos que son considerados *tradicionales* desde el punto de vista de los productos que generan (alimentos, materias primas para agroindustrias, etc.), resulta especialmente relevante establecer que consideramos *emergente* en un contexto particular, tanto desde un punto de vista histórico (temas tradicionales versus temas modernos) como desde el punto de vista de su incorporación a la estructura organizacional de las instituciones de I+D asociadas con el sector agropecuario.

En particular se generan discusiones al considerar por qué la biotecnología aparece aún como un tema emergente para productores agropecuarios, e incluso para investigadores del sector agropecuario, cuando ha estado generando productos y servicios incorporados a través de insumos de producción (semillas, embriones animales, procedimientos de diagnóstico, etc.) desde hace más de diez años.<sup>1</sup>

### *Inoculantes*

En la producción de inoculantes microbianos para fijar nitrógeno atmosférico se destaca un módulo de articulación funcional público-privada. En él, cada grupo de agentes juega un papel esencial para lograr el objetivo de impulsar la aplicación de la tecnología. Las facultades de Agronomía e Ingeniería (Universidad de la República, UDELAR) realizan investigación básica y aplicada sobre inoculantes, como también la hace el Laboratorio de Ecología Microbiana del Instituto de Investigaciones Biológicas Clemente Estable (IIBCE); el Laboratorio de Microbiología de Suelos y Control de Inoculantes (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, MGAP) diseña los desarrollos tecnológicos, difunde la tecnología y realiza la posterior certificación de calidad; finalmente el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) valida la tecnología en sus campos experimentales. Las empresas industriales de inoculantes desarrollan los productos derivados de esas tecnologías y se someten posteriormente a los controles de calidad realizados por el MGAP.

Las tres empresas productoras de inoculantes identificadas en Uruguay (Enzur, Calister y Lage) son pymes relativamente antiguas (una de ellas fue fundada en los años

<sup>1</sup> Fabián Capdeville (2006), Informe de Consultoría para DINACYT, «Agrobiotecnología en Uruguay como área de oportunidad», mimeografiado.

cincuenta, mientras que las otras dos lo fueron entre fines de la década de los setenta y principios de los ochenta) y primordialmente de capital nacional. Asimismo, tienen una alta participación de profesionales sobre el total de ocupados (cerca de 30%). Calister tiene los mejores indicadores de innovación y aprendizaje de las tres empresas. Todas ellas declararon en la encuesta que se relacionan entre sí para innovar. Sin embargo, solo Enzur declaró en la encuesta poseer lazos estables para innovar con otros agentes públicos o semipúblicos, mientras las otras dos se quejan de las instituciones estatales: golpearon a todas las puertas y nadie les respondió. La constatación precedente deja planteada la interrogante sobre cómo afecta el funcionamiento del módulo arriba mencionado a la innovación de las firmas o al menos sobre la percepción que ellas tienen de la articulación con el sector público. Finalmente cabe agregar que todos los actores se ubican en Montevideo y Canelones.

### *Micropropagación vegetal*

La demanda de material de propagación vegetal de alta calidad genético-sanitario impulsó el surgimiento de varias empresas del sector privado capaces de producir dicho material mediante técnicas de saneamiento y micropropagación in vitro. En dos empresas (Laboratorio de diagnósticos y servicios vegetales y Sepe Aldabe) existen altos indicadores en los planos de aprendizaje e innovación, y los lazos con entidades de I+D —de la UDELAR, el INIA y el MGAP— son bilaterales (de diseño de producto y/o I+D). Todas las firmas declaran, sin embargo, poseer lazos bilaterales con laboratorios del INIA (Las Brujas - Unidad de Biotecnología - Laboratorio de cultivo de tejidos) y de la UDELAR (Facultad de Agronomía).

Por otro lado, las empresas no declaran que se relacionen entre ellas para innovar. Según información relevada, este sector, principalmente el de micropropagación de plantas de arándanos, está en plena expansión y encuentra dos cuellos de botella: la falta de información sobre los servicios que brindan las otras empresas y los laboratorios públicos y semipúblicos y la incapacidad de llegar a las escalas de producción mínimas para responder a las demandas efectivas del exterior.

También existen oportunidades en la expansión del sector forestal, que, si bien está conformado principalmente por multinacionales (que por lo general disponen de sus propios laboratorios de micropropagación), han de interactuar con agentes del SNI para adaptar sus especies a las especificidades locales.

### *Mejoramiento genético animal*

Las actividades se encuentran centralizadas en la Facultad de Veterinaria, el Instituto Rubino (DILAVE) del MGAP y empresas privadas (productores agropecuarios que realizan mejoramiento genético animal y empresas de servicios de biotecnología en reproducción animal). También participan el INIA, el Secretariado Uruguayo de la Lana (SUL), la Asociación Rural del Uruguay (ARU) y el Instituto de Mejoramiento Lechero. Otras asociaciones que intervienen son, por ejemplo, la Sociedad de Criadores de Corriedale, la de Holando y la de Merino.

Dos empresas de este grupo poseen fuertes capacidades de innovación y aprendizaje (Genia y Gensur) y mantienen lazos con el Laboratorio Tecnológico del Uruguay (LATU), la UDELAR y con universidades y empresas del primer mundo. El resto de las firmas, con menores indicadores de innovación y aprendizaje internos, mantiene igualmente relaciones bilaterales —que implican fuentes de conocimientos externos— con el INIA y la UDELAR,



sus compradores (los frigoríficos en el caso de los productores ganaderos) con laboratorios privados para realizar ensayos (es el caso de las empresas de servicios de genética animal) y con Genia y ATgen que proveen de diagnósticos moleculares.

Según información relevada, estas empresas se encuentran frente a un gran potencial de crecimiento vinculado a las exportaciones de carne, al imponerse como obligatoria la *trazabilidad* en el sector cárnico. Es esta sin duda una problemática central que reúne a las empresas de esta actividad.

