

Ciencia y técnica

El desarrollo de la biotecnología y las vinculaciones público-privadas, una discusión de la literatura orientada al caso argentino

*Valeria Arza **
*Mariela Carattoli***

La inversión que realiza la Argentina en biotecnología ha crecido en el último tiempo pero todavía queda muy relegada en la perspectiva internacional. Hay alrededor de 90 empresas que utilizan aplicaciones biotecnológicas. Se trata en general de empresas innovadoras y dinámicas cuyas exportaciones han crecido en el último tiempo pero en promedio su aporte al producto nacional es bajo y sólo una minoría ha conseguido innovación para el mercado internacional. Existen a su vez alrededor de 50 centros públicos de investigación (CPI) en biotecnología que dominan una mayor cantidad y diversidad de técnicas biotecnológicas que el sector privado, invierten más recursos y tienen personal más capacitado. La política pública ha sido favorable al desarrollo de esta tecnología y ha promovido la inversión privada y las alianzas público-privadas. En el nivel global, el desarrollo de la biotecnología depende del avance científico de una multiplicidad de disciplinas que tienen a la investigación pública como principal referente. Por tanto, el sector privado ha necesitado establecer vinculaciones con CPI fundamentalmente mediante la concesión amplia de licencias y la creación de empresas por parte de científicos. Si bien esas modalidades han sido señaladas como las más apropiadas para industrias que se apoyan fuertemente en el conocimiento científico, como sucede con la biotecnología, también estas modalidades son las que conllevan mayores riesgos asociados con la privatización del conocimiento público (Arza, 2010).

Dada la brecha en los recursos invertidos en relación con los líderes, a los actores del país les resulta difícil competir globalmente. Por lo tanto, se plantea la necesidad de aprovechar mejor los recursos disponibles y, según la experiencia internacional y las características del sector, deben evaluarse las ventajas y desventajas de intensificar las vinculaciones público-privadas. La producción de herramientas biotecnológicas tiene un potencial estratégico en la generación de nuevas investigaciones aguas abajo y los productos biotecnológicos tienen a su vez un amplio potencial para resolver problemas fundamentales en países en desarrollo, relacionados con la alimentación y la salud. La política pública en ciencia y tecnología (CyT) tiene el desafío de mediar las tensiones que podrían existir entre los intereses privados y la necesidad de asegurar que el conocimiento incipiente que se ha desarrollado, principalmente dentro de los CPI, se mantenga en el dominio público de manera de asegurar que la investigación en el área continúe profundizándose y que las aplicaciones que se persigan tengan amplio impacto social. Para esto es necesario democratizar tanto la discusión sobre la direccionalidad del cambio tecnológico, como la negociación de una agenda en CyT.

* Investigadora del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Centro de Investigaciones para la Transformación (CENIT), varza@fund-cenit.org.ar

** Investigadora del Centro de Estudios en Administración (CEA), Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNICEN), carattoli@econ.unicen.edu.ar

1. Introducción

En la Argentina, desde hace unos años, las políticas públicas de ciencia y tecnología (CyT) identifican la biotecnología como un área prioritaria de desarrollo y una herramienta imprescindible para alcanzar un gradual enriquecimiento de las ventajas comparativas naturales con las que cuenta el país, en particular en actividades agropecuarias. Además, sus usos en la producción de alimentos y en medicamentos y otros insumos para la salud humana donde el país ha recorrido una senda de desarrollo productivo previo y cuenta con capacidades empresariales (Bisang et al 2006) hace que el desarrollo de esta tecnología conlleve no sólo impactos económicos sino también sociales.

El potencial para desarrollar la biotecnología está fuertemente condicionado entre otros factores, por la existencia de una masa crítica de científicos de clase mundial vinculados activamente con las ciencias básicas en áreas como la biología, la medicina, la genética o la química. En gran medida, los avances en el conocimiento científico en estas disciplinas son producidos por la investigación pública. De allí que muchos países hayan promovido la articulación entre universidades e institutos públicos, llamados genéricamente centros públicos de investigación (CPI) en este trabajo, que generan conocimiento altamente especializado y sectores productivos que utilizan este conocimiento como uno de sus principales insumos (Argyres y Liebeskind, 1998; Audretsch, 2001; Orsenigo, 1989; Zucker et al, 1998).

Existe una vasta literatura de lo que ha resultado útil y funcional para promover la interacción universidad-industria en el contexto de los países desarrollados. Sin embargo, como se plantea en Arza (2010) creemos que es esencial entender qué combinación de canales tienen el potencial de generar mayores beneficios reduciendo riesgos en el contexto de países en desarrollo, sobre la base de las prioridades y los objetivos específicos de política que en ellos se plantean, y las capacidades de universidades y empresas en este contexto. Esto puede evitar la tendencia a adoptar modelos de intervención que reproducen "recetas" que han funcionado en contextos con prioridades y condiciones muy distintas a las de los países en desarrollo y que por tanto pueden ser inapropiados. Profundizar el debate sobre la forma en que los riesgos sociales vinculados con la utilización de diversas modalidades de vinculación pueden ser minimizados, sirve a los fines de lograr consensos sobre el rol que pueden tener las universidades en el desarrollo de los países de la región.

Este artículo describe los avances en biotecnología en el país y analiza cómo podría fomentarse la articulación público privada aspirando a ampliar el potencial de esta tecnología. El objetivo final es arrojar luz sobre el papel que las políticas en ciencia y tecnología pueden asumir en el desarrollo de una industria de biotecnología orientada al desarrollo socioeconómico del país. Se suman cuatro secciones más a esta introducción. La sección siguiente discute muy brevemente las implicaciones que la biotecnología podría para el desarrollo en los países de América latina. La sección 3 describe las aplicaciones, la producción de conocimiento, y las políticas de promoción de la biotecnología en la Argentina. La sección 4 discute conceptualmente el potencial que la vinculación público privada tiene para el desarrollo de esta tecnología a la luz de la expe-

riencia internacional. Finalmente, en la sección 5 se presentan las principales conclusiones y algunas ideas orientativas para la formulación de políticas.

2. Biotecnología y Desarrollo

En las últimas décadas se evidencia en los países de la región, un renovado interés por el tema del desarrollo, impulsado por un lado en las rentas generadas por superávit de comercio internacional en gran parte de los países latinoamericanos, en un contexto de precios crecientes de las materias primas, que ofrece la posibilidad de retomar un mayor ritmo de crecimiento. También por el surgimiento de nuevos paradigmas tecnológicos con alto potencial para generar transformaciones en las estructuras productivas e institucionales de los países en desarrollo, como la microelectrónica y la biotecnología. Aquí aun persisten desigualdades muy profundas, que exigen respuesta por parte de la acción política (Pérez, 2008).

En este contexto las oportunidades que la aplicación y difusión de las modernas técnicas biotecnológicas¹ puede generar a los países en desarrollo, para modificar su actual trayectoria de desarrollo nacional e inserción internacional, es un tema relevante en las agendas públicas, que intentan identificar áreas con potencial tecnológico, donde América Latina tenga una ventaja comparativa respecto a otras regiones.

El campo de aplicación de la biotecnología, es sumamente amplio, pero sus principales desarrollos se ubican en tres grandes áreas conocidas como biotecnología roja (vinculada con aplicaciones en medicina), verde (vinculada con aplicaciones en agricultura) y blanca (vinculada con aplicaciones en la industria).