## **Biotechnología de la salud**

El campo de la biotecnología biomédica (biotecnología de la salud) comprende el desarrollo de productos y servicios que impactan en la medicina humana y veterinaria. En términos generales incluye desde el desarrollo de sistemas de diagnóstico de patologías de diversa índole (enfermedades infecciosas, patologías de base genética, cáncer, enfermedades degenerativas, entre otras) y producción de biológicos para el tratamiento de estas patologías (vacunas, inmunomoduladores, anticuerpos terapéuticos, entre otros) hasta el desarrollo de nuevos procedimientos terapéuticos (terapia génica, terapia celular, expansión y diferenciación de células madres, entre otras). Desde el punto de vista de los productos, incluye productos generados por métodos bioquímicos y microbiológicos tradicionales, así como los preparados con métodos más modernos, que incluyen ingeniería genética de organismos.<sup>2</sup>

A nivel mundial la biotecnología moderna en salud es el resultado de enormes avances que se han producido en el conocimiento de las bases moleculares de enfermedades, combinado con el inmenso desarrollo de nuevas tecnologías. Al respecto se ha avanzado en proyectos de genomas y proteomas, así como en la existencia de tecnologías para el screening masivo de información biológica.

En Uruguay, las entidades de I+D más relevantes en este tipo de actividades, referidas al ámbito humano, son las facultades de Medicina, Química y Ciencias, a través de sus cátedras e institutos especializados, y el IIBCE. Respecto a la biotecnología animal, las entidades de I+D incluyen, además, la Facultad de Veterinaria, el Instituto Rubino del MGAP, el INIA y algunas empresas privadas. Las entidades públicas muestran desarrollos puntuales en áreas de diagnóstico molecular y producción de reactivos de diagnóstico e inmunobiológicos, y a pesar de ello tienen escaso desarrollo a nivel empresarial, son unos pocos los que están en funcionamiento. Entre las empresas privadas se encuentran los laboratorios que producen y venden fármacos y vacunas de uso veterinario, de uso humano y kits de diagnósticos. Además se observan empresas que realizan servicios de diagnóstico o proveen los insumos para ellos.

Asimismo, la exportación de productos relacionados con la biotecnología aplicada a la salud animal se presenta como un caso exitoso para el país. En particular, se puede observar el caso de las empresas dedicadas al desarrollo y producción de vacunas veterinarias, las cuales aumentaron sus exportaciones en forma muy marcada y sostenida en los últimos cinco años (2,5 millones de dólares exportados en 2005). Las empresas que lideran ese proceso son, en primer lugar, Prondil y luego Santa Elena, seguidas por el laboratorio Merial.

---

2 Alejandro Chabлагоity (2006), Informe de Consultoría para DINACYT, «Biotecnología biomédica en Uruguay como área de oportunidad», mimeografiado.

Estas actividades han generado efectos de *spillover* para comenzar a investigar, producir y vender vacunas humanas. Esto último se observa por las nuevas inversiones del tradicional laboratorio veterinario Santa Elena en ese rubro y por las exportaciones que se han realizado desde el 2005 (aunque por un monto muy menor). Existe además un laboratorio farmacéutico (Fourneau) que investiga sobre vacunas humanas y ha exportado por montos próximos a los 40 mil dólares en el año 2006.

Según la información recolectada, las actividades vinculadas a vacunas humanas y veterinarias tienen un gran potencial de crecimiento arrastrado por las exportaciones. Uruguay tiene la ventaja de poseer un sector académico de nivel de excelencia internacional que investiga en estas actividades *de nicho* (son enfermedades que no interesa investigar en los países desarrollados porque son mercados poco extensos) y empresas con trayectoria de innovación, comercialización interna y exportación.<sup>3</sup>

Por su parte, en el área de diagnósticos y reactivos existen dos empresas líderes (ATgen y Genia) en el mercado interno.<sup>4</sup> Ambas están proyectándose al mercado internacional, a través de exportaciones (ATgen) y la apertura de una filial en San Pablo (Genia). Según un informante calificado, es posible planificar la expansión del subsector con un enfoque exportador a través del camino de la sustitución de importaciones para recorrer la curva de aprendizaje. En esta área Uruguay posee también entidades de investigación de primer nivel, las cuales tienen relación con las empresas del sector, y asimismo se observa que algunos investigadores se han convertido en empresarios.

## 2.2. Actores nanotecnológicos

En el momento actual se desarrolla investigación en nanotecnología en la Universidad de la República (Facultades de Ciencias, Ingeniería y Química) y en el Instituto de Investigaciones Biológicas Clemente Estable. En dichas instituciones trabajan veintiocho personas, abocadas a variados aspectos tanto fundamentales como aplicados de la nanotecnología, y catorce realizan investigación aplicada tomando como meta la innovación.

Por otra parte, está en trámite la creación de un centro interdisciplinario en nanotecnología, química y física de materiales, con la participación directa de diecisiete investigadores, que dará un crecimiento importante al área. al aumentar significativamente la sinergia entre los participantes.

---

3 El informe sobre «La competitividad de la industria farmacéutica», realizado para el bid por la Facultad de Ciencias Sociales (Departamento de Economía, 2004) refuerza esta idea de la siguiente manera: «Sin embargo este potencial (de innovación de los laboratorios farmacéuticos) todavía no se ha expresado en el número de patentes registradas, ni en innovaciones significativas en la producción, con excepciones como las mencionadas para el caso de vacunas veterinarias. Este subsector merece una atención especial, dado que su dinámica y su potencial innovador puede estar asociado al desarrollo reciente y futuro del sector primario, en particular del ganadero, que presenta interesantes perspectivas para los próximos años. El aumento de la provisión de insumos tecnológicamente intensivos para este sector sumado a la masa crítica existente en ciencia y tecnología en el área (que además presenta una tendencia positiva al crecimiento) podrían promover el lanzamiento de nuevos productos, así como la mejora competitiva y el incremento de las exportaciones. Debe destacarse que este es uno de los únicos subsectores, dentro de la producción industrial uruguaya, en que las empresas transnacionales realizan exportaciones con alto contenido tecnológico, al estilo de las exportaciones de antígenos que realiza Merial a varios mercados del mundo».

4 Los directores de estas firmas tuvieron en el pasado un emprendimiento conjunto que no logró cumplir con las metas establecidas inicialmente.

El país cuenta asimismo con una patente basada en la producción de un nanomaterial, la que se encuentra registrada a nivel internacional (sistema PCT) e inscrita en más de 40 países.

Es importante resaltar que una empresa nacional ha ingresado una propuesta en la Agencia Nacional de Investigación e Innovación (ANII), relativa a un desarrollo en nanotecnología, cuya actividad central tendrá lugar en uno de los laboratorios que integran el sistema actual, que corresponde al Centro NanoMat del Polo Tecnológico de la Facultad de Química en Pando.