En cualquiera de estas tres áreas la biotecnología puede ser considerada un sector emergente que se encuentra en las fases iniciales de su curva tecnológica, con límites que aun no aparecen con claridad, pero con una potencialidad para la innovación y el desarrollo de procesos, productos y servicios que es indudable en las tres áreas antes mencionadas. En biotecnología aplicada a salud, la investigación del genoma está poniendo a disposición terapias más efectivas para enfermedades de difícil tratamiento terapéutico, y generando posibilidades en reemplazos biológicos de huesos y cartilagos o cultivo de células cutáneas. También destacan la producción de nuevas vacunas y métodos de diagnóstico. En biotecnología verde, se destacan las actividades de investigación sobre materias primas renovables, con el fin de reemplazar materias primas basadas sobre petróleo, así como el desarrollo de plantas transgénicas. Por su parte la suba continua de precios de materias primas y energía, y la creciente eliminación de desechos han aumentado el interés en la biotecnología industrial que al utilizar materias primas renovables resulta en métodos de pro-

¹ En la evolución de la biotecnología es posible reconocer dos etapas de desarrollo: a) la biotecnología convencional, donde los procesos biológicos no son manipulados en el nivel molecular y la ingeniería empleada es básicamente de fermentaciones convencionales y b) la biotecnología moderna, en la cual los procesos biológicos son manipulados en los niveles celulares y principalmente moleculares.

ducción más favorables para el medio ambiente, menos costosos y más sostenibles. En este campo se destaca el uso de enzimas para terapéutica, diagnóstico y producción de alimentos, la aplicación de procesos biotecnológicos en la fabricación de antibióticos, síntesis de hormonas y producción de vitaminas y el mercado para biopesticidas y herbicidas. En la producción de biodiésel se trabaja en el reemplazo de procesos químicos de catálisis por procesos biotecnológicos más sostenibles. (Dornberger, 2008)

En concreto, la aplicación de la moderna biotecnología al mundo de la producción, en las condiciones específicas de América latina - extremadamente diversas en cuanto a la dotación de sus recursos naturales y con baja densidad de población – resulta un modelo de desarrollo atractivo, ya que tiene el potencial de agregar valor a actividades que son centrales en las economías de la región y donde existe una larga evolución previa como la agricultura, la ganadería, la minería, los alimentos, y los medicamentos. Específicamente tiene el potencial de aumentar la producción de alimentos, reducir la dependencia de la agricultura a productos químicos, reducir el costo de materias primas, reducir los impactos ambientales negativos asociados con los métodos de producción convencionales y superar problemas básicos de salud, con impactos directos sobre la reducción de pobreza y el desarrollo regional en general.

Sin embargo, la magnitud de las inversiones que requiere la investigación biotecnológica, los extensos tiempos necesarios para introducir nuevos productos biotecnológicos en el mercado, las dificultades para acceder a fuentes de financiamiento y las desventajas que tienen los actores regionales para incidir en regulación internacional (particularmente, en los derechos de propiedad intelectual), son algunos de los factores que generan incertidumbre, y suponen barreras a la entrada para los actores de la región, en un área dominada por empresas extranjeras de gran tamaño. No obstante esto, la necesidad de adaptar las técnicas biotecnológicas a condiciones idiosincráticas de climas y suelos, patologías regionales, perfiles alimentarios, variedades vegetales y animales específicas, alientan las posibilidades de generar espacios para pensar en el desarrollo endógeno de estas tecnologías.

Estas características de la biotecnología, hacen que las articulaciones y la cooperación, ya sea entre emprendedores, entre científicos y nuevas empresas, entre empresas y CIP, o entre corporaciones establecidas y nuevas empresas, sean particularmente importantes, dado que los costos de desarrollar y fabricar un producto comercializable, que cumpla con los distintos niveles de regulación, requiere un nivel de inversión y capacidades que excede generalmente los posibilidades de muchos actores individuales (Hine y Kapeleris, 2006)

En este sentido las posibilidades de los países de la región de aprovechar las oportunidades que genera el nuevo paradigma biotecnológico están asociadas directamente por un lado con sus capacidades científicas y tecnológicas, pero también a la rapidez con que se generen ciertas innovaciones institucionales y organizacionales que deben acompañar al nuevo paradigma. Esto plantea interesantes desafíos para las políticas públicas de los países en desarrollo que quieren aprovechar las oportunidades que plantea la biotecnología. En particular la necesidad de coordinar los esfuerzos de investigación en el nivel público

para generar masa crítica suficiente en temas de interés estratégico, y la necesidad de fomentar modalidades de vinculación entre los actores del sistema nacional de innovación (SNI) que maximice los beneficios y minimice los riesgos que suponen estas interacciones en un marco de fuertes asimetrías de poder entre los actores involucrados. Estos son dos espacios de política pública que consideramos clave para facilitar el aprovechamiento de las oportunidades que abre la biotecnología aplicada a la producción en los países en desarrollo y en particular en los países de América latina.

3. La biotecnología en la Argentina

Para describir las capacidades del SNI en el desarrollo de esta tecnología y su potencial para el desarrollo económico, se debe analizar tanto sus aplicaciones en el sistema productivo (i.e. utilización del conocimiento en innovaciones concretas de bienes y servicios) como la generación de nuevos conocimientos en biotecnología (i.e. investigación de nuevas herramientas o productos que amplíen el potencial futuro de esta tecnología).

Asimismo, la política pública CyT juega un rol esencial en definir las oportunidades que existen para el desarrollo de la tecnología ya que promueve tanto al desarrollo de nuevo conocimiento como la adopción de técnicas disponibles para la innovación. Además, el marco regulatorio en temas de propiedad intelectual, la bioseguridad e inocuidad alimentaria definirán no sólo las oportunidades para el desarrollo de la tecnología sino también la distribución de beneficios y riesgos entre todos los actores involucrados (e.g. científicos, desarrolladores, y usuarios).

La sección III.1 presenta las principales aplicaciones y caracteriza brevemente las empresas biotecnológicas. La sección III.2 describe las capacidades nacionales para el desarrollo de conocimiento en biotecnología. Finalmente la sección III.3 presenta la política pública en CyT y en otros temas centrales para esta tecnología como es la propiedad intelectual, la bioseguridad y la inocuidad alimentaria.

3.1. Aplicaciones de biotecnología en el país

En el país, los principales ámbitos de aplicación de la biotecnología son las actividades agropecuarias, la producción de medicamentos e insumos para la salud humana y la producción de insumos para la industria alimenticia.

Según el catálogo de empresas con actividad en el área biotecnológica producido por BIOTECSUR, que es la plataforma de biotecnología del MERCOSUR, encontramos que en 2010 había 90 empresas (en el Brasil habría 180). Un 51% de ellas eran empresas que producían productos agrícolas, principalmente semillas (48%, de las agrícolas) e inoculantes (43%). Es en este ámbito de aplicación, principalmente en la producción de semillas, donde se encuentra la mayor proporción de empresas transnacionales (ET). Del total de empresas biotecnológicas un 19% son ET, pero en la producción de semillas la proporción asciende a 36%. En orden de importancia le seguían las empresas especializadas en salud humana (22%) y luego las empresas del rubro veterinario (21%).

Finalmente, encontramos sólo tres empresas que operan en el ámbito de la industria alimenticia, lo cual, en contraste con otras fuentes, parece subestimar la cantidad real de empresas en este sector².

Al considerar más en detalle a los productos y procesos involucrados³, entre las aplicaciones en el ámbito agrícola sobresale el desarrollo de organismos genéticamente modificados (OGM) para uso agropecuario, principalmente la difusión de tres cultivos transgénicos: soja, algodón y maíz con resistencia a insectos y/o tolerancia a herbicidas por el gran impacto que tuvo en la agricultura argentina. En el ámbito pecuario se han producido técnicas para la inseminación artificial para mejorar la producción así como mejoramiento genético mediante transferencia de embriones. También se han desarrollado diferentes vacunas antivirales para animales aprovechando la tradición local de la industria farmacéutica. Entre ellas, se destacan vacunas que desarrollaron el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) y el Centro de Virología Animal (CEVAN) y producen y comercializan Biogénesis–Bagó a través de acuerdos de cooperación.

Probablemente, la clonación en equinos y la obtención de animales transgénicos para su uso en la industria farmacéutica es el logro biotecnológico más destacable en cuanto a la generación local de conocimiento de vanguardia en el nivel internacional. La empresa de capital nacional Biosidus creó el primer tambo farmacéutico en el país para obtener medicamentos basados sobre proteínas recombinantes generadas por ingeniería genética. Sólo los Estados Unidos, Australia, Corea y Nueva Zelandia dominan esta tecnología. También se han alcanzado resultados positivos en la producción de insulina que podría llegar al mercado en pocos años.

Los indicadores de desempeño de la industria muestran un sector dinámico y de alto crecimiento, con una tasa de expansión interanual de las exportaciones del 41% y de 33% para las importaciones (datos 2008). De todas maneras la industria de productos biotecnológicos es todavía incipiente. Por ejemplo, en ese año el comercio de estos productos representaba sólo el 0.37% del comercio argentino⁴. Una encuesta realizada a empresas biotecnológicas en 2005 señalaba que habría 600 empleados trabajando en investigación y desarrollo (I&D) en esas empresas, mientras según la misma fuente se registraban 900 en el Brasil.

3.2. Generación de nuevos conocimientos en biotecnología

El potencial de la biotecnología se expande cuando se combina con otros conocimientos y tecnologías utilizadas en la producción agropecuaria, industrial y en los servicios de salud. El desarrollo de la biotecnología dependerá por lo

² Por ejemplo, ProsperAr (2009) menciona que un 12% de las empresas en biotecnología corresponden al sector de alimentos de un total de 80 empresas biotecnológicas en 2008. Como ejemplo mencionan el caso de La Serenísima, que no se encuentra en la base de BIOTEC SUR. Probablemente, la diferencia se deba a la definición de actividad principal.

³ El resto de la sección III.1. se apoyó fuertemente en *Ibid.* y MINCYT (2010)

⁴ Para contrastar, por ejemplo, en China la industria de biotecnología contribuye con el 2.2% al PBI, Ver <http://biz.thestar.com.my/news/story.asp?file=/2011/5/13/business/8675087&sec=business>

tanto de otras disciplinas tanto de las ciencias básicas (e.g. biología, genética, química, bioquímica, fisiología, etc.) como de su aplicación específica en cada ámbito. Por lo tanto, para fortalecer los posibles impactos de la biotecnología es necesario contar con SNI con altas capacidades en CyT donde existan vinculaciones horizontales entre los actores que lo componen.

En este sentido, conviene señalar que en años recientes se intensificaron los gastos generales en CyT; los gastos totales en I&D crecieron un 114% entre 1998 y 2008, medidos en dólares ajustados por paridad de poder de compra. De esta forma, la I&D representaba en 2008, un 0,52% del PIB mientras que en 1998 representaban un 0,41% del PIB (RICyT, 2011). A pesar de este incremento, los gastos en I&D en relación con el tamaño de la economía siguen siendo menores a los realizados por el Brasil (1,09%), Uruguay (0,64%) y Chile (0,67%)⁵ pero son mayores a los de México (0,37%)⁶. El sector privado ejecuta una proporción menor de los gastos de I&D (27%) siendo el gobierno el mayor sector de ejecución (42%).

En términos de los principales ámbitos de aplicación para biotecnología (agropecuaria y salud humana), en el año 2008 el 18% de los gastos de I&D nacionales correspondían a investigación agrícola y un 14% adicional a investigaciones en salud humana. El INTA es el actor más importante en investigación agropecuaria en la Argentina absorbiendo casi el 50% de los investigadores empleados en los 74 CPI en temas agropecuarios (Stads, et al., 2010).

En suma, estas cifras nos permiten concluir que en tiempos recientes hubo una fuerte inversión en capacidades en CyT en SNI argentino, y especialmente en el principal ámbito de aplicación de la biotecnología: el sector agropecuario. El país está bien posicionado en la región aunque todavía por debajo en términos de la inyección corriente de fondos para I&D.

Como hemos señalado en la introducción el desarrollo de la biotecnología demanda altos niveles de inversión. Estados Unidos, que fue el país pionero en el desarrollo de esta tecnología, sigue siendo hoy líder mundial invirtiendo a razón de 25000 millones de dólares anuales, frente a 5000 millones que se invierte en total en los países europeos de la OECD (datos para 2008).

No existen estadísticas oficiales del gasto total realizado por la Argentina en I&D biotecnológica. Albornoz (2008) estimó que existían en 2007 alrededor de 673 investigadores en biotecnología, definidos como aquellos que habían publicado dos artículos en esta área en el período 2005-2007. Se consideran los gastos promedios por investigador en ciencias duras en la Argentina, dicho estudio estimó que la I&D en biotecnología alcanzaba los 15,5 millones de dólares en el año 2007. Calculado de manera semejante, el Brasil estaba invirtiendo más de diez veces más (164 millones y 2.869 investigadores)⁷. Un informe

⁵ Último dato disponible es de 2004

⁶ Último dato disponible es de 2007

⁷ Es posible que las estimaciones de Albornoz (2008) subestimen el gasto privado de I&D, ya que los investigadores de empresas suelen tener menos incentivos a publicar que sus pares de instituciones públicas. De hecho, según ProsperAr (2009), la I&D de las empresas de biotecnología representaban un promedio del 5% de las ventas lo que equivalía a 20 millones de dólares, es decir el cálculo de prosperar para la I&D privada supera a las estimación de I&D total de Albornoz (2008)

realizado por el BID con datos para 2006/2007 sobre biotecnología agropecuaria (de aquí en adelante, será mencionado por sus autores: Trigo, et al., 2010), sostiene que el país invierte en ese rubro 8.3 millones de dólares, mientras que el Brasil invirtió 68,8 millones (ocho veces más que la Argentina).

La gran diferencia que existe en relación con la inversión de los países líderes, pone de manifiesto las dificultades que podrían tener las organizaciones locales para competir internacionalmente. Por ejemplo, los actores argentinos sólo obtuvieron 9 patentes en Estados Unidos en el período 2000 a 2007 (Brasil obtuvo 33 en el mismo período).

Sin embargo, las capacidades argentinas en CyT han crecido en los últimos años. Por ejemplo, las publicaciones en revistas indexadas en el Science Citation Index (SCI) aumentaron un 84% entre 2000 y 2008. El análisis de las patentes solicitadas o registradas en la Argentina arroja resultados similares respecto de la evolución de las capacidades locales. En el año 2007 se otorgaron 117 patentes en biotecnología en la Argentina y un 15% (18) de ellas fueron entregadas a residentes, mientras en el año 2000 sólo se otorgaron 2 patentes en biotecnología a residentes (un 4% del total otorgadas ese año) (Albornoz, 2008).

Trigo, et al., (2010) resaltaba las capacidades en biotecnología agropecuaria de la Argentina por sobre la mayoría de los países de la región (por ejemplo, sólo el Brasil tenía más citas bibliográficas que la Argentina, que estaba por encima de México, Chile, Colombia, etc.). Asimismo, señalaba que los grupos de investigación argentinos, tanto del sector público como del sector privado, dominaban una amplia variedad de técnicas, resaltándose sobre sus pares latinoamericanos tanto en términos de la sofisticación como de diversidad. Según este mismo informe, los CPI tendían a dominar un mayor número de técnicas que sus pares privados, especialmente entre las más sofisticadas como técnicas de ADN recombinante y de transformación genética.

En la Argentina como en el mundo la investigación pública es central para el desarrollo de la biotecnología. En los CPI existen los mejores recursos (humanos y de infraestructura) y una mayor diversidad en el manejo de técnicas. Según información de BIOTECSUR y del MINCyT, existen en la actualidad alrededor 44 centros o grupos de I&D especializados en biotecnología (**cuadro N° 1**), la inmensa mayoría financiados por el sector público. De dicho total, 73% pertenecían al CONICET y un 14% al INTA. Asimismo, analizando indicadores bibliométricos se encuentra que alrededor del 70% de las publicaciones en biotecnología indexadas en SCI del año 2008, correspondían a investigadores del CONICET y un 46% de las patentes solicitadas por residentes fueron efectuadas por CONICET. Esto último es un hecho notable dado que las empresas privadas suelen tener mayores incentivos y recursos para proteger sus descubrimientos.

Trigo, et al., (2010) también notaba que el sector público dominaba la I&D en biotecnología agropecuaria (58% le correspondía a este sector). Esto merece ser resaltado ya que en el nivel mundial, como consecuencia de los cambios en las regulaciones en Estados Unidos que en 1980 permitieron patentar microorganismos, la investigación relevante para la producción agrícola quedó en

Cuadro N° 1. Centros de Investigación y Desarrollo en Biotecnología

	N	Ámbito de Aplicación			
		Agricultura	Salud Animal	Industria	Salud Humana
CONICET	32	34%	25%	13%	63%
INTA	6	83%	0%	33%	67%
INTI	1	0%	0%	100%	100%
Universidades	3	33%	33%	0%	67%
Fundaciones	2	100%	0%	0%	50%
Total	44	39%	27%	16%	48%

Fuente: Elaboración propia sobre MINCyT (2010) y BIOTECSUR

manos privadas. Estos cambios regulatorios impulsaron a empresas químicas como Monsanto y Syngenta hacia la investigación en ingeniería genética y en los '90 adquirieron empresas propietarias de conocimiento relevante (Vanloqueren y Baret, 2009). En la Argentina, si bien la mayor proporción de las empresas biotecnológicas son pequeñas y medianas, en el ámbito de la producción de semillas transgénicas las ET son dominantes. Sin embargo, estas empresas no suelen tener centros de I&D en el país, y por lo tanto los CPI siguen siendo centrales en la producción de CyT relevante para el sector agrícola que se realiza en el país.