En dicho centro, a su vez, se está incubando una iniciativa en nanotecnología registrada en el Programa Emprender, administrado por el LATU y la Corporación Nacional para el Desarrollo. El mismo laboratorio participa de la red EULASUR, financiada por el Séptimo Programa Marco de la Unión Europea (7PM), en conjunto con instituciones europeas y de la región.<sup>5</sup> Este proyecto vincula también a los siguientes centros tecnológicos: Thales (Francia), Fraunhofer Gesellschaft y Fraunhofer Institut für Silicatforschung (Alemania), MATGAS 2000 AIE (España), Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais - CETEC (Brasil) e INTEMA (Argentina).

El Centro NanoMat del PTP-FQ participa además de las actividades del Cluster de Ciencias de la Vida de PACPYMES y está inscripto en el Comité de Nanotecnologías que lleva adelante el IRAM de Argentina (Instituto Argentino de Normalización y Acreditación), en vinculación con el Comité Técnico ISO/TC229 Nanotechnologies.

Como se deduce de lo anterior, el área de nanotecnología es incipiente en Uruguay, pero está dando pasos importantes hacia un crecimiento real, tanto en lo aplicado como en lo fundamental. Esto se demuestra por la mayor cantidad de recursos humanos formados en la temática (en 2006 consistía de quince investigadores, mientras que en el 2008 se constataron veintiocho) y por el importante aumento de capacidades y también de conexiones a nivel internacional. Además se destacan vínculos con el sector privado nacional, lo que permite ser optimista en cuanto al crecimiento y la aplicación de la nanotecnología a nivel nacional.

### 3. Características de la oferta y la demanda nacional

Para realizar el análisis cuantitativo de la oferta y la demanda se utilizaron fuentes secundarias. Básicamente, se utilizaron tres fuentes: el informe realizado en conjunto por el MIEM-DNI y la Universidad de la República «Actualización y profundización del análisis de los sectores pre identificados como “clusterizables” por el Cluster de Ciencias de la Vida», adicionalmente se incorporan datos del informe realizado por la Oficina de Planeamiento y Presupuesto «Uruguay 2030» y, por último, se incorporan algunos resultados arribados en un informe realizado para PACPYMES en el año 2008.

---

5 Entre las instituciones que participan se encuentra: csic y Universitat Autònoma de Barcelona (España), cnrs y Université Pierre et Marie Curie (Francia), desy (Alemania), Imperial College (uk), Copenhagen Business School (Dinamarca), Veneto Nanotech S.C.p.A. (Italia), Universidade Federal de Minas Gerais y Unicamp (Brasil), Universidad de Luján, cnea y conicet (Argentina). Esta red cuenta con los siguientes contactos a nivel de empresas: Henkel KGaA, Siemens AG, Materials Valley e.V. y VDI-Technologiezentrum Physikalische Technologies (Alemania), Renault y Schneider Electric (Francia), hvm Plasma Ltd. (República Checa), Norwegian Crystallities AS (Noruega), SpinLock - Magnetic Resonant Solutions, Tenaris-Siderca y Nanotek S.A. (Argentina) y Rhodia Brazil (Brasil).

El principal problema que se encontró fue analizar cuantitativamente el peso que tienen en la economía las actividades que comprenden a la biotecnología debido a que no son fácilmente identificables en las estadísticas de actividad económica que publica el Instituto Nacional de Estadística.

La aproximación al tema se efectúa a partir de los datos de la encuesta realizada para el Informe Nacional de Desarrollo Humano - PNUD (INDH-PNUD), del año 2005. De esta se utilizaron las encuestas realizadas a empresas y entidades de investigación en las áreas de biotecnología.

<b>Tabla 1. Diagnóstico de empresas</b>		
	Cantidad de empresas	
	Biotecnológicas	Total
Oferta	29	126
Demanda	33	86
<b>Total</b>	<b>62</b>	<b>212</b>

Fuente: PNUD 2005

Del total de las 212 empresas encuestadas por INDH-PNUD, el 30% son empresas que producen o demandan bienes biotecnológicos. De estas empresas, el 46% son empresas que producen servicios o bienes biotecnológicos y el 53% que demandan productos biotecnológicos.

Las empresas dedicadas a la producción en el área de biotecnología han sido en su mayor parte pequeñas y medianas empresas, con un nivel de facturación significativamente inferior al de las empresas que han demandado este tipo de bienes y servicios. Estas últimas, en muchos casos, pertenecen a sectores de la agroindustria como frigoríficos, industria láctea, sector forestal, etcétera.

En el informe realizado por el MIEM-DNI y la Universidad de la República se trabajó en relación con la biotecnología con dos categorías: las empresas oferentes y las demandantes de productos biotecnológicos. En el referido informe se detectó que las empresas biotecnológicas son pequeñas, puesto que el 52% de las empresas emplean menos de 20 personas. Con relación a su facturación, a precios del año 2002, el 58% de las empresas se ubica en el tramo de ventas entre los 180 mil y los 5 millones de dólares, como puede observarse en el siguiente cuadro.

<b>Tabla 2. Distribución de las empresas de biotecnología según tramos de facturación y ocupación (en porcentaje del total de empresas)</b>				
Ventas totales en dólares (2002)	Tramos de ocupación (%)			Total (%)
	Menos de 20	de 20 a 99	100 o más	
Menos de 60mil	18	0	0	18
Entre 60 y 180mil	15	0	0	15
Entre 180 y 5 millones	18	36	3	58
Más de 5 millones	0	6	3	9
<b>Total</b>	<b>52</b>	<b>42</b>	<b>6</b>	<b>100</b>

Fuente: MIEM-UDELAR, año 2006.

Las diferencias en el empleo entre las empresas de oferta y de demanda no fueron constatadas, solo se constató el número de empleos que se generaron al interior de cada categoría

y también la calificación de los trabajadores. En promedio, los profesionales y técnicos constituyeron el 49% del total de trabajadores de las empresas productoras, siendo por tanto las empresas de base biotecnológica las que absorben la mayor parte de la mano de obra calificada.

En el caso de las firmas productoras de bienes y servicios biotecnológicos, las ventas fueron destinadas a empresas industriales (26%), sector agropecuario (16%), consumo final (13%) y, por último, el comercio intraindustrial (12%). En las empresas demandantes, la industria también fue el segundo mercado de destino (26%), luego el consumo final (22%), el comercio intraindustrial (19%) y una muy baja proporción de las ventas tuvo como destino el sector agropecuario (2%).