Si bien las capacidades de investigación de los CTI sobrepasan, existen también algunos polos tecnológicos, especializados en biotecnología, en donde el sector privado tiene una participación fundamental. Entre ellos, merece resaltar el polo biotecnológico de Rosario, provincia de Santa Fe, que concentra a más de 400 investigadores y se ha convertido en el polo biotecnológico de mayor tamaño en Latinoamérica (ProsperAr, 2009). En este polo, se encuentra INDEAR, un emprendimiento exitoso que ha resultado de la cooperación entre las empresas privadas Bioceres y Biosidus y un organismo público como el CONICET.

Finalmente, las áreas de investigación principales de los centros incluidos en el **cuadro N° 1**⁸ son: biología molecular (68%) y celular (55%), seguidas por bioquímica (48%), genética (34%), y microbiología (34%) y también hay grupos especializados en áreas de alta sofisticación como la bioinformática (14%), la genómica (11%), ingeniería genética (9%). Los principales ámbitos de aplicación son Salud Humana (48%), seguida por Agricultura (39%) y por Veterinaria (27%).

Estas cifras contrastan con las actividades productivas principales de las empresas biotecnológicas, que, como habíamos visto en la sección III.1 pte-

⁸ Los porcentajes no suman 100% ya que cada centro puede tener más de un ámbito de aplicación y área de investigación.

Cuadro N° 2. Programas de promoción a la biotecnología.

Nombre	Agencia ejecutora	Objetivo
Programa Nacional de Biotecnología, 1982-1991	Secretaría de Ciencia y Tecnología (SECyT)	Financiación de proyectos para la promoción del sector.
Programa Nacional Prioritario de Biotecnología, 1992-1996	SECyT	Financiación de proyectos concentrados en el sector privado
Programa de Biotecnología del Plan Plurianual de Ciencia y Tecnología, 1998-2000	SECyT	Formulación de prioridades temáticas para la financiación de proyectos de I&D
Plan Estratégico Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Bicentenario, 2006-2010	MINCyT	La biotecnología se define como área temática prioritaria
Plan estratégico para el Desarrollo de la Biotecnología Agropecuaria, 2005-2015	Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca (SAGPyA)	Estimular las condiciones para el desarrollo de la biotecnología agropecuaria

Fuente: Elaboración propia

neían en su mayoría al ámbito agrícola. Dado que en su mayoría las empresas productoras de semillas transgénicas son ET y las mismas, como hemos dichos, se apoyan en I&D que se realiza fuera del país, es posible que esa sea un justificación para las diferencias que se encuentran en la distribución de los ámbitos de aplicación entre investigación (más orientado a la Salud Humana) y producción (más orientado al sector agrícola), aunque también es cierto que la salud humana puede requerir una mayor relación de I&D/Facturación⁹.

3.3. Las políticas públicas relevantes para la biotecnología

En esta sección analizaremos las políticas de promoción a la CyT en el área de biotecnología y las regulaciones existentes en propiedad intelectual, bioseguridad e inocuidad alimentaria. Como veremos todas ellas están orientadas a la promoción de la biotecnología.

Promoción de la CyT en biotecnología

El **cuadro N° 2** caracteriza los principales programas nacionales específicamente destinados a la promoción de la biotecnología que existieron desde los años '80. Queda claro que la biotecnología es considerada una tecnología estratégica ya que existieron asignaciones específicas de fondos públicos para promover su desarrollo. Existen instrumentos destinados tanto a la investigación pública como privada.

⁹ ProsperAr (2009) estima que la relación para el caso de Salud Humana es 15% mientras es 5% para la biotecnología en general.

Como hemos señalado, las interacciones entre actores del SNI así como las interacciones interinstitucionales con centros de excelencia internacional resultan clave para el desarrollo de la biotecnología. En el país existen políticas que promocionan las interacciones entre actores generalmente mediante la modalidad de consorcios inter-institucionales públicos y privados, como por ejemplo el Programa de Área Estratégica o los Proyectos de Investigación y Desarrollo (PID) que gestiona la Agencia Nacional de Promoción de la Ciencia y la Tecnología, dependiente del MINCyT. En particular los PID son un instrumento novedoso destinado a financiar proyectos de investigación científica que se orienten hacia aplicaciones que sean de interés para alguna empresa "adoptante", promoviendo de esta manera la generación y transferencia de tecnología.

Además, en el año 2007 se sancionó la ley de Promoción del Desarrollo y Producción de la Biotecnología Moderna (26.270/07) que previó beneficios impositivos para proyectos de I&D, producción de bienes y/o servicios y nuevos emprendimientos desarrollados en el territorio nacional y creó un Fondo de Estímulo para el financiamiento del capital inicial. Además, el país participa de diferentes instancias de cooperación regional como el Centro Argentino-Brasileño de Biotecnología (CABBIO), creado en 1987, cuyo objetivo es promover las interacciones entre actores públicos y privados mediante la implementación de proyectos binacionales así como la capacitación de recursos humanos a través de la Escuela Argentina-Brasileña de Biotecnología (EABBIO). También el país participa de BIOTECSUR, mencionada anteriormente, que fue creada en 2005 como una iniciativa de cooperación entre la Unión Europea y el MERCOSUR para movilizar y articular actores públicos y privados promoviendo la investigación sobre temas considerados prioritarios para la región. Finalmente, el país también participa de la REDBIO, creada en 1990 por iniciativa de la FAO que integra centros de biotecnología agropecuaria de 32 países de Latinoamérica. Esta red promueve el uso de la biotecnología para el desarrollo productivo agropecuario y forestal en la región.

Regulación sobre propiedad intelectual

En biotecnología, los criterios que se utilizan para evaluar la situación de protección de la propiedad intelectual que presenta un país se refieren a las características de la ley de patentes (si existe y cuán amplia es) y el estado de la legislación respecto de la protección de las variedades vegetales (si adhiere o no a la unión internacional para la protección de las obtenciones vegetales - UPOV- acta 1978 o acta 1971).

En la Argentina, a diferencia de lo que ocurre en el Brasil, los genes son patentables y, al igual que en el Brasil, las variedades vegetales se protegen con una legislación específica sobre variedades vegetales que adhiere a UPOV 1978. Por lo tanto, en el caso de las semillas transgénicas el propietario de la semilla (de la variedad) queda amparado por dicha legislación mientras que el gen insertado en ella, que le concede una característica específica a esa variedad, queda amparado por la ley de patentes. Sin embargo, en la actualidad, y sobre todo a partir de la introducción de semillas transgénicas, el mercado informal de

semillas se ha extendido minando por tanto los derechos de protección intelectual amparados por la ley.

Regulación sobre bioseguridad e inocuidad alimentaria

Los sistemas regulatorios en bioseguridad e inocuidad alimentaria surgieron como respuesta a la incertidumbre que existe respecto del consumo y a la liberación al ambiente de organismos genéticamente modificados.

Fueron plasmados en el Protocolo de Cartagena en el año 2000 -que entró en vigor en el año 2003. Este protocolo deja en claro que el “principio precautorio” debe regir la aprobación de productos que resultan de la aplicación de la biotecnología moderna. Esto autoriza a que los países prohíban las importaciones de OGM si consideran que no existen suficientes garantías acerca de la bioseguridad e inocuidad. También requiere el etiquetado de estos productos por parte de los exportadores.

La Argentina no firmó el Protocolo de Cartagena pero fue uno de los primeros países en el mundo en contar con un sistema de aprobación de OGM lo cual generó ventajas frente a otros países en cuanto a la difusión de la biotecnología agrícola (Trigo y Cap, 2006).

La CONABIA, creada en el ámbito de la Secretaría de Agricultura, Ganadería Pesca y Alimentación (SAGPyA)¹⁰, es el órgano que protege la bioseguridad en la Argentina. En sus inicios tuvo la misión de desarrollar un marco regulatorio para el testeo y comercialización de biotecnología agropecuaria (Burachik y Traynor, 2002).

La evaluación de la inocuidad para la salud humana y animal está a cargo del Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA). A diferencia de Brasil, la política de inocuidad alimentaria de la Argentina es muy poco restrictiva, ya que no se exige etiquetado y no existe segmentación de mercados entre productos transgénicos y no transgénicos.

Este sistema de aprobación de OGM fue inicialmente creado en respuesta a las actividades de las ET de semillas que buscaban terrenos donde llevar a cabo pruebas de campo y producción de semillas “fuera de temporada” (es decir, en el hemisferio sur) para acelerar el desarrollo de nuevas variedades (Burachik y Traynor, 2002) y, presumiblemente, para comercializarlas luego en cualquier país. Trigo, et al. (2010) sostienen que la forma específica que adopten las políticas de bioseguridad e inocuidad alimentaria dependen de cuán proactivas sean las políticas de promoción a la biotecnología, ya que los costos para cumplir con las exigencias que impone la regulación son muy altos. Así, serán más preventivos cuanto menos proactivo sea el impulso al desarrollo de esta tecnología. Dicho informe considera a la Argentina como un país que tiene una política relativamente laxa respecto de la bioseguridad y se encontraría próxima a adoptar una política de bioseguridad que ellos llaman “promocional”, es decir donde se toman como elementos de evaluación la información generada

¹⁰ En la actualidad la Secretaría ha adquirido el rango de Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca.

en aprobaciones en otros países. En términos de inocuidad alimentaria, el país ya lleva adelante una estrategia promocional.

En suma, en esta sección hemos visto que la inversión que realiza el país en biotecnología ha crecido en el último tiempo pero todavía queda muy relegada en la perspectiva internacional. Existen alrededor de 90 empresas que utilizan aplicaciones biotecnológicas. Se trata en general de empresas innovadoras y dinámicas cuyas exportaciones han crecido en los últimos tiempos. Sin embargo, todavía su contribución al producto nacional es reducida y hasta el momento, salvo algunas excepciones, no son empresas que hayan logrado innovaciones radicales en el nivel internacional. Por otro lado, existen alrededor de 50 CPI en biotecnología que al parecer dominan una mayor cantidad y diversidad de técnicas biotecnológicas que el sector privado, invierten más recursos y tienen personal más capacitado. A su vez, la política pública ha sido favorable al desarrollo de esta tecnología, no sólo en cuanto a la financiación de la investigación pública sino especialmente en cuanto a la promoción de la inversión privada –mediante herramientas específicas– y el fomento a la articulación entre diversos actores. Además, existen leyes favorables a la inversión privada en lo que refiere a los derechos de propiedad intelectual, la bioseguridad y la inocuidad alimentaria.

4. Las interacciones público-privadas: discusión de la literatura

Como hemos señalado en la introducción, el potencial para el desarrollo de la biotecnología depende del avance científico de una multiplicidad de disciplinas que tienen a la investigación pública como principal referente. Por este motivo, las empresas de biotecnología han necesitado establecer vinculaciones con CIP para ganar acceso a conocimiento científico especializado que necesitan para el desarrollo de su producto. No pueden innovar aisladamente sino que dependen fuertemente de su entorno. Como hemos señalado el gobierno argentino diseñó diferentes herramientas para promover la vinculación entre CIP y empresas, especialmente en este sector, con la expectativa de que el fortalecimiento de estas relaciones dinamizara el proceso de innovación. De hecho, las articulaciones público-privado se han extendido en la Argentina¹¹. Por ejemplo, el INTA firmó 124 convenios de vinculación con empresas en los años '90 y 206 durante la década de 2000. En este apartado, discutimos la literatura de vinculación público-privada en general (sección IV.1.) y para la biotecnología en particular (sección IV.2.)

4.1. Canales, beneficios y riesgos de la vinculación¹²

La literatura incluye dentro del concepto de vinculaciones CPI-empresa a un conjunto variado de modalidades de intercambio de conocimiento (Bekkers y Freitas, 2008, D'Este y Patel, 2007) que podrían agruparse en cuatro canales

¹¹ Trigo, et al. (2010) señalan a la Argentina como uno de los países en la región con mayor número de alianzas estratégicas inter-institucionales en biotecnología agropecuaria.

¹² Esta sección se apoya fuertemente en Arza (2010).

fundamentales: Tradicional (e.g. publicaciones, formación, etc.), Servicios (e.g. consultorías, uso/alquiler de equipamiento de los CPI, etc.), Comercial (e.g. patentes, licencias de tecnología, *spin-off*, incubadoras, etc.) y Bidireccional (e.g. proyectos conjuntos de I&D, participación en redes, parques científico-tecnológicos, etc.).

Asimismo la literatura identifica diversos beneficios que las empresas y los CPI perciben como resultado de sus vinculaciones que podríamos clasificar en beneficios de corto y de largo plazos.

Para las empresas, los beneficios de corto plazo son aquellos que facilitan los procesos operativos de las empresas y están por tanto relacionados con las actividades rutinarias de producción de la empresa (Rosenberg y Nelson, 1994). Los beneficios de largo plazo están en cambio relacionados con las estrategias de búsqueda, o innovativas, de las empresas. Para tal fin utilizan el conocimiento acumulado en los CPI que les permita resolver cuellos de botella tecnológicos o mejorar la calidad de los productos y procesos (Patel y Pavitt, 1995).

Para los investigadores, llamamos beneficios de corto plazo a aquellos que responden a la motivación de ampliar las fuentes de recursos económicos que financien las investigaciones en curso y las futuras. (Lee, 2000 y Meyer-Krahmer y Schmoch, 1998). En cambio, los beneficios de largo plazo son aquellos relacionados con las oportunidades intelectuales que se abren a los investigadores cuando se involucran directamente en el campo de aplicación (e.g. fuentes de inspiración para investigaciones futuras, disposición un campo de aplicación para validar desarrollos teóricos, etc.) (Lee, 2000; Meyer-Krahmer y Schmoch, 1998).

Finalmente, se pueden identificar una serie de riesgos asociados con la intensificación de la vinculación público-privada. Estos riesgos, refieren fundamentalmente a la incidencia que las actividades de vinculación podrían tener sobre la producción pública de conocimiento en CyT y podríamos clasificarlos en dos, riesgos de privatización y aumento de los costos de oportunidad.

Por *privatización* de la investigación pública en CyT, nos referimos principalmente al riesgo de que las empresas privadas utilicen herramientas de propiedad intelectual (e.g. secreto o patentes) que les permita apropiarse de los resultados de las innovaciones que se produzcan en el contexto de la vinculación con CPI (Blumenthal et al. 1996). Esto afecta el potencial creativo de los esfuerzos públicos actuales en CyT -ya que restringiendo el acceso se limita la producción futura de conocimiento. Segundo, existe el riesgo, especialmente ante las restricciones presupuestarias que enfrentan los CPI, de que las vinculaciones orienten la agenda de investigación pública hacia áreas favorables a los intereses del sector privado que pueden no coincidir con las socialmente deseables. (Parkinson y Langley, 2009). Además, pueden existir *costos de oportunidad* para la producción de conocimiento público cuando el tiempo que los investigadores dedican a las interacciones con el sector privado implica menos tiempo que destinan a investigaciones de base o a la enseñanza. (Campbell y Slaughter, 1999 y Mansfield, 1998).

4.2. Vinculaciones público-privadas en biotecnología

La literatura sobre el tema, producida en gran parte en países desarrollados, que tienen un contexto científico y productivo distinto al de los países en desarrollo, ha destacado los beneficios de ciertas modalidades que han resultado exitosas para fomentar la vinculación entre sector académico y sector productivo en el área de biotecnología, pero ha hecho poca referencia a los riesgos que pueden estar implicados en ellas. En el apartado que sigue hacemos una descripción sintética de los principales mecanismos de vinculación utilizados en el área de biotecnología por parte de países desarrollados y señalamos algunos de los beneficios asociados. Luego señalamos algunos de los riesgos asociados con la vinculación público-privado, que, como hemos dicho, son poco analizados por la literatura pero deberían ser tomados en cuenta a la hora de diseñar políticas tendientes a impulsar el desarrollo biotecnológico en la región.

Modalidades de vinculación utilizadas en países desarrollados para impulsar la biotecnología y beneficios asociados

En el campo específico de la biotecnología, y en el contexto de países desarrollados, algunas modalidades de vinculación entre CPI y empresas privadas se identifican como más apropiadas que otras para contribuir a la innovación tecnológica (Siegel et. al.; 2003). En particular la literatura menciona que en el área de biotecnología se ha hecho un uso intensivo de modalidades de vinculación que provienen del canal *Tradicional* y *Bi-direccional*. Del primero se destacan las publicaciones científicas (David y Foray, 1996; y Bekkers y Freitas, 2008) y también -aunque con menor impacto- movilidad del personal científico y su incorporación a las empresas (Schartinger et al., 2002; Meyer-Krahmer y Schmoch, 1998 y Zucker et al. 2002). Del segundo, se mencionan tanto el establecimiento de acuerdos de cooperación en innovación tecnológica como los contratos de I&D conjunta. Sin embargo el mayor énfasis ha sido colocado sobre modalidades del canal *Comercial*. Específicamente, tanto la concesión de licencias de patentes de CPI o creación de nuevas patentes como los *spin-off* han sido señalados como las modalidades más importantes y efectivas para áreas de aplicación que, como la biotecnología, se apoyan fuertemente sobre el conocimiento científico (Siegel et. al.; 2003 y McMillan et al, 2000).