Del informe realizado por la Oficina de Planeamiento y Presupuesto «Uruguay 2030» se extrajeron datos referidos al posicionamiento de las empresas innovadoras en biotecnología, sintetizados en el siguiente cuadro:

<b>Tabla 3. Innovadores en biotecnología</b>				
Indicador	Farmacéutico	Biotecnología	Nanotecnología	Total
Facturación (mill/usd)	300	40	0	340
Exportación (%)	13	50	0	18
Empleo (personas)	3.200	200	25	3.425
Mercado interno (miles/usd)	260	20	0	280

Fuente: Uruguay 2030, Oficina de Planeamiento y Presupuesto, año 2008.

Actualmente, el sector farmacéutico sigue siendo el sector económico principal dentro de las empresas innovadoras en biotecnología. Como se puede observar, el sector biotecnológico ha tenido un creciente posicionamiento, a diferencia de la nanotecnología, que ha comenzado incipientemente a desarrollarse.

Los principales mercados de exportación para biotecnología son el MERCOSUR y Sudáfrica. Para farmacéuticos, en América Latina (Brasil, Chile, Paraguay, Venezuela, Panamá, Argentina y México), América Central, Caribe (Cuba), Europa (Holanda, Singapur y Francia), Vietnam.

Para el caso de la nanotecnología no se han registrado exportaciones.

De un trabajo realizado para PACPYMES en el año 2008 se detectó la posición comparativa de varios sectores referidos a ciencias de la vida, del cual se extrajeron las conclusiones principales para biotecnología.

De las entrevistas realizadas por la consultora se realizaron planteos relevantes: esencial la I+D+i, falta de apoyo para la asociación público privado, falta de reglamentación, ausencia de estrategia país para internacionalización, falta de apoyo para start ups, no llega la información de apoyos en tiempo y forma, poco acceso al financiamiento, problemas de abastecimiento de materias primas e insumos, problemas de calidad en los envases nacionales, alto costo de la mano de obra no calificada.

Posteriormente, se analizaron cinco dimensiones respecto a las empresas biotecnológicas: factores productivos, condiciones de demanda, sectores afines y de apoyo, estructura estrategia y rivalidad y, por último, el rol del Estado.

En la tabla 4 se detallan las dimensiones relevadas.

**Tabla 4.** Percepción de los agentes económicos consultados

Factores productivos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Buen acceso a recursos humanos especializados.</li> <li>- Capacidad técnica alta. Factor esencial la I+D+i.</li> <li>- Transferencia de conocimientos específicos. Insuficiente relación con organismos de investigación pero muy por encima de la media nacional.</li> <li>- Escasez de recursos de capital. Debilidad financiera.</li> <li>- Poco uso del sistema de Propiedad intelectual (como fuente de conocimiento).</li> </ul>
Condiciones de demanda	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Agro biotecnológicos. Crecer con el agro y exportar.</li> <li>- Crecer exportando.</li> <li>- Buen conocimiento del mercado interno.</li> <li>- Demanda buena en el exterior pero dificultades de acceso.</li> <li>- Empresas de la región con mayor I+D+i, mejor organización, compitiendo por el mercado nacional y regional.</li> </ul>
Sectores afines y apoyo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Serios problemas en acceso a materias primas e insumos (tiempo y precio).</li> <li>- Productores de envases. Mala calidad. Incumplimiento.</li> <li>- Falta de mecanismos claros para acceso a organismos de investigación que permitan mayor transferencia al sector productivo.</li> <li>- Amplia oferta de servicios (Ingenio, Emprender, PTP, Pasteur, ANII, Prosperitas, etc.)</li> <li>- Dificultad percibida por las empresas de acceso a los mismos.</li> <li>- Proveedores de servicios tecnológicos.</li> <li>- Escaso desarrollo.</li> </ul>
Estructura estrategia y rivalidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estrategia de diferenciación y diversificación.</li> <li>- Falta de institucionalidad gremial que las respalde.</li> <li>- Trato con los reguladores.</li> <li>- Imagen país facilitadora para salir al exterior.</li> <li>- Generación de más cantidad de proyectos de I+D+i.</li> <li>- Acceso a información.</li> <li>- Asociatividad en bio para el agro: Socios para exportación y Socios para I+D.</li> </ul>
Gobierno	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Incremento del costo país.</li> <li>- Problemas regulatorios y ausencia en la normativa.</li> <li>- Burocracia.</li> <li>- MSP reconoce los problemas de carencias y comunicación. En vías de reestructura y creación de un departamento de apoyo a empresas. Se enfatiza la necesidad de protección al usuario y seriedad como respaldo a la calidad país.</li> <li>- INIA. Líneas de investigación a nivel nacional desde Estación Las Brujas. Capacidad propia en biotecnología en cada estación experimental para llevar al terreno las investigaciones. Líneas de investigación discutidas en los Consejos Regionales en los que participan productores.</li> <li>- MGAP. Sectores con inadecuada infraestructura para aplicación de normativas</li> <li>- Escaso apoyo a la internacionalización, asociación públ privada e I+D+i.</li> </ul>

Fuente: Informe PACPYMES, 2008.

### 3.1. Situación de solicitudes de patente biotecnológicas en el Uruguay

A nivel mundial, el número de patentes concedidas a un país se toma como un indicador del desarrollo de dicho país. Por este motivo analizaremos a continuación la situación de los países del MERCOSUR en las principales bases de datos de patentes.

Las tablas que figuran a continuación permiten comparar el número de patentes y solicitudes de patentes biotecnológicas de Uruguay publicadas en las bases de datos de Estados Unidos (USPTO), Europa (EPO) y Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (WIPO), respectivamente, con relación a los restantes países del MERCOSUR.

**Tabla 5.** Patentes otorgadas por la uspto en el área de biotecnología. Total y países del MERCOSUR.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	Total
USPTO	6.983	7.871	7.250	6.698	6.005	5.302	6.950	6.880	53.939
AR		1		1			3	4	9
BR	1	3	3	8	5	2	7	4	33
PY									0
UY								1	1

Fuente: Inventario diagnóstico de las biotecnologías en MERCOSUR y comparación con la Unión Europea / Biotech ALA-2005-017-350-C2.

En cuanto a la presencia de los países del MERCOSUR en esta base de datos, el cuadro 6 presenta la cantidad de patentes registradas en el área de biotecnología por cada uno de los países del MERCOSUR en el período 2000-2007.

La presencia de titulares radicados en el bloque regional en las patentes otorgadas por la USPTO es escasa, solo Brasil tiene una presencia constante a lo largo de todos los años del período, y ocupa el primer lugar con 33 documentos de su titularidad, seguido de Argentina con nueve. Uruguay solo tiene una patente, otorgada en 2007 y Paraguay no tiene ningún registro en el período.

**Tabla 6.** Patentes otorgadas por la EPO en el área de biotecnología. Total y países del MERCOSUR.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	Total
EPO	1.114	1.376	1.833	2.316	2.514	2.568	3.489	3.009	18.219
AR								2	2
BR						1	1	2	4
PY									0
UY									0

Fuente: Inventario diagnóstico de las biotecnologías en MERCOSUR y comparación con la Unión Europea / Biotech ALA-2005-017-350-C2.

La tabla 6 presenta el total de las patentes en el período 2000-2007 de los países del MERCOSUR, publicadas por la EPO. Brasil cuenta con cuatro, otorgadas a partir de 2005, mientras que titulares de Argentina poseen dos, ambas obtenidas en 2007. Paraguay y Uruguay no han obtenido patentes europeas en este período.

En este caso, la presencia de los países integrantes del MERCOSUR es aún menor que en las patentes estadounidenses, aunque la aparición de patentes en biotecnología aumenta al final del período.

**Tabla 7.** Solicitudes de patentes publicadas por la WIPO en el área de biotecnología. Total y países del MERCOSUR

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	Total
WIPO	7.989	10.287	10.960	10.963	9.381	8.668	7.634	7.349	73.231
AR	1		2	1	2	1	4	4	15
BR	1	8	14	10	16	7	12	14	82
PY									0
UY			1		1	1	1	1	5

Fuente: Inventario diagnóstico de las biotecnologías en MERCOSUR y comparación con la Unión Europea / Biotech ALA-2005-017-350-C2.

La tabla 7 muestra un ascenso de las solicitudes de patente en biotecnología publicadas por la WIPO entre 2000 y 2003, alcanzando un total de 10.963 documentos en ese año.

De los cuatro países del MERCOSUR en el período 2000-2007, Brasil presenta un volumen muy superior al resto, con 82 solicitudes de patentes, nuevamente seguido por Argentina, con 15, mientras que se publicaron cinco solicitudes uruguayas y ninguna de titulares radicados en el Paraguay.

Con respecto a los datos registrados en las tablas anteriores, se destaca que en las tablas 5 y 6 corresponden a patentes concedidas y en la 7 a solicitudes de patente publicadas, lo que explicaría el número mayor de solicitudes en esta última con relación a las anteriores.

**Tabla 8.** Solicitudes de patentes publicadas, presentadas en la División Patentes de la DNPI-Uruguay

AÑO	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006 estimado
Total de solicitudes presentadas	616	595	496	546	550	613	641
C12N	17	18	10	8	6	4	7
C07K	24	23	19	13	11	15	18
Total biotecnología	41	41	29	21	17	19	25
% biotecnología	6,66	6,89	5,85	3,84	3,09	3,10	3,90
Solicitudes uruguayas	3	1	0	0	0	1	0

Fuente: DNPI, Informe 4/8/2006.

La tabla anterior provee información sobre la cantidad de solicitudes totales y las solicitudes biotecnológicas presentadas por año, recuperadas utilizando los códigos CIP (Clasificación Internacional de Patentes): C12N y C07K.<sup>6</sup>

Los datos para el año 2006 fueron completados a diciembre de 2006 haciendo una proyección de acuerdo a las presentaciones de los meses transcurridos.

La última fila se refiere a solicitudes presentadas por residentes, y en todos los casos se consideran solicitudes que pueden estar en trámite, abandonadas, desestimadas, desistidas o concedidas, ya que no se verificó su estado.

Es posible concluir, tomando como base los datos presentados en la tabla 8, que las solicitudes de patente en el área de biotecnología representan solo el 5% del total de solicitudes efectuadas en Uruguay y que la mayoría pertenecen a solicitantes extranjeros, lo que se corresponde con la baja participación de solicitudes uruguayas publicadas en las principales bases de datos de patentes.

## 4. Entorno regional y mundial

### 4.1. Entorno regional<sup>7</sup>

Para proporcionar una visión sobre el estado regional de la biotecnología se tomó como base el estudio realizado por el Centro Redes para el Programa Biotech – 2005, el cual permitió determinar que el desarrollo en esta área constituye una prioridad en común

6 C12N: Microorganismos o enzimas. Composiciones que los contienen. Cultivo o conservación de microorganismos. Técnicas de mutación o de ingeniería genética. Medios de cultivo. C07K: Péptidos. Nota.

7 Extracto del Informe del Centro Redes para el Programa Biotech, en el marco del contrato «Inventario diagnóstico de las biotecnologías en mercosur y comparación con la Unión Europea» (Biotech ALA-2005-017-350-C2).



para las políticas de ciencia, tecnología e innovación en los países del MERCOSUR, que tiene aplicaciones en una gama de sectores que también son compartidos por dichos países: agricultura, agroalimentación, industria, salud humana, sanidad animal y medioambiente.

La creación de capacidades toma como referencias algunos elementos de los enfoques tradicional y de innovación y postula «la necesidad de implementar políticas que no solo tengan en cuenta la I+D, sino también las distintas etapas o modalidades del proceso social del conocimiento: la capacitación científica y técnica, la adquisición de conocimientos, su difusión y su aplicación en actividades productivas u orientadas al desarrollo social»,<sup>8</sup> por lo que esta perspectiva supone el abordaje de una mayor diversidad de actores y niveles de intervención, en la línea de los enfoques sobre sistemas de innovación, acorde con la variedad de modalidades de intervención que los Estados implementan.

Para el estudio regional, fueron tenidos en cuenta aspectos dentro de las llamadas *capacidades en biotecnología* como: dotación y características de los recursos humanos dedicados a actividades en esa área, instituciones y grupos dedicados a la investigación y desarrollo (I+D), con particular referencia a los centros de excelencia, instituciones orientadas a la formación de recursos humanos, con particular referencia a la formación de posgrado, empresas que desarrollan actividades biotecnológicas, utilización productiva de los resultados de las actividades biotecnológicas y adopción de organismos genéticamente modificados (OGM) en el sector agrícola, ligada a su especialización productiva.

Como una primera aproximación, para el cálculo de las capacidades del MERCOSUR se basó en un análisis de resultados de producción científica y de patentes, debido a que son métodos internacionalmente aceptados para la medición de resultados y al acceso a las bases de datos internacionales. Asimismo, los productos de las actividades biotecnológicas forman parte del conjunto de productos pasibles de protección de la propiedad intelectual, por lo que los registros de patentes constituyen una fuente adecuada para estimar la producción tecnológica en este campo.