Por un lado, la literatura señala que la concesión de licencias permite la obtención de beneficios económicos para los investigadores y los CPI, y al mismo tiempo permite a los científicos involucrados continuar con su investigación sin tener que dedicar una gran cantidad de tiempo para asuntos comerciales. Han existido fuertes presiones por parte de grandes empresas para obtener una base amplia de concesión de derechos o una licencia exclusiva de patente, dado que la renta de propiedad intelectual es mayor. En muchos el otorgamiento de tales derechos exclusivos o amplios a las empresas por parte de los CPI, responde fundamentalmente a motivos financieros. En este sentido, algunos CPI con el fin de aumentar los ingresos universitarios de la propiedad intelectual, privilegian que se mantenga la opción de privatizar, sin permitir que los científicos decidan si la propiedad debe ser colocada en el dominio público (Argyres y Liebeskind, 2008). En otros casos, se considera la venta de licencia

como la forma de servir al interés público, facilitando la transferencia de conocimientos científicos para la comercialización de productos útiles a la sociedad. Según este punto de vista, las patentes y licencias de los CPI universidades son necesarias para proporcionar incentivos adecuados para que las empresas comercialicen tecnologías que no podrían llegar al mercado sin una protección de derechos.

Por otro lado, la literatura ha mostrado un creciente interés en el papel que los *spin-off* universitarios pueden desempeñar en el proceso de comercialización de productos biotecnológicos (González Morales, et al, 2003 y Franzoni, et al, 2006). En particular en biotecnología cuando se trata de nuevos descubrimientos científicos de carácter "radical", se ha señalado que la modalidad que más beneficios ofrece es la creación de *spin-off* universitarios, mediante alianzas de investigación entre profesores de gran prestigio y nuevas empresas de biotecnologías creadas por éstos. (Zucker et al., 2002 y Bekkers et al., 2006). Esto es lo que sucedió en el origen del desarrollo de la moderna biotecnología en California (Orsenigo, 1989; Prevezer, 2000). La industria fue fundada a partir de dos avances científicos que revolucionaron el campo: el descubrimiento de la técnica del ADN recombinante por parte de Cohen y Boyer en 1973 de la Universidad de Stanford y la Universidad de California en San Francisco (UCSF) respectivamente y el descubrimiento de Kohler y Milstein de anticuerpos monoclonales en Cambridge (U.K.) en 1975. Los resultados obtenidos tenían un alto valor e interés comercial, y derivaron en la creación de nuevas empresas de biotecnología. En particular la creación de Genentech ilustra el tipo de cooperación que se produjo entre los científicos y el mundo de los negocios, alrededor de descubrimientos biotecnológicos. Genentech fue fundada en 1976 a partir de una alianza entre un capitalista de riesgo y el científico Boyer de la UCSF, apoyados sobre las competencias de un equipo de científicos y en los laboratorios de la UCSF. El capitalista aportó vínculos comerciales y contó con el respaldo de la comunidad financiera y de una gran compañía farmacéutica, en este caso Eli Lilly, interesada en los desarrollos. Luego otras empresas fueron creadas con similar modelo, entre ellas Biogen, en la costa oriental de Estados Unidos en 1978, por un científico de la Universidad de Harvard y el respaldo financiero y comercial de la empresa Novo, competidor de Lilly en el mercado de la insulina (Teitelman, 1989).

En estos casos la naturaleza del conocimiento o la nueva tecnología hace que no sea fácilmente patentable o que no pueda captarse su pleno valor a través de un acuerdo de licencia. Existe la percepción de que la propiedad de un *spin-off* puede aumentar el potencial de ganar mayor valor. Un estudio evidencia que una empresa *spin-off* produce un mayor rendimiento medio en el largo plazo en comparación con la media de retorno disponible de una licencia promedio (Bray y Lee, 2000). Es por eso que la formación de *spin-off* universitarios se dice permite a los CPI buscar una participación más directa en la comercialización de la nueva tecnología a través de la incubación de la empresa (Siegel y otros, 2003). Posiblemente los científicos estrella comiencen con una nueva empresa de biotecnología porque su conocimiento no es transferible a otras empresas por el valor económico esperado de aquel conocimiento. Debido a que este capital intelectual es en gran parte conocimiento tácito, y pertenece a un pequeño

grupo de destacados investigadores, sus inventores deben convertirse en empresarios para explotarlo. Es importante notar sin embargo que la participación de científicos en empresas puede tener diversos niveles de intensidad y que pueden desempeñar una variedad de roles, derivando en diferentes beneficios para ambas partes. Algunos son fundadores, otros participan como miembros del equipo de asesores científicos, mientras otros participan como directores. El nivel de conocimiento provisto por los científicos varía de acuerdo con el rol que ocupa. Los científicos fundadores buscan capitalistas a fin de transformar conocimiento técnico en conocimiento económico. Los asesores científicos proveen la posibilidad de tercerizar la investigación en los laboratorios de la universidad integrados por graduados y post doctorandos. También provee a las empresas la posibilidad de tener a mínimo costo un panorama completo de todos los investigadores clave involucrados en el área de interés de la empresa. Además los científicos otorgan una garantía de calidad a la empresa frente a la comunidad científica y particularmente frente a la comunidad financiera, que a falta de resultados y activos tangibles en los primeros años, suele confiar ampliamente en el potencial del equipo científico a la hora de otorgar financiamiento. Además una forma efectiva de reclutar científicos jóvenes de gran talento es tener un consejo científico compuesto por científicos líderes en un campo.

Riesgos asociados con las modalidades dominantes de vinculación impulsadas en el campo de la biotecnología

Como mencionamos antes, la creación de empresas de base científica/tecnológica, por medio de incubadoras de empresas de base universitaria, ha sido impulsada como una modalidad importante para el desarrollo de la biotecnología. Sin embargo, existen datos que demuestran que aun en países desarrollados, gran parte de los *spin-off* universitarios no han podido generar una riqueza sustancial (Lambert, 2003). Uno de los principales obstáculos para la expansión de *spin-off* que informan las oficinas de transferencia de tecnología es el acceso a la financiación de capital de riesgo (Wright et al., 2008), el acceso a los mercados de prueba y/o consumo al que van dirigidos los productos/servicios y la gestión de las regulaciones, que llevan a que muchos *spin-off* sean creados pero no generen finalmente riqueza. Una cuestión central es, por tanto, la necesidad de examinar los factores que influyen en la creación de *spin-off* de CPI.

También es interesante plantearse el interrogante en relación con si tienen nuestros SNI capacidad y masa crítica suficiente para fomentar la participación de científicos de alto prestigio en la creación de empresas. Y en todo caso, cuáles serían los roles deseables que éstos podrían desempeñar en las empresas creadas, de manera de minimizar los impactos negativos, en términos de costos de oportunidad para la investigación y enseñanza públicos, que podría tener la menor dedicación de científicos altamente formados a actividades científicas básicas, a partir de su involucramiento directo en actividades empresariales.

Por otra parte se identifica la concesión de licencias como otra de las modalidades clave en el área de biotecnología. Sin embargo poco se refiere sobre los peligros de que los licenciatarios puedan cerrar o estrangular la investigación

universitaria en caso de haber obtenido derechos exclusivos. En este caso podría verse afectado el bien intelectual común así como la carrera tanto de científicos como de estudiantes al tener ciertas vías de investigación bloqueadas. En el caso del otorgamiento de licencias exclusivas, un CPI puede esencialmente terminar convertido en proveedor tecnológico de una empresa, con objetivos que terminan siendo incompatibles con la ciencia abierta y las prácticas de conservación de los bienes comunes intelectuales (Nelson, 2004). Por ejemplo, discutir los resultados de las investigaciones con los colegas puede poner en peligro los derechos de propiedad intelectual de la empresa, y terminar afectando las posibilidades de financiación del proyecto de investigación.

Además es interesante notar que los países que han permitido la concesión de licencias exclusivas de patentes, no obstante no han obtenido resultados alentadores en términos que los ingresos para los CPI derivados de transferencia siguieron representando un porcentaje muy bajo de sus presupuestos (Argyres y Liebeskind, 2008) Una explicación a este fenómeno es que la comercialización de tecnologías patentadas en el área de biotecnología, requiere más allá de la patente, de grandes niveles de inversión e innovación para llegar al mercado y muchas empresas de biotecnología suelen enfrentar restricciones de capital.