Como consecuencia del análisis de dichos resultados, en términos generales se pudo concluir que en los países de la región existe un dinamismo de las actividades biotecnológicas, que muestra un crecimiento en la producción científica, las ofertas de formación de posgrado, las publicaciones en colaboración internacional, la cantidad de grupos de investigación y de investigadores en empresas y centros de excelencia.

Por otra parte, ha aumentado también la superficie sembrada con OGM, por lo que desde esta perspectiva la biotecnología se visualiza como un campo probablemente de los más dinámicos dentro de las actividades científicas y tecnológicas en cada país.

Sin embargo, existe una heterogeneidad importante de la situación de cada país que hace difícil identificar tendencias comunes.

La primera diferencia es de escala, con Brasil en un orden de magnitud mucho mayor al resto de los países, seguido por Argentina, que se ha ido acentuando en los últimos años. Quizá el rasgo más significativo de Brasil sea el rápido crecimiento de sus capacidades.

Argentina tiene una interesante acumulación de capacidades de investigación en empresas y de adopción de OGM en su producción agropecuaria. A diferencia de Brasil, los organismos públicos nacionales o provinciales —con excepción del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria— no constituyen actores importantes del sistema de innovación en el campo de la biotecnología.

8 Albornoz, Mario «Política Científica y Tecnológica. Una visión desde América Latina», en *CTS+I*, Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación, Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI), año 1, n.º 1, setiembre-diciembre de 2001.

En el caso de Paraguay, tanto las capacidades de investigación y formación como la dotación de empresas son muy escasas.

Por otro lado, con respecto a las posibilidades de la cooperación regional, la heterogeneidad en el grado y en las características del desarrollo de las actividades biotecnológicas en los países de la región hace que las modalidades de la cooperación regional —y de la región con otras regiones— deban ser ponderadas cuidadosamente.

Las necesidades y capacidades de cada país son diferentes y esta diferencia debería ser tomada en cuenta en el diseño de la cooperación.

Atendiendo al perfil que se desprende de los indicadores utilizados en el análisis, la cooperación necesaria en Paraguay debería orientarse hacia la creación de capacidades.

En Uruguay, donde existe un núcleo mayor de investigadores, centros y empresas, la cooperación podría ser una herramienta para constituir una masa crítica.

En Argentina y en Brasil, las prioridades de cooperación podrían darse a través de la consolidación de las capacidades existentes, mejorando la calidad de sus programas de formación y de investigación y contribuyendo a aumentar la competitividad de sus empresas.

También ha sido detectada una insuficiencia de los sistemas de información, desde el punto de vista de las capacidades. Es que, dado el dinamismo de las actividades en el campo de la biotecnología en los países del MERCOSUR, la mejora de los sistemas de información, orientados al monitoreo y evaluación de tendencias y de políticas constituye una prioridad, por lo que contar con diagnósticos más precisos y detallados, elaborados con metodologías comunes y que permitan comparar resultados, sería de utilidad para el diseño de políticas, toma de decisiones empresarias y evaluación de los resultados.

Del estudio regional finalmente surge que, para fortalecer los sistemas de información a escala regional, sería conveniente que se diera una continuidad en el compromiso de los países, que hubiera creación y fortalecimiento de capacidades de los organismos nacionales encargados de las estadísticas en la materia y establecimiento de mecanismos permanentes de coordinación regional de los responsables de los organismos y otros expertos.

## 4.2. Entorno mundial

Se estima que en 2001 la industria biotecnológica generó ingresos por 34.800 millones de dólares estadounidenses (91.000 millones en 2004) y dio trabajo a más de 190.000 personas en empresas de todo el mundo que cotizaban en bolsa. Asimismo, en el 2004 se consideró que funcionaban unas 4.275 empresas de biotecnología pública y privada. Estas cifras son importantes, ya que se calcula que, en 1992, la industria biotecnológica había generado 8.100 millones de dólares y dado empleo a menos de 100.000 personas.

La biotecnología es uno de los sectores de mayor actividad investigadora del mundo. Así, por ejemplo, en 2002, las cinco primeras empresas biotecnológicas dedicaron una media de 101.200 dólares por empleado a investigación y desarrollo (I+D).

En Estados Unidos de América, el sector de la biotecnología ha crecido rápidamente desde 1992, y los ingresos de la biotecnología sanitaria han pasado de 8.000 millones de dólares estadounidenses en 1992 a 39.000 millones en 2003. La industria biotecnológica estadounidense había empleado a 198.300 personas al 31 de diciembre de 2003.<sup>9</sup>

Según se pronostica, la nueva oleada de innovación tecnológica de este siglo vendrá de las ciencias biológicas y la biotecnología. Con el establecimiento de la secuencia del

---

9 Estadísticas recogidas de informe de las Naciones Unidas 2003.

genoma humano y los avances logrados en genética vegetal y animal y otros aspectos de las ciencias biológicas, estos avances tecnológicos constituyen los cimientos de lo que pueden llegar a ser las principales industrias del futuro, con importantes repercusiones en la economía mundial. No solo la humanidad se beneficiará de fármacos, tratamientos y técnicas revolucionarios que lograrán alargar y mejorar la vida de las personas de todo el mundo, sino que los investigadores de todos los países tendrán la oportunidad de contribuir al avance del conocimiento científico y el desarrollo de la industria biotecnológica mundial.

En este momento, los científicos de todo el mundo ya están comenzando a utilizar recientes descubrimientos genéticos para producir aplicaciones que mejoran la existencia, desde fármacos revolucionarios hasta nuevas técnicas agrícolas. Actualmente se dispone de muchas pruebas diagnósticas para mantener los productos de la sangre libres del virus del sida. Ha adquirido proporciones considerables el mercado mundial de semillas obtenidas a partir de la mejora de los recursos genéticos vegetales. A modo de ejemplo se puede citar la evolución y el impacto en el sector productivo agropecuario asiático: a mediados de la década de 1970, las mejoras basadas en el uso de la genética aumentaron la producción de trigo en 2.000 millones de dólares y la producción de arroz en 1.500 millones de dólares anuales, tras la incorporación del enanismo en ambos cultivos. Otro ejemplo a señalar es la utilización de una planta silvestre de trigo procedente de Turquía para introducir resistencia a las enfermedades en variedades comerciales de trigo, por un valor anual de 50 millones de dólares solo en los Estados Unidos.