5. Conclusiones

A partir de la difusión en América latina de la idea del cambio tecnológico como determinante de cambios estructurales (Dosi et al., 1990; Pavitt 1984), comenzó a considerarse que las economías capaces de absorber los nuevos paradigmas y trayectorias tecnológicas estarían en mejores condiciones de modificar la composición sectorial de su industria, siendo central en este proceso el concepto de SNI, a partir del cual es posible lograr una vinculación sistémica entre empresas, organizaciones sociales e instituciones públicas y privadas de educación, CyT. La investigación académica comenzó a partir de allí a problematizar sobre el papel de los CPI en la convergencia tecnológica de los países en desarrollo quienes experimentan nuevas exigencias mundiales en condiciones diferentes y frecuentemente más desfavorables a las de los países desarrollados. Se resalta así el rol protagónico, que en el contexto de una "sociedad del conocimiento", comienzan a ocupar los CPI en la generación de riqueza basada sobre la innovación, y la posible contribución de las universidades como productoras de conocimiento articulando con las empresas para construir aprendizajes y capacidades tecnológicas en un SNI (Liefner y Schiller, 2008; Mazzoleni, 2008 y Kruss, 2009).

La promoción de los vínculos CPI-empresas en los países en desarrollo es actualmente entonces un tema central de debate. Gran parte de las políticas públicas tanto en países desarrollados como en desarrollo, reconocen los vínculos CPI-empresa, como un objetivo político deseable, fundamental a la hora de promover el desarrollo de nuevos sectores intensivos en conocimiento, competitivos en la escala global, como la biotecnología.

En este caso en particular, las articulaciones y la cooperación, entre emprendedores, entre científicos y nuevas empresas, entre empresas y universidades, o entre corporaciones establecidas y nuevas empresas, son particularmente importantes ya que la complejidad científica, técnica y productiva que caracteriza la investigación biotecnológica, sumado a los altos umbrales mínimos de conocimiento y de inversiones que están en juego, y los elevados riesgos asociados a estos desarrollos, estimulan la formación de alianzas a nivel científico, tecnológico y productivo.

En los países desarrollados se ha apoyado ampliamente la concesión de licencias y la creación de empresas por parte de científicos como modalidades apropiadas de transferencia de conocimiento, señalando que los retrasos en la comercialización de los conocimientos biotecnológicos conducen a ineficiencias, puesto que sin la concesión de amplios derechos, la incertidumbre sobre las direcciones más prometedoras de comercialización, daría lugar a insuficientes inversiones por parte de las empresas.

El potencial estratégico que plantea la biotecnología para la Argentina y en general para todos los países de la región, para agregar valor a la producción en áreas como medicina, agricultura, procesamiento de alimentos y energía, donde existen ventajas comparativas naturales, y desarrollos científicos previos de cierta magnitud nos obliga a pensar no sólo en los beneficios que suponen estas modalidades sino también en los riesgos que el otorgamiento de amplios derechos de propiedad intelectual a los intereses privados tiene para la concreción de nuevos desarrollos (Nelson y Meyer, 1994).

La realidad argentina plantea desafíos particulares: en perspectiva internacional los recursos invertidos son pocos y los actores involucrados, especialmente los privados pero también los CPI, se encuentran desarticulados o con capacidades técnicas limitadas. Si bien no existen cifras oficiales del gasto realizado por la Argentina en I&D biotecnológica, se estima que el mismo sería un décimo del gasto que se realiza en el Brasil y bastante menos de una milésima parte de lo que se realiza en Estados Unidos. Además, la mayor parte de esta inversión la realiza el sector público. Es decir, existe una brecha muy marcada de recursos disponibles para el desarrollo de esta tecnología que hacen que a los actores del país les resulte difícil competir globalmente.

Por otro lado, los diferentes elementos del SNI en el campo de la biotecnología no están todavía bien integrados ni tienen desarrolladas las capacidades técnicas necesarias para hacer frente a las demandas de conocimiento que exigen el desarrollo y las aplicaciones de esta tecnología. En el sector privado, si bien existen algunos casos excepcionalmente exitosos, todavía son pocas las empresas que utilizan la biotecnología como su principal herramienta de competitividad. En general, los usos de esta tecnología son secundarios y las empresas aún no cuentan con capacidades de absorción suficientemente desarrolladas que les permitan nutrirse e innovar a partir de conocimiento generado por los CPI, haciendo uso por ejemplo de publicaciones en un campo específico de conocimiento, como sí lo hace la industria en Estados Unidos. En los CPI, si bien han logrado un notable reconocimiento en la comunidad científica internacional, no han podido aún consolidar equipos de trabajo que garanticen la

continuidad en el tiempo de las investigaciones con los estándares de calidad actuales y siguen siendo altamente dependientes de uno o unos pocos científicos de gran trayectoria y reconocimiento, que son quienes traccionan recursos y poseen una vasta red de contactos (muchos de ellos personales) en los niveles nacional e internacional, sin los cuales el grupo se debilitaría de manera importante.

Estas condiciones particulares del sector privado y de la producción científica en la Argentina nos obligan pensar en políticas específicamente diseñadas para promover la biotecnología en el país de manera de aprovechar el potencial y suplir las falencias de los actores del SNI.

Si bien coincidimos en la necesidad de aprovechar mejor el potencial que ofrece la vinculación entre actores del SNI, y en particular las relaciones de conocimiento que pueden establecerse entre CPI con actores privados, planteamos que las vinculaciones tienen que promoverse de forma de optimizar beneficios evitando riesgos para todo el SNI tomado en su conjunto. Es necesario evaluar las modalidades específicas que adoptan las vinculaciones, en términos de compromiso de recursos y de distribución de resultados, considerando de vital importancia preservar en el dominio público el conocimiento que producen los CPI. La producción de herramientas biotecnológicas tiene un potencial estratégico en la generación de nuevas investigaciones aguas abajo y los productos biotecnológicos tienen a su vez un amplio potencial para resolver problemas fundamentales relacionados con la alimentación y la salud. La política pública en CyT tiene por tanto el desafío de mediar las tensiones que podrían existir entre los intereses privados y la necesidad de asegurar que el conocimiento incipiente que se ha desarrollado en el área continúe profundizándose y que las aplicaciones que se persigan tengan amplio impacto social. Para esto es necesario democratizar tanto la discusión sobre la direccionalidad del cambio tecnológico, como la negociación de una agenda en CyT. Los senderos de cambio tecnológico son múltiples y sus consecuencias no se pueden predecir con certeza. Por eso, también para el éxito de este proceso de democratización, es necesario preservar en el dominio público el conocimiento que produzcan las acciones en CyT a fin de monitorear permanentemente su impacto.

Bibliografía

- Albornoz, Mario, 2008, (ed.). *Inventario de capacidades en biotecnología*. Buenos Aires: Centro Redes-BIOTECSUR.
- Albuquerque, E. (2001) 'Scientific Infrastructure and Catching-up process: notes about a relationship illustrated by science and technology statistics', *RBE*, Vol. 55, No. 4, 545-556.
- Argyres y Liebeskind (1997) Privatizing the intellectual commons: Universities and the commercialization of biotechnology. *Journal of Economic Behavior & Organization*. Vol. 35 427-454
- Arza, V. y Dutrénit, G., (2010). 'Interactions between Public Research Organisations and Industry in Latin America. A Study from the Perspective of Firms and Researchers', *Technical Change: History, Economics and Policy. A Conference in Honour of Nick von Tunzelmann*, University of Sussex: 1-27

- Arza, Valeria y Vazquez, Claudia, (2010). 'Interactions between Public Research Organisations and Industry in Argentina', *Science and Public Policy*, Vol. 37, No. 7. 499-512.
- Arza, Valeria, (2010). 'Channels, Benefits and Risks of Public-Private Interactions for Knowledge Transfer: Conceptual Framework Inspired by Latin America', *Science and Public Policy*, Vol. 37, No. 7. 473-84.
- Audretsch, David B. (2001) "The Role of Small Firms in U.S. Biotechnology Clusters" *Small Business Economics*. 2001 Kluwer Academic Publishers.
- Bekkers, R. y Freitas, I. M. B., (2008). 'Analysing Knowledge Transfer Channels between Universities and Industry: To What Degree Do Sectors Also Matter?' *Research Policy*, Vol. 37, No. 10. 1837-53.
- Bekkers, R., Bodas Freitas, M. (2008) Analysing knowledge transfer channels between universities and industry: To what degree do sectors also matter? *Research Policy* Vol. 37, 1837-1853
- Bekkers, R., Gilsing, V., van der Steens, M., (2006) Determining factors of the effectiveness of IP-based spin-offs: comparing the Netherlands and the US. *Journal of Technology Transfer* Vol 31 N°5, 545-566
- Bisang, R. (comp.) (2006) *Biotecnología y Desarrollo: un modelo para armar en Argentina*, Prometeo Libros. Buenos Aires.
- Blumenthal, D., Campbell, E. G., Causino, N. y Louis, K. S., (1996). 'Participation of Life-Science Faculty in Research Relationships with Industry', *New England Journal of Medicine*, Vol. 335, N 23. 1734-39.
- Bray, M.; Lee, J. (2000): "University Revenues from Technology Transfer: Licensing Fees vs Equity Positions", *Journal of Business Venturing*, Vol 15 (5-6), pp. 385-392.
- Brundenhuis, C., Lundvall, B-A, Sutz, J. (2009) 'The role of universities in innovation systems in developing countries', In: Lundvall, B-A., Joseph, K., Chaminade, C. and Vang, J. (eds.), *Handbook of innovation systems in developing countries: building domestic capabilities in a global setting*, Cheltenham: Edward Elgar.
- Burachik, M. y Traynor, P.L. , (2002). 'Analysis of a National Biosafety System: Regulatory Policies and Procedures in Argentina.' *ISNAR Country Report*, 63. The Hague: International Service for National Agricultural Research.
- Campbell, T. I. D. y Slaughter, S., (1999). 'Faculty and Administrators' Attitudes toward Potential Conflicts of Interest, Commitment, and Equity in University-Industry Relationships', *Journal of Higher Education*, Vol. 70, No. 3. 309-+.
- David, P.A., Foray, D., 1996. Information distribution and the growth of economically valuable knowledge: a rationale for technological infrastructure policies. In: Teubal, M., Justman, M., Zuscovitch, E. (Eds.), *Technological Infrastructure Policy: An International Perspective*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- D'Este, P. y Patel, P., (2007). 'University - Industry Linkages in the UK: What Are the Factors Underlying the Variety of Interactions with Industry?', *Research Policy*, Vol. 36, No. 9. 1295-313.
- Franzoni, C. y Lissoni, F. (2006) Academic entrepreneurship, patents, and spin-offs: critical issues and lessons for Europe. CESPRI WP N° 180
- González Morales, Ó. Álvarez González, J (2003) Las Spin-off en la estrategia de transferencia de conocimientos de las universidades españolas. Disponible en www.pagina-aede.org/Oviedo/GP2.pdf

- Hine, D., y Kapeleris, J. (2006) *Innovation and Entrepreneurship in Biotechnology, an International Perspective. Concepts, Theories and Cases*. Editorial Edward Elgar Publishing Limited
- Lambert, R., (2003) *Lambert Review of Business-University Collaboration*. HMSO, London.
- Lee, Yong S. , (2000). 'The Sustainability of University-Industry Research Collaboration: An Empirical Assessment', *Journal of Technology Transfer*, Vol. 25, No. 2. 111-33.
- Liefner, I. and Schiller, D. 2008. Academic capabilities in developing countries – a conceptual framework with empirical illustrations from Thailand. *Research Policy*. 37: 276-293.
- Lowen, R., (1996) *Creating the Cold War University: The Transformation of Stanford*, University of California Press, Berkeley, CA .
- Lundvall, B-A. (1992) "User-Producer Relationships, National Systems of Innovation and Internationalisation" Lundvall, B.A. (ed.) *National Systems of Innovation. Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*. London-New York: Pinter.
- Mansfield, E., (1998). 'Academic Research and Industrial Innovation: An Update of Empirical Findings', *Research Policy*, Vol. 26, No. 7-8. 773-76.
- Matkin, G., (1990). *Technology Transfer and the American Research University*, American Council on Education New York
- Mazzoleni, R. (2008) 'Catching up and academic institutions: a comparative study of past national experiences', *Journal of Development Studies*, Vol. 44, No. 5, pp. 678-700.
- McMillan, G. S., Narin, F., y Deeds, D. L. (2000): "An analysis of the critical role of public science in innovation: the case of biotechnology", *Research Policy*, Vol. 29.
- Meyer-Krahmer, F., Schmoch, U., (1998). Science-based technologies: university–industry interactions in four fields. *Research Policy* Vol 27, 835–851.
- MINCyT, (2010). 'Boletín Estadístico Tecnológico N°4: Biotecnología', Buenos Aires: Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la República Argentina.
- Nelson, R. (2004) 'The market economy and the scientific commons', *Research Policy*, Vol. 33, No. 3, pp. 455-471.
- Nelson, R. (2007) 'The changing institutional requirements for technological and economic catch-up', *International Journal of Technological Learning, Innovation and Development*, Vol. 1, N° 1 4-12.
- Nelson, R.; Merges, R., (1994). On limiting or encouraging rivalry in technical progress: The effect of patent scope decisions. *Journal of Economic Behavior and Organization* Vol 25, N° 1, 24.
- Orsenigo, L. (1989) *The emergence of biotechnology Institutions and markets in Industrial Innovation*, London, Printer Publishers.
- Parkinson, S. y Langley, C., (2009). 'Stop the Sell-Out!', *New Scientist*, Vol. 204, No. 2733. 32-33.
- Patel, Pari y Pavitt, Keith, (1995). 'The Nature and Economic Importance of National Innovation Systems', *STI review*. OECD, Paris: 9-32
- Pérez, C.(2008) Una visión para América latina: Dinamismo tecnológico e inclusión social mediante una estrategia basada en los recursos naturales 2008, Globelics WPG0804, ISBN: 978-970-701-963-8
- Prevezer, M. (2001) Ingredients in the Early Development of the U.S. Biotechnology Industry. *Small Business Economics* Vol 17: 17–29

- ProsperAr, (2009). Oportunidades de inversión. Biotecnología en Argentina. Conocimiento + innovación para satisfacer las necesidades del mercado global, Buenos Aires: ProsperAr.
- RICyT, (2011). Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología.
- Rosenberg, Nathan y Nelson, Richard R., (1994). 'American Universities and Technical Advance', *Research Policy*, Vol. 23, No. 3. 323-48.
- Schartinger, D., Rammera, C., Fischer, M.M., Fröhlich, J., (2002). Knowledge interactions between universities and industry in Austria: sectoral patterns and determinants. *Research Policy* Vol 31, 303-328.
- Shane, S. (2001): "Technology Regimes and New Firm Formation", *Management Science*, vol. 47 (9),1173-1190.
- Shane, S. (2004): "Encouraging University Entrepreneurship:The Effect of the Bayh-Dole Act on University Patenting in the United States", *Journal of Business Venturing*, vol. 19 (1), 127-151.
- Shane, S. (2002). "Encouraging university entrepreneurship? The effect of the Bayh-Dole Act on university patenting in the United States." *Journal of Business Venturing*.
- Shane, S. and T. Stuart (2002). "Organizational endowments and the performance of university start-ups." *Management Science* Vol 48, N° 1, 154-170..
- Siegel, D.,Waldman, D., Link, A., (2003), "Assessing the impact of organizational practices on the relative productivity of university technology transfer offices: an exploratory study". *Research Policy* Vol. 32.
- Stads, G.J., Ruíz, A.M. y De Greef, G., (2010). 'Argentina', *ASTI. Cuaderno de país* N°44,
- Stephan, P. E. y Everhart, S. S., (1998). 'The Changing Rewards to Science: The Case of Biotechnology', *Small Business Economics*, Vol. 10, No. 2. 141-51.
- Trigo, E y Cap, E, (2006). 'Diez años de cultivos genéticamente modificados En La Agricultura Argentina', Mimeo, ArgenBio,
- Trigo, E., Falck-Zepeda, J y Falconi, César, (2010). *Biotecnología agropecuaria para el desarrollo en América latina: oportunidades y retos*, FAO/BID.
- Vanloqueren, G. y Baret, P. V., (2009). 'How Agricultural Research Systems Shape a Technological Regime That Develops Genetic Engineering but Locks out Agroecological Innovations', *Research Policy*, Vol. 38, No. 6. 971-83.
- Wright, M., Lockett, A., Clarysse, B. and Binks, M. (2006). 'University spin-out companies and venture capital'. *Research Policy*, Vol 35, 481-501
- Zucker et al., (1998) Geographically localized knowledge: spillovers or markets?, *Economic Inquiry* Vol 36, 65-86.
- Zucker, L.G., Darby, M.R., Armstrong, J.S., (2002). Commercializing knowledge: university science, knowledge capture, and firm performance in biotechnology. *Management Science* Vol 48 N°1, 138-153.