## 5. Potencialidades y restricciones

### 5.1. Potencialidades en biotecnología

- En primer lugar, el potenciamiento de este sector puede realizarse sobre la experiencia ya acumulada. En este sentido, existe una importante producción científica relacionada que se encuentra en fuerte desarrollo, experiencias de vinculaciones entre el sector productivo y la academia, existencia de equipos de última generación e incluso un conjunto de políticas públicas ya dirigidas al sector (creación del Gabinete de Bioseguridad y programas públicos de apoyo financiero al sector).
- Las oportunidades de desarrollo son muy grandes debido a que la demanda internacional por aplicaciones biotecnológicas desde los diferentes segmentos de la industria farmacéutica humana y animal son cada vez mayores. A su vez, y debido a su carácter transversal, los desarrollos realizados en un área de la industria pueden adaptarse a otra sin grandes incrementos de las inversiones en maquinarias y equipos.
- De acuerdo a los entrevistados, el mejor escenario futuro se visualiza a partir de la generación de plataformas biotecnológicas en el MERCOSUR y la oportunidad de la complementación productiva entre los países integrantes.
- Una importante potencialidad con que cuenta el país para la expansión del sector en el mediano y largo plazo es la disponibilidad de científicos investigadores con una capacitación competitiva a nivel mundial y el desarrollo significativo de grupos dedicados a la investigación. Esto se plasma en una importante producción científica, capacidad nacional para tomar el conocimiento más avanzado y aplicarlo a las investigaciones nacionales, capacidad para formar posgrados, etcétera.

- Hay más de 80 laboratorios en el país donde se hacen investigaciones en biotecnología. Existen equipos de última generación y la infraestructura edilicia ha mejorado notablemente.
- Existencia de algunos vínculos entre la academia y el sector productivo en determinadas áreas de aplicación de la biotecnología que han resultado exitosas.
- Posibilidad de que los proyectos basados en aplicaciones de biotecnología accedan a programas de apoyo técnico y financiero, sobre todo es de destacar la oferta de fondos no reembolsables realizada por varios de estos programas.
- La reciente creación del Gabinete de Bioseguridad constituye un paso importante en la disminución de vacíos normativos y legales en un sector tan cambiante como es el de la biotecnología.

## 5.2. Restricciones en biotecnología<sup>10</sup>

- Carencias en la educación y formación de recursos humanos en biotecnología, se requiere:
  - Impulsar a nivel de la formación de grado la integración de cursos curriculares y talleres de actualización enfocados al estudio, discusión y desarrollo de modelos de bionegocios, enfocados en los estudiantes de diversos campos de ciencias de la vida que puedan buscar en la biotecnología —y dar los pasos que hagan falta para ello— las oportunidades de negocios que les aseguren un futuro de satisfacción intelectual y bienestar económico.
  - Contacto temprano con el sector productivo a través de actividades a nivel de grado que acerquen a estudiantes de ciencias biológicas, química, ingeniería, ciencias sociales y de las comunicaciones, etcétera, al sector empresarial y a la industria por medio de actividades curriculares que impliquen un contacto temprano con el sector productivo.
  - Cursos cortos básicos para empresarios de pymes para interpretar planes de negocios con nociones básicas de administración de empresas, emprendimiento, micro y macroeconomía.
  - Formación de posgrados del más alto nivel en el área, no solo el desarrollo de proyectos de investigación con potencial aplicabilidad, sino que debe apuntarse a que los estudiantes tengan oportunidades para pensar y actuar con mentalidad de bioemprendedores, además de incorporar método y rigurosidad científica en sus investigaciones.
  - Solicitar al Sistema Nacional de Investigadores que priorice las áreas del sector biotecnológico para impulsar el desarrollo aplicado, en particular tomando en cuenta su capacidad para identificar áreas de interés estratégico donde el país tenga ventajas comparativas relevantes, que impliquen un rápido ingreso de divisas.
- Carencia de políticas que promocionan la participación del sector productivo en el desarrollo de las capacidades biotecnológicas, se advierte:
  - Necesidad de mejorar procesos o productos, muchas veces no constituyen verdaderos proyectos innovadores, sino simplemente una oportunidad de aumento de competitividad o el primer paso hacia la introducción de habilidades o competencias que la organización no posee.

<sup>10</sup> Extraído del trabajo realizado en el marco del Plan Estratégico Nacional en Ciencia, Tecnología e Innovación, PENCTI, 2008.

- Las empresas estatales, ministerios, organismos paraestatales, etcétera, deberían ser —por su importancia económica, volumen de empleo y responsabilidades— organismos normatizadores, demandantes naturales de la incorporación de personal altamente calificado dentro de sus áreas de competencia.
- Escasa articulación entre empresas, instituciones académicas y sector público en el ámbito de las biotecnologías, se propone:
  - Consolidación de acuerdos formales a través de alianzas estratégicas, consorcios sector público - sector privado, etcétera, para alentar proyectos integrados público-privados con alto nivel de capacidad técnica, fortaleza institucional y posibilidades de financiamiento y retorno económico, asegurando un impacto relevante en las áreas de interés común.
  - Crear proyectos biotecnológicos integrados relevantes para diversos sectores, como el aseguramiento de calidad en productos farmacéuticos y agroindustriales, incluyendo inocuidad y trazabilidad, el incremento de las articulaciones agro-salud en materia de productos y servicios que mejoren la calidad de vida, la prevención y reparación de impactos ambientales negativos, así como el desarrollo de bioprocesos innovadores a nivel industrial.
  - Identificar indicadores de disponibilidad, localización y potencial de vinculación científico-tecnológica, para identificar investigadores, empresarios y organizaciones de I+D (públicas y privadas) interesadas en coparticipar en proyectos y emprendimientos de base biotecnológica en los sectores de aplicación definidos (con énfasis en salud, agroindustria y ambiente).
- Poca o nula armonización del marco regulatorio para las biotecnologías, se requiere:
  - Marco normativo armonizado respecto a requerimientos de bioseguridad, bioética, derechos de propiedad intelectual, etcétera, asociados con la incorporación de diversos productos de base biotecnológica. Por ejemplo: la introducción de organismos genéticamente modificados (ogm) en la agricultura.
  - En el caso del sector salud o farmacéutico, los vacíos regulatorios o legislaciones desactualizadas en aspectos como la biodiversidad, bioseguridad, legislación internacional, etcétera, hacen difícil la promoción e incluso el uso de productos o procesos biotecnológicos.

### 5.3. Potencialidades en nanotecnología

- El país vivió la generación espontánea de una pequeña comunidad científica en etapas relativamente tempranas y de carácter multidisciplinario. En forma temprana para la tecnología de referencia, en el año 2007, y sin mediar política nacional alguna de estímulo y promoción de la nanotecnología, ya se identificaban 15 investigadores, que provenían de la química, la física y la biología. Este número representaba un investigador por cada 200.000 habitantes. Actualmente esta cifra es un investigador cada 107.000 habitantes.
- A los efectos comparativos y para tener esta cifra en perspectivas, en Argentina en 2008 se identificaban 160 investigadores que formaban parte del Centro Interdisciplinario de Nanociencia y Nanotecnología (cinn), que integran Buenos Aires, La Plata y la cnea. Esos 160 incluyen estudiantes de doctorado (aproximadamente 60). Esto da para Argentina 1 investigador cada 256.000 habitantes. Si bien la cifra de

veintiocho investigadores puede considerarse baja, no se comienza de valores tan poco promisorios.

- En el ámbito periférico de la nanotecnología, un país como Uruguay puede tener fortalezas adicionales para desarrollarse con ventajas. Un ejemplo de ello es disponer de productos naturales autóctonos, tanto vegetales como animales, con potenciales aplicaciones en campos variados. Estos productos pueden ser modificados químicamente para la obtención de nuevos materiales, al realizarse combinaciones que permitan obtener productos híbridos originales y con posibles aplicaciones en innovación. Pensando en el mismo sector, el encapsulado de productos naturales específicos es otra área de oportunidad muy importante.
- En otro orden, el nivel de irradiación solar de Uruguay, que promedialmente permite obtener unas siete horas al día con 550 W/m<sup>2</sup>, en conjunto con las posibilidades que ofrece la nanotecnología, hacen de este campo un área de desarrollo interesante para nuestro país, con posible producción de tecnología original exportable a países que tengan las mismas o mejores condiciones de radiación solar.
- La regulación internacional en nanotecnologías está aún rezagada respecto a la velocidad de aparición de nuevas aplicaciones, lo que permite a Uruguay una ventana temporal por la que se encuentra en condiciones de avanzar hacia el desarrollo de capacidades, productos y recursos humanos.

#### 5.4. Restricciones en nanotecnología

- Todo el desarrollo que ha logrado la temática en el país, incipiente aún, ha sido sobre la base de fondos concursables inespecíficos: proyectos de investigación de la Comisión Sectorial de Investigación Científica de la Universidad de la República y del Fondo Clemente Estable. Si bien no está prevista la aparición de llamados concursables específicos para nanotecnología, al menos se ha incluido a esta rama de la tecnología en la última versión del PENCTI como área estratégica a apoyarse y que corta transversalmente muchas otras áreas de actividad de investigación e innovación en Uruguay.
- Otra restricción que se puede identificar es la muy baja inversión en equipamientos para poder desarrollar el área en el país y la falta de oportunidades de inversión estatal en nanotecnologías. En el llamado a Servicios Científico-Tecnológicos que se realizó en el año 2008 no hubo ningún tipo de prioridad por la temática nanotecnológica. Además, al realizarse una evaluación financiera de los proyectos a servicio cerrado, sin considerar derrames a otras áreas productivas del país, se circunscribió el financiamiento a sectores productivos consolidados o a servicios de salud, que son casos en los que la demanda de servicios asegura su sustentabilidad financiera. Por ello, el salto tecnológico que en principio promete la nanotecnología se ve desfavorecido en este escenario, aunque pueda beneficiar áreas de exportación de productos de alto valor agregado.
- Una excepción a esto es la adquisición de un microscopio de fuerza atómica, por parte del Instituto de Investigaciones Biológicas Clemente Estable, obtenido a través de una inversión del Ministerio de Educación y Cultura. A modo de ejemplo cabe señalar que el CINN citado anteriormente recibe un presupuesto directo del Estado de 600.000 dólares anuales, con base en una presupuestación de cuatro años.

## 6. Conclusiones

La biotecnología y la nanotecnología son sectores dinámicos y particulares. El impacto que puedan tener sobre cadenas productivas de diferentes sectores de la economía real gira en torno a un círculo virtuoso compuesto por: *a)* la transversalidad y pluridisciplinariedad de sus características al integrar diferentes áreas científicas, *b)* el conocimiento científico como factor limitante para crecer y aportar soluciones productivas, pero también integrativo de ámbitos mixtos academia-empresa, *c)* la condición necesaria de desarrollarse como negocio por la inserción inexorable de estos sectores en un mercado competitivo, global y cambiante. Por estas características particulares, la biotecnología y la nanotecnología constituyen sectores clave para la incorporación exitosa de procesos de innovación en los sectores productivos del país. La integración y transversalidad del conocimiento se conjuga con los tiempos bio y nanotecnológicos que pueden aportar soluciones más adecuadas a una exigencia y dinámica productiva.

En este marco, las potencialidades existentes en estos sectores deben ser optimizadas dentro de los criterios de desarrollo para el país, para aprovecharlas y catapultarlas en una economía del conocimiento. La potencialidad como país pequeño capaz de adaptar sus plataformas científicas a la investigación bio y nanotecnológica debe ser tenida en cuenta para la necesidad de vincular la academia con la empresa, con la consolidación de las herramientas que ya se han puesto en marcha (ANII, PENCTI), de la masa crítica en infraestructura y de la capacitación en recursos humanos.

La apuesta a mediano y largo plazo en la identificación de nichos biotecnológicos y nanotecnológicos en áreas como la agropecuaria, los alimentos, la salud animal y humana, la cosmética, entre otras, que brinden la posibilidad de aumentar el valor agregado en las cadenas de producción es una de las estrategias que apoyamos, ya que ha sido clave para el éxito y la explosión bio y nanotecnológica de los países desarrollados. La definición de una estrategia-país de estas características va de la mano de una inserción regional e internacional inteligente que desarrolle sinergias e interacciones con las capacidades existentes, de una atractividad creciente para la educación y capacitación en propiedad intelectual de recursos humanos, así como la reinserción de los recursos ya capacitados al país, del apoyo al desarrollo sustentable de infraestructura en estos sectores y del fomento de una cultura del emprendimiento en nuestro país.

Nos encontramos hoy frente a la posibilidad de generar un salto cualitativo con el levantamiento de las restricciones identificadas en este informe. Para ello propondremos en un próximo trabajo una serie de 12 medidas que han sido analizadas en función de una proyección hacia el 2020, y evaluadas estrictamente a través de indicadores de éxito reales.sur